



Normenfiches BETON - MORTEL - GRANULATEN



Ontwikkeld in het kader van de Normen-Antenne Beton-Mortel-Granulaten met steun van:



2021

Inhoud

INLEIDING.....	5
BEPROEVING VAN VERHARD BETON	6
NBN EN 678	Bepaling van de droge dichtheid van geautoclaveerd cellenbeton (1994)
NBN EN 679	Bepaling van de druksterkte van geautoclaveerd cellenbeton (2005)
NBN EN 1353	Bepaling van het vochtgehalte van geautoclaveerd cellenbeton (1997)
NBN EN 12390-2	Maken en harden van monsters voor sterktetests (2019)
NBN EN 12390-3	Druksterkte van proefstukken (2019)
NBN EN 12390-5	Buigsterkte van proefstukken (2019)
NBN EN 12390-6	Splijttreksterkte van proefstukken (2010)
NBN EN 12390-7	Dichtheid van verhard beton (2019)
NBN EN 12390-8	Penetratiediepte van water onder druk (2019)
NBN EN 12390-9	Vorst-dooibestendigheid met dooizouten (schilfering) (2016)
NBN EN 12390-11	Bepaling van de weerstand van beton tegen chloriden, eenzijdige diffusie (2015)
NBN EN 12390-13	Bepaling van de secans-elasticiteitsmodulus bij druk (2014)
NBN EN 12390-16	Bepaling van de krimp van beton (2019)
NBN EN 12390-17	Bepaling van kruip van beton onder druk (2019)
NBN EN 12504-1	Monsterneming, onderzoek en bepaling van de druksterkte (2019)
NBN EN 12504-2	Niet-destructief onderzoek - Bepaling van de terugslagwaarde (2012)
NBN EN 12504-3	Bepaling van de uittrekkkracht (2005)
BEPROEVING VAN BETONSPECIE	53
NBN EN 12350-1	Monsterneming en gemeenschappelijke apparatuur (2019)
NBN EN 12350-2	Zeetmaat (2019)
NBN EN 12350-3	Vebe-test (2019)
NBN EN 12350-4	Verdichtingsgraad (2019)
NBN EN 12350-5	Schudmaat (2019)
NBN EN 12350-6	Dichtheid (2019)
NBN EN 12350-7	Luchtgehalte - Drukmethoden (2019)
NBN EN 12350-8	Zelfverdichtend beton - Vloeimaat (2019)
NBN EN 12350-9	Zelfverdichtend beton - Trechtertijd (2010)
NBN EN 12350-10	Zelfverdichtend beton - Blokkeringsmaat - L-box (2010)

BEPROEVING VAN SPIJTBETON 79

NBN EN 14487-1	Definities, eisen en conformiteit (2006)
NBN EN 14487-2	Uitvoering (2007)
NBN EN 14488-1	Monsterneming van betonspecie en verhard beton (2005)
NBN EN 14488-2	Druksterkte van vers spuitbeton (2006)
NBN EN 14488-3	Buigsterkten van vezelversterkte liggervormige proefstukken (2006)
NBN EN 14488-4	Hechtsterkte van boorkernen met behulp van een directe trekproef (2008)
NBN EN 14488-5	Bepaling van de energie-absorptiecapaciteit van vezelversterkte plaatvormige proefstukken (2006)
NBN EN 14488-6	Dikte van beton op een ondergrond (2006)
NBN EN 14488-7	Bepaling van het vezelgehalte van met vezel versterkt beton (2006)

BEPROEVING VAN METSELMORTELS 122

NBN EN 1015-1	Bepaling van de korrelverdeling door zeefanalyse (1998+add1 2007)
NBN EN 1015-2	Monsterneming van mortels en aanmaken van proefmortels (1998+add1 2007)
NBN EN 1015-3	Bepalen van consistentie van verse mortel (met de schoktafel) (1999+add1 2004+add2 2007)
NBN EN 1015-6	Bepaling van de schijnbare dichtheid van verse mortel (1998+add1 2007)
NBN EN 1015-7	Bepaling van het luchtgehalte van verse mortel (1998)
NBN EN 1015-9	Bepalen van de verwerkbaarheidstijd en verbeteringstijd van verse mortel (1999+add1 2007)
NBN EN 1015-10	Bepalen van de droge volumemassa van verharde mortel (1999+add1 2007)
NBN EN 1015-11	Bepaling van buig- en druksterkte van geharde mortel (2019)
NBN EN 1015-12	Bepaling van de kleefkracht van geharde pleister- en pleistermortels op substraten (2016)
NBN EN 1015-18	Bepaling van de capillaire waterabsorptie van verharde pleistermortels (2003)
NBN EN 1015-19	Bepaling van de waterdampdoorlatendheid van geharde pleistermortel (1998+add1 2004)
NBN EN 1015-21	Bepaling van de compatibiliteit van eenlaagse pleistermortels met de ondergrond (2003)

BEPROEVINGSMETHODEN VOOR METSELWERK 150

NBN EN 772-1	Bepaling van de druksterkte (2015)
NBN EN 772-13	Bepalen van de schijnbare en absolute droge volumemassa van metselstenen (uitgezonderd natuursteen) (2000)
NBN EN 772-14	Bepalen van het vochtgedrag van betonmetselstenen en van metselstenen van kunststeen (2002)
NBN EN 1052-1	Bepaling van de druksterkte (1998)
NBN EN 1052-2	Bepaling van de buigsterkte (2016+AC 2017)
NBN EN 1052-3	Aanvangsschuifsterkte (2002+AI 2007)
NBN EN 1052-5	Bepaling van de hechtsterkte met de hefboomproef (2005)

BEPROEVINGSMETHODEN VOOR VOEGMORTEL 174

- NBN EN 12808-1 Bepaling van de weerstand tegen chemicaliën van reactieharsmortel (2008)
- NBN EN 12808-2 Bepaling van de slijtweerstand (2008)
- NBN EN 12808-3 Bepaling van de buig- en druksterkte (2008)
- NBN EN 12808-4 Bepaling van de krimp (2009+AC 2011)
- NBN EN 12808-5 Bepaling van de wateropslorping (2008)

DEKVLOEREN..... 190

- NBN EN 13813 Dekvloermortels - Eigenschappen en eisen (2002)
- NBN EN 13318 Begripsbepalingen (2000)
- NBN EN 13892-1 Monsterneming, vervaardiging en nabehandeling van proefstukken (2003)
- NBN EN 13892-2 Bepaling van de buig- en druksterkte (2003)
- NBN EN 13892-5 Bepaling van de slijtweerstand van dekvloeroppervlakken bij belasting door zwenkwielen (2003)
- NBN EN 13892-6 Bepaling van de oppervlaktehardheid (2003)

GRANULATEN 212

- NBN EN 933-1 Bepaling van de korrelverdeling - Zeefmethode (2012)
- NBN EN 933-6 Beoordeling van oppervlakte-eigenschappen - Stroomcoëfficiënt van toeslagmaterialen (2014)
- NBN EN 933-9 Beoordeling van fijn materiaal - Methyleenblauwproef (2009+A1 2013)
- NBN EN 1744-1 § 15.1 Beproevingsmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen (2013)
- NBN EN 1097-1 Bepaling van de slijtvastheid - micro-Deval (2011)
- NBN EN 1097-2 Methodes voor het bepalen van de weerstand tegen fragmentatie (2020)
- NBN EN 1097-3 Bepaling van de dichtheid van onverdicht materiaal en het gehalte aan holle ruimten (1998)
- NBN EN 1097-4 Bepaling van de holle ruimten in droge verdichte vulstof (2008)
- NBN EN 1097-5 Bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven (2008)
- NBN EN 1097-6 Bepaling van de dichtheid van de deeltjes en van de wateropname (2013)
- NBN EN 1097-7 Bepaling van de dichtheid van vulstof - Methode met pyknometer (2008)
- NBN EN 1097-8 Bepaling van de waarde van gepolijste stenen (2020)
- NBN EN 1097-10 Bepaling van de waterzuighoogte (2014)

HULPSTOFFEN 241

- NBN EN 934-5 Hulpstoffen voor spuitbeton - Definities, eisen, conformiteit, merken en labels (2008)

CEMENT..... 244

- NBN B12-108 Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten (2015)

Inleiding

Deze publicatie bevat fiches met samenvattingen van normen die betrekking hebben op beton, mortel of granulaten.

Iedere fiche beschrijft de bijzonderheden van de norm. Waar nodig wordt een vergelijking met de oude Belgische norm of een ander referentiedocument gemaakt.

De volledige lijst van normen binnen dit domein kan worden geraadpleegd op de website van het NBN (www.nbn.be).

Een selectie van normen is terug te vinden binnen de rubriek [WTCB-publicaties en normen](#) op de website van het WTCB.



Beproeving van verhard beton

NBN EN 678

Bepaling van de droge volumieke massa van geautoclaveerd cellenbeton (1994)

Principe

De proefstukken worden genomen uit geprefabriceerde componenten. De droge dichtheid wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de massa van de proefstukken gedroogd bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa en hun volume.

Aantal proefstukken

Drie proefstukken.

Afmetingen van de proefstukken

De proefstukken moeten prismatisch, kubus- of cilindervormig zijn met als minimumafmeting 50 mm en een individueel volume van ten minste $0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Formule

$$\rho_{i\leftrightarrow} = \frac{m_{di}}{V_i}$$

met:

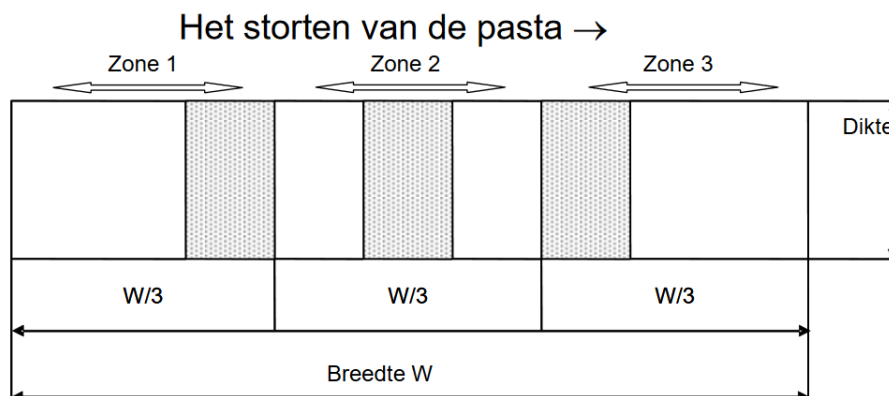
ρ_i Droge volumieke massa van ieder monster i [kg/m^3] tot op $5 \text{ kg}/\text{m}^3$ nauwkeurig

m_{di} Droge massa [kg]

V_i Volume [m^3]

Enkele bijzonderheden

- De proefstukken moeten, in de mate van het mogelijke, afkomstig zijn van ieder derde van het element (Figuur 1).



Figuur 1. Voorbeeldschema voor het ontnemen van proefstukken uit een element

NBN EN 678

Bepaling van de droge volumieke massa van geautoclaveerd cellenbeton (1994)

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 679

Bepaling van de druksterkte van geautoclaveerd cellenbeton (2005)

Principe

De druksterkte op proefstukken wordt bepaald als zijnde de verhouding tussen de breukbelasting bij axiale druk en de oppervlakte van het proefstuk op de richting van de drukkracht.

Aantal proefstukken

Drie proefstukken.

Afmetingen van de proefstukken

De proefstukken moeten kubusvormig zijn met ribben van 100 mm. De norm laat onder bepaalde voorwaarden andere vormen of afmetingen toe.

Formule

$$f_{ci} = \frac{F_i}{A_{ci}}$$

met:

f_{ci} Druksterkte van het monster i [N/mm²; MPa] op 0,05 N/mm² nauwkeurig

F_i Maximale belasting tijdens de breuk in N

A_{ci} Dwarsdoorsnede waarop de belasting aangrijpt in mm²

De gemiddelde sterkte $f_c = (f_{c1} + f_{c2} + f_{c3})/3$ wordt afgerond op 0,1 N/mm² nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden

- De proefstukken moeten, in de mate van het mogelijke, afkomstig zijn van ieder derde van het element.
- Het vochtgehalte moet op het ogenblik van de proef $(6 \pm 2) \%$ van de massa bedragen. Dit gehalte wordt berekend vanuit de meting van de droge soortelijke massa (NBN EN 678). Het reële vochtgehalte op het ogenblik van de proef moet worden bepaald na de drukproef volgens de NBN EN 1353.
- De belastingssnelheid bedraagt $(0,1 \pm 0,05)$ N/mm² per seconde.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 1353

Bepaling van het vochtgehalte van geautoclaveerd cellenbeton (1997)

Principe

Uit prefab elementen worden prismavormige proefstukken genomen. Bovendien moet ervoor gezorgd worden dat het vochtgehalte constant blijft tot de eerste weging. De massa van de proefstukken wordt bepaald in vochtige toestand en na droging bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa. Het volume van de proefstukken wordt bepaald op basis van de gemeten afmetingen.

Aantal proefstukken

Minimum drie proefstukken.

Afmetingen van de proefstukken

De proefstukken moeten prisma's, kubussen of cilinders zijn met een minimumafmeting van ten minste 50 mm en een individueel volume van ten minste $0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Formules

Het vochtgehalte kan worden uitgedrukt als

$$\mu_m = \frac{m_{\text{hum}} - m_d}{m_d} 100$$

$$\mu_v = \frac{m_{\text{hum}} - m_d}{V} 10^6$$

μ_m Vochtgehalte ten opzichte van de massa [%] tot op 0,1 % nauwkeurig

m_{hum} Massa van het monster in vochtige toestand [g]

m_d Massa van het monster in droge toestand [g]

μ_v Vochtgehalte ten opzichte van het volume [kg/m^3] tot op 1 kg/m^3 nauwkeurig

V Volume van het monster [mm^3]

Enkele bijzonderheden

- De proefstukken moeten, in de mate van het mogelijke, afkomstig zijn van ieder derde van het element (Figuur 1).
- Er dient droog gezaagd te worden, ervoor zorgend dat het vochtgehalte niet wordt beïnvloed.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12390-2

Maken en harden van monsters voor sterktetests (2019)

Principe

Deze norm beschrijft methoden voor het vervaardigen van proefstukken voor mechanische proeven en voor hun nabehandeling. Ze behandelt de voorbereiding en het vullen van de mallen, het verdichten, het gladstrijken, de nabehandeling en het transport.

Enkele bijzonderheden

Enkele verschillen tussen de versie van de norm NBN EN 12390-2 van 2009 en deze van 2019 zijn in Tabel 1 terug te vinden.

	NBN EN 12390-2	
	2009	2019
Mallen	NBN EN 12390-1	NBN EN 12390-1
Hulpstuk vullen	Optioneel	Optioneel
Materiaal voor het verdichten	Metalen staaf (afgeronde uiteinden) met een ronde doorsnede met een diameter van 16 mm en een lengte van 600 mm	Geen specificaties voor: Trilnaald Triltafel Prikstaaf Aanstampingsstaaf
	Triltafel met een frequentie van ten minste 40 Hz	
	Vibrerende naald met een diameter van niet meer dan een vierde van de kleinste afmeting van het monster. De trillingsfrequentie is ten minste 120 Hz	
	Klemstang met een doorsnede van 25 mm x 25 mm en een geschatte lengte van 380 mm	
Hoofd-hoosvat	100 mm breed	Geen specificaties
Monsterneming	NBN EN 12350-1	NBN EN 12350-1

Tabel 1. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-2.

NBN EN 12390-2		
	2009	2019
Vullen en klemmen	<u>Mechanisch opspannen (trilnaalden, triltafels)</u> Breng de trillingen aan gedurende de minimumtijd die nodig is om het beton op het vereiste niveau te brengen.	<u>Mechanisch opspannen (trilnaalden, triltafels)</u> Breng de trillingen aan gedurende de minimumtijd die nodig is om het beton op het vereiste niveau te brengen. Bij het opspannen van prismatische monsters wordt de trilnaald ingebracht op ten minste drie gelijkmatig over de lengte van het monster verdeelde plaatsen.
	<u>Geval van handmatige aanspanning</u> Onderwerp het beton aan een voldoende aantal slagen per laag. In het algemeen is dit 25 slagen voor beton van gelijke consistentie (slumpklassen S1 en S2).	<u>Geval van handmatige aanspanning</u> Onderwerp het beton aan een voldoende aantal slagen per laag. In het algemeen is dit 25 slagen voor beton van gelijke consistentie (slumpklassen S1 en S2).
Bewaring	Min. 16u en max 3d in mal aan $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$	Min. 16u en max 3d in mal aan $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ Zolang het beton kan worden gehomogeniseerd kunnen de monsters van de plaats van fabricage naar de plaats van opslag worden vervoerd op voorwaarde dat zij vrij van uitdroging worden gehouden. In bijzondere gevallen kan het ontkisten voor 16 u uitgevoerd worden. Andere conserveringsmethoden kunnen worden gespecificeerd in bepalingen die gelden op de plaats waar het beton wordt gebruikt.

Tabel 1. vervolg.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12390-3

Druksterkte van proefstukken (2019)

Principe

De druksterkte op proefstukken van verhard beton wordt bepaald op basis van de verhouding tussen de maximale breukbelasting bij axiale druk en de oppervlakte van het proefstukken loodrecht op de richting van de drukkracht.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken volgens NBN EN 12390-1

De proefstukken zijn kubussen met ribben van 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm of 300 mm of cilinders met een diameter van 100 mm, 113 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm of 300 mm (nominale afmetingen). De hoogte is in het geval van de cilinders gelijk aan 2 keer de doorsnede.

Formule

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Met:

f_c Druksterkte [MPa; N/mm²] tot op 0,1 MPa nauwkeurig

F Maximumkracht [N]

A_c Oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het proefstuk waarop de drukkracht wordt uitgeoefend [mm²]. Deze wordt berekend op basis van de nominale afmetingen van het proefstuk tenzij de reële dimensies van het proefstuk te sterk afwijken hiervan (zie onderstaande tabel).

Enkele bijzonderheden

- Enkele verschillen met de vorige versie van de norm worden in Tabel 2 voorgesteld.
- In bijlage B van deze norm wordt de werkwijze beschreven voor de bepaling van de druksterkte van een proefstuk waarvan de afmetingen buiten de toleranties van de norm NBN EN 12390-1 vallen. In dit geval dienen de reële afmetingen van het proefstuk opgemeten te worden (tot op 1 mm nauwkeurig) en wordt de dwarsoppervlakte hieruit berekend (tot op 1 mm² nauwkeurig). Indien een afmeting 3 % groter of kleiner is dan de aangegeven afmeting dan moet het proefstuk gecorrigeerd of verworpen worden.
- Zoals vermeld in Tabel 2 moet in het proefrapport opgenomen worden of er onaanvaardbare breuken worden vastgesteld.

	NBN EN 12390-3	
	2009	2019
Nominale afmetingen van monsters d	Kubussen moeten ribben van 100, 150, 200, 250 of 300 mm hebben. Cilinders moeten een diameter van 100, 113, 150, 200, 250 of 300 mm hebben en een hoogte gelijk aan tweemaal diameter. Prisma's moeten een lengte hebben gelijk aan of langer dan 3,5 keer de riblengte (d).	
Toleranties	NBN EN 12390-1	
	2000	2012
	Afmetingen	
	<u>Kubussen en prisma's:</u> $\pm 0,5 \%$ (tussen gegoten oppervlakken) $\pm 1,0 \%$ (andere zijden) <u>Cilinders:</u> Hoogte = $\pm 5 \%$ Diameter = $\pm 0,5 \%$	<u>Kubussen en prisma's:</u> $1,0 \%$ (tussen gegoten oppervlakken) $1,5 \%$ (andere zijden) <u>Cilinders:</u> Hoogte = 5% Diameter = $1,0 \%$
	Orthogonaliteit	
	$\pm 0,5 \text{ mm}$	Kubussen en prisma's: $0,5 \text{ mm}$ Cilinders: $0,007 \times d \text{ [mm]}$
	Vlakheid van de oppervlaktes	
	$0,0006 \times d \text{ [mm]}$	
Klasse van de drukpers	Klasse 1, 2 of 3	Klasse 1 indien de pers is gebouwd na 2000. Klasse 2 wordt geautoriseerd indien de pers is gebouwd voor 2000
Onder- en bovenplaten	Toegelaten	
Bewaring voor druktest en na ontkisting	Onderwater bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ of geklimatiseerd bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en relatieve vochtigheid van $\geq 95 \%$	
Werkwijze tussen het einde van de opslag en de druktest	/	Proefstukken moeten getest worden binnen de 10u en de testruimte moet een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hebben. Indien de vertraging $> 4u$ moeten de proefstukken beschermd worden tegen uitdroging.
Belastingssnelheid	Een constante ($\pm 10 \%$) van $(0,6 \pm 0,2) \text{ MPa/s}$ De initiële belasting mag niet meer dan 30% van de maximale breukbelasting bedragen.	
f_c	in N/mm^2 met een nauwkeurigheid van $0,1 \text{ N/mm}^2$	
Breukcriterium	Via schema's met aanvaardbare en onaanvaardbare breuk	
Schijnbare dichtheid	Tot 10 kg/m^3 nauwkeurig	

Tabel 2. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-3.

- In bijlage A worden mogelijke werkwijzen beschreven voor de aanpassing van de oppervlakken van de proefstukken die de belasting moeten dragen: het vlakslijpen, bijwerken met calciumaluminaatcement, bijwerken met zwavelmortel en bijwerken met de zanddoos-methode. De referentiemethode is het vlakslijpen.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarden van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.

NBN EN 12390-5

Buigsterkte van proefstukken (2019)

Principe

Prismavormige proefstukken worden onderworpen aan een buigmoment door de uitoefening van een belasting via rollen boven- en onderaan de proefstukken. Men noteert de maximale belasting die tijdens de proef wordt geregistreerd en berekent hieruit de buigsterkte.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken volgens NBN EN 12390-1

Prisma's hebben vierkanten secties met zijden d van 100, 150, 200, 250 of 300 mm. De lengte is groter dan of gelijk aan 3,5 d .

Formules

Berekening van de buigsterkte voor een opstelling met een tweekrachtsbelasting:

$$f_{ct,fl} = \frac{F \cdot \ell}{d_1 \cdot d_2^2}$$

met:

$f_{ct,fl}$ De buigsterkte [N/mm²] tot op 0,1 N/mm² nauwkeurig

F Maximale kracht [N]

ℓ Overspanning [mm]

d_1 en d_2 Laterale afmetingen van het proefstuk [mm] met d_2 de hoogte en d_1 de breedte

Berekening van de buigsterkte voor een opstelling met een middelpuntbelasting (annex A):

$$f_{ct,fl} = \frac{3}{2} \frac{F \cdot \ell}{d_1 \cdot d_2^2}$$

Enkele bijzonderheden

- De drukpers moet beantwoorden aan de norm NBN EN 12390-4.
- Enkele verschillen tussen de versies van de norm NBN EN 12390-5 uit 2009 en 2019 worden weergegeven in Tabel 3.

	NBN EN 12390-5	
	2009	2019
Afmetingen	Prisma's hebben vierkanten secties met zijden d van 100, 150, 200, 250 of 300 mm. De lengte is groter dan of gelijk aan 3,5 d.	
Reële riblengte	$d_e = d_n$	$d_e = d_n \pm 10 \% d_n$
aanpassing oppervlakken en hoeken	Alleen zagen en slijpen	
Belastingssnelheid	Een constante snelheid ($\pm 10 \%$) van 0,04 tot 0,06 N/mm ² s	
Initiële belasting	$\leq 20 \%$ van de maximale breukbelasting	
F_{ct,fl}	in N/mm ² met een nauwkeurigheid van 0,1 N/mm ²	
Overspanning	3 x d	
Rollen	Lengte > breedte proefstuk + 10 mm Cilindrische rollen met een diameter van 20 tot 40 mm	
Tolerantie voor vlakheid	0,002 d _e voor binnenzijden met max. 150 mm 0,004 d _e voor buitenzijde met max. 150 mm	Interne vlakken: 0,001 d _e van (nieuwe mallen) en 0,002 d _e (mallen in gebruik) Bovenvlak: 0,002 d _e van (nieuwe mallen) en 0,004 d _e (mallen in gebruik)
Tolerantie voor de rechtheid van vlakken in contact met rollen	$\pm 0,2$ mm	
Tolerantie voor orthogonaliteit	$\pm 0,5$ mm	
Werkwijze tussen het einde van de opslag en de druktest	/	Proefstukken moeten getest worden binnen de 10u en de testruimte moet een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hebben. Indien de vertraging > 4u moeten de proefstukken beschermd worden tegen uitdroging.

Tabel 3. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-8.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12390-6

Splijttreksterkte van proefstukken (2010)

Principe

Een cilindervormig proefstuk wordt over de ganse lengte onderworpen aan een drukkracht uitgeoefend op een smalle zone. De daardoor uitgeoefende orthogonale trekspanningen veroorzaken de breuk van het proefstuk door trek.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken volgens NBN EN 12390-1

Cilindervormige proefstukken met een diameter van 100, 113, 150, 200, 250 of 300 mm. De hoogte dient minstens 1 maal de diameter te zijn. In geval van twijfel of geschil is een proefstuk met diameter 150 mm en lengte 300 mm de referentie.

Aangezien er nog landen gebruik maken van kubusvormige of prismavormige proefstukken wordt hun gebruik in een normatieve bijlage behandeld.

Formule

$$f_{ct} = \frac{2F}{\pi \cdot L \cdot d}$$

met:

- f_{ct} Splijttreksterkte [N/mm²], tot op 0,05 N/mm² nauwkeurig
F Maximale kracht [N]
L Lengte van de contactlijn van het proefstuk [mm]
D Diameter van het proefstuk [mm]

Enkele bijzonderheden

- De drukpers moet beantwoorden aan de norm NBN EN 12390-4. De categorie van schaalnauwkeurigheid is niet bepaald.
- Verschillen met de vroegere Belgische norm NBN B 15-218 en met de vorige versie van deze norm uit 2000 worden in Tabel 4 voorgesteld.

	NBN 15-218	NBN EN 12390-6: 2000	NBN EN 12390-6: 2009
Proefstukken	Kubus of cilinder	Cilinders Het gebruik van kubussen of prisma's wordt behandeld in de bijlage.	
Belasting	Radiaal in het geval van cilindrische proefstukken. in het geval van prisma's, bevindt het proefstuk zich op een afstand $d/2$ van de kant van de opstelling.	Radiaal bij cilindrische proefstukken. Bij kubussen en prisma's loodrecht op het belastingsoppervlak.	
Nominale diameter d_n voor cilinders	100, 150, 200 of 300 mm	100, 113, 150, 200, 250 of 300 mm	
Nominale zijde d_n voor prisma's	100, 150, 200 of 300 mm	100, 150, 200, 250 of 300 mm	
Reële afmetingen d_e	$d_n - 10 \leq d_e \leq d_n + 10$	$d_e = d_n$ (prisma) $d_e = d_n \pm 10 \% d_n$ (cilinder)	
Lengte/diameter verhouding voor cilinders	$1 < L/d < 2$	$1 \leq L/d \leq 2$	
Stalen afstandhouder voor kubusvormig of prismatisch monster	Straal: 75 mm Lengte $> L + 10$ mm Hoogte: 20 mm	Straal: 75 mm Hoogte: 20 mm	
Laadband	Dikte = 4 ± 1 mm Lengte $> L$ Breedte > 15 mm	Houtvezelstrip conform EN 316. Dikte: 4 ± 1 mm Breedte: 10 ± 1 mm Densiteit $> 900 \text{ kg/m}^3$ Lengte: $\geq L$	Houtvezelstrip conform EN 316. Een ander materiaal kan worden gebruikt als het voldoet aan de stijfheidseisen. Hoogte: 4 ± 1 mm Breedte: 15 ± 1 mm Densiteit $\geq 900 \text{ kg/m}^3$ Lengte: $\geq L$
Belastingssnelheid	$0,06 \pm 0,004 \text{ N/mm}^2$	0,04 tot $0,06 \text{ N/mm}^2$ s met een constante (1%) snelheid	
Vlakheid van persplaten	0,05 mm per 100 mm (gespecificeerd in NBN B15-218)	0,03 mm voor de contactzone met het proefstuk	
Rechtheid contactvlakken	Cilinders: $0,001 d_e$	Prisma's $\leq 0,2$ mm Cilinders $\leq 0,2$ mm	
Vlakheid	0,1 mm per 100 mm	Prisma's: $0,002 d_n$ (zijanten) $0,004 d_n$ (onderkant) Kubussen: $0,0005 d_n$ (zijanten) $0,001 d_n$ (onderkant) Cilinders $0,0005 d_n$ (basis)	

	NBN 15-218	NBN EN 12390-6: 2000	NBN EN 12390-6: 2009
Orthogonaliteit	$90 \pm 0,5^\circ$	$\leq 0,5 \text{ mm}$	

Tabel 4. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-6 alsook NBN 15-218.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12390-7

Dichtheid van verhard beton (2019)

Principe

De dichtheid van verhard beton wordt bepaald in 3 verschillende toestanden: bij ontvangst, verzadigd met water of droog.

Het volume van het proefstuk verhard beton en zijn massa in de verschillende toestanden worden bepaald, waarna de dichtheid wordt berekend aan de hand van de verhouding tussen massa en volume.

Deze norm is van toepassing op beton met lichte, gewone en zware granulaten.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken

Het volume van een proefstuk bedraagt minstens 0,785 liter. Indien de opgegeven grootste korrelafmeting van de werkelijk gebruikte granulaten in het beton ($D_{\max}$) groter is dan 25 mm, zal het minimumvolume niet kleiner zijn dan $50 D_{\max}^3$.

Normaal wordt het proefstuk in zijn geheel gebruikt zoals het werd ontvangen. Indien het proefstuk wegens zijn grootte of vorm onmogelijk als dusdanig kan worden gebruikt, zal van het oorspronkelijke proefstuk een kleiner proefstuk worden afgebroken of afgezaagd.

Formule

$$\rho = \frac{m}{V}$$

met:

- ρ Dichtheid voor een gegeven toestand van het proefstuk en een gegeven methode van volumebepaling [kg/m^3] tot op 10 kg/m^3 nauwkeurig
- m Massa voor een gegeven toestand van het proefstuk [kg]
- V Volume bepaald volgens de gekozen methode [m^3]

Enkele bijzonderheden

- Er bestaan drie methoden om het volume van het proefstuk te bepalen:
 1. Hydrostatische weging (referentiemethode):
 - Het proefstuk wordt vooraf verzadigd in water
 - De massa in water van de opstelling (m_{st}) wordt bepaald.
 - De massa in water van de opstelling inclusief het proefstuk ($m_{\text{st}} + m_v$) wordt bepaald.

- De massa van het vochtige proefstuk in de lucht (m_a) wordt bepaald.
- Het volume V wordt berekend:

$$V = \frac{m_a - ((m_{st} + m_w) - m_{st})}{\rho_w} \text{ met } (\rho_w = 998 \text{ kg/m}^3 \text{ bij } 20^\circ\text{C})$$

2. Door berekening op basis van de reële afmetingen
3. Voor kubussen door berekening met de nominale afmetingen

- De drie toestanden voor de meting van de massa zijn:
 1. Bij ontvangst: meting van de massa m_r tot op 1 g nauwkeurig.
 2. Verzadigd met water: meting van de massa m_s tot op 1 g nauwkeurig na onderdompeling in water tot een constante massa bereikt wordt (verschil tussen twee massametingen met tussentijd van $24u < 0,2 \%$).
 3. Droog: meting van de massa m_0 tot op 1 g nauwkeurig na droging in een geventileerde oven bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Verschillen met de vorige versie van deze norm worden in Tabel 5.

	NBN EN 12390-7	
	2009	2019
Proefstukken	Indien granulaat $D_{\max} > 25 \text{ mm}$ dan $V \geq 50 D_{\max}^3$ Minimaal volume: $V \geq 0,785 \text{ l}$	
Precisie balans	Nauwkeurigheid van 0,1% van de massa	
Massa van het monster in de staat van ontvangst	Nauwkeurigheid gelijk aan 0,01 %	Maximaal toelaatbare fout van 1 g op de massa van het proefstuk
Temperatuurprecisie voor drogen	$105^\circ \pm 5^\circ\text{C}$	
Toepassingsdomein	Beton met lichte, gewone of zware granulaten	
Weergave van resultaten	op 10 kg/m^3 nauwkeurig	

Tabel 5. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-7.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12390-8

Penetratiediepte van water onder druk (2019)

Principe

Het oppervlak van verharde beton wordt blootgesteld aan water onder druk. Het proefstuk wordt vervolgens gespleten en de diepte van het indringfront van water wordt opgemeten.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken

De proefstukken zijn kubussen, prisma's of cilinders met een oppervlakte van ten minste 150 mm en geen enkele andere afmeting mag kleiner zijn dan 100 mm. Kleinere proefstukken zijn ook toegestaan maar hun afmetingen en het testgebied dienen in het rapport te worden vermeld. De diameter van kernen moet ten minste 95 mm bedragen.

Enkele bijzonderheden

- Enkele verschillen met de vorige versie van deze norm worden in Tabel 6 voorgesteld.

	NBN EN 12390-8	
	2009	2019
Proefstukken	Kubussen, cilinders of prisma's met minimale afmetingen van het oppervlak dat aan de test wordt onderworpen $\geq$ 150 mm. Alle andere afmetingen $\geq$ 100 mm	Kubussen, cilinders of prisma's met minimale afmetingen van het oppervlak dat aan de test wordt onderworpen $\geq$ 150 mm. Alle andere afmetingen $\geq$ 100 mm. Kleinere proefgroottes worden ook geaccepteerd maar moet gerapporteerd worden. Kerndiameter minimaal 95 mm.
Bewaring	Onder water volgens NBN EN 12390-2 norm	
Oppervlak onder druk	Geborsteld met een staalborstel onmiddellijk na het ontkisten.	
Druk	(500 ± 50) kPa gedurende $72 \text{ u} \pm 2 \text{ u}$	
Meting	Meting van de indringdiepte [mm] van het ingebrachte water	
Rapportering	/	De leeftijd van het monster op het moment van testen (indien bekend)

Tabel 6. Vergelijking van de versies van NBN EN 12390-8.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar

Principe

In de technische specificatie CEN/TS 12390-9 worden drie afzonderlijke proefmethoden beschreven. In deze fiche wordt de referentiemethode of zogenaamde de slab-test behandeld.

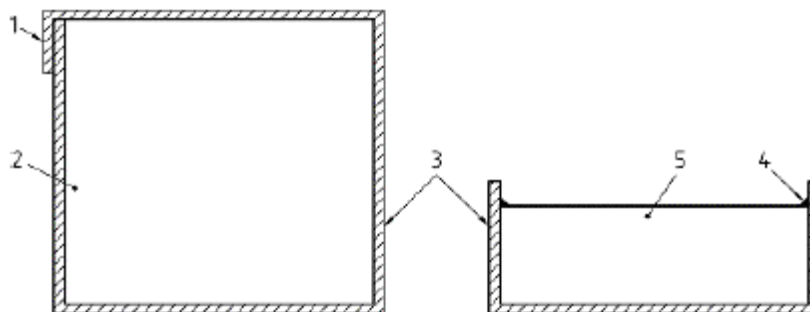
De proefstukken bestaan uit verhard beton. Het oppervlak wordt verzadigd en bedekt met een vloeistof (gedeïoniseerd water of een 3% NaCl oplossing), waarna ze onderworpen worden aan 56 vorst-dooi cycli. De vorstdooiweerstand wordt geëvalueerd aan de hand van de gemeten massaverliezen.

Aantal proefstukken

Vier proefstukken.

Afmetingen en voorbereiding van de proefstukken

De kubussen met een ribbe van 150 mm worden aangemaakt volgens NBN EN 12390-2 en vervolgens bewaard in water. Op een leeftijd van 7 dagen worden ze in de klimaatkamer geplaatst bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(65 \pm 5) \% \text{ RV}$. Op 21 dagen ouderdom wordt uit elke kubus een proefstuk gezaagd, loodrecht op het bovenzvlak, met een dikte van $(50 \pm 2) \text{ mm}$. Het testoppervlak komt overeen met het midden van de kubus. Op 25 dagen wordt elk proefstuk omhuld met een rubberen isolerende bekleding waardoor enkel het testoppervlak vrij blijft (Figuur 2).



Figuur 2. Voorbereiding van de proefstukken (links: bovenaanzicht, rechts: dwarsdoorsnede).
1 = overlap rubberen isolerende bekleding; 2 = testoppervlak; 3 = rubberen bekleding; 4 = lijm;
5 = proefstuk

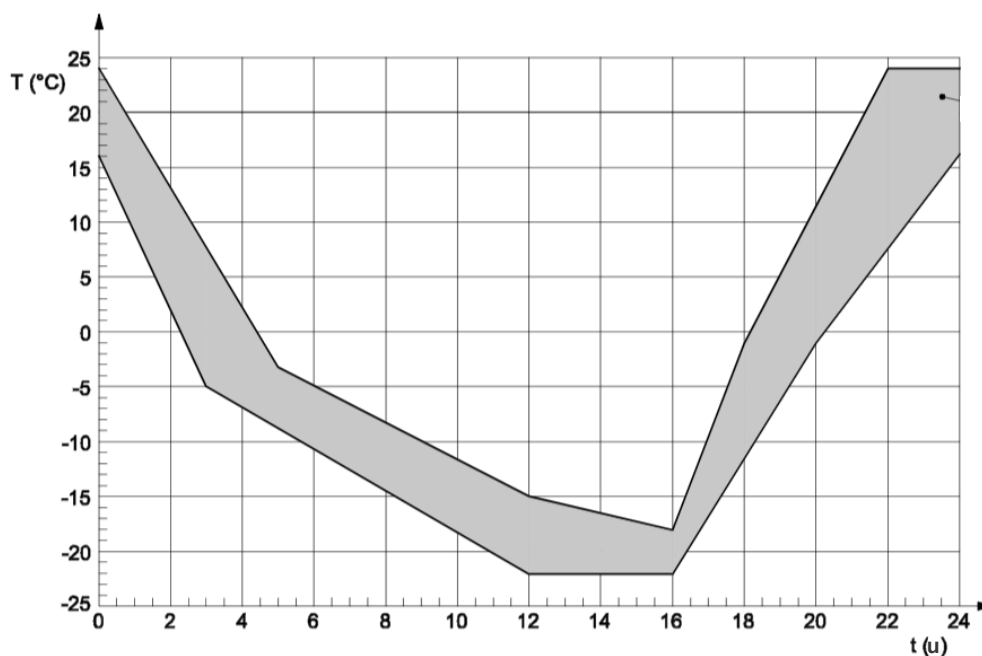
Op 28 dagen en vóór de start van de proef worden de testoppervlakken verzadigd met gedeïoniseerd water gedurende $(72 \pm 2) \text{ uur}$ en worden de andere oppervlakken thermisch geïsoleerd (Figuur 3). Vervolgens wordt er een vriesmedium aangebracht op het testoppervlak: gedeïoniseerd water of een NaCl-oplossing (3 % NaCl). Om te verhinderen dat de bevroersvloeistof verdampt wordt een folie over het proefstuk aangebracht.



Figuur 3. Proefstuk, omhuld met een rubberen, thermische isolatie.

Testprocedure

De proefstukken worden in een klimaatkamer geplaatst met een geprogrammeerd temperatuursverloop. De temperatuur van het vriesmedium wordt constant gemonitord en moet voldoen aan de eisen in Figuur 4 en Tabel 7. De luchttemperatuur in de klimaatkast mag nooit lager zijn dan $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figuur 4. Vorst-dooi cyclus van het vriesmedium in het midden van het testoppervlak conform CEN/TS 12390-9.

Na 7, 14, 28, 42 en 56 cycli meet men tijdens de dooiperiode het massaverlies. Het afgeschilderde en losgekomen materiaal wordt verzameld en gedroogd tot constante massa bij $(110 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

Bovenlimiet		Onderlimiet	
Tijd [uren]	Temperatuur [$^\circ\text{C}$]	Tijd [uren]	Temperatuur [$^\circ\text{C}$]
0	+24,0	0	+16,0
5	-3,0	3	-5,0
12	-15,0	12	-22,0
16	-18,0	16	-22,0
18	-1,0	20	-1,0
22	+24,0	24	+16,0

Tabel 7. Limieten van een vorst-dooi cyclus conform CEN/TS 12390-9

Formule

Voor elk proefstuk wordt na elke meting het cumulatief massaverlies bepaald per oppervlakte-eenheid:

$$S_n = \frac{m_{s,n}}{A} \cdot 10^3$$

met:

$m_{s,n}$ Cumulatieve massa van het afgeschilderde materiaal na de n^{de} cyclus [g] tot op 0,1 g nauwkeurig.

S_n Massa van het afgeschilderde materiaal na de n^{de} cyclus [kg/m^2].

A Totaal oppervlak van het testoppervlak [mm^2] tot op 100 mm^2 nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden.

- Afwijkingen van de beschreven standaardprocedure zijn toegelaten zelfs wanneer deze de resultaten kunnen beïnvloeden. Elke afwijking in vergelijking met de standaardprocedure dient vermeld te worden in het proefrapport. Afwijkingen kunnen inhouden: een andere geometrie (bv. geboorde kernen), een andere omhulling (bv. PVC-buis), een ander blootstellingsoppervlak (bv. een bekist of vrij oppervlak), een ander vriesmedium of een verschillend aantal cycli.
- De eisen opgelegd aan de klimaatkamer zijn voor temperatuur $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, relatieve vochtigheid $(65 \pm 5) \%$, verdampingssnelheid $(45 \pm 15) \text{ g}/\text{m}^2\text{u}$ en een dagelijks gemiddeld CO_2 gehalte van $(300-1000) \text{ ppm}$ om een bepaalde carbonatatie toe te laten.

- Er dient nagegaan te worden of de dikte van de bevroren omgeving minstens 1 mm is na elke voorbijcyclus. Indien dit niet het geval is moeten de proefmonsters verwijderd worden.
- Naast de slab-test worden in de technische specificatie CEN/TS 12390-9 ook twee alternatieve methodes besproken: de “Cube test” en de “CF/CDF test”.

Opmerkingen

- De norm vermeldt waarden van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Het NBN beschikt enkel over een Engelse en Duitse versie van de technische specificatie.

Bepaling van de weerstand van beton tegen chloriden, eenzijdige diffusie (2015)

Principe

Proefstukken bestaande uit verhard beton worden gedurende 90 dagen ondergedompeld in een chloride-oplossing. Vervolgens wordt op verschillende dieptes van het proefstuk het profiel van het gehalte aan zuur-oplosbare chloriden bepaald. Hieruit kan de diffusiecoëfficiënt van de chloriden worden bepaald.

Aantal proefstukken

Minimum twee proefstukken.

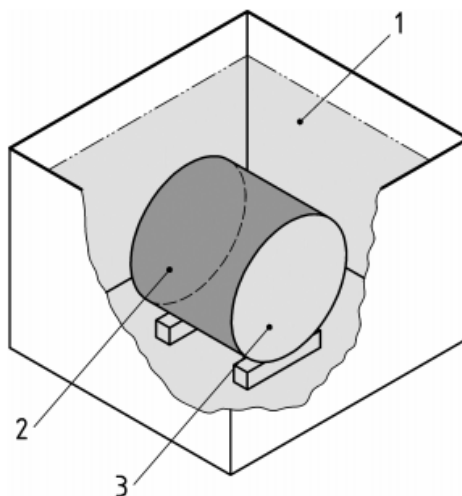
Afmetingen en voorbereiding van de proefstukken

Cilinders met een diameter > 100 mm of kubussen met een ribbe > 100 mm worden aangemaakt en bewaard volgens de norm NBN EN 12390-2. De helft van de lengte van de proefstukken moet groter te zijn dan drie keer de maximale nominale afmeting van de granulaten.

Op 28 dagen ouderdom worden de proefstukken doormidden gezaagd, parallel aan het bovenoppervlak. Zo verkrijgt men de twee types van proefstukken: één proefstuk voor het bepalen van het initieel Cl gehalte en één proefstuk voor de effectieve meting van de indringdiepte.

Het eerste type proefstuk wordt meteen na het verzagen in een hermetisch afgesloten plasticzak geplaatst.

Het tweede type proefstuk wordt na het verzagen onder vacuüm met water verzadigd en vervolgens verder onder water bewaard. Alle oppervlakken behalve het gezaagde oppervlak worden waterdicht gemaakt bv. met epoxy of polyurethaan (behalve in het geval van grote proefstukken, zie bijlage D van de norm). De proefstukken worden in een CaOH-oplossing geplaatst gedurende minstens 18 uur waarna ze worden ondergedompeld in een NaCl-oplossing (3 % NaCl) bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (Figuur 5). De referentieperiode voor de blootstelling aan de NaCl-oplossing bedraagt 90 dagen.



Figuur 5. Onderdompeling van de proefstukken van het tweede type. 1 = NaCl-oplossing, 2 = waterdichte oppervlakken, en 3 = blootgesteld oppervlak.

Testprocedure

Voor het bepalen van het initieel chloridegehalte (C_i) wordt de bovenste 1 mm van het gezaagde oppervlak van type 1 proefstukken verwijderd waarna dit oppervlak verder wordt afgeslepen om een poederstaal van 20 g te verkrijgen. Het zuur-oplosbaar chloridegehalte (in massa % beton) van wordt vervolgens bepaald volgens de norm NBN EN 14629.

Voor het bepalen van het chloride indringdieptes wordt na 90 dagen blootstelling de type 2 proefstukken uit de zoutoplossing genomen en worden er minstens 8 lagen droog afgeslepen op verschillende dieptes vanaf het blootgestelde oppervlak. Hierdoor wordt er per laag een droog poedermonster verkregen van minstens 5 g.

Formule

Het chloridegehalte aan het oppervlak (C_s) en de diffusiecoëfficiënt voor chloriden in het niet-stationair regime (D_{nss}) worden bepaald door de onderstaande vergelijking te fitten door de bij de relevante datapunten door middel van een niet-lineaire regressieanalyse.

$$C_x = C_i + (C_s - C_i) \left(1 - \operatorname{erf}_{(x)} \left[\frac{x}{2\sqrt{D_{nss}t}} \right] \right)$$

met:

C_x Chloridegehalte gemeten op een diepte x na een blootstellingstijd t [massa % beton]

C_s Chloridegehalte aan het blootgestelde oppervlak [massa % beton]

C_i Initieel chloridegehalte [massa % beton]

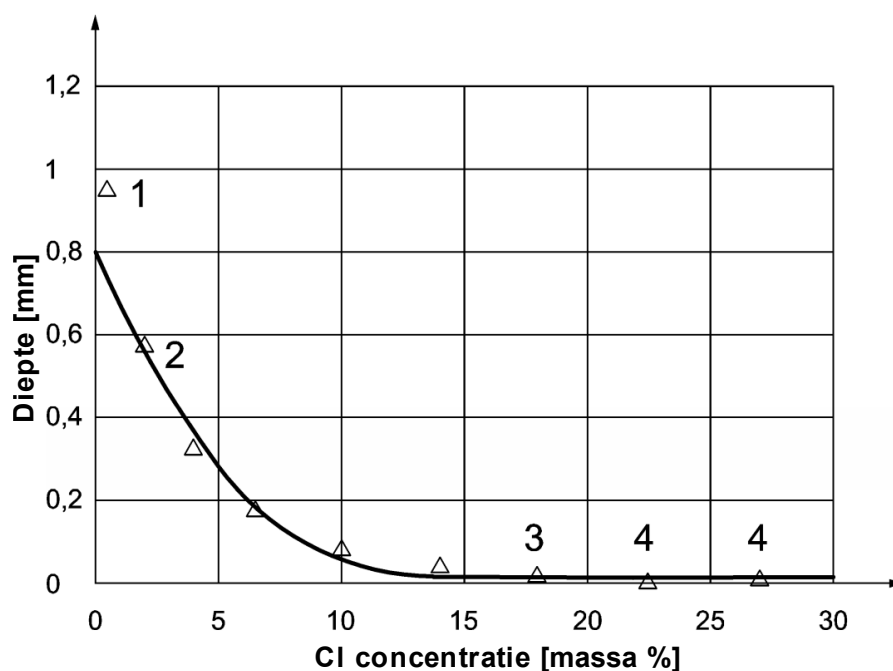
X Diepte van de laag t.o.v. het blootgesteld oppervlak [m]

D_{nss} Diffusiecoëfficiënt voor chloriden in niet-stationair regime [m^2s^{-1}]

T Blootstellingstijd [s]

$\operatorname{erf}_{(x)}$ De error-functie $\operatorname{erf}_{(x)}z = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z \exp(-u^2) du$

De correlatiecoëfficiënt moet groter zijn dan 0,950 om zeker te zijn dat het gemeten chlorideprofiel correct gemodelleerd werd. Een voorbeeld van een regressieanalyse wordt gegeven in Figuur 6.



Figuur 6. Lineaire regressieanalyse voor de bepaling van de diffusiecoëfficiënt voor chloriden in het niet-stationair regime (D_{nss}). 1= eerste datapunt wordt altijd uitgesloten, 2 = eerste datapunt voor de regressieanalyse, 3 = het nulpunt (tussen C_i en $C_i + 0,015$ %) en 4 = datapunten na nulpunt worden ook uitgesloten.

Enkele bijzonderheden

- Een andere proefmethode voor het bepalen van de weerstand tegen chloride-indringing is NT BUILD 443 (1995). Een vergelijking van NBN EN 12390-11 en NT BUILD 443 is weergegeven in Tabel 8.
- Afwijkingen van de beschreven standaardprocedure zijn toegelaten zoals bijvoorbeeld afwijkende geometrie, chlorideoplossing, blootstellings-periode, etc. Elke afwijking van de standaardprocedure dient vermeld te worden in het proefrapport.
- De resultaten kunnen eveneens op een andere manier gebruikt worden, bijvoorbeeld voor de bepaling van de diepte waarbij een kritiek chloridegehalte bereikt wordt.
- De proefstukken kunnen ook ontnomen zijn uit een bestaand betonelement zoals beschreven in bijlage 2 van de norm.

Opmerkingen

- Waarden voor de herhaalbaarheid van de proef (r) en de reproduceerbaarheid (R) zijn in de norm opgenomen.
- Voorbeelden voor de ijking van de berekeningsmethode voor de regressieanalyse worden gegeven in een informatieve bijlage.
- Het NBN beschikt niet over een Nederlandse versie van deze Europese norm.

	NBN EN 12390-11	NT Build 443
Aantal proefstukken	Minstens 2	Minstens 3
Proefstuk vorm en afmeting	Cilinder: diameter ≥ 100 mm Kubus: ribbe ≥ 100 mm Diameter of ribbe moet groter zijn dan 3 maal de maximale granulaatafmeting.	Cilinder: diameter ≥ 75 mm en lengte proefstuk ≥ 100 mm Diameter of ribbe moet groter zijn dan 3 maal de maximale granulaatafmeting
Saturatie	Onder water onder vacuüm (10-50 mbar) gedurende 1 u	In Ca(OH)_2 -oplossing (max 0,1 %) bij 23 °C tot constante massa
Restauratie	In een Ca(OH)_2 oplossing voor minstens 18u	In een Ca(OH)_2 oplossing tot constante massa
Zoutoplossing	3 massa % NaCl	16,5 massa % NaCl
Blootstellingstemperatuur	(20 ± 2) °C	(23 ± 2) °C
Duur	Minstens 90 dagen	Minstens 35 dagen
Proefmethode	NBN EN 14629	NT Build 208 of andere
Minimum	0,950	/

Tabel 8. Belangrijkste verschillen tussen de NBN EN 12390-11 en de NT Build 443.

Principe

Een proefstuk wordt onderworpen aan axiale drukspanning en een spanning-rekdiagram wordt uitgezet. Hieruit wordt de secans-elasticiteitsmodulus afgeleid.

De norm beschrijft twee methodes ter bepaling van de initiële secans-elasticiteitsmodulus ($E_{c,0}$; methode A) en gestabiliseerde secans-elasticiteitsmodulus ($E_{c,s}$; methode A en B).

Aantal proefstukken

Minstens twee proefstukken.

Afmetingen en voorbereiding van de proefstukken

Proefstukken (cilinder of prisma) worden aangemaakt of ontnomen volgens NBN EN 12390-1 of NBN EN 12504-1. Hierbij is diameter van de cilinder of de riblengte van het prisma groter of gelijk aan 3,5 keer de maximale granulaatkorrelgrootte (D_{max}). Cilinders met een diameter van 150 mm en een hoogte van 300 mm worden aangeraden maar andere afmetingen zijn toegelaten mits ze voldoen aan NBN EN 12390-1 en bovenstaande eisen.

Bewaring in functie van afkomst volgens NBN EN 12390-2 of NBN EN 12504-1.

Voor het uitvoeren van de proef worden de proefstukken uit het water gehaald en bewaard bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Vervolgens worden binnen 24 uur de meetapparatuur aangebracht en de proef uitgevoerd.

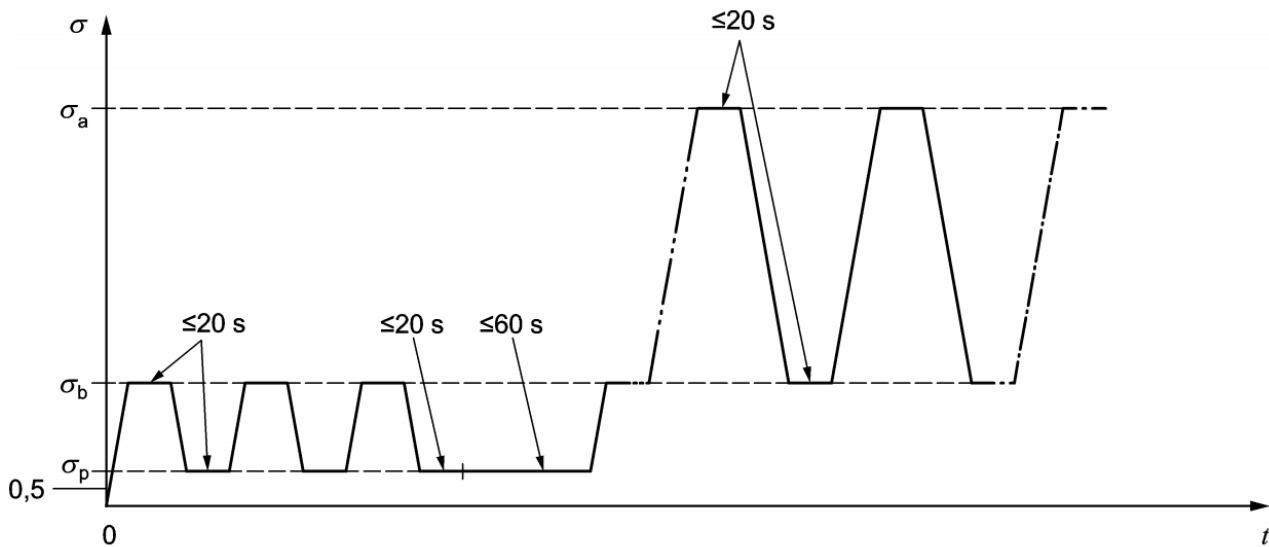
Testprocedure

Voorafgaande aan de meting moet de druksterkte (f_c) bepaald worden volgens NBN EN 12390-3. Het resultaat wordt gebruikt om de maximale ($\sigma_a = f_c/3$) en minimale (σ_b ; $0,10 f_c \leq \sigma_b < 0,15 f_c$) spanning van de belastingscycli te bepalen.

Drie belastingscycli worden uitgevoerd om de secans-elasticiteitsmodulus te bepalen. Tijdens de cycli wordt de spanning gevarieerd tussen σ_p en σ_b of σ_b en σ_a , respectievelijk, met een regelmatige snelheid van $(0,6 \pm 0,2) \text{ MPa/s}$ (Figuur 7). De spanning σ_p neemt een arbitraire waarde aan tussen 0,5 MPa en σ_b .

De vervormingen voor elke meetlijn op het einde van de maximale spanningsfase (σ_a) tijdens de 1^{ste} en 3^{de} cyclus worden bepaald. Hieruit wordt de gemiddelde vervormingen $\varepsilon_{a,1}$ en $\varepsilon_{a,3}$ bepaald. Vervolgens wordt ook de vervormingen voor elke meetlijn op het einde van de minimale spanningsfase (σ_b) vóór de 1^{ste} cyclus en op het einde van de 2^{de} cyclus bepaald. Hieruit wordt de gemiddelde vervormingen $\varepsilon_{b,0}$ en $\varepsilon_{b,2}$ berekend. De gemeten waarde voor de minimale spanning σ_b^m en de maximale spanning σ_a^m worden ook bepaald.

Als alle metingen verricht zijn tijdens de maximale spanningsfase (σ_a) van de 3^{de} cyclus wordt de druksterkte van het proefstuk bepaald volgens NBN EN 12390-3.



Figuur 7. Cyclus voor het bepalen van de initiële en gestabiliseerde secans-elasticiteitsmodulus.

	Belastingscyclus
	Belastingscyclus om de initiële secans-elasticiteitsmodulus te bepalen
	Belastingscyclus om de gestabiliseerde secans-elasticiteitsmodulus te bepalen
s	Aangebrachte spanning [MPa]
s_a	Maximale spanning ($f_c/3$)
s_b	Minimale spanning ($0,10 \cdot f_c \leq \sigma_b < 0,15 \cdot f_c$)
s_p	Voorbelastingsspanning ($0,5 \text{ MPa} \leq \sigma_p \leq \sigma_b$)
t	Tijd in s

Formules

De Initiële secans elasticiteitsmodulus $E_{C,0}$ op 0,1 GPa nauwkeurigheid kan door volgende formule bepaald worden:

$$E_{C,0} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_b^m}{\varepsilon_{a,1} - \varepsilon_{b,0}}$$

Gestabiliseerde secans-elasticiteitsmodulus $E_{C,S}$ op 0,1 GPa nauwkeurigheid kan door volgende formule bepaald worden:

$$E_{C,S} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_b^m}{\varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{b,2}}$$

met:

σ_a^m	Gemeten spanning overeenkomend met de nominale maximale spanning σ_a
σ_b^m	Gemeten spanning overeenkomend met de nominale minimale spanning σ_b
$\varepsilon_{a,n}$	Gemiddelde vervorming tijdens maximale spanning op belastingscyclus n
$\varepsilon_{b,n}$	Gemiddelde vervorming tijdens minimale spanning op belastingscyclus n

Enkele bijzonderheden

Er kan geopteerd worden om enkel de gestabiliseerde secans-elasticiteitsmodulus te bepalen. Bij deze methode (methode B uit de norm) worden er geen voorbelastingscycli uitgevoerd (zie Figuur 7).

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar

NBN EN 12390-16

Bepaling van de krimp van beton (2019)

Principe

De krimp test voor verhard beton bestaat uit het opmeten in functie van de tijd van de relatieve variatie van een referentielengte van het proefstuk dat is opgeslagen onder specifieke temperatuur- en vochtigheidsomstandigheden in een klimaatkamer.

De totale krimp van het uitgehard beton is de som van de endogene krimp en de uitdrogingskrimp. De endogene krimp is de vervorming van het proefstuk onder isotherme omstandigheden zonder directe uitwisseling van vocht met de omgeving. De totale krimp is de totale vervorming van het proefstuk dat is opgeslagen onder de gedefinieerde temperatuur en relatieve vochtigheid. De uitdrogingskrimp wordt berekend door het verschil tussen totale krimp en endogene krimp.

Verhinderde betonkrimp valt niet onder dit document. Endogene krimp wordt besproken in bijlage A.

Aantal proefstukken

Het wordt aanbevolen om minimaal 2 monsters te hebben.

Afmetingen en voorbereiding van de proefstukken

De proef is geschikt voor cilinders of kubussen met maximale granulaatkorrelgroottes niet groter dan 32 mm. De verhouding van de proefstuklengte L tot afmeting d (ribben voor prisma of diameter voor cilinders) moet voldoen aan $2 \leq L/d \leq 7$.

Formule

De totale krimp in functie van de tijd (t) wordt berekend door middel van volgende formule:

$$\varepsilon_{CS}(t, t_0) = \frac{l(t_0) - l_{CS}(t)}{L_0}$$

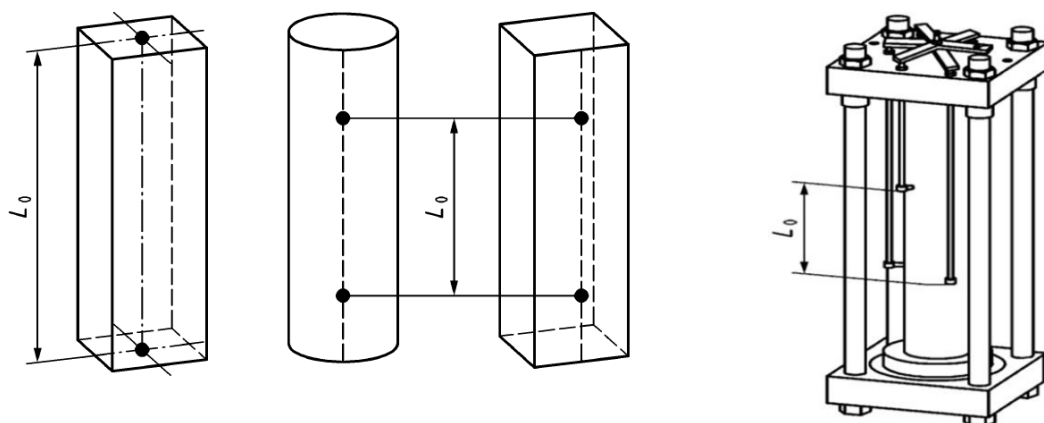
met:

L_0 De referentielengte [mm]

$l(t_0)$ De initiële lengte [mm] op tijdstip t_0 dat gedefinieerd als het moment waarop het proefstuk in de klimaatkamer geplaatst is.

$l_{CS}(t)$ De lengte in functie van de tijd t [mm]

$\varepsilon_{CS}(t, t_0)$ De totale krimp in functie van de tijd t met een nauwkeurigheid van 10^{-6} . Indien er meerdere proefstukken gebruikt worden, is het proefresultaat voor de krimp op tijdstip t het gemiddelde van de verkregen proefwaarden.



Figuur 8. Meetopstellingen voor de bepaling van de referentielengte L_0 [mm]. (A) meetpunten langs de hoofdas, (B) meetpunten op een lijn parallel aan de hoofdas en (C) meetpunten in twee vlakken.

De validiteit van de proef moet worden betwijfeld indien het bereik van de testwaarden groter is dan $60 \mu\text{m/m}$ voor een gemiddelde vervorming kleiner of gelijk aan $400 \mu\text{m/m}$. Ook wanneer het bereik van testwaarden groter is dan 15% van het gemiddelde voor een gemiddelde vervorming groter dan $400 \mu\text{m/m}$.

Enkele bijzonderheden

- Voor de klimaatkamer wordt de relatieve vochtigheid vastgelegd tussen 50% en 70% maar andere waarden worden geaccepteerd indien toegestaan. De temperatuur moet tijdens de proef gecontroleerd worden met registratie-intervallen kleiner dan 24 uur.
- De lucht moet vrij kunnen circuleren zodat dat de vervorming van de proefstukken vrij kan plaatsvinden.
- Een eenvoudig meetsysteem gebaseerd op wrijvingscontact mag niet worden gebruikt
- Meetnoppen: hard materiaal dat niet corrosief is en niet reageert met beton kan op het oppervlak worden verlijmd (hechting) of in het beton worden gestort (afdekking)
- Enkele verschillen met betrekking tot de versie van de Belgische norm NBN B15-216 (1974) en de Europese norm NBN EN 12390-16 (2019) worden samengevat in Tabel 9.

	NBN B 15-216 (1974)	NBN EN 12390-16 (2019)
Proefstukken	Prisma's	Prisma's, cilinders of boorkernen
Aantal proefstukken	Minstens 3	Minstens 2
Granulaat $D_{\max}$	≤ 40 mm	≤ 32 mm
Afmetingen van de proefstukken	Bij voorkeur als $D_{\max} \leq 40$ mm Diameter (d): $d = 15 \pm 1$ cm Lengte (L): $L/d \geq 2$ Andere afmetingen worden geaccepteerd volgens NBN B 15-212	Volgens NBN EN 12390-1 (prismaribbe of cilinderdiameter) met $d \geq 3,5 D_{\max}$ Volgens NBN EN 12504-1 (boorkerndiameter) met $d \geq 3 D_{\max}$ Bovendien lengte-diameterverhouding: $2 \leq L/d \leq 7$
Referentielengte L_0	/	$L_0 \geq L/2$ Indien eindplaten: $L_0 = L$ (eindplaten verlijmd op het oppervlak) $L_0 = L - 2 \cdot \text{dikte plaat}$ (eindplaten in het beton)
Meetpunten	/	Zie Figuur 8 De meetpunten worden symmetrisch geplaatst op een afstand groter dan $d/3$ van het uiteinde van het monster (d diameter of breedte van het monster)
Vorbereiding van de proefstukken	Gieten bij een temperatuur van $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ in een mal voorzien van een deksel Ontkisten na 24 ± 1 uur	Proefstukken gieten maximaal een uur na het eerste contact tussen het cement en water Ontkisten na 24 ± 1 uur Bevestiging van de meetnoppen op het oppervlak (indien verlijming) Bepaling van de massa en L_0 van het proefstuk
Bewaring van de proefstukken	Opslag van het proefstuk in de klimaatkamer	
klimaatkamer	Vrije luchtcirculatie tussen de proefstukken Relatieve vochtigheid $(60 \pm 2)\%$ Temperatuur $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$	Vrije luchtcirculatie tussen de proefstukken Maximale luchtsnelheid 0,5 m/s nabij de proefstukken Temperatuur $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ Constante ($\pm 5\%$) relatieve vochtigheid van 50-70 % De monsters moeten op steunen met een steunbreedte van ≤ 25 mm worden geplaatst
Meetsysteem	Elk instrument waarmee de vervorming kan worden gemeten ($\Delta L/L_0$) met een nauwkeurigheid van 10^{-5} wordt geaccepteerd. Of een apparaat uitgerust met meetplaten (indien gemeten langs de lengteas)	Elk systeem met resolutie $\geq 0,001$ mm Maximaal toelaatbare fout: $\pm 0,010$ mm indien $L_0 \geq 400$ mm en $\pm 0,005$ mm indien $L_0 < 400$ mm

	Of een extensometer (indien gemeten tussen twee tegenoverliggende zijprofielen) met een minimale meetbasis van 20 cm	
Weegschaal		Maximaal toelaatbare fout $\pm 0,02$ % van de massa
Facultatieve meetnoppen	Verlijmd op de zijvlakken Kan niet worden gelijmd aan de vrije zijde en ingegoten aan de onderzijde. Aan het einde: hun hoofdas moet samenvallen met de hoofdas van het monster	Verlijmd op de zijvlakken (hechting) of gegoten in beton (inbedden) Voor prisma's: kan niet worden gelijmd op de vrije zijde en het vlak van de gevormde bodem Aan het einde: hun hoofdas moet samenvallen met de hoofdas van het monster Als de meetlijnen op de zijvlakken worden gekozen: Punten op ten minste twee meetlijnen die gelijkmatig langs de omtrek van de proefstukken zijn verdeeld Als meetlijnen tussen twee vlakken: minimaal drie punten per vlak.
Meetmoment	Eerste meting bij ontkisten Volgende meting: 3de, 7de, 14de, 28ste, 42ste, 63ste en 91ste dagen na het aanmaken Andere meettijd indien nodig	Eerste meting bij ontkisten Volgende metingen (1 dag): 7de, 14ste, 28ste en 56de dag na het aanmaken Andere tijd indien nodig
Vertraging op de meting		Binnen 10 minuten na het verwijderen van het proefstuk uit de klimaatkamer
Nauwkeurigheid	10^{-5}	10^{-6}
Resultaten	Afgerond op 10 $\mu\text{m/m}$	Afgerond op 1 $\mu\text{m/m}$

Tabel 9. Belangrijkste verschillen tussen NBN B15-216 (1974) en NBN EN 12390-16 (2019).

Opmerkingen

- Er zijn geen gegevens over reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid beschikbaar voor de proefmethode.
- Er is geen Nederlandstalige versie van de norm verkrijgbaar bij het NBN.

NBN EN 12390-17

Bepaling van kruip van beton onder druk (2019)

Principe

De kruptest van verhard beton onder druk bestaat uit het opmeten van vervormingen van proefstukken die zijn onderworpen aan langdurige belasting in de lengterichting en dit onder gecontroleerde temperatuur- en relatieve vochtigheidsomstandigheden.

De totale kruip van verhard beton is de som van de endogene kruip en de uitdrogingskruip.

- Autogene kruip: vervorming van een proefstuk dat onder isothermische omstandigheden aan een constante belasting wordt onderworpen zonder directe uitwisseling van vocht met de omgeving.
- Totale kruip: vervorming van een proefstuk onderworpen aan een constante belasting onder gedefinieerde temperatuur- en vochtigheidsomstandigheden.
- Kruip door droging: berekend als het verschil tussen totale kruip en autogene kruip.

Aantal proefstukken

Het wordt aanbevolen om minimaal 2 proefstukken te hebben.

Afmetingen van de proefstukken

De proef is geschikt voor proefstukken met granulaten met een maximale diameter ($D_{\max}$) van maximaal 32 mm. De verhouding van de lengte L tot de afmeting d (ribbe prisma of diameter cilinder) van het proefstuk moet voldoen aan $2 \leq L/d \leq 7$.

Formule

De totale kruip ($\varepsilon_{cc}(t, t_0)$) bij een bepaalde tijd t na belasting, op 10^{-6} nauwkeurig, wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$\varepsilon_{cc}(t, t_0) = \varepsilon_{cc}(t) - [\varepsilon_{cs}(t, t_0) + \varepsilon_{cc}(t_0)]$$

met:

$\varepsilon_{cc}(t)$ Vervorming van het monster onder belasting op tijdstip t

$\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ Gemiddelde krimpvervorming van het proefstuk op tijdstip t .

$\varepsilon_{cc}(t_0)$ Initiële vervorming.

De autogene kruip ($\varepsilon_{bc}(t, t_0)$) op tijdstip t , op 10^{-6} nauwkeurig, na de belasting wordt berekend door:

$$\varepsilon_{bc}(t, t_0) = \varepsilon_{bc}(t) - [\varepsilon_{ca}(t, t_0) + \varepsilon_{bc}(t_0)]$$

$\varepsilon_{bc}(t)$ Vervorming van het afgedekte monster onder belasting in functie van de tijd t

$\varepsilon_{ca}(t, t_0)$ Autogene krimp op tijdstip t

$\varepsilon_{bc}(t_0)$ Initiële vervorming van het afgedekte proefstuk onder belasting.

De uitdrogingskruip op tijdstip t ($\varepsilon_{dc}(t, t_0)$), op 10^{-6} nauwkeurig, na belasting wordt berekend door:

$$\varepsilon_{dc}(t, t_0) = \varepsilon_{cc}(t, t_0) - \varepsilon_{bc}(t, t_0)$$

Als er meerdere proefstukken worden gebruikt, is het proefresultaat op tijdstip t het gemiddelde van de verkregen testwaarden. De validiteit van de test moet worden betwijfeld als het bereik van testwaarden $> 60 \mu\text{m/m}$ voor een gemiddelde vervorming $\leq 400 \mu\text{m/m}$. Ook indien het bereik van de testwaarden $> 15\%$ van het gemiddelde voor een gemiddelde rek $> 400 \mu\text{m/m}$.

Enkele bijzonderheden

- Klimaatkamer: de relatieve vochtigheid moet tussen de 50% en 70 % liggen alsook binnen $\pm 5\%$ van de streefwaarde worden gehouden, maar andere waarden worden geaccepteerd indien toegestaan. De temperatuur- en vochtigheidswaarden moeten tijdens de proef worden gecontroleerd en om de 24 uur worden geregistreerd. Lucht moet vrij kunnen circuleren tussen de steunen zodat vervorming van de monsters vrij kan plaatsvinden.
- Meetsysteem: een meetsysteem voor de lengte op basis van wrijvingscontact mag niet worden gebruikt.
- Meetnoppen: hard materiaal dat niet corrosief is en niet reageert met beton. Het kan op het oppervlak worden verlijmd (hechting) of in beton worden gestort (afdekking).
- Enkele verschillen met betrekking tot de versie van de Belgische norm NBN B15-228 (1976) en de Europese norm NBN EN 12390-17 (2019) worden weergegeven in Tabel 10.

	NBN B 15-228 (1976)	NBN EN 12390-17 (2019)
Proefstukken	Prisma of cilinder	Prisma, cilinder of boorkern
Aantal proefstukken	Minstens 3 proefstukken voor kruip In dezelfde batch moeten ten minste 3 proefstukken van elke compressie-, krimp- en elasticiteitsmodulusproeven worden voorzien.	Minstens 2 proefstukken voor kruip Andere proefstukken voor compressie-, krimp- en elasticiteitsmodulusproeven moeten in dezelfde batch worden voorzien
Granulaat $D_{\max}$	≤ 40 mm	≤ 32 mm
Afmetingen proefstukken	Cilinder $2 \leq L/d \leq 4$ Prisma $2,3 \leq L/d \leq 5$	Volgens NBN EN 12390-1 (prisma en cilinder) met diameter of ribbe $d \geq 3,5 D_{\max}$ NBN EN 12504-1 (boorkern) met diameter $d \geq 3 D_{\max}$ alsook $2 \leq L/d \leq 7$
Referentielengte L_0	$L_0 \geq 2d/3$ en $L_0 \geq 100$ mm	$L_0 \geq L/2$ Indien noppen: $L_0 = L$ (noppen gelijmd op oppervlak) $L_0 = L - 2 \times$ uitstekend deel (noppen gegoten in beton)
Meetpunten	Vier rechte lijnen: Cilinder: op vier transecten volgens twee loodrechte diameters Prisma: in het midden van vier zijvlakken langs de lengteas De meetpunten: Gelegen op een afstand van $\geq d/2$ vanaf het uiteinde van het proefstuk (d diameter of breedte van het monster)	Misschien: Parallel aan de hoofdas In twee vliegtuigen De meetpunten: Symmetrisch en geplaatst op een afstand $\geq d/3$ van het uiteinde van het proefstuk (d diameter of breedte van het monster)
Krimpvoorwaarde	1/3 van de druksterkte (tenzij anders vermeld)	$\leq 1/3$ van de druksterkte (tenzij anders vermeld)
Vorbereiding proefstukken	Gieten bij een temperatuur van $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ Ontkisten na (24 ± 1) u	Proefstukken gegoten na maximaal een uur na het eerste contact tussen cement en water Ontkisten na (24 ± 1) u Bevestiging van de noppen op het oppervlak (indien door verlijming) Bepaling van de massa en L_0 van het proefstuk Het proefstuk afdekken met een beschermend omhulsel (bij autogene krimp)

Opslag proefstukken	Opslag na ontkisting gedurende een week in water en tot tijdstip t2 in de klimaatkamer Temperatuur (20 ± 2) °C	Opslag na ontkisting tot tijdstip t1 in water (natte opslag) en tot tijdstip t2 in de klimaatkamer (droogopslag) Vochtbehoud of uitdroging is optioneel Temperatuur (20 ± 2) °C
Klimaatkamer	Vrije luchtcirculatie tussen proefstukken Vochtigheid (60 ± 2) % Temperatuur (20 ± 1) °C	Vrije luchtcirculatie tussen proefstukken Maximale luchtsnelheid 0,5 m/s nabij de proefstukken Temperatuur (20 ± 2) °C Een constante (± 5% van de streefwaarde) relatieve vochtigheid tussen 50% en 70% De proefstukken moeten op steunen met een steunbreedte van ≤ 25 mm worden geplaatst
Laadframe	Overgebrachte belasting gehandhaafd op ± 3% Maximale afwijking van centrering van het monster: 10%	Maximaal drie monsters gestapeld in één laadrek (gelijktijdige test) Belasting gehandhaafd op ± 3% Belastingsmeting met een maximaal toelaatbare fout van ± 2% Tolerantie op de vlakheid van de contactplaten: 0,05 mm
Lengte meetsysteem	Elk instrument dat een vervormingsmeting ($\Delta L/L_0$) met een precisie van 5×10^{-6} mogelijk maakt	Elk systeem met een resolutie $\geq 0,001$ mm Maximaal toelaatbare fout: $\pm 0,010$ mm als $L_0 \geq 400$ mm en $\pm 0,005$ mm als $L_0 < 400$ mm
Weegschaal	Maximaal toelaatbare fout $\pm 0,1\%$ van de massa	Maximaal toelaatbare fout $\pm 0,02\%$ van de massa
Facultatieve meetnoppen	Cilinder: op vier transecten volgens twee loodrechte diameters Prisma: in het midden van vier zijvlakken langs de lengteas	Verlijmd op de zijvlakken (hechting) of gegoten in beton (inbedden) Voor prisma's: kan niet worden gelijmd op het vrije vlak en het bodemvlak Aan het einde: hun hoofdas moet samenvallen met de hoofdas van het proefstuk Als de meetlijnen op de zijvlakken worden gekozen: Noppen gelegen op ten minste twee meetlijnen gelijkmatig verdeeld langs de omtrek van de proefstukken en evenwijdig aan de hoofdas of in twee vlakken. Als meetlijnen tussen twee vlakken: Minimaal drie noppen per zijde
Proefuitvoering	Pas een voorbelasting toe van 15% van de breukbelasting Proef geaccepteerd als $\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min}$ van $L_0 < 10\%$ van $\epsilon_{\min}$	Pas een voorbelasting toe van 25% van de breukbelasting Proef geaccepteerd als $\epsilon_{\text{ligne de base}} - \epsilon_{\text{moyenne}} \leq 20\%$ Verhoog de belasting naar de kruipbelasting binnen maximaal 30 seconden zonder onderbreking.

	Verhoog de belasting van 0,1 naar 0,5 N/mm ² per seconde totdat de kruipbelasting is bereikt	
Meetmoment	2u, 6u, 1ste, 2de, 3de en 7de dag en daarna wekelijks tot 182 dagen	2u, 6u daarna 3 metingen in de eerste week, vervolgens eens per week gedurende de eerste maand en daarna eenmaal per maand Andere tijden worden geaccepteerd. Totale looptijd minstens 6 maanden en bij voorkeur 12 maanden
Nauwkeurigheid	5x10 ⁻⁶	10 ⁻⁶

Tabel 10. Belangrijkste verschillen van de versie van de NBN B15-228 (1976) en NBN EN 12390-17 (2019).

Opmerkingen

- Er zijn geen gegevens over reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid beschikbaar voor de proefmethode.
- Er is geen Nederlandstalige versie van de norm verkrijgbaar bij het NBN.

Principe

Boorkernen van beton genomen uit betonconstructies worden voorbereid ter uitvoering van een drukproef volgens de norm NBN EN 12390-3.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken

De monsters zijn cilindervormig met een slankheid van 2 indien de sterkte van de boorkern wordt vergeleken met die van een cilindervormig proefstuk of van 1 indien de sterkte van de boorkern wordt vergeleken met een kubusvormig proefstuk.

De granulaatkorrelgrootte heeft een significante invloed op de gemeten druksterkte wanneer de kerndiameter gedeeld door de grootste granulaatkorrelgrootte kleiner is dan ongeveer 3. In de informatieve bijlage A wordt deze invloed uitgelegd.

Voor de uitvoering van drukproeven op boorkernen met een diameter kleiner dan 90 mm kan het nodig zijn de proefmachine aan te passen.

Formule

De druksterkte wordt bepaald door:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

met:

F Maximale kracht [N]

A_c Dwarsoppervlakte waarop de drukkracht wordt uitgeoefend [mm²]. Deze wordt berekend op basis van de reële afmetingen van het proefstuk.

Enkele bijzonderheden

- De proefmachine moet beantwoorden aan de norm NBN EN 12390-4 maar de categorie van de schaalnauwkeurigheid is niet bepaald.
- Indien nodig, dient een schatting van de porositeit van het proefstuk uitgevoerd te worden. Dit dient te gebeuren aan de hand van standaarddocumentatie of in vergelijking met een referentieproefstuk met gekende porositeit. Hoe dit precies uitgevoerd dient te worden, wordt niet vermeld.
- De belangrijkste verschillen tussen de versies uit 2009 en 2019 van de norm NBN EN 12504-1 is weergegeven in Tabel 11.

	NBN EN 12504-1	
	2009	2019
Proefstukken	Boorkernen	
Slankheid van de cilinders	1:1 of 2:1	
Wapening	De aanwezigheid van longitudinale wapening in het proefstuk is niet toegestaan. De positie en diameter van de dwarswapening moeten tot op de millimeter nauwkeurig worden genoteerd.	
Meting diameter	Meet in 2 orthogonale richtingen in het midden en op een kwart van de lengte	
Nauwkeurigheid van diameter- en hoogtemeting	1 %	0.5 %
Meting hoogte	/	Bij ontvangst tot op 5 mm Na voorbereiding op 3 plaatsen die op 120° ten opzichte van elkaar. Tot op 1 mm nauwkeurig
Na ontneming	Markeer de kernen, hun locatie en oriëntatie	
Na markeren	/	Kernen oppervlakkig gedroogd en in een luchtdichte ruimte geplaatst (bv. polyethyleen zak)
Bewaring	Indien bij verzadiging, 48 uur onder water vóór de test bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$	Indien bij verzadiging, 48 uur onder water vóór de test bij (20 ± 2). Anders in een luchtdichte behuizing.
Slankheidsvoorwaarden	/	Om als 2:1 te worden ingedeeld, moet de slankheid tussen 1,95:1 en 2,05:1 liggen Om als 1:1 te worden ingedeeld, moet de slankheid tussen 0,90:1 en 1,10:1 liggen
Vlakheid en rechtheid	NBN EN 12390-1	
Breukcriteria	Diagrammen met acceptabele en onacceptabele breuken (NBN EN 12390-3)	
Resultaten	tot op 0,1 MPa nauwkeurig	

Tabel 11. Belangrijkste verschillen van de versies uit 2009 en 2019 van de norm NBN EN 12504-1

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid. Wel wordt vermeld dat die waarschijnlijk kleiner zijn dan deze geregistreerd op genormaliseerde proefstukken bekomen na vormen (zie NBN EN 12390-3).
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12504-2

Niet-destructief onderzoek –

Bepaling van de terugslagwaarde (2012)

Principe

In een sclerometer wordt via een veersysteem een slagpin weggeschoten bij contact met het betonoppervlak. Het resultaat van de proef bestaat uit een meting van de mate van terugslag van de slagpin, de zogenaamde “terugslagwaarde”.

De waarde kan ook verkregen worden in functie van het energieverval of de snelheid vóór en na de schok van de massa.

De terugslagwaarde kan worden gebruikt om de homogeniteit van het beton ter plaatse te evalueren en om zwakke of beschadigde zones te bepalen. Deze methode kan de proeven voor de bepaling van de druksterkte van het beton niet vervangen. Ze kan echter wel een schatting van de sterkte van het beton ter plaatse opleveren indien betrouwbare correlaties worden aangetoond.

Apparaat

De sclerometer (Figuur 9) bestaande uit een stalen hamer samengedrukt door een veer die een stalen slagpin wegschiet bij contact met het betonoppervlak. De verplaatsingssnelheid van de hamer veroorzaakt moet constant en reproduceerbaar zijn. De terugslag van de stalen hamer ten opzichte van de stalen slagpin of andere terugslagwaarden moet worden gemeten op een lineaire schaal die in relatie staat met het frame van het instrument.



Figuur 9. Voorbeeld van een sclerometer.

Enkele bijzonderheden

Enkele verschillen tussen de oude norm NBN B15-225 (1984) en de norm NBN EN 12504-2 uit 2001 en 2012 worden weergegeven in Tabel 12.

	NBN B 15-225 (1984)	NBN EN 12504-2 (2001)	NBN EN 12504-2 (2012)
Soorten beton	Gewone en lichte beton met gesloten structuur uitgezonderd korrel- en cellenbeton	Elke soort beton op voorwaarde dat een adequate sclerometer wordt gebruikt	
Kalibratieaambeeld	Aambeeld bestaande uit een metalen cilinder met een vaste massa en hardheid zodanig dat de terugslag van de sclerometer een vaste waarde oplevert	Stalen aambeeld gekenmerkt door een minimale hardheid van 52 HRC, een massa van (16 ± 1) kg en een diameter van ca. 150 mm	
Aanwijzingen voor de kalibratie	Kalibratie periodiek uit te voeren	Kalibratie uit te voeren vóór en na elke reeks metingen	
Temperaturen bij de metingen	$> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Meetzones	Baan van ca. 2 tot 4 dm ² Dikte van wanden $> 10\text{ cm}$ Dikte van pijlers $> 12\text{ cm}$ Meetpunten minstens 3 cm verwijderd van de randen van de wanden	Baan van ca. 9 dm ² Dikte van wanden $> 10\text{ cm}$ Meetpunten minstens 2,5 cm verwijderd van de randen van de wanden	
Afstanden tussen meetpunten	$2\text{ cm} < d \leq 5\text{ cm}$	$d \geq 2,5\text{ cm}$	
Aantal metingen per zone	12 metingen	Minstens 9 metingen	
Buiten beschouwing te laten metingen	De twee uiterste meetresultaten voor elke zone elimineren	Resultaat bekomen na een indruk door platdrukking of perforatie van een holte	
Geval van weigering van de metingen	Indien de afstand tussen de individuele uiterste waarden gelijk is aan of groter dan 25 %, moeten de metingen worden genegeerd	Indien meer dan 20 % van alle uitgevoerde metingen meer dan 30 % van de mediaan afwijken, moeten de metingen worden genegeerd	
Meting	Afstand terugslag	Afstand terugslag	Afstand terugslag of meting van de energievariatie of snelheid vóór en na de impact

Tabel 12. Belangrijkste verschillen tussen de norm NBN B15-225 (1984) en de norm NBN EN 12504-2 uit 2001 en 2012

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- De vermelding van individuele waarden van de terugslag is niet verplicht.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 12504-3

Bepaling van de uittrekkraft (2005)

Principe

Een kleine metalen schijf wordt in het beton gegoten. De schijf heeft aan één zijde in het midden een staaf bevestigd zodat het uiteinde van de staaf uit het beton steekt. De kracht die nodig is om de schijf uit het beton te trekken wordt gemeten (Figuur 10).

Toepassingsgebied

Deze norm is van toepassing op geïntegreerde inzetstukken. Ook zijn inzetstukken van toepassing die in uitgehard beton kunnen worden ingebracht en daarna expanderen zonder evenwel zijwaartse spanningen teweeg te brengen. Hij is niet van toepassing op methodes waarbij gebruik wordt gemaakt van lijm om het inzetstuk te bevestigen.

Formule

$$f_p = \frac{F}{A}$$

met:

f_p Lostrekweerstand [MPa of N/mm²]

F Lostrekkraft [N]

A Oppervlakte [mm²]

De oppervlakte A wordt berekend door de formule:

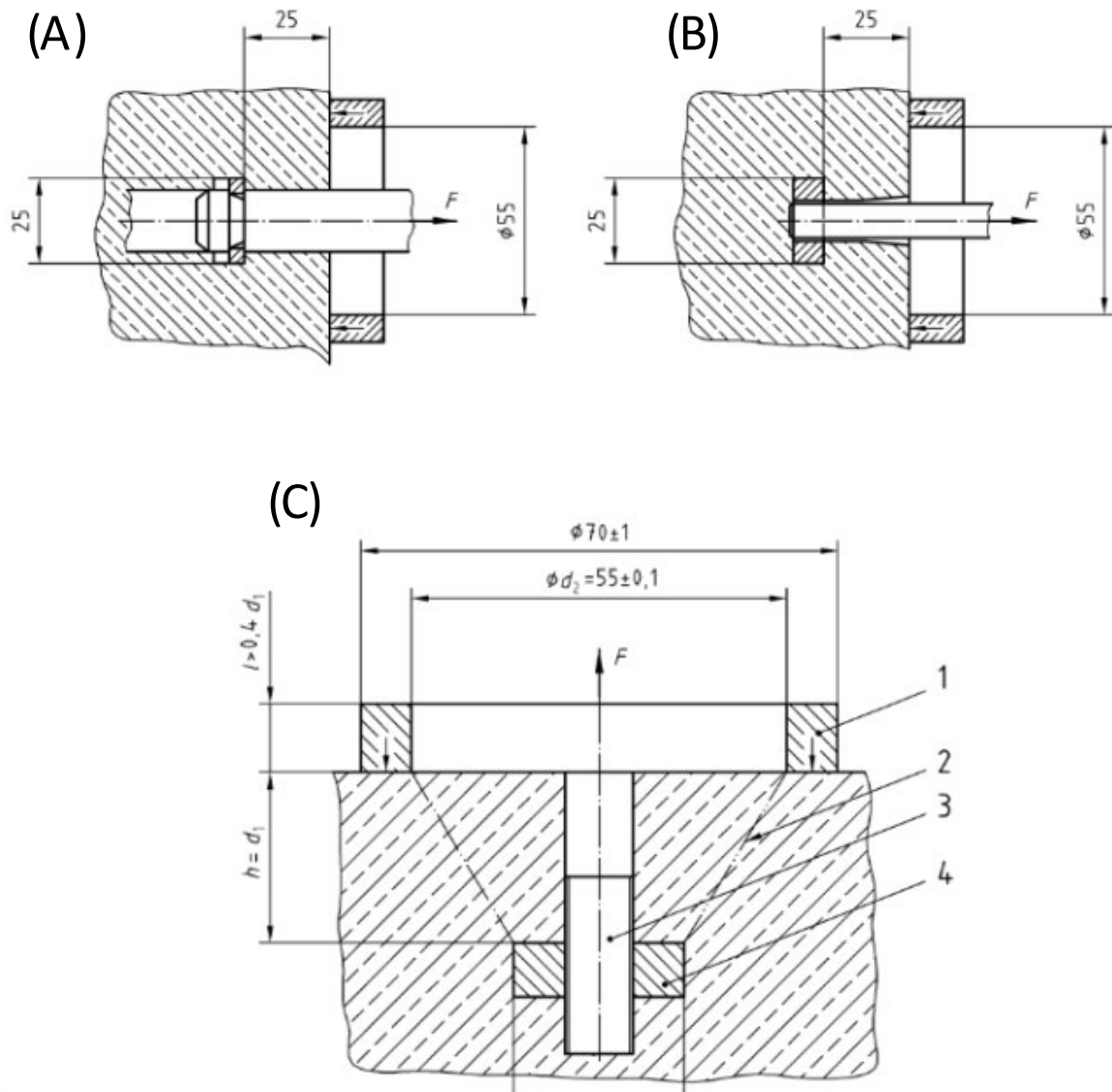
$$A = \frac{1}{4} \pi (d_2 + d_1) (4h^2 + (d_2 - d_1)^2)^{1/2}$$

met:

d_1 Diameter van de kop van het lostrek-inzetstuk [mm] (25 mm)

d_2 Binnendiameter van de steunring [mm] (55 mm)

h Afstand tussen de kop van het lostrek-inzetstuk en het betonoppervlak [mm]



Figuur 10. Proefopstellingen voor de bepaling van de uittrekkkracht. (A) inzetstukken die in uitgehard beton kunnen worden ingebracht, (B) geïntegreerde inzetstukken en (C) overzicht van de proef. 1) Steunring, 2) conische breukvlak, 3) uittrekstaaf en 4) uittrekschijf. Lengtes in [mm].

Enkele bijzonderheden

In Tabel 13 worden enkele belangrijke aandachtspunten uit norm NBN EN 12504-3 vermeld.

	NBN EN 12504-3 (2005)
Schijf	Cirkelvormige kop van $(25 \pm 0,1)$ mm diameter
Staaf	Glad en conisch met de grootste diameter aan de zijde van het betonoppervlak Diameter $\leq 0,6 \times$ diameter van de schijf Ingebrachte lengte in het beton gelijk aan de diameter van de schijf
Steunring	Rond de uitstekende staaf geplaatst, binnendiameter (55 ± 01) mm
Nauwkeurigheid belastingssysteem	$\pm 2 \%$
Plaats van proeven	Minstens 200 mm verwijderd Wapeningen bevinden zich aan de buitenkant van het conische brekingsvlak
Dikte van het beproefde beton	> 100 mm
Snelheid belastingstoename	$0,5 \pm 0,2$ kN/s
Resultaten	Op 0,05 kN nauwkeurig

Tabel 13. Belangrijkste aandachtspunten in NBN EN 12504-3.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.



Beproeving van betonspecie

NBN EN 12350-1

Monsterneming en gemeenschappelijke apparatuur (2019)

Principe

De norm specificeert twee procedures voor de monsterneming van betonspecie namelijk composietbemonstering en puntbemonstering ter plaatse. Een composietmonster is een hoeveelheid beton bestaande uit een aantal individuele monsternames verdeeld doorheen een batch of massa beton die grondig gemengd is. Een puntmonster is een hoeveelheid beton afkomstig van een deel van een batch of massa beton, bestaande uit een of meer individuele monsternames die grondig met elkaar gemengd zijn. Met een individuele monsternaming wordt met een schep of soortgelijk bemonsteringsapparaat uitgevoerd. Bovendien wordt in deze norm een lijst van algemene apparatuur weergegeven die vernoemd worden in de norm serie EN 12350 en EN12390-2 (zetmaat, Vebe-proef, verdichtingsmaat, schudmaat, dichtheid en luchtgehalte).

Enkele bijzonderheden

De aandacht wordt gevestigd op de zorg die men moet dragen tijdens het transport en bij de behandeling van de monsters, dewelke beschermd moeten worden tegen elke vorm van verontreiniging, wateropname of -verlies en extreme temperatuurschommelingen.

Er wordt ook aan herinnerd dat, wegens het alkalisch karakter van de betonspecies, elk contact tussen het cement en de mond, ogen of de neus of tussen het nat cement en de huid vermeden moet worden.

Opmerkingen

Tabel 14 geeft een overzicht van de verschillen tussen norm NBN EN 12350-1 uit 2009 en 2019. De wijzigingen met betrekking tot de groepering van de algemene apparaten voor proeven op vers beton (in de EN 12350-serie) en voor de voorbereiding van monsters voor sterkteproeven (in EN 12390-2) worden ook besproken.

	NBN EN 12350-1 2009	NBN EN 12350-1 2019
Bemonstering	Composietmonster: een aantal (niet-gespecificeerde) individuele monsternames verdeeld over een massa beton Puntmonster: een of meer individuele monsternames verdeeld over een deel van de betonmassa Beton in één keer opgenomen met een schep of soortgelijk apparaat	
Uitrusting	/	Algemene apparaten voor de proeven van de EN 12350 en 12390-2 series
	Bemonsteringsschep: ongeveer 100 mm breed. Materiaal niet absorberend noch direct aantastbaar door cement Schop met vierkanten uiteinde.	

	Herhomogenisatiebak: stijf, niet-absorberend materiaal, niet direct aantastbaar door cement met voldoende volume om opnieuw te homogeniseren met behulp van de schop. Holle kegel: metaal voorzien van twee handvatten en bevestigingsbeugels, gladde binnenwand, niet direct aan te tasten door cement. Bodemdiameter: (200 ± 2) mm, bovendiameter: (100 ± 2) mm, hoogte: (300 ± 2) mm en dikte $\geq 1,5$ mm Bodemplaat: niet-absorberend, stijf en vlak Trechter: niet absorberend, niet direct aantastbaar door cement, voorzien van een inrichting voor de plaatsing op het bovenste deel van de holle kegel. Vochtige doek	
	Thermometer: nauwkeurigheid $\pm 1^\circ \text{C}$ Container: niet-absorberend materiaal, niet direct aantastbaar door cement Trilnaald: frequentie ≥ 120 Hz en diameter $\leq \frac{1}{4}$ van de kleinste afmeting van de kegel; Triltafel: frequentie ≥ 40 Hz Hechtstang: afgeronde uiteinden, ronde doorsnede met een diameter van (16 ± 1) mm en een lengte van (600 ± 5) mm Balk: vierkant gedeelte 25 mm zijkant en ongeveer 380 mm lang. Liniaal: schaalverdeling van 0 tot 300 mm (interval ≤ 5 mm) Meetlint: lengte ≥ 700 mm en schaalverdeling ≤ 5 mm Chronometer: resolutie van 1 s	Thermometer: Maximaal toelaatbare fout 1°C Container: waterdicht, stijf, niet-absorberend materiaal, niet direct aantastbaar door cement, glad vanbinnen. Minimale afmeting op zijn minstens 4 keer de maximale nominale afmeting van de granulaten ($D_{\max}$) en niet kleiner dan 150 mm en met volume ≥ 5 liter Afgesloten omkasting: afsluitbare cilinder, niet-absorberend materiaal, niet direct aantastbaar door cement. $0,7 \leq \text{hoogte/diameter} \leq 1,3$ Trilnaald: frequentie ≥ 120 Hz en diameter $\leq \frac{1}{4}$ van de kleinste afmeting van de kegel; Triltafel: frequentie ≥ 40 Hz; Prikstang: afgeronde uiteinden, ronde doorsnede van ongeveer 16 mm en lengte 600 mm Balk: vierkant gedeelte 25 mm zijkant en ongeveer 380 mm lang. Liniaal: schaalverdeling van 0 tot 300 mm (interval ≤ 1 mm) Meetlint: lengte ≥ 1000 mm en schaalverdeling op interval ≤ 5 mm Chronometer: resolutie van 0,5 sec Weegschaal: Maximaal toelaatbare fout 0,01 kg Nivelleerregel: staal, minimaal 100 mm meer dan de binnenmaat van het bovendeel van de container Hamer Troffel: metaal en niet direct aantastbaar door cement
Volume	Minstens 1,5 keer de hoeveelheid die nodig is om te testen	
Composietmonster	Batchmixer of betonmixer: houd geen rekening met het begin en einde van de batch	

	Voor bemonstering met een gemonteerde betonmixer wordt een minimum van 4 elementaire monsternames aanbevolen Mengsel gestort in één of meerdere keren: verdeel het mengsel over het gehele volume en over het gehele blootgestelde oppervlak op minimaal 5 verschillende locaties Bemonstering op beton dat wordt gestort: representatief voor de breedte en dikte van de storting.	
Puntmonster	Bemonstering op beton dat wordt gestort: representatief voor de breedte en dikte van de storting.	
Temperatuurmeting	Indien nodig dient de temperatuur van het beton in de kuip worden gemeten	Indien nodig moet de temperatuur van het beton in de kuip worden gemeten tussen 30 s en 60 s na het inbrengen van de thermometer tot een diepte van ongeveer 50 mm
Consistentiemeting	/	Hoeveelheid: minimaal 1,5 keer de hoeveelheid die nodig is voor de proef en voldoende om de luchtdichte kamer tot 25 mm tot 50 mm vanaf het deksel te vullen Beton dat voor de initiële consistentietest wordt gebruikt, mag niet worden hergebruikt om het behoud van de gespecificeerde consistentie te bepalen.
Rapport	/	Indien van toepassing: het aantal monsters dat is genomen voor de consistentieproeven

Tabel 14. Overzicht van de verschillen tussen norm NBN EN 12350-1 uit 2009 en 2019.

Opmerkingen

- De norm specificeert geen 'r' (herhaalbaarheid) en 'R' (reproduceerbaarheid) waarden om de nauwkeurigheid van de meting te beoordelen.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

Principe

De betonspecie wordt in een mal in de vorm van een afgeknotte kegel gegoten. Wanneer de kegel verticaal wordt opgetild kan de consistentie van het beton door zijn zetmaat worden gemeten. Deze proef is niet van toepassing indien de grootste diameter van de granulaten meer dan 40 mm bedraagt.

Aantal proefstukken

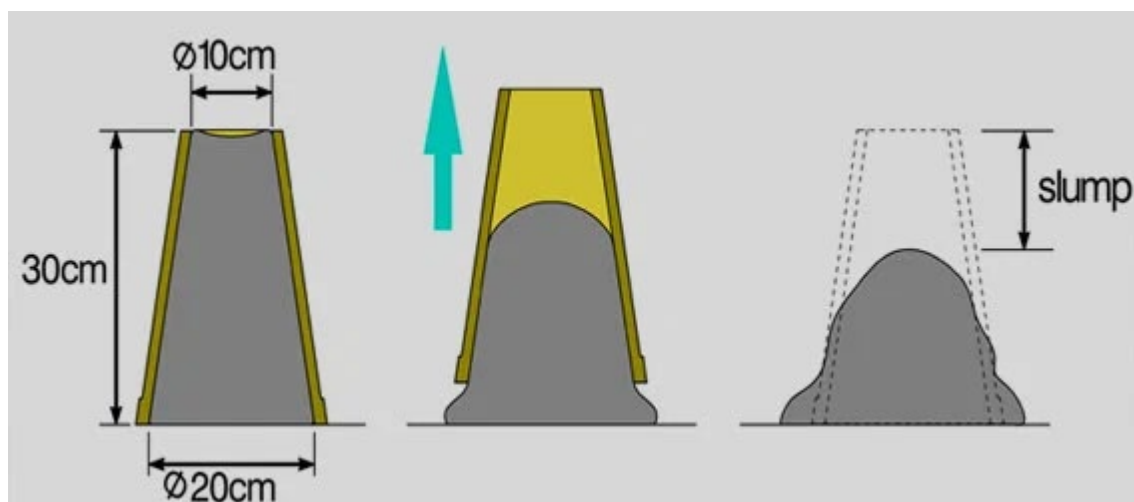
Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken

Voor het uitvoeren van de proef is een opnieuw gehomogeniseerd monster van ongeveer 6 liter vereist.

De proef

Een mal in de vorm van een afgeknotte kegel (diameter van de onderzijde = 200 ± 2 mm, diameter van de bovenzijde = 100 ± 2 mm, hoogte = 300 ± 2 mm) wordt op een hard vlak geplaatst en gevuld in drie lagen, waarbij elke laag, na het verdichten, overeenkomt met een derde van de hoogte van de mal. De mal en het vlak worden van tevoren bevochtigd. Elke laag wordt 25 keer met de staaf ($d = 16$ mm, $h = 600$ mm) gepord. De mal wordt zonder zijdelingse beweging verticaal opgetild (Figuur 11). De zetmaat van de betonspecie wordt aangegeven door het verschil tussen de hoogte van de mal en het hoogste punt van het ingezakte proefstuk.



Figuur 11. Voorbeeld van de bepaling van de zetmaat.

Enkele bijzonderheden

- Het proefstuk moet conform norm NBN EN 12350-1 (2019) zijn.
- De voor de uitvoering van deze test met de benodigde apparatuur voldoen aan de specificaties van EN 12350-1 (2019).
- De proef is niet toepasbaar indien de grootste diameter van de granulaten meer dan 40 mm bedraagt.
- De proef is enkel geldig wanneer het beton na inzakking over het geheel genomen intact en symmetrisch is gebleven.
- De inzakking mag zich slechts ontwikkelen tot 60 seconden na het wegnemen van de mal.
- Enkele verschillen tussen NBN EN 12350-2 uit 2009 en 2019 worden weergegeven in Tabel 15.

	NBN EN 12350-2 (2009)	NBN EN 12350-2 (2019)
Toepassingsgebied	Zetmaten enkel geldig tussen 10 mm en 200 mm $D_{\max} \leq 40 \text{ mm}$	
Toleranties voor de afmetingen van de staaf	$\varnothing = 16 \pm 1 \text{ mm}$ $l = 600 \pm 5 \text{ mm}$	$\varnothing = 16 \text{ mm}$ $l = 600 \text{ mm}$
Nauwkeurigheid chronometer	1 s	0,5 s
Tijd voor het verwijderen van de mal door op te tillen	2-5 s	
Meting inzakking	/	Beton moet worden opgeslagen in de luchtdichte mal. Voor elke test moet het beton worden gelegeerd en opnieuw gehomogeniseerd op het platform. Hoeveelheid: Minstens 1,5 keer de hoeveelheid die nodig is voor de tests en voldoende om de luchtdichte mal tot 25 mm tot 50 mm vanaf het deksel te vullen; Beton dat voor de initiële consistentietest wordt gebruikt, mag niet worden hergebruikt om het behoud van de gespecificeerde consistentie te bepalen.
Nauwkeurigheid	Tot op 10 mm nauwkeurig	

Tabel 15. Verschillen tussen NBN EN 12350-2 uit 2009 en 2019.

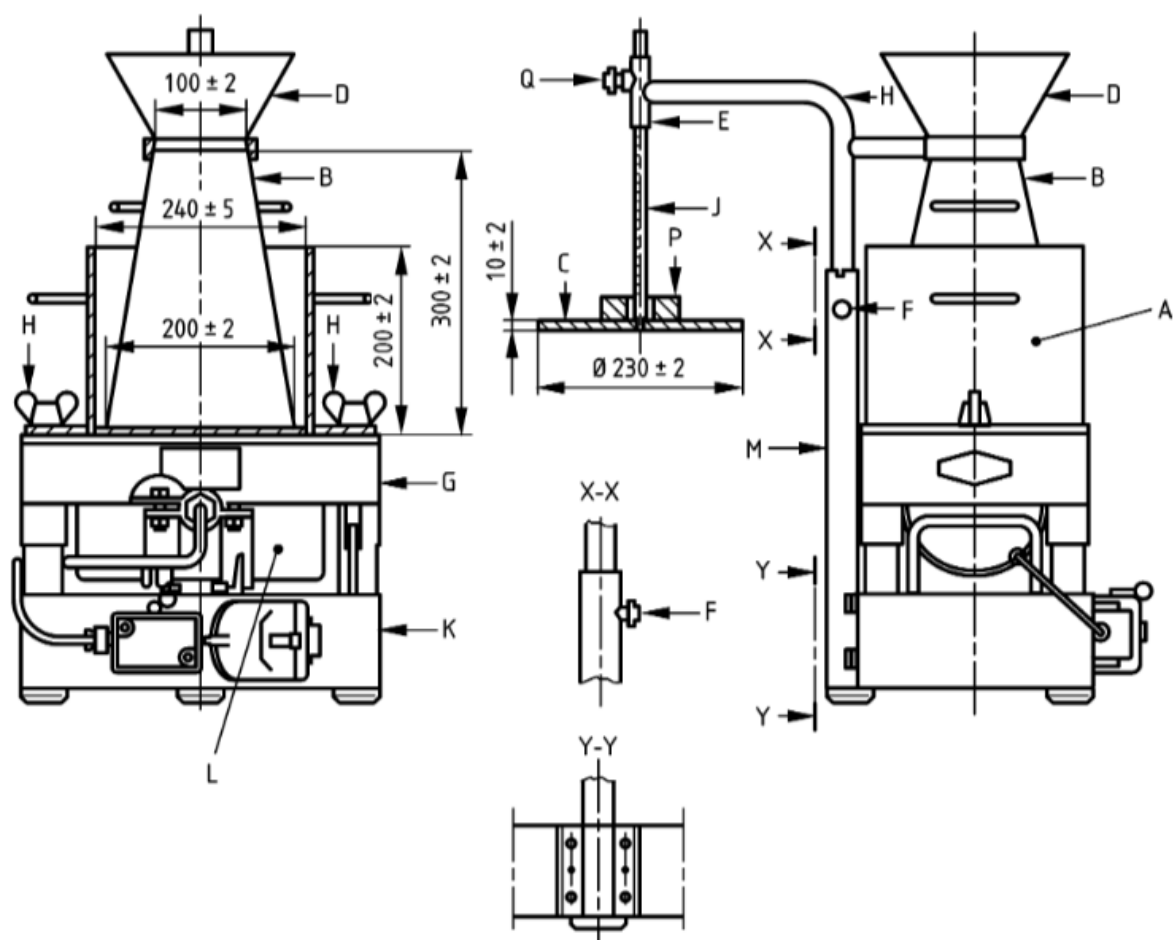
Opmerkingen

- Waarden van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) om de nauwkeurigheid van de test te beoordelen worden in de norm gegeven.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

Principe

Het beton wordt gecompacteerd in een mal voor de zetmaatproef die vervolgens wordt opgetild waarna de zetmaat van het beton wordt opgemeten. Het beton wordt vervolgens bedekt met een transparante schijf en de schoktafel wordt in werking gezet. Er wordt gemeten hoelang het duurt tot de onderzijde van de schijf volledig bedekt is met betonspecie. Deze tijd is de Vebe-tijd. De proef wordt uitgevoerd met een consistometer (apparaat voor de bepaling van de Vebe-proef; Figuur 12).

De methode wordt enkel toegepast als de maximumdimensie van de granulaten ≤ 63 mm is. Als de Vebe-tijd minder dan 5 s of meer dan 30 s bedraagt, moet er een andere consistentieproef gebruikt worden.



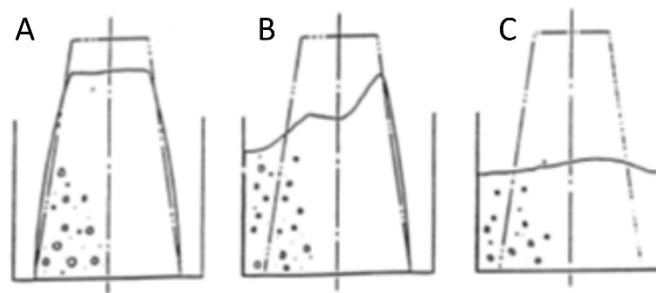
Figuur 12. Proefopstelling voor de Vebe-test. A= mal, B= kegel, C= transparante schijf, D= trechter, E= geleider, F= schroef, G= vibratietafel, H= bouten, J= schaal, K= holle basis, L= trileenheid, M= houder, N= beweegbare arm, P= gewicht, Q= schroef, X-X en Y-Y detailopnames.

De proef

Het monster wordt genomen overeenkomstig de norm NBN EN 12350-1.

De mal (zie Figuur 13) wordt in drie lagen gevuld en elke laag wordt 25 keer aangestampt met een staaf zodat de specie gelijkmatig verdeeld is over de sectie. De trechter wordt verwijderd en het beton effent uit door de mal verticaal te verwijderen in 2 tot 5 seconden. De schijf wordt boven het beton gedraaid en wordt gezakt tot het in aanraking komt met het beton. De waarde van de zetmaat wordt op de maatstaaf afgelezen en genoteerd.

De schijf moet vrij rusten op het beton en de schoktafel en de chronometer gelijktijdig ingeschakeld en stopgezet wanneer het beton de volledige onderzijde van de schijf heeft bedekt. De tijd wordt tot op de seconde nauwkeurig genoteerd. Een eventuele onregelmatige zetmaat van het beton moet in het verslag worden vermeld (Figuur 13).



Figuur 13. (A) regelmatige zetmaat, (B) onregelmatige zetmaat door afschuiving, (c) onregelmatige zetmaat door inzakking.

Enkele bijzonderheden

geeft de verschillen weer tussen de vorige versie van deze norm en de oude Belgische norm.

	NBN EN 12350-3 (2019)	NBN EN 12350-3 (2009)	NBN B15-234
D_{max}	≤ 63 mm		≤ 40 mm
Tijdsduur voor het opheffen van de kegel	2 tot 5 seconden		/
Consistentiemeter	De consistometer is identiek.		

Tabel 16. Verschillen tussen de normen NBN EN 12350-3 uit 2009 en 2019 en NBN B15-234.

Opmerkingen

- De norm geeft geen enkele waarde voor r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) aan om de meetnauwkeurigheid weer te geven.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

NBN EN 12350-4

Verdichtingsgraad (2019)

Principe

Deze norm definieert een methode voor de bepaling van de consistentie van betonspecie via de evaluatie van zijn verdichtingsmaat. De betonspecie wordt met een truweel in een vat geplaatst waarbij elke verdichting wordt vermeden. Vervolgens wordt de vat aan de bovenrand geëffend. Daarna wordt het beton door middel van trillen gecompacteerd. Aan de hand van de afstand tussen het oppervlak van het gecompacteerd beton en de rand van het vat kan de verdichtingsmaat bepaald worden.

Proefstukken

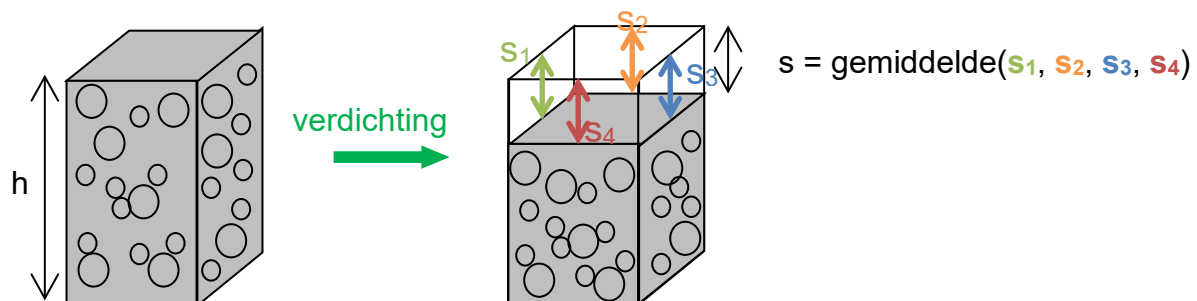
Het monster wordt genomen overeenkomstig de norm NBN EN 12350-1 en opnieuw gehomogeniseerd met behulp van een plaat en een schep met vierkante punt.

Het vat heeft als afmetingen van het basisvlak $200\text{ mm} \pm 2\text{ mm} \times 200\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ en een hoogte van $400\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$. De wanden moeten minstens 1,5 mm dik zijn en vervaardigd uit een materiaal dat niet wordt aangetast door de cementpasta.

De referentiemethode voor de verdichting is de triltafel met een minimumfrequentie van ongeveer 40 Hz (2400 cycli/min). De trilnaald kan ook gebruikt worden met een minimumfrequentie van ongeveer 120 Hz (7200 cycli/min) en een diameter kleiner of gelijk aan een vierde van de kleinste afmeting van het vat.

De proef

Het vat wordt eerst gereinigd en de binnenzijden bevochtigd met een natte doek. Het vat wordt gevuld met betonspecie door het truweel afwisselend op de 4 randen te plaatsen en hem zijdelings schuin te houden. Het oppervlak wordt geëffend door een zaagbeweging met een regel waarbij elke verdichting vermeden wordt. Het beton wordt gecompacteerd met de triltafel of –naald totdat het volume niet meer afneemt. Vervolgens wordt de waarde “s” verkregen op 1 mm nauwkeurig als het gemiddelde van de afstanden tussen het oppervlak van het gecompacteerd beton en de bovenrand van het vat (Figuur 14).



Figuur 14. Bepaling van de verdichtingsgraad.

Resultaat

De verdichtingsmaat c wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$c = \frac{h}{h - s}$$

Met:

h Binnendiepte van het vat [mm].

s Gemiddelde afstand tussen het oppervlak van het gecompacteerd beton en de bovenrand van het vat [mm] op 1 mm nauwkeurig.

Als $c < 1,04$ of $> 1,46$ is, moet er een andere beproevingsmethode gebruikt worden om de consistentie te bepalen.

Opmerkingen

- De norm geeft geen enkele waarde voor r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) aan om de meetnauwkeurigheid weer te geven.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

Principe

De consistentie van vers beton wordt bepaald door de spreiding ervan te meten op een vlak oppervlak dat wordt geschud (Figuur 15). . Deze norm is niet van toepassing op cellenbeton, zeer open beton, zelfverdichtend beton of beton met toeslagmateriaal groter dan 63 mm. Als de spreidingswaarde <340 mm of > 620 mm is, moet een andere consistentietest worden gebruikt.



Figuur 15. Bepaling van de schudmaat.

Aantal proefstukken

Niet bepaald.

Afmetingen van de proefstukken

Een monster van minstens 5 liter conform NBN EN 12350-1 is vereist. Dit monster dient opnieuw gehomogeniseerd te worden alvorens de proef uit te voeren.

De proef

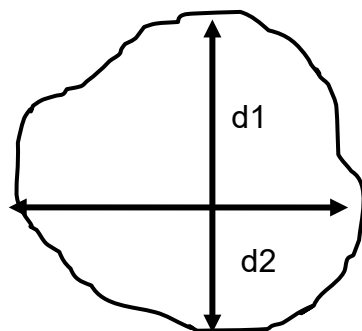


Figuur 16: Schematische voorstelling van proef voor de bepaling van de schudmaat.

De proef wordt uitgevoerd op een zogenaamde vloeitafel met een vlak blad verbonden door scharnieren met een harde basis (Figuur 15). Een conusvormige mal met een basisdiameter van 200 mm, topdiameter van 130 mm en hoogte van 200 mm wordt geplaatst in het centrum van de tafel. De mal en het blad zijn op voorhand nat gemaakt. Het vullen van deze mal gebeurt in twee achtereenvolgende lagen van gelijke hoogten.

Elke laag wordt 10 keer verdicht met een stamper. De mal wordt in 1 tot 3 seconden, zonder zijdelingse beweging, verticaal opgetild (Figuur 16). De valhoogte van het mobiel blad en van de harde basis is 40 mm. Deze cyclus wordt 15 maal herhaald. Elke cyclus duurt tussen 1 en 3 seconden.

De schudmaat van de betonspecie wordt bepaald door het gemiddelde te berekenen van de maximale uitspreidingen, tot op 10 mm nauwkeurig, gemeten parallel aan de zijden van de schoktafel (Figuur 17). Indien na 15 schokcycli de uitspreiding van het beton niet gestabiliseerd is, moet gewacht worden tot de uitspreiding gestabiliseerd is voor het bepalen van de schudmaat. De tijd tussen deze stabilisatie en het einde van de cycli dient opgemeten en gerapporteerd te worden.



Figuur 17: Meting van de schudmaat.

Enkele bijzonderheden

- Het proefstuk moet conform de norm NBN EN 12350-1 zijn.
- Deze norm is niet van toepassing op beton waarvan de grootste diameter van de granulaten meer dan 63 mm bedraagt.
- De proef is niet van toepassing op cellenbeton of poreus beton noch zelfverdichtend beton.
- Enkele verschillen in tussen de norm NBN EN 12350-5 uit 2009 en 2019 wordt weergegeven in Tabel 17.

	NBN EN 12350-5 (2009)	NBN EN 12350-5 (2019)
Toepassingsgebied	Schudmaat tussen 340 mm en 600 mm. $D_{\max} \leq 63 \text{ mm}$	Schudmaat tussen 340 mm en 620 mm. $D_{\max} \leq 63 \text{ mm}$
Mal	Kegelvormig met basisdiameter $200 \pm 2 \text{ mm}$, topdiameter $130 \pm 2 \text{ mm}$ en hoogte $200 \pm 2 \text{ mm}$. Wanddikte is minimaal 1,5 mm	
Tafel	Vierkanten tafel = $700 \pm 2 \text{ mm}$ Centrale cirkelvormige markering met diameter = $210 \pm 1 \text{ mm}$ Tafelmasa = $16 \pm 0,5 \text{ kg}$ Valhoogte = $40 \pm 1 \text{ mm}$	
Prikstaaf	Vierkanten doorsnede = $40 \pm 1 \text{ mm}$ Lengte = 200 mm	
Uitvoering	Vul de mal in 2 lagen, prik elke laag 10x, til de mal op in 1 tot 3 seconden en geef 15 schokken. De duur van elke cyclus moet tussen de 1 en 3 seconden zijn.	
Resultaten	Gemiddelde uitspreiding = $(d_1 + d_2)/2$	
Metingen	/	Beton moet worden opgeslagen in een mal. Voor elke test moet het beton worden geleegd en opnieuw gehomogeniseerd op het platform. Hoeveelheid: minstens 1,5 keer de hoeveelheid die nodig is voor de tests en voldoende om de mal tot 25 mm tot 50 mm vanaf het deksel te vullen; Beton dat voor de initiële consistentietest wordt gebruikt, mag niet worden hergebruikt om het behoud van de gespecificeerde consistentie te bepalen.
Nauwkeurigheid	op 10 mm nauwkeurig	
Rapport	/	Het rapport moet de ouderdom van het proefstuk sinds het eerste contact tussen cement en water vermelden. Het rapport kan de gespecificeerde consistentieklasse bevatten

Tabel 17. Verschillen tussen de norm NBN EN 12350-5 uit 2009 en 2019.

Opmerkingen

- De waarden voor de parameters van de betrouwbaarheid van de proef, r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid), worden in de norm opgenomen.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

Principe

Deze norm definieert een methode voor de bepaling van de dichtheid van verdichte betonspecie. De betonspecie wordt verdicht in een harde en waterdichte mal en gewogen. De mal wordt op voorhand geijkt.

Proefstukken en apparatuur

Het monster wordt genomen overeenkomstig de norm NBN EN 12350-1 en opnieuw gehomogeniseerd met behulp van een plaat en een schep met vierkante punt.

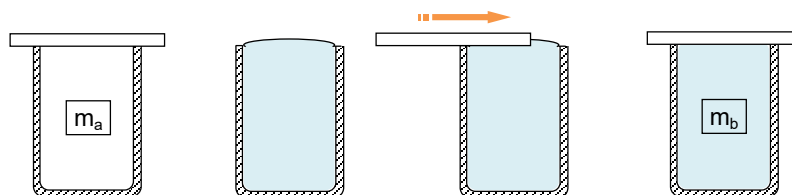
De mal moet hard en waterdicht zijn en gemaakt uit materiaal dat niet onmiddellijk wordt aangetast door de cementpasta. De binnenwanden zijn glad, de bovenrand vlak en parallel aan de basis, het volume is minstens gelijk aan 5 l (of minder voor productie-evaluatieproeven) en de kleinste afmeting is minstens gelijk aan viermaal de nominale maximumafmeting van granulaten, met een minimum van 150 mm. Er kan een opzetstuk voor het vullen gebruikt worden.

Er zijn vier mogelijke verdichtingsmethodes:

- Trilnaald: frequentie van ongeveer 120 Hz (7200 cycli/min), diameter kleiner of gelijk aan een vierde van de kleinste afmeting van de mal.
- Triltafel: frequentie van ongeveer 40 Hz (2400 cycli/min).
- Metalen stang: ronde doorsnede, recht, in staal, diameter van ongeveer 16 mm, lengte ongeveer 600 mm, afgeronde uiteinden.
- Verdichtingsstaaf met vierkante doorsnede van ongeveer 25 mm x 25 mm, lengte 380 mm.

De proef

Het volume van de mal wordt eerst gemeten via de ijkingsmethode (Figuur 18). Hierbij wordt de lege mal gewogen samen met een glazen plaat en dit met een nauwkeurigheid 0,01 kg. Dit levert massa " m_a " op [kg]. De mal wordt op een horizontaal oppervlak plaatsen en gevuld met water met een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot de mal overloopt. Vervolgens wordt de glazen plaat erop geschoven om geen luchtballen te hebben. De mal met het water en de glazen plaat wordt ook gewogen met een precisie van 0,01 kg en dit levert massa " m_b " op [kg]. De benodigde watermassa om de mal te vullen wordt gegeven door het verschil van $m_b - m_a$ [kg]. Deze verschilmassa gedeeld door 998 kg/m^3 levert het volume V van de mal op [m^3] tot op $0,00001 \text{ m}^3$ nauwkeurig.



Figuur 18. Schematische weergave ijkingsmethode.

Bevochtig en weeg de lege container (m_1). Vul de container met beton en verdicht deze in minimaal twee lagen, direct na het vullen, tot volledige verdichting is verkregen (geen opstijgende grote bellen meer, relatief glad oppervlak zonder overmatige segregatie). Overmatige verdichting moet worden vermeden om geen afname van de meegevoerde lucht te veroorzaken. In het geval van de trilnaald moet deze verticaal worden gehouden en niet in contact komen met de wanden of de bodem van de mal. Er moeten speciale voorzorgsmaatregelen worden genomen om een afname van de meegevoerde lucht te voorkomen. In het geval van de triltafel moet de container stevig tegen de tafel worden vastgebonden of vastgehouden. Bij handmatige verdichting (staaf of verdichtingsbalk) moeten de slagen gelijkmatig over het volledige oppervlak van de container worden verdeeld. Minimaal 25 slagen per laag zijn vereist. De staaf of staaf mag niet plotseling in contact komen met de bodem van de container, noch substantieel doordringen in een eerdere laag. De laatste luchtbellen worden verwijderd door met een hamer scherp op de zijanten van de mal te tikken, totdat er geen grote luchtbellen meer op het oppervlak verschijnen en de sporen van de staaf of verdichtingsbalk verdwijnen. Als u een opzetstuk gebruikt, moet u overtollig beton onmiddellijk gladstrijken met een troffel en vervolgens een liniaal, en vervolgens de buitenkant van de container schoonmaken. Weeg vervolgens de container en zijn inhoud (m_2). Vermijd, gezien de alkalische aard van verse cement, elk contact tussen het cement en de mond, ogen en neus of tussen vers beton en huid.

Formule

De volumemassa wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

met:

- D Volumemassa van de betonspecie [kg/m^3] afgerond op 10 kg/m^3 .
- m_1 Massa van de mal [kg]
- m_2 Massa van de mal plus de massa van het beton in de mal [kg]
- V volume van de mal [m^3]

Nauwkeurigheid

De norm geeft een tabel met precisiewaarden die van toepassing zijn op metingen die zijn uitgevoerd op beton uit hetzelfde monster en wanneer elk testresultaat overeenkomt met een enkele bepaling van de dichtheid (Tabel 18).

Herhaalbaarheid is van toepassing op het verschil tussen de resultaten van twee tests die op hetzelfde monster zijn uitgevoerd door een operator met hetzelfde apparaat. Het symbool r geeft de herhaalbaarheidsgrens aan, een waarde waaronder, met een waarschijnlijkheid van 95%, de absolute waarde van het verschil tussen de twee testresultaten ligt. Het symbool s_r geeft de standaarddeviatie van de testresultaten of de standaarddeviatie van de herhaalbaarheid aan.

Reproduceerbaarheid is van toepassing op het verschil tussen twee testresultaten die op hetzelfde monster zijn uitgevoerd door twee operators die elk hun eigen apparaat gebruiken. Dit zijn de symbolen R en s_R die worden gebruikt om respectievelijk de reproduceerbaarheidsgrens en de reproduceerbaarheidsstandaarddeviatie aan te duiden.

Meetbereik	Herhaalbaarheid voorwaarden		Reproduceerbaarheid voorwaarden	
	s_r	r	s_R	R
2300 tot 2400 kg/m ³	5,5 kg/m ³	15 kg/m ³	10,2 kg/m ³	29 kg/m ³

Tabel 18. Precisiewaarden die van toepassing zijn op metingen die zijn uitgevoerd op beton uit hetzelfde monster en wanneer elk testresultaat overeenkomt met een enkele bepaling van de dichtheid.

Vergelijking tussen de oude Belgische norm NBN B 15-235 en de NBN EN 12350-6 (2019) wordt weergegeven in Tabel 19.

	NBN EN 12350-6:2019	NBN B 15-213
Granulaten	$D_{\max} \leq 63 \text{ mm}$	$D_{\max} \leq 40 \text{ mm}$
Bemonstering	Volgens NBN EN 12350-1	Volgens NBN B 15-206
Nauwkeurigheid balans	0,1 %	0,2 %
Minimale volume van de mal	5 l	/
Vul- en verdichtingsprocedure	Beschreven in de norm	Beschreven in NBN B 15-212

Tabel 19. Vergelijking tussen de NBN EN 12350-6:2019 en NBN B 15-213.

Opmerkingen

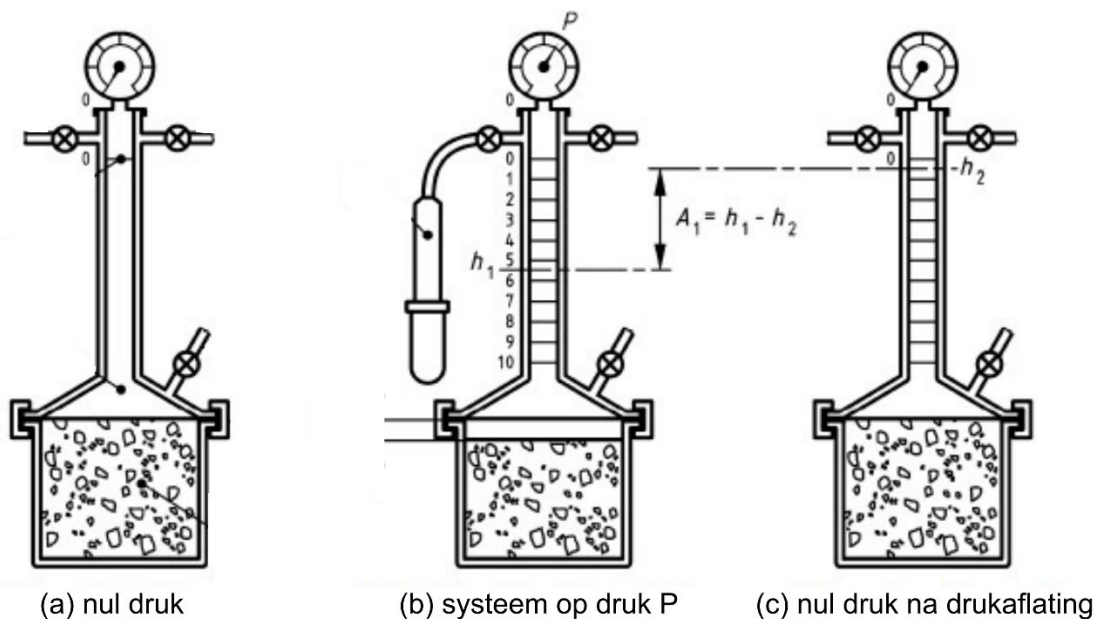
- Waarden van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) waarmee de nauwkeurigheid van de test kan worden beoordeeld, zijn opgenomen in de norm.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

Principe

Deze norm beschrijft twee methoden voor de bepaling van het luchtgehalte van verdicht, verse beton. Beide methoden maken gebruik van de ideale gaswet bij constante temperatuur. Specifiek de wet van Boyle-Mariotte stelt dat het product van volume en druk steeds een constante is. Men onderscheidt twee methodes en proefopstelling, de “waterkolommethode” en “manometermethode”, respectievelijk.

Bij het eerste toestel (Figuur 19) wordt boven een betonmonster een kolom water tot een vooraf gedefinieerde hoogte aangebracht. Hierna wordt op deze waterkolom een luchtdruk uitgeoefend. De reductie van het luchtvolume in het betonmonster uit zich als een daling van deze waterkolom. Via een kalibratie kan het volumepercentage aan lucht in het verse beton bijgevolg bepaald worden

Bij het tweede toesteltype (Figuur 20) wordt een gekend volume lucht op een gekende druk gebracht. Hierna wordt deze lucht de toegang verleent tot een afgesloten container met het betonmonster. Uit de resulterende drukdaling kan opnieuw het luchtgehalte in het betonmonster bepaald worden.



Figuur 19. Meetinstrument op basis van een waterkolom.



Figuur 20. Meetinstrument op basis van een drukcontainer.

De proef

Een monster conform NBN EN 12350-1 is vereist en dient voordat de proef gestart wordt goed gehomogeniseerd te worden. Het beton wordt in één of meerder lagen, afhankelijk van de consistentie, in de container gebracht en op mechanische of op handmatige wijze verdicht. In het geval van zelfverdichtend beton dient de container in één laag volledig gevuld te worden en wordt geen verder verdichting uitgevoerd.

Na het vullen en eventueel verdichten van het recipiënt wordt het beton afgestreken en de randen van de container ontdaan van steentjes en pasta. Het recipiënt wordt vervolgens correct geassembleerd in het meettoestel waarna de meting aangevangen kan worden.

Het resultaat

Het resultaat van de meting wordt genoteerd tot op 0,1 % nauwkeurig.

Vergelijking met de voorgaande normen is gegeven in

	NBN EN 12350-7: 2019	NBN EN 12350-7: 2009
Vullen van de container met beton S1 tot S5	In zoveel lagen als nodig om een goede pasvorm te verkrijgen	S1 tot S2: verschillende lagen S3 tot S5: 1 laag
Het vullen van de container met zelfverdichtend beton	In één laag vullen en niet verdichten	
Betonverdichting	Vibrerende naaldverdichting Manuele verdichting door middel van 25 putten per laag met een verdichtingsstaaf	
Na het vullen van de container, het beton gladstrijken	Verplicht	

Tabel 20. Vergelijking tussen de norm NBN EN 12350-7(2019) en NBN EN 12350-7 (2009).

Enkele bijzonderheden

- Het proefstuk dient conform NBN EN 12350-7 te zijn.
- Deze norm is niet van toepassing op beton waarvan de grootste diameter van de granulaten meer dan 63 mm bedraagt.
- De proef is eveneens niet van toepassing op beton op basis van lichtgewichtgranulaten, luchtgekoelde hoogovenslak of granulaten met een hoge porositeit.
- De proef is niet geschikt voor beton met een inzinking van minder dan 10 mm volgens EN 12350-2.

Opmerking

- De waarden voor de parameters van de betrouwbaarheid van de proef, r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) worden in de norm vermeld.
- Er zijn geen gegevens beschikbaar over de nauwkeurigheid van de manometermethode
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

NBN EN 12350-8

Zelfverdichtend beton - Vloeimaat (2019)

Principe

Deze norm beschrijft de methode voor de bepaling van de vloeimaat en t_{500} -tijd van een zelfverdichtend beton. Deze norm is niet van toepassing op beton met granulaten met een diameter groter dan 40 mm.

Wanneer de kegel wordt verwijderd, wordt de tijd gemeten tussen het begin van de opwaartse beweging van de kegel en het moment waarop het beton een diameter van 500 mm heeft bereikt. Dit is tijd t_{500} . Vervolgens wordt de grootste diameter van de betonspreiding en de diameter van de loodrechte spreiding gemeten, waarbij de spreiding de gemiddelde diameter is.

De proef

Een monster conform NBN EN 12350-1 wordt in een conische mal geplaatst (zie NBN EN 12350-2) zonder het te verdichten of te schudden. Het monster moet vóór het testen opnieuw worden gehomogeniseerd. Als het monster moet worden gebruikt voor het meten van het behoud van de uitgespreide kegel op een bepaald tijdstip, moet het beton uit de luchtdichte behuizing worden geleegd op het recipiënt, het herhomogeniseren en opnieuw gehomogeniseerd met behulp van de schop of de bemonsteringsschop (of handschep) vóór het uitvoeren van de test.

De mal rust op een plat horizontaal oppervlak en is vooraf maximaal 30 seconden bevochtigd en wordt vervolgens verticaal opgetild (Figuur 21). (Deze beweging duurt 1 tot 3 seconden). Vanaf het moment dat de kegel wordt opgetild, wordt de tijd gemeten op 0,5 seconden nauwkeurig die het beton nodig heeft om een straal van 500 mm te bereiken. Dit is de tijd t_{500} . Ook de maximale en gestabiliseerde spreiding wordt gemeten met een nauwkeurigheid van 10 mm. Een tweede meting van de spreiding vindt loodrecht op deze richting plaats. De spreidingswaarde van zelfverdichtend beton is het gemiddelde van deze twee metingen.

Als uit twee opeenvolgende testen blijkt dat het verschil tussen d_1 en d_2 groter is dan 50 mm, is de beweeglijkheid van het beton onvoldoende om de vloeimaat te kunnen bepalen.



Figuur 21. Vloeimaat van beton.

Het resultaat

De T_{500} tijd: de tijd tot op 0,5s nauwkeurig nodig om het beton tot een straal van 500mm te laten vloeien.

De vloeimaat: de gemiddelde uitspreiding na stabilisatie van de maximale uitspreiding (tot op 10 mm nauwkeurig) en de uitspreiding in de richting haaks op de voorgaande. Dit resultaat wordt tot op 10 mm nauwkeurig gerapporteerd

Enkele bijzonderheden

- Het monster dient conform NBN EN 12350-1 te zijn.
- Deze norm is niet van toepassing op beton waarvan de grootste diameter van de granulaten meer dan 40 mm bedraagt.
- Het testrapport kan de gespecificeerde vloeimaatklasse of de gespecificeerde streefwaarde van de kegelspreiding specificeren.

Opmerkingen

- De waarden voor de parameters van de betrouwbaarheid van de proef, r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) worden in de norm vermeld.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm.

NBN EN 12350-9

Zelfverdichtend beton - Trechtertijd (2010)

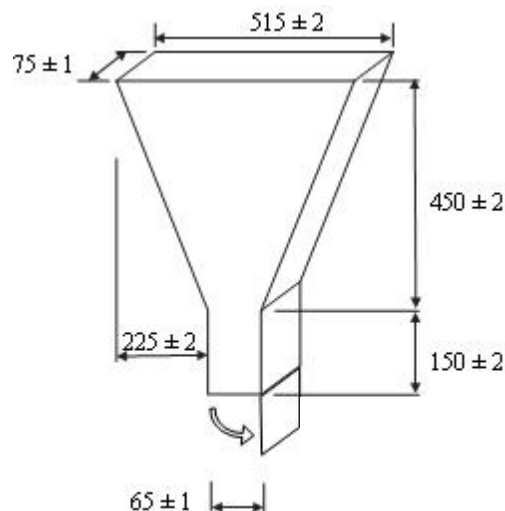
Principe

Deze norm beschrijft de methode voor de bepaling van de trechtertijd van een zelfverdichtend beton.

De betonspecie wordt in een mal in de vorm van trechter gegoten. Deze trechter kan beschikt onderaan over een luik dat open of gesloten kan worden. De tijd die nodig is voor het beton om doorheen het geopende luik de trechter te ledigen wordt opgemeten en is een maat voor zijn consistentie.

De proef

Een monster conform NBN EN 12350-1 wordt in een trechter gebracht (Figuur 22). Deze trechter wordt vooraf gereinigd en bevochtigd. Het luik onderaan de trechter wordt gesloten en de trechter wordt vervolgens gevuld met het monster in één keer. Geen agitatie of verdichting wordt toegepast. Het stortoppervlak wordt afgestreken en na een rustperiode van 8 tot 12 seconden wordt het luik onderaan snel geopend. De tijd vanaf deze actie tot wanneer men opnieuw vanboven uit door het geopende luik kan kijken wordt opgemeten en is het resultaat van de test.



Figuur 22. Schematische voorstelling van de trechter (afmetingen in mm).

Het resultaat

De trechtertijd wordt bepaald tot op 0,5 seconden nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden

- Het monster dient conform NBN EN 12350-1 te zijn en minsten 12 l.
- Deze norm is niet van toepassing op beton waarvan de grootste diameter van de granulaten meer dan 22,4 mm bedraagt.

Opmerkingen

De waarden voor de parameters van de betrouwbaarheid van de proef, r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) worden in de norm vermeld.

NBN EN 12350-10

Zelfverdichtend beton - Blokkeringsmaat - L-box (2010)

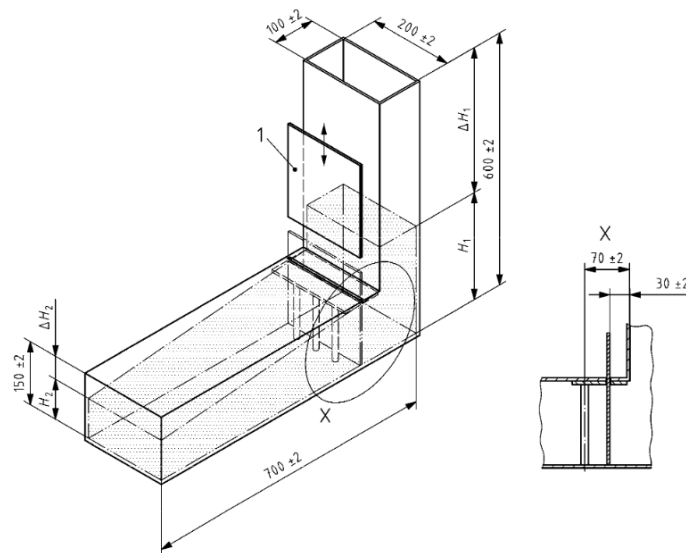
Principe

Deze norm beschrijft de methode voor de bepaling van de blokkeringsmaat van een zelfverdichtend beton door gebruik te maken van de L-box.

De L-box test wordt gebruikt om te controleren en te meten in welke maten het beton in staat is door zijn zelfverdichtend vermogen doorheen nauwe openingen van bewapeningsstaven te vloeien. Deze proef bestaat uit twee varianten, zowel twee als drie wapeningsstaven kunnen in het vloeikanaal geplaatst worden om een verschillende wapeningsdichtheid te simuleren.

De proef

De propere en bevochtigde L-box wordt op een horizontale plaat gestald terwijl de schuif (Figuur 23) de connectie tussen het horizontale gedeelte en het verticale gedeelte blokkeert. Zonder roeren of agitatie wordt hierna het beton in het rechtopstaande been gegoten en het stortoppervlak afgestreken. Gedurende (60 ± 20) seconden laat men het beton rusten en controleert men op tekenen van segregatie. Hierna wordt de connectie tussen het horizontale en verticale been van de L-box volledig geopend en kan het beton het horizontale been instromen. Nadat het beton niet meer vloeit wordt in het rechtstaande been de hoogte van het staande beton opgemeten. Eveneens wordt de hoogte van het beton aan het uiteinde van het horizontale been opgemeten. De verhouding van deze twee zijn een maat voor de consistentie van het beton.



Figuur 23. Schematische weergave L-box. Afmetingen in [mm].

Het resultaat

De blokkeringsmaat is de verhouding van H_1 tot H_2 met H_1 de gemiddelde hoogte van het beton in het staande been en H_2 de gemiddelde hoogte van het beton in het liggende, horizontale been.

Enkele bijzonderheden

- Het monster dient conform NBN EN 12350-1 te zijn en minsten 14 l.
- Twee uitvoeringen worden gebruikt: Een uitvoering met twee wapeningsstaven waartussen een passage is van (41 ± 1) mm en een uitvoering met drie wapeningsstaven waartussen een passage is van (59 ± 1) mm.
-

Opmerkingen

De waarden voor de parameters van de betrouwbaarheid van de proef, r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) worden in de norm vermeld.



Beproeving van spuitbeton

NBN EN 14487-1

Definities, eisen en conformiteit (2006)

Principe

Deze norm gaat over spuitbeton bestemd voor reparatie en versteviging van bouwwerken, nieuwbouw en wapening van grond. Hij is van toepassing op de classificatie volgens consistentie, de klassen van blootstelling aan de weersomstandigheden, de eisen betreffende de bestanddelen, vers beton, verhard beton en met vezels versterkt beton, de mengselspecificaties met voorgeschreven eigenschappen, en de conformiteitseisen. De ondergronden waarmee rekening wordt gehouden zijn de grond (gesteente en aarde), spuitbeton, bekistingen, structurelementen van beton, metselwerk of staal, afwaterings- en isolatiematerialen.

Definities

De norm definieert eerst en vooral de termen met betrekking tot

- *de bestanddelen van het mengsel*: hulpstoffen, toevoegsels, cement, toeslagmaterialen, vezels;
- *het product*: basismengsel, droog mengsel, vezelversterkt spuitbeton, vers spuitbeton, terugstuit, spuitbeton, referentiespuitbeton, nat mengsel, jong spuitbeton;
- *de werkwijze*: nabehandeling, vervoer met dichte stroom, droog spuiten, spuitkop, vervoer met verdunde stroom, natspuiten;
- *de eigenschappen*: weerstand op jonge leeftijd, energie absorberend vermogen, buigsterkte aan de eerste piek, gebruiksduur, reststerkte, uiterste buigsterkte;
- *de uitvoering*: zelfstandig bouwwerk, reparatie, schaduw effect, ondersteuning, ondergrond, oppervlaktebescherming, versteviging;
- *de beproeving en inspectie*: voorbereidende proef voor spuitbeton, proef voorafgaand aan de spuitwerkzaamheden, inspectie, inspectie categorie, beoordeling van de conformiteit.
-

Classificatie

1. Consistentie van het natte mengsel

Het beton dat vóór het spuiten wordt aangemaakt is ingedeeld in klassen zoals gedefinieerd in de norm EN 206-1 (Tabel 21).

Zetmaat (mm)		Vloeimaat (mm)		Vebe (s)		Verdichtings-coëfficiënt	
S1	10 – 40	F1	≤ 340	V0	≥ 31	C0	≥ 1.46
S2	50 – 90	F2	350 – 410	V1	21 – 30	C1	1.26 – 1.45
S3	100 – 150	F3	420 – 480	V2	11 – 20	C2	1.11 – 1.25
S4	160 – 210	F4	490 – 550	V3	6 – 10	C3	1.04 – 1.10
S5	≥ 220	F5	560 – 620	V4	3 – 5		
		F6	≥ 630				

Tabel 21. Consistentieclassen spuitbeton.

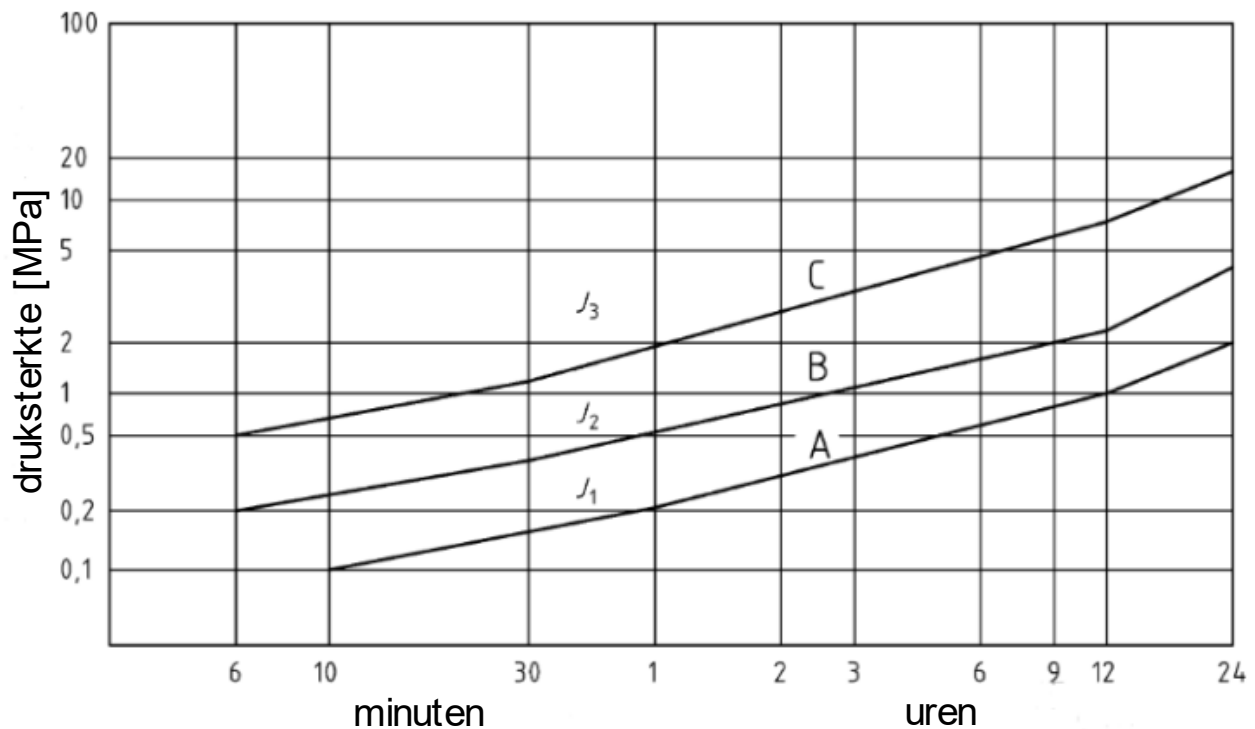
2. Blootstellingsklasse

De grenswaarden voor de samenstelling van beton naargelang van de blootstellingsklassen gedefinieerd in EN 206-1 zijn van toepassing op spuitbeton echter met de volgende verschillen: (1) Cementgehalte in het basismengsel $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ en (2) de aanbeveling betreffende het minimale luchtgehalte is niet van toepassing.

De grenswaarden voor de samenstelling zijn vastgelegd in een informatiebijlage bij norm EN 206-1. In België wordt deze norm aangevuld door het [nationaal supplement NBN B 15-001](#) dat regelgevende informatie bevat.

3. Jong spuitbeton

Het beton wordt geclassificeerd volgens de evolutie afhankelijk van zijn weerstandsduur op jonge leeftijd. De klassen J1, J2 en J3 zijn de zones afgebakend door de curves A, B en C op de grafieken in Figuur 24. Er moeten minstens drie meetpunten binnen de zone van een beton liggen opdat deze tot een klasse zou behoren. In de norm EN 14488-2 worden twee meetmethodes beschreven en wordt de keuze gemaakt afhankelijk van de verwachte weerstand: methode A van 0,2 tot 1,2 MPa en methode B van 2 tot 16 MPa.



Figuur 24. Sterkteklassen op jonge leeftijd.

4. Druksterkte

De druksterkte wordt geclassificeerd volgens de norm EN 206-1 (Tabel 22):

Normaal en zwaar beton			Licht beton		
Druksterkte-klasse	Min. karakteristieke sterkte op cilinders f_{ck-cyl} [N/mm ²]	Min. karakteristieke sterkte op kubussen f_{ck-cub} [N/mm ²]	Druksterkte-klasse	Min. karakteristieke sterkte op cilinders f_{ck-cyl} [N/mm ²]	Min. karakteristieke sterkte op kubussen f_{ck-cub} [N/mm ²]
C8/10	8	10	LC8/9	8	9
C12/15	12	15	LC12/13	12	13
C16/20	16	20	LC16/18	16	18
C20/25	20	25	LC20/22	20	22
C25/30	25	30	LC25/28	25	28
C30/37	30	37	LC30/33	30	33
C35/45	35	45	LC35/38	35	38

Normaal en zwaar beton			Licht beton		
Druksterkte-klasse	Min. karakteristieke sterkte op cilinders f_{ck-cyl} [N/mm ²]	Min. karakteristieke sterkte op kubussen f_{ck-cub} [N/mm ²]	Druksterkte-klasse	Min. karakteristieke sterkte op cilinders f_{ck-cyl} [N/mm ²]	Min. karakteristieke sterkte op kubussen f_{ck-cub} [N/mm ²]
C40/50	40	50	LC40/44	40	44
C45/55	45	55	LC45/50	45	50
C50/60	50	60	LC50/55	50	55
C55/67	55	67	LC55/60	55	60
C60/75	60	75	LC60/66	60	66
C70/85	70	85	LC70/77	70	77
C80/95	80	95	LC80/88	80	88
C90/105	90	105			
C100/115	100	115			

Tabel 22. Sterkteklassen.

5. Vezelversterkt spuitbeton

In het geval van vezelversterkt spuitbeton zijn de volgende aanvullende classificaties van toepassing:

Reststerkteklasse

Het binnen een bepaald vervormingsbereik gespecificeerde sterkteniveau, bepaald volgens de norm NBN EN 14488-3, resulteert in klassen (Tabel 23) waarvan de benaming bestaat uit de combinatie van de vervorming (D) en het sterkteniveau (S) (bv. D2S2 = sterkte hoger dan 2 MPa bij een doorbuiging van 5,0 tot 2 mm).

Vervormingsbereik		Sterkteniveau (minimale sterkte, MPa)			
Doorbuiging (mm)		S1	S2	S3	S4
D1	0,5 à 1	1	2	3	4
D2	0,5 à 2				
D3	0,5 à 4				

Tabel 23. Reststerkteklassen.

Deze karakteristiek is interessant bij het vastbouden in een gesteente, om de sterkte van het beton te kennen na vervorming van het gesteente.

Energie absorberend vermogen

Het energie absorberend vermogen kan worden gespecificeerd en bepaald volgens de norm NBN EN 14488-5 (Tabel 24). Deze karakteristiek kan worden gespecificeerd wanneer, bij het vastbouden in een gesteente, de nadruk wordt gelegd op de energie die tijdens de vervorming van het gesteente moet worden geabsorbeerd.

Energie absorberend vermogen	Energieabsorptie (J) voor een doorbuiging ≤ 25 mm
E500	500
E700	700
E1000	1000

Tabel 24. Energieabsorptieklassen.

Eisen met betrekking tot spuitbeton

1. Bestanddelen

De bestanddelen moeten voldoen aan de overeenkomstige Europese normen (Tabel 25). De algemene gebruiksgeschiktheid van een bestanddeel betekent echter niet dat het in alle situaties geschikt is. Indien er voor een bestanddeel geen Europese norm bestaat of indien het materiaal niet voldoet aan de eisen van een bestaande Europese norm, kan de controle gebeuren volgens een specifieke Europese Technische Goedkeuring, of volgens nationale normen die van toepassing zijn op de plaats van gebruik.

Bestanddeel	Eisen
Cement	EN 197-1
Toeslagmaterialen	EN 12620 of EN 13055-1
Aanmaakwater	EN 1008
Hulpstoffen	EN 934-2 en/of EN 934-5 en 934-6
Toevoegsels	EN 206-1
Met polymeren gewijzigd spuitbeton	EN 1504-3
Vezels	EN 14889-1 en 14889-2

Tabel 25. Eisen met betrekking tot bestanddelen.

2. Samenstelling van het beton

De samenstelling (Tabel 26) moet zodanig worden gekozen dat voldaan wordt aan de eisen voor het basismengsel, vers en verhard beton (Tabel 27, Tabel 28 en Tabel 29) terwijl rekening wordt gehouden met de gebruikte techniek, de terugstuit en het stof. Ze moet tevens voldoen aan de criteria die door de blootstellingsklassen worden opgelegd. De criteria zijn van toepassing op het beton na de spuitwerkzaamheden en moeten dan ook rekening houden met de invloed van water en hulpstoffen zoals versnellers, en met de terugstuit (een overmatig gehalte aan bindmiddel in het beton dat zich aan de ondergrond hecht, wegens een grote terugstuit, kan uiteindelijk overmatige krimp veroorzaken).

Bestanddeel	Eisen en beproevingsmethodes
Cement	Specificatie op basis van de vereiste verwerkbaarheidsduur (invloed van de temperatuur), van de ontwikkeling van de sterkte en de eindsterkte, en de nabehandelingsvoorwaarden. Voor permanente bouwwerken, omgevingsomstandigheden en voorzorgen betreffende de bestandheid tegen alkali-siliciumreactie conform EN 206-1.
Toeslagmaterialen	Voorzorgen betreffende de alkali-siliciumreactie conform EN 206-1.
Hulpstoffen	Naleving van de beperkingen vermeld in EN 934-2 en 934-5.
Toevoegsels	Gebruik van toevoegsels conform EN 206-1.
Chloride-gehalte	Voor permanente bouwwerken, naleving van de grenswaarden van EN 206-1, toepassing van de waarden betreffende de wapeningen wanneer het spuitbeton met staalvezels wordt versterkt
Water-cement-verhouding	Voor permanente bouwwerken, omgevingsomstandigheden conform EN 206-1. Indien de water-cementverhouding van een nat mengsel is voorgeschreven, berekening conform EN 206-1.
Vezels	Conform EN 14889-1 en 14889-2. Homogene verdeling van de vezels.

Tabel 26. Eisen met betrekking tot de samenstelling van het beton

3. Basismengsel

Eigenschappen	Eisen en beproevingsmethodes
Consistentie van het natte basismengsel	Gespecificeerd conform EN 206-1. Met vezels: bepaald conform EN 12350-3 (Vebe-proef)
Temperatuur	Basismengsel vóór verwerking tussen 5 °C en 30 °C (verwerkbaarheid onderhouden, schadelijke bindingseffecten voorkomen)
Opmerking: de vereiste consistentie is afhankelijk van de vervoerswijze en de verwerkmethode	

Tabel 27. Eisen met betrekking tot het basismengsel.

4. Vers spuitbeton

Eigenschappen	Eisen en beproevingsmethodes
Dichtheid	Bepaald conform EN 12350-6.
Vezelgehalte	Bepaald op vers betonmonster genomen ter plaatse, conform EN 14488-7.

Tabel 28. Tabel 8: Eisen met betrekking tot vers beton.

5. Verhard spuitbeton

Eigenschappen	Eisen en beproevingsmethodes
Sterkte op jonge leeftijd	Raming conform EN 14488-2.
Druksterkte	Uitgedrukt en gedefinieerd conform EN 206-1. Proeven op 28 dagen op boorkernen genomen uit het bouwwerk (EN 12504-1) of op betonplaten (EN 14488-1). Diameter ≥ 50 mm en hoogte/diameter = 1 (vergelijking met een kubus) of 2 (vergelijking met een boorkern).
Dichtheid	Bepaling conform EN 12390-7.
Elasticiteitsmodulus	Bepaling conform ISO 6784, behalve reparaties (EN 13412).
Buigsterkte	Bepaling conform EN 12390-5 voor beton zonder vezel, en conform EN 14488-3 voor vergelijking met vezelbeton.
Bestandheid tegen waterindringing	Bepaling conform EN 12390-8 na 28 dagen, voldoende monsterdiepte (volledige indringing vermijden), kan worden verminderd indien de dikte van de laag ≤ 150 mm, gespecificeerde richting van de indringing en voorbereiding van het oppervlak. Indringingswaarde ≤ 50 mm.
Vorst-/dooibestendigheid	Geen Europese norm. Zie nationale normen.

Eigenschappen	Eisen en beproevingsmethodes
Hechtsterkte aan de ondergrond	Bepaling conform EN 1542 behalve malgrootte $\geq 500 \times 500$ mm ² om gebrekkig materiaal van de randen te verwijderen.
Vezelversterkt beton	
Buigsterkte aan de eerste piek	Gemiddelde raming aan de eerste piek conform EN 14488-3, op 28 dagen.
Uiterste buigsterkte	Bepaling conform EN 14488-3, op 28 dagen.
Reststerkte	Curve doorbuigspanning bepaald conform EN 14488-3, op 28 dagen.
Vezelgehalte	Indien niet mogelijk op vers beton, meten op ter plaatse genomen verhard monster conform EN 14488-7.
Energieabsorberend vermogen	Gemiddeld vermogen bepaald conform EN 14488-5, op 28 dagen.

Tabel 29. Eisen met betrekking tot verhard beton.

Specificatie voor spuitbeton

1. Mengsels met gespecificeerde eigenschappen (het meest gebruikt in de praktijk)

Gegevens voor de specificatie zijn:

- consistentie
- druksterkteklasse
- blootstellingsklasse
- klasse van chloridegehalte
- inspectiecategorie (1, 2 of 3)
- nominale korrelgrootte van de toeslagmaterialen
- *vezelbeton*: reststerkte en/of energieabsorberend vermogen

Aanvullende gegevens zijn:

- cementgehalte
- speciale eisen van de cementen (bv. bestandheid tegen sulfaten)
- maximale water-cementverhouding gebonden aan de blootstellingsklassen
- ontwikkeling van de sterkte op jonge leeftijd
- bestandheid tegen waterindringing
- hechtsterkte aan de ondergrond
- vorst-/dooibestendigheid
- elasticiteitsmodulus
- vezelbeton: buigsterkte aan de eerste piek, uiterste buigsterkte

2. Mengsels met voorgeschreven samenstelling

Gegevens voor de specificatie zijn:

- type en klasse cement
- cementgehalte
- consistentie van het natte mengsel
- water-cementverhouding
- type toeslagmateriaal, beperkingen van de korrelverdeling
- type en hoeveelheid hulpstoffen
- type en hoeveelheid toevoegsels
- oorsprong van alle bestanddelen
- inspectiecategorie (uitsluitend 1)
- vezelbeton: karakteristieken van de vezels en vezelgehalte

Aanvullende gegevens zijn:

- bijkomende eisen met betrekking tot het toeslagmateriaal
- speciale eisen betreffende de temperatuur van het basismengsel

Beoordeling van de conformiteit

1. Inspectiecategorieën

Op basis van het project, de risicograad en de vereiste levensduur, wordt een inspectiecategorie gespecificeerd van 1 (de minst strenge) tot 3 (de strengste). Bijlage A van de norm bevat voorbeelden van inspectiecategorieën.

2. Proeven voorafgaand aan de spuitwerkzaamheden

Voorafgaande proeven moeten worden uitgevoerd voordat met de spuitwerkzaamheden wordt begonnen of bij een significante verandering van de bestanddelen, van de samenstelling, van het personeel of van de apparatuur (water-cementverhouding, type toeslagmateriaal, hulpstof, toevoegsel, cement, vezel), behalve bij aanzienlijke ervaring of andersluidende specificatie. De proef moet in dezelfde omstandigheden worden uitgevoerd als het spuiten (materialen, apparatuur, personeel, spuitmethode) om aan te tonen dat aan de eisen is voldaan voordat met de spuitwerkzaamheden wordt begonnen. De hoeveelheid moet voldoende zijn om een uniform debiet te verkrijgen.

De volgende parameters moeten aan beproevingen worden onderworpen:

- de consistentie van het natte mengsel
- de druksterkte
- het vezelgehalte (in geval van vezelbeton)
- de ontwikkeling van de sterkte op jonge leeftijd in geval van ondersteuningsbeton, voor inspectiecategorieën 2 en 3
- de elasticiteitsmodulus in geval van een reparatie- of verstevigingsbeton, inspectiecategorie 3

- de hechtsterkte aan de ondergrond voor een reparatie- of verstevigingsbeton, inspectiecategorieën 2 en 3
- de uiterste buigsterkte en de buigsterkte aan de eerste piek, voor een zelfstandig bouwwerk of een ondersteuningsbeton, inspectiecategorie 3
- de reststerkte en het energie-absorberend vermogen, in aanwezigheid van vezels, voor een zelfstandig bouwwerk in inspectiecategorie 2 of een ondersteuningsbeton in inspectiecategorieën 2 en 3

De andere parameters mogen alleen aan proeven worden onderworpen indien dat is gespecificeerd.

3. Productiecontrole

Om de kwaliteit van het spuitbeton te handhaven en te regelen conform de gespecificeerde eisen, wordt een productiecontrole uitgevoerd op de bestanddelen, basismengsel en eigenschappen van het spuitbeton (Tabel 30, Tabel 31 en Tabel 32). De frequentie van de controle van spuitbeton moet overeenstemmen met een normale productie en moeten viermaal hoger liggen in het begin van de productie of tijdens bepaalde kritische fasen, met een maximum van 2 proeven per gewerkte dag. De normale frequentie kan worden verwerkt na het verkrijgen van 4 opeenvolgende aanvaardbare resultaten.

Nr.	Bestanddeel	Inspectie/proef	Doel	Minimale bemonsteringsfrequentie		
				Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
1	Cement	Controle leveringsbon	Controle type en herkomst	Bij elke levering		
2	Toeslag-materiaal	Controle leveringsbon	Controle type en herkomst	Bij elke levering		
3		Zeven (EN 933-1) of info verstrekt door de leverancier	Controle conformiteit met de norm	-	1 ^{ste} levering van een nieuwe leverancier	
4		Opsporen van onzuiverheden of info verstrekt door de leverancier (EN 12620)	Opsporen en kwantificeren van de onzuiverheden	-	1 ^{ste} levering van een nieuwe leverancier	
5	Licht beton	Proef ISO 6782	Metten van de schijnbaar volumieke massa	-	1 ^{ste} levering van een nieuwe leverancier	
6	Hulpstoffen	Controle leveringsbon en etiket (EN934-6)	Controle overeenstemming tussen partij en bestelling, en juistheid van de markering	Bij elke levering		
7		Dichtheid (ISO 758)	Controle van de juistheid van de aangegeven waarde	Bij twijfel		
8	Toevoegsels poeder	Controle leveringsbon	Controle herkomst en overeenstemming partij - bestelling	Bij elke levering		

9	Toevoegsels suspensie	Controle leveringsbon	Controle herkomst en overeenstemming partij - bestelling	Bij elke levering	
10		Dichtheid (ISO 758)	Controle uniformiteit		Bij elke levering
11	Water	Proef EN 1008	Controle afwezigheid van schadelijke bestanddelen		Indien niet-drinkbaar water; bij twijfel; bij verandering van leverancier
12	Vezels	Controle lengte, diameter en vorm (EN 14889-1 en -2)	Controle herkomst en overeenstemming partij - bestelling	Bij elke levering	
Het is aanbevolen bij elke levering monsters te nemen en deze op te slaan					

Tabel 30. Controle bestanddelen.

Nr.	Type proef	Inspectie/proef	Doel	Minimale bemonsteringsfrequentie		
				Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
1	Consistentie (indien nat procédé)	EN 12350-2 of -5	Controle conformiteit met de vereiste consistentieklasse en variaties van watergehalte	In het begin van de productie		
2	Gehalte aan hulpstoffen met uitzondering van versneller	Registreren van de toegevoegde hoeveelheid	Controle van het gehalte	Facultatief		Elke partij
3	Gehalte aan toevoegsels	Registreren van de toegevoegde hoeveelheid	Controle van het gehalte	Facultatief		Elke partij
4	Vezelgehalte	Registreren van de toegevoegde hoeveelheid	Controle van het gehalte	Elke partij		

Tabel 31. Controle basismengsel.

Nr.	Type proef	Inspectie/ proef conform	Minimale bemonsteringsfrequentie								
			Ondersteuning			Reparatie - versteviging			Zelfstandig bouwwerk		
			Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
Controle van vers beton											
1	Water-cement- verhouding (indien nat mengsel)	Berekening of beproeivings- methode			Dagelijks			Dagelijks			Dagelijks
2	Versneller	Berekening (met reg. toegevoegde hoeveelheid)			Dagelijks			Dagelijks			Dagelijks
3	Vezelgehalte	EN 14488-7	Min 1	1/200m ³ 1/1000m ²	1/100m ³ 1/500m ²	Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ³ Min 3	1/200m ³ 1/1000m ² Min 1	1/100m ³ 1/500m ² Min 2	1/50m ³ 1/250m ² Min 3
Controle van verhard beton											
4	Sterkte van jong beton	EN 14488-2	1/5000m ² 1/2maand d	1/2500m ² 1/maand	1/250m ² 2/maand						
5	Druksterkte	EN 12504-1	1/1000m ³ 1/5000m ²	1/500m ³ 1/2500m ²	1/250m ³ 1/1250m ²	1/500m ³ 1/2500m ² Min 1	1/100m ³ 1/500m ² Min 2	1/50m ³ 1/250m ² Min 3	1/500m ³ 1/2500m ² Min 1	1/100m ³ 1/500m ² Min 2	1/50m ³ 1/250m ² Min 3
6	Dichtheid van verhard beton	EN 12390-7	Bij het beoordelen van de druksterkte			Bij het beoordelen van de druksterkte			Bij het beoordelen van de druksterkte		
7	Bestandheid tegen waterindringing	EN 12390-8				1/1000m ² Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ² Min 3	1/1000m ² Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ² Min 3
8	Vorst-/dooi- bestendigheid	Nationale norm (geen EU-norm)				1/1000m ² Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ² Min 3	1/1000m ² Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ² Min 3
9	Hechtsterkte	EN 14488-4 (ondersteuning) EN 1542 (repar.)		1/2500m ²	1/250m ²	1/1000m ² Min 1	1/500m ² Min 2	1/250m ² Min 3			
Controle van vezelversterkt spuitbeton											
10	Vezelgehalte (indien onmogelijk op vers)	EN 14488-7	Bij het beoordelen van de reststerkte of het energieabsorberend vermogen			Bij het beoordelen van de reststerkte			Bij het beoordelen van de reststerkte		

Nr.	Type proef	Inspectie/ proef conform	Minimale bemonsteringsfrequentie								
			Ondersteuning			Reparatie - versteviging			Zelfstandig bouwwerk		
			Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
11	Reststerkte of energie-absorberend vermogen	EN 14488-3 of EN 144883-5	Min 1	1/2000m ² Min 2	1/500m ² Min 3		1/2000m ² Min 2	1/500m ² Min 3		1/2000m ² Min 2	1/500m ² Min 3
12	Uiterste buigsterkte	EN 14488-3	Bij het beoordelen van de reststerkte			Bij het beoordelen van de reststerkte			Bij het beoordelen van de reststerkte		
13	Buigsterkte 1 ^{ste} piek	EN 14488-3	Bij het beoordelen van de reststerkte			Bij het beoordelen van de reststerkte			Bij het beoordelen van de reststerkte		

Tabel 32. Controle eigenschappen.

4. Conformiteitscriteria

Ontwikkeling van de sterkte op jonge leeftijd

De conformiteit wordt gecontroleerd indien de volgens EN 14488-2 gemeten waarden van f_c [MPa] in de tijd het bereik van de eerder gedefinieerde sterkteklassen op jonge leeftijd niet overschrijden (Figuur 24).

Druksterkte

De conformiteit wordt beoordeeld volgens Tabel 33, waarbij "individueel resultaat" de gemiddelde druksterkte aangeeft op 5 boorkernen die op 1 enkele proefplaat ofwel ter plaatse werden genomen. Aan beide criteria moet worden voldaan.

f_{ck} geeft de karakteristieke druksterkte aan en d geeft het typeverschil voor minstens 6 monsters aan.

Productie	Aantal resultaten "n" van druksterkte	Criterium 1	Criterium
		Gemiddelde van "n" resultaten f_{cm} [MPa]	Elk individueel proefresultaat f_{ci} [MPa]
Initieel	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Continu	15	$\geq f_{ck} + 1.48 d$	$\geq f_{ck} - 4$

Tabel 33. Conformiteitscriteria voor de resultaten van de druksterkteproeven.

Bestandheid tegen waterindringing

De conformiteit wordt gecontroleerd indien de gemiddelde waarde voor een geheel van proefstukken (≥ 3) voldoet aan de gespecificeerde limiet.

50 mm is de maximumwaarde voor waterbestendig beton.

Vorst-/dooibestendigheid

De conformiteit wordt gecontroleerd indien de proefresultaten voldoen aan de gespecificeerde waarde.

Hechtsterkte

De conformiteit wordt gecontroleerd indien de gemiddelde waarde voor een geheel van proefstukken (≥ 3) voldoet aan de gespecificeerde limiet.

Consistentie

De conformiteit wordt gecontroleerd indien de proefresultaten voldoen aan de gespecificeerde limiet.

Vezelgehalte (vezelbeton)

Vers beton: de conformiteit wordt gecontroleerd indien de gemiddelde waarde van het vezelgehalte gemeten op minstens 6 monsters hoger of gelijk is aan de doelwaarde -10 % in de massa.

Verhard beton: de conformiteit wordt gecontroleerd indien de gemiddelde waarde gemeten op minstens 6 monsters hoger of gelijk is aan de waarde bereikt na afloop van de voorafgaande proeven -15 % in de massa.

Buigsterkte aan de eerste piek en uiterste buigsterkte (vezelbeton)

De conformiteit wordt gecontroleerd indien

- het gemiddelde van de verkregen resultaten op 3 proefstukken aan de eisen beantwoordt
- geen enkel individueel resultaat meer dan ± 25 % van het gemiddelde afwijkt.

Reststerkte (vezelbeton)

De conformiteit wordt gecontroleerd indien

- het gemiddelde van de verkregen resultaten op 3 proefstukken aan de gespecificeerde eisen voldoet, tot aan doorbuigingslimiet die overeenstemt met het gespecificeerde vervormingsniveau (tabel 4)
- op geen enkel punt, voor het gespecificeerde vervormingsniveau, een restspanning wordt verkregen van minder dan 10 % van de spanning die overeenstemt met de grenswaarde van de gespecificeerde klasse.

Energieabsorberend vermogen (vezelbeton)

De conformiteit wordt gecontroleerd indien minstens 2 van 3 proefstukken een energieabsorberend vermogen vertonen dat hoger of gelijk is aan het gespecificeerde vermogen.

Adviezen met betrekking tot spuitbeton

Een informatiebijlage van de norm bevat enkele adviezen zoals:

- controleren of de eigenschappen van het cement verenigbaar zijn met de toepassing;
- rekening houden met de terugstuit in de samenstelling van het beton dat zich aan de ondergrond vasthecht;
- toeslagmaterialen gebruiken met een evenwichtige korreligheidscurve (voldoende kleine korrels voor de verpompbaarheid, niet te veel om de behoefte aan water niet te vergroten, opletten met toeslagmaterialen van meer dan 10 mm aangezien die een grotere terugstuit kunnen veroorzaken);
- de verenigbaarheid controleren van het bindmiddel en de versneller-hulpstoffen (binding, sterkte op jonge leeftijd - eindsterkte);
- vezels gebruiken waarvan de lengte niet meer dan 75 % van de diameter van de gebruikte buizen bedraagt (behalve indien kon worden aangetoond dat dit mogelijk was zonder de buizen te laten verstoppert, of indien de vezels worden toegevoegd in de vorm van een continue draad ter hoogte van de spuitkop);
- zorgen voor een minimale overlapping tussen de vezels met de formule:

$$s = \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot d_f^2 \cdot l_f}{4 \cdot \rho_f}}$$

met

l_f lengte van de vezels

d_f de equivalente diameter van een vezel

ρ_f het percentage vezels

s kleiner dan $0,45 l_f$ om een minimale overlapping te waarborgen

Vergelijking met de goedkeuringsleidraad BUtgb G0019 – Spuitbeton

De vergelijking van NBN EN 14487-1 met de goedkeuringsleidraad BUtgb G0019 voor spuitbeton is weergegeven in Tabel 34.

	NBN EN 14487-1	BUtgb G 0019
Classificaties	Consistentie (volgens EN 206-1) Blootstellingsklasse (volgens EN 206-1) Sterkte op jonge leeftijd (D1 tot D3) Mechanische weerstand (EN 206-1) Reststerkteklasse* Energieabsorberend vermogen	Bestemming (M1 tot M4, naargelang het beton een structurele dan wel een afwerkingsfunctie vervult en er al dan niet interactie moet zijn met de ondergrond) Blootstellingsklasse (1 tot 5c, NBN B15-001) Dmax toeslagmaterialen (2 tot 28 mm) Mechanische weerstand (C20/25 tot C50/60)
Eisen voor bestanddelen	Cement EN 197-1 Toeslagmaterialen EN 12620 of EN 13055-1 Aanmaakwater EN 1008 Hulpstoffen EN 934-2 en/of -5 en -6 Toevoegsels EN 206-1 Met polymeren gewijzigd spuitbeton EN 1504-3 Vezels* EN 14889-1 en -2	Cement NBN 12-001, PTV 600 en 601 Toeslagmaterialen PTV 400, 401 en 402 Aanmaakwater EN 1008 Hulpstoffen EN 934-1, -2 en -5 Toevoegsels EN 450, NS 3045 (EN 13263-99) Met polymeren gewijzigd spuitbeton--- Vezels*---
Algemene eisen	Druksterkte (EN 206-1) Hechtsterkte op de ondergrond (EN 1542 of EN 14488-4) Dichtheid (EN 12390-7) Elasticiteitsmodulus (ISO 6784 of EN 13412) Treksterkte (EN 12390-5, EN 14488-3)	Druksterkte (NBN B 15-220) Hecht- en treksterkte (NBN B 15-211, EN 1542) Verwerkbaarheid van de ondergrond (continuïteit, vlakheid...) Chloridegehalte (NBN B15-250)
Specifieke eisen	Sterkte op jonge leeftijd (EN 14488-2) Bestandheid tegen waterindringing (EN 12390-8) Vorst-/dooibestendigheid (nationale norm) Buigsterkte* (EN 14488-3) Energieabsorberend vermogen* (EN 14488-5) Vezelgehalte op vers of verhard beton (EN 14488-7)	Chloridegehalte (NBN B15-250) Bestandheid tegen carbonatatie (EN 13295) Bestandheid tegen waterindringing (EN 7031) Vorstbestendigheid (NBN B15-231, NBN B05-203) Waterabsorptie (NBN B15-215) Droge volumieke massa Vezelgehalte op droog mengsel* Meting van de terugstuit
Inspectie	Inspectiecategorieën van 1 (de minst strenge) tot 3 (de strengste)	Slechts 1 inspectiecategorie
Controlefrequentie	Variabel afhankelijk van de inspectiecategorie en de bestemming van het beton	Onafhankelijk van de bestemming van het beton
Alkali-siliciumreactie	Verwijzing naar de voorzorgen van norm EN 206-1	Gedetailleerde bijdrage betreffende de te nemen maatregelen
Type en niveau van certificatie	De EN 14487-1 is een Europese productnorm die dus betrekking heeft op een producttype in het algemeen (en niet op een fabrikant in het bijzonder) en die als basis moet dienen voor het verkrijgen van een eventuele CE-markering op de klassieke wijze. Momenteel wordt geen melding gemaakt van een ingangsdatum van de geharmoniseerde norm waardoor de CE-markering dan verplicht zou worden.	De leidraad G0019 is een richtsnoer voor het behalen van een technische goedkeuring. De technische goedkeuring ATG is een gunstig advies over een bepaald bouwproduct (bepaalde fabrikant en toepassing), waarvoor geen productnorm bestaat. Het gaat om een Belgische certificatie. De ATG is vrijwillig en maakt het mogelijk een hoog certificatie-niveau te verkrijgen, aangezien een controle door een externe instelling is voorzien.

Tabel 34. vergelijking van NBN EN 14487-1 met de goedkeuringsleidraad BUtgb G0019 (* vezelversterkt spuitbeton).

Andere nuttige documenten

Over spuitbeton kunnen nog andere naslagwerken worden geraadpleegd. Het betreft documenten die zijn gepubliceerd door de EFNARC, European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems, en die online beschikbaar zijn (<http://www.efnarc.org>):

- European Specification for Sprayed Concrete (1996)
- European Specification for Sprayed Concrete – Execution of spraying (revised version of Section 8) (1999)
- European Specification for Sprayed Concrete – Guidelines for the Sprayed Concrete Specification (1999)
- European Specification for Sprayed Concrete – Checklist for Specifiers and Contractors (2002)

Principe

Deze norm gaat over spuitbeton bestemd voor reparatie en versteviging van bouwwerken, nieuwbouw en versteviging van grond. De norm specificeert de eisen met betrekking tot de uitvoering van de spuitwerkzaamheden, zowel met het droge als het natte procedé. De norm is te vergelijken met de goedkeuringsleidraad *G0019 'Spuitbeton': hoofdstukken 5 'Beschrijving en verwerking van de producten, en 8 'Kwaliteitscontroles'*, het enige andere bestaande naslagwerk in België.

Definities

Specificatie van het project

De specificatie van het project moet alle nodige gegevens en technische eisen voor de uitvoering van de werken bevatten: projecttype (brug, woning, spoorweg...), spuitfunctie (permanente/tijdelijke ondergrond, structurele/niet-structurele reparatie), inspectie-categorie, veiligheids- en gezondheidseisen etc. De specificatie moet volledig en beschikbaar zijn vóór de aanvang van de werken.

Documentatie betreffende de uitvoering

Zo nodig moet een kwaliteitsplan voor de uitvoering van de werken worden opgesteld. Daarin moet worden verwezen naar de conformiteitseisen en criteria gespecificeerd in EN 14487-1.

Voorbereidende werken

Voor ondersteuning

Voorbereiding van het substraat onstabiele elementen van het oppervlak van het gesteente verwijderen, insijpelen van grondwater kanaliseren, meetinstrumenten installeren voor de mechanica van het gesteente. Ontstoffen: stof verwijderen met drukwaterstraal. Voorbevochtiging: afhankelijk van de waterabsorptie door de ondergrond (wat negatieve effecten kan hebben voor het beton). Bescherming tegen extreme omgevingstemperaturen: maatregelen om het beton te beschermen tegen vorst of hoge temperaturen.

Voor reparatie en versteviging van bouwwerken, en voor zelfstandige bouwwerken

Steigers, bekistingen en stutwerk: zie ENV 13670-1, aangevuld met een aantal bepalingen (bestand zijn tegen de terugstuit, de bewegingen van de spuitkop niet belemmeren, voldoende afstand laten tussen de spuitkop en het verwerkingsoppervlak, zorgen voor ruime toegang). Voorbereiding van het substraat: het oppervlak stralen met water of zand; zie EN 1504-10. Voorbevochtiging: zie EN 1504-10. Bescherming tegen extreme omgevingstemperaturen: het beton beschermen tegen vorst en hoge temperaturen.

Meer bijzonderheden betreffende de reparatie van beton zijn te vinden in dit [artikel](#) .

Wapeningen

De wapeningen kunnen bestaan uit netten of staven (ENV 13670-1), staalvezel of polymeren (EN 14489-1 of -2), of bogen (in geval van ondersteuning).

Zorg voor een goede bevestiging, een zo gering mogelijk schaduw effect, een goede betondekking van de verschillende wapeningsnetten...

Uitrustingen

De eigenschappen van de bestanddelen mogen niet worden gewijzigd als gevolg van de **opslag** (mengsel, klimaat, verontreiniging...).

De precisie van de **doseringsapparatuur** moet voldoen aan de nationale eisen en de toleranties (verschil tussen doelwaarde en meetwaarde) moeten nageleefd worden (Tabel 35).

De **betonmolen** moet zorgen voor een homogene vermenging van de bestanddelen.

De **spuitapparatuur** moet ervoor zorgen dat het gehalte aan versneller van het beton binnen de bovengenoemde tolerantiegrenzen ligt, en dat de lengte van de vezels 70 % van de binnendiameter niet overschrijdt.

De **beproevingapparatuur** moet geïkt zijn en de nodige inrichtingen voor de controle ervan moeten beschikbaar zijn.

Bestanddelen	Toelaatbare toleranties (% van de vereiste hoeveelheid)	
	Inspectieklasse 2	Inspectieklasse 3
Cement	± 5 %	± 3 %
Water (voor nat procédé)	± 5 %	± 3 %
Geheel van de toeslagmaterialen	± 5 %	± 3 %
Toevoegsels	± 5 %	± 3 %
Vezels	± 5 %	± 5 %
Hulpstoffen (toegevoegd op de mengplaats ≤ 5% van het cement)	± 7 %	± 5 %
Via de spuitkop toegevoegde materialen	± 10 %	± 5 %

Tabel 35. Toelaatbare toleranties op de dosering van de bestanddelen.

Dosering, bereiding en leveringen van het beton

Dosering en bereiding

Dosering van de bestanddelen in de massa (of in volume indien de vereiste precisie wordt verzekerd).

Mengen totdat een homogeen beton wordt verkregen met homogene verdeling van de vezels.

Levering

Bij gebruik van de droge methode moeten de nodige maatregelen worden genomen om het beton voldoende lang verwerkbaar te houden. Ontmenging van het droge mengsel moet worden vermeden.

Bij gebruik van de natte methode moeten maatregelen worden genomen om het beton voldoende lang verwerkbaar te houden (voorafgaande proeven). Ontmenging, uitzweting of verlies aan cohesie tijdens het vervoer en het laden moeten worden vermeden.

Uitvoering van de spuitwerkzaamheden

Spuitwerkzaamheden

De volgende aspecten dienen geverifieerd te worden:

- De temperatuur en de zetting van het beton controleren.
- De uitstroom regelen door de spuitkop in de tegengestelde richting van het substraat te richten.
- De terugstuit beperken (samenstelling van het beton, hoek en afstand ten opzichte van het substraat, ...).
- De afstand tot het substraat aanpassen (1 à 2 m voor gesteente). Zo nodig 2 lagen aanbrengen (zettingen, verschuivingen).
- Ervoor zorgen dat de 1^{ste} laag de 2^{de} laag kan dragen, de 1^{ste} laag stralen en voorbevochtigen indien ze droog is.
- Gebruik hulpstoffen, toevoegsels of snelbindend cement indien de dikte van de laag moet worden vermeerderd.
- Breng bij een onregelmatig gesteentehoudend oppervlak (explosief) vooraf een regularisatielaag aan. Werk verliezen en terugstuit van het substraat weg alvorens beton te spuiten.
- Beperk het schaduweffect tot een minimum (holle ruimte of slechte verdichting achter de wapening) (voldoende snelheid rond de staaf, zo snel mogelijke betondekking van de wapeningen voor een goede omhulling, geen hemelwater op het substraat, ...).

Buitenvlakken

Er wordt doorgaans geen afwerking toegepast aangezien de uitvoering van een afwerking op een pas gespoten beton de hechtsterkte en de weerstand negatief kan beïnvloeden,

Nabehandeling en bescherming

Door de nabehandeling moet plastische krimp tot een minimum kunnen worden beperkt en de duurzaamheid en hechtsterkte tussen de lagen worden verzekerd. Voor de omgevingsklassen X0 of XC1 moet de nabehandeling minstens 12 uren duren, en voor de andere klassen moet ze duren totdat het oppervlak 50 % van de gespecificeerde druksterkte bereikt.

De nabehandeling kan worden uitgevoerd met behulp van een hulpstof die tijdens de bereiding dient te worden toegevoegd, of van een product dat op het oppervlak dient te worden verstoven (en verwijderd voordat de volgende laag wordt aangebracht). De beschermingsmaatregelen tegen vorst moeten desgevallend worden gehandhaafd totdat het beton een druksterkte van 5 MPa bereikt.

Geometrische toleranties

De dikte moet worden gecontroleerd en moet zo nodig worden bepaald volgens EN 14488-6.

Inspectie

De norm EN 14487-1 is van toepassing met betrekking tot de inspectiecategorieën (Tabel 36 en Tabel 37) en de proeven op de bestanddelen, het basismengsel en het spuitbeton.

Doel	Inspectiecategorie 1	Inspectiecategorie 2	Inspectiecategorie 3
Programmering van de inspectie	Geen eisen	Inspectie- en beproevingsprogramma, procedures en instructies volgens specificaties. Acties bij niet-conformiteit	
Steigers, bekistingen en stutwerk	Visuele controle	Inspectie steigers en voornaamste bekistingen	Inspectie alle steigers en bekistingen
Vorbereiding van het substraat en voorbevochtiging	Visuele controle	Inspectie voornaamste oppervlakken	Inspectie alle oppervlakken
Bescherming tegen extreme temperaturen	Visuele controle en temperatuurmetingen		
Wapeningen	Visuele controle en steekproefgewijze metingen	Inspectie voornaamste wapeningen	Inspectie alle wapeningen
Inserts	Visuele controle	Volgens de specificatie van het project	
Opslag van de materialen	Visuele controle		
Doseringsapparatuur	Visuele controle	Inspectie volgens doc. leveranciers	Steekproefgewijze metingen op bestanddelen
Betonmolens	Visuele controle		

Doel	Inspectiecategorie 1	Inspectiecategorie 2	Inspectiecategorie 3
Spuitapparatuur	Visuele controle	Inspectie volgens doc. leveranciers	Steekproefgewijze metingen van de productie en de dosering van versneller
Beproevingapparatuur	Visuele controle		
Dosering en bereiding	Visuele controle		
Levering van het beton	Visuele controle	Steekproefgewijze metingen van de gebruiksduur (droog mengsel) en de verwerkbaarheid (nat mengsel)	
Spuiten van het beton	Visuele controle		
Oppervlaktebehandeling	Visuele controle		
Nabehandeling en bescherming van het beton	Visuele controle	Steekproefgewijze controles van temperatuur en vochtigheid tijdens spuitwerkzaamheden en nabehandeling	Frequente metingen van temperatuur en vochtigheid tijdens spuitwerkzaamheden en nabehandeling
Geometrische controle	Visuele controle	Volgens de specificatie van het project	
Inspectiedocumenten	Registratie incidenten Melding niet-conformiteiten en correctieve acties	Alle programmeringsdocumenten Registratie inspecties Melding niet-conformiteiten en correctieve acties	

Tabel 36. Inspectie-categorieën.

Inspecties	Grondversterking	Reparatie en upgrading		Vrijstaande structuren
Plannen voor inspectie	X	X	X	X
Steigers en bekisting				
Geometrie en stabiliteit bekisting		X	X	X
Vastheid bekisting		X	X	X
Vrijmaken van spuitoppervlak (stof, puin etc.)		X	X	X
Vorbereiden oppervlak van de bekisting		X	X	X
Bepalen van de betonsterkte voor het weghalen bekisting		X	X	X
Vorbereiden substraat en pre-bevochtigen				
Losmaken gesteenten volgens specificaties	X			
Proper maken substraat en bevochtigen maar zonder lopend water	X	X	X	
De nodige gesteente-mechanische instrumenten zijn geplaatst	X			
Grondwater drainagepunten zijn geplaatst indien nodig	X			
Bescherming tegen extreme temperaturen				
Vorstbescherming	X	X	X	X
Bescherming tegen hoge temperaturen, extreme ventilatie etc.	X	X	X	X
Wapening				
Netten en staven				
Types en plaatsing volgens specificaties	X	X	X	X
Goed en veilig bevestigd tegen verplaatsing gedurende spuiten	X	X	X	X
Bevat geen contaminanten (olie, vetten, verf etc.)	X	X	X	X
Voldoende ruimte tussen de staven om volledige compactie toe te laten	X	X	X	X
Geen onnodige overlapping tussen de staven	X	X	X	X
Betondekking volgens de specificaties	X	X	X	X
Staal- en polymervezels				
Type en hoeveelheid volgens specificaties	X	X	X	X
Ingesloten items				

Types en plaatsing volgens specificaties		X	X	X
Goed en veilig bevestigd tegen verplaatsing gedurende spuiten		X	X	X
Opslag van materialen				
Bescherming tegen vocht	X	X	X	X
Niet gecontamineerd door ongewenste substanties	X	X	X	X
Batching toestellen	X	X	X	X
Mixers	X	X	X	X
Spuittoestel				
Nauwkeurigheid van het versnellingsstoestel	X	X	X	X
Testen van apparatuur				
Visuele inspectie	X	X	X	X
Betonlevering				
Ga na of de gespecificeerde werkbaarheidstijd niet is overschreden	X	X	X	X
Ga de homogeniteit van het beton na	X	X	X	X
Sputen van beton				
Voldoende voorraad van gecomprimeerde lucht om voldoende goede compactie te bekomen	X	X	X	X
Voldoende lage versnellingsdosage om opbouw van beton bij wapening te voorkomen	X	X	X	X
Goed aangepaste spuitafstand en nodige variatie in de spuithoek	X	X	X	X
Oppervlakte afwerking				
Ga na of de oppervlakte-afwerking uitgevoerd is volgens de specificaties		X	X	X
Curing en nabescherming				
Curing van gespoten beton is correct uitgevoerd	X	X	X	X
Vernevelde curing compound wordt verwijderd volgens de specificaties en voor de volgende laag is aangebracht	X	X	X	X
Geometrie zoals gebouwd				
Metten van de dikte	X	X	X	X
Documentatie	X	X	X	X

Tabel 37. Inspectieacties met betrekking tot het inspectieniveau.

Vergelijking met de goedkeuringsleidraad BUtgb G0019 – Spuitbeton

Hoofdstuk 5 van goedkeuringsleidraad G0019 bevat tevens een meer gedetailleerde beschrijving van:

- de voorbereiding van de ondergronden
 - beton: stralen, bevochtigen minstens 2 h vóór verwerking...
 - bescherming van gedepassiveerde wapening: stralen, strippen van de wapeningen...
 - metselwerk: wegwerken van onstabiele elementen, opvullen van voegen en scheuren, bevochtigen...
- het stellen van de wapeningen
- het verwerken van het beton (spuiten, bekistingen, oppervlakteomstandigheden, nabehandeling van het beton, stortnaden).

Het dient te worden vermeld dat in geval van betonnen ondergronden, de voorschriften voor het stralen in geval van depassivering van beton zijn opgenomen in de goedkeuringsleidraad [BUtgb G007](#) "Reparatiemortels op basis van hydraulische bindmiddelen", die is vervangen door de [PTV 563](#) "Betonreparatiemortels". *Klik hier om het volledige artikel over [betonreparatiemortels](#) te raadplegen.*

Hoofdstuk 8 van goedkeuringsleidraad G0019 bevat een lijst van de interne en externe controles waaraan de producten en hun verwerking moeten worden onderworpen, alsmede de frequenties en de praktische werkwijzen voor de controle.

Andere nuttige documenten

De EFNARC, Europese vereniging van fabrikanten en verwerkers van speciale bouwproducten, heeft eveneens richtsnoeren opgesteld ten behoeve van de voorschrijvers en aannemers betreffende spuitbeton. Dit document bevat specificaties betreffende de samenstelling en verwerking van spuitbeton, eisen voor het afgewerkte product, beproevingsmethodes en aanbevelingen voor de kwaliteitscontrole. Het volledige document is [hier](#) te vinden. Ter aanvulling van dit document bestaat er eveneens een "[checklist](#)" bedoeld als hulpmiddel voor voorschrijvers en aannemers betreffende spuitbeton

NBN EN 14488-1

Monsterneming van betonspecie en verhard beton (2005)

Principe

De norm specificeert een methode voor het nemen van monsters van vers of verhard mortel/beton.

Een vers monster wordt genomen uit het basismengsel van het materiaal ter plaatse of van een proefplaat. Een verhard monster wordt ter plaatse of van een proefplaat genomen. In Tabel 38 volgt een samenvatting van de verschillende wijzen van monsterneming. De monsters worden dan geïdentificeerd en gemarkeerd (aard van het mengsel, plaatsing, richting van het monster, datum, operator).

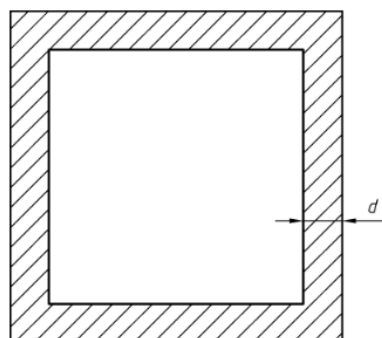
	Monster van vers beton	Monster van verhard beton
Basismengsel	Bemonsteren van basismengsel in de betonmolen, aan de spuitkop of in de pomp met behulp van een bemonsteringsschep, daarna opnieuw samenstellen van een homogeen monster (EN 12350-1)	
Ter plaatse	Uitsnijden met troffel in het spuitbeton vóór de binding	Bemonsteren in het spuitmateriaal na binding (EN 12504-1)
Proefplaat	Uitsnijden in de plaat vóór binding, zonder dat het materiaal zones met gebreken vertoont (Figuur 25).	Kernboring of uitzaging in de proefplaat na binding, zonder dat het materiaal zones met gebreken vertoont (Figuur 25) (uitgezonderd balkuiteinden voor proeven van buigtreksterkte en reststerkte volgens prEN 14488-3: materialen met gebreken toegestaan buiten het centrale gedeelte van 250 mm)

Tabel 38. Wijzen van monsterneming.

Bereiding van een proefplaat

De afmeting van de mallen zijn $\geq 500 \times 500 \text{ mm}^2$ indien manueel gespoten, $\geq 1000 \times 1000 \text{ mm}^2$ indien gespoten met een robot. De moet minsten 100 mm zijn en de effectieve afmetingen aangepast aan de grootte van de te snijden proefstukken. Het materiaal moet stijf zijn en geen water kunnen absorberen. De zijkanen moeten opengewerkt of afgekant zijn om opsluiting van de terugstuit te voorkomen, alsook hellend met een hoek van 0° à 20° ten opzichte van de loodrechte lijn (behoudens andere specificatie van helling).

Spuitbeton moet gebruikt worden in dezelfde omstandigheden als het reële werk (apparatuur, techniek, dikte, afstand, operator). De plaat dient beschermd te worden tegen vochtigheidsverlies en niet vroeger dan na 18 u verplaatst te worden. De nabehandeling is meer dan 7 dagen.



Figuur 25. Zone met gebreken van de proefplaat. Breedte van de zone met gebreken (d) is gelijk aan de diepte van de proefplaat

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUTgb G0019 – Spuitbeton

Een vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUTgb G0019 – Spuitbeton is gemaakt in Tabel 39.

	NBN EN 14488-1	BUTgb G0019
Type monster	Proefplaat of ter plaatse	Spuiten op betonplaat
Uitvoering van de proefplaat	Spuiten in de mal $\geq 500 \times 500 \times 100 \text{ mm}^2$ of $1000 \times 1000 \times 100 \text{ mm}^2$	Spuiten op plaat van gewapend beton $\geq 1000 \times 1000 \times 80 \text{ mm}^2$
Helling van de plaat	± 0 à 20° ten opzichte van de loodrechte lijn Andere hellingsgraad indien gespecificeerd	Betonplaat bevestigd aan het plafond Verticale betonplaat indien uitsluitend verticale verwerking
Uitvoeringsomstandigheden van de plaat	Omstandigheden van de verwerking	Bij $20 \pm 5^\circ \text{C}$ (gesloten hall)
Bewaring van het monster	Nabehandeling gedurende minstens 7 dagen. In water bij $20 \pm 2^\circ \text{C}$ gedurende 3 dagen vóór de buigproef op 28 dagen	1 d in verwerkingsomstandigheden beschut tegen wind, 27 dagen bij $20 \pm 2^\circ \text{C}$ en $60 \pm 5\% \text{ RV}$
Monsternemingen in de proefplaat	Monsternemingen verboden in een strook met breedte d (diepte van de plaat) op de omtrek van de plaat	Monsternemingen toegestaan op de gehele plaat
Nemen van verse monsters	Uitsnijden met troffel in het materiaal ter plaatse of in de proefplaat buiten zone met gebreken	Afschrappen tot op de ondergrond over $200 \times 200 \text{ mm}^2$ in een hoek van de betonplaat voor analyse van de korrelverdeling (en watergehalte indien droog procedé)
Nemen van verharde monsters	Kernboring of uitzaging in het materiaal ter plaatse of in de proefplaat buiten zone met gebreken	Kernboring met diameter van 50 of 113 mm in de proefplaat

Tabel 39. Vergelijking NBN EN 14488-1 met BUTgb G0019.

NBN EN 14488-2

Druksterkte van vers spuitbeton (2006)

Principe

De norm specificeert twee methodes voor het ramen van de druksterkte op jonge leeftijd van verhard spuitbeton op de bouwplaats. De keuze van de methode wordt bepaald door het beschouwde weerstandsbereik.

Beschrijving en vergelijking van de meetmethodes

Beschrijving en vergelijking van de twee verschillende meetmethodes is gegeven in Tabel 40.

	Methode A Indringing van een naald	Methode B Inslaan van een schroefspijker
Weerstandsbereik	0,2 MPa tot 1,2 MPa	3 MPa tot 16 MPa
Principe	Vereiste kracht om een naald met diameter $3 \pm 0,1$ mm en conische punt in een hoek van $60 \pm 5^\circ$ in het beton te drijven tot een diepte van 15 ± 2 mm gemeten door middel van een penetrometer met een geijkte veer, die een raming van de druksterkte oplevert met een conversiecurve meegeleverd met de apparatuur.	Verhouding tussen de uitgeoefende kracht voor het uittrekken van de ingeslagen spijker tot op een gekende diepte (≥ 20 mm) en de indringingsdiepte, die een raming van de druksterkte oplevert met een conversiecurve meegeleverd met de apparatuur. De spijker is op het uitspringende gedeelte voorzien van schroefdraad.
Monsters	Betonlaag met een dikte van ≥ 100 mm. De proef kan op alle plaatsen zonder voorbereiding worden uitgevoerd.	
Aantal metingen	10 metingen, zo snel mogelijk (< 1 min voor weerstanden $< 0,5$ MPa) op representatief oppervlak	10 metingen, met afstand $> 80 \pm 10$ mm tussen de spijkers
Resultaat	Gemiddelde weerstandskracht van de 10 metingen $\rightarrow$ overeenkomstige druksterkte (conversiecurve)	Gemiddelde uittrekkkracht van de 10 metingen $\rightarrow$ kracht-lengteverhouding $\rightarrow$ druksterkte (conversiecurve)

Tabel 40. Vergelijking van de twee verschillende meetmethodes.

Opmerkingen

De norm geeft voorbeelden van ijkcurves voor beide methodes.

Het blijkt dat sommige curves omringd zijn door een betrouwbaarheidsgrens, wat betekent dat men bijvoorbeeld voor een waarde van de indringingskracht een waarde van de druksterkte verkrijgt en een betrouwbaarheidsinterval rondom de waarde.

De curves verschillen volgens de grootte van de toeslagmaterialen die in het beton zijn gebruikt.

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad van BUltg G0019 – Spuitbeton

Dit soort metingen op jonge leeftijd komt in de leidraad G0019 niet aan bod. Wel wordt ingegaan op de eerste meting van de druksterkte na 7 dagen op een kernmonster genomen in de proefplaat, volgens norm NBN B15-220 (inmiddels vervangen door de Europese normen NBN EN 12504-1 'Beproeving van beton in constructies – Deel 1: Boorkernen, monsterneming, onderzoek en bepaling van de druksterkte' en NBN EN 12390-3 'Beproeving van verhard beton – Deel 3: Druksterkte'). De meting van de bindingstijd wordt vermeld maar zonder aanduiding van beproevingsmethode en criterium; deze dienen met de houder van de goedkeuring te worden bepaald

Principe

Toepassing van een buigmoment op een liggervormig proefstuk dat is gezaagd uit een proefplaat (EN 14488-1) met behulp van spanning op de bovenste en onderste rollen, registratie van de spanningen op de 1e piek alsook de uiterste en restspanning op de curve spanning/doorbuiging, berekening van de overeenkomstige buigsterkten.

Aantal proefstukken

Niet gepreciseerd.

Afmetingen van de proefstukken

Prisma's van 75 mm (hoogte) x 125 mm (breedte) x ≥ 500 mm (lengte).

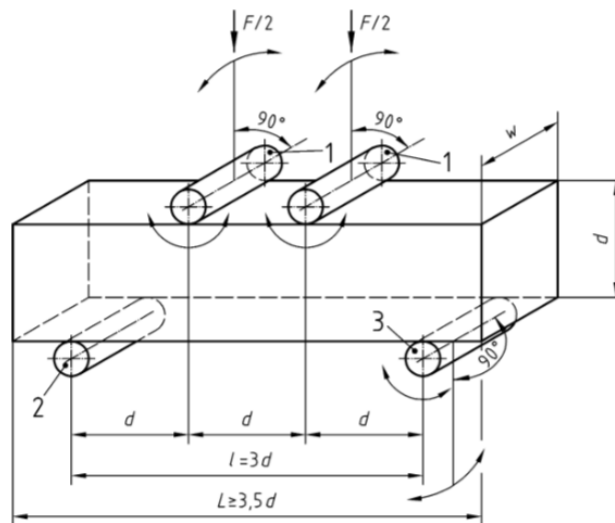
Elk proefstuk moet voldoen aan de eisen van de norm EN 12390-1, zoniet moeten zij worden bijgewerkt (onregelmatigheden in het oppervlak wegslijpen, wegzagen of -slijpen van hellingsgraden).

De beproeving

De machine moet in overeenstemming zijn met de norm EN 12390-4 en moet ervoor zorgen dat de doorbuiging tijdens de proef kan worden gecontroleerd. Zij moet gegevens elektronisch opslaan of de vastgestelde waarden in curvevorm afdrukken.

De proef wordt na 28 dagen uitgevoerd. De gezaagde prisma's moeten gedurende minstens 3 dagen onder water worden bewaard bij een temperatuur van (20 ± 2) °C, tot maximaal 3 uur voordat de proeven worden uitgevoerd.

De spanning wordt toegepast via twee ondersteunende rollen en twee bovenste rollen; de toegepaste spanning wordt gelijkmatig verdeeld over de rollen. De rollen zijn minstens 10 mm langer dan het proefstuk breed is en hebben een diameter van 20 tot 40 mm. De hele configuratie voor de toepassing van de spanning wordt gedetailleerd weergegeven in Figuur 26. De onderzijde (onder spanning) is de malzijde van het monster. Het proefstuk wordt in het midden van de draagwijdte en bij een constante buigsnelheid van $(0,25 \pm 0,05)$ mm/minuut onder spanning gebracht tot een buiging van 0,5 mm wordt bereikt; vervolgens wordt een snelheid van 1,0 mm/minuut gebruikt.



Figuur 26. Opstelling voor de toepassing van spanning op het proefstuk. (1) belastingsrol, (2) steunrol, (3) steunrol, F = gedefinieerde belasting (P_{fp} of P_{ult}) in [N], l = draagwijdte, w = gemiddelde breedte van het proefstuk, d = hoogte van het proefstuk en L = lengte van het proefstuk

Berekening van de resultaten

Buigsterkte op de eerste piek:

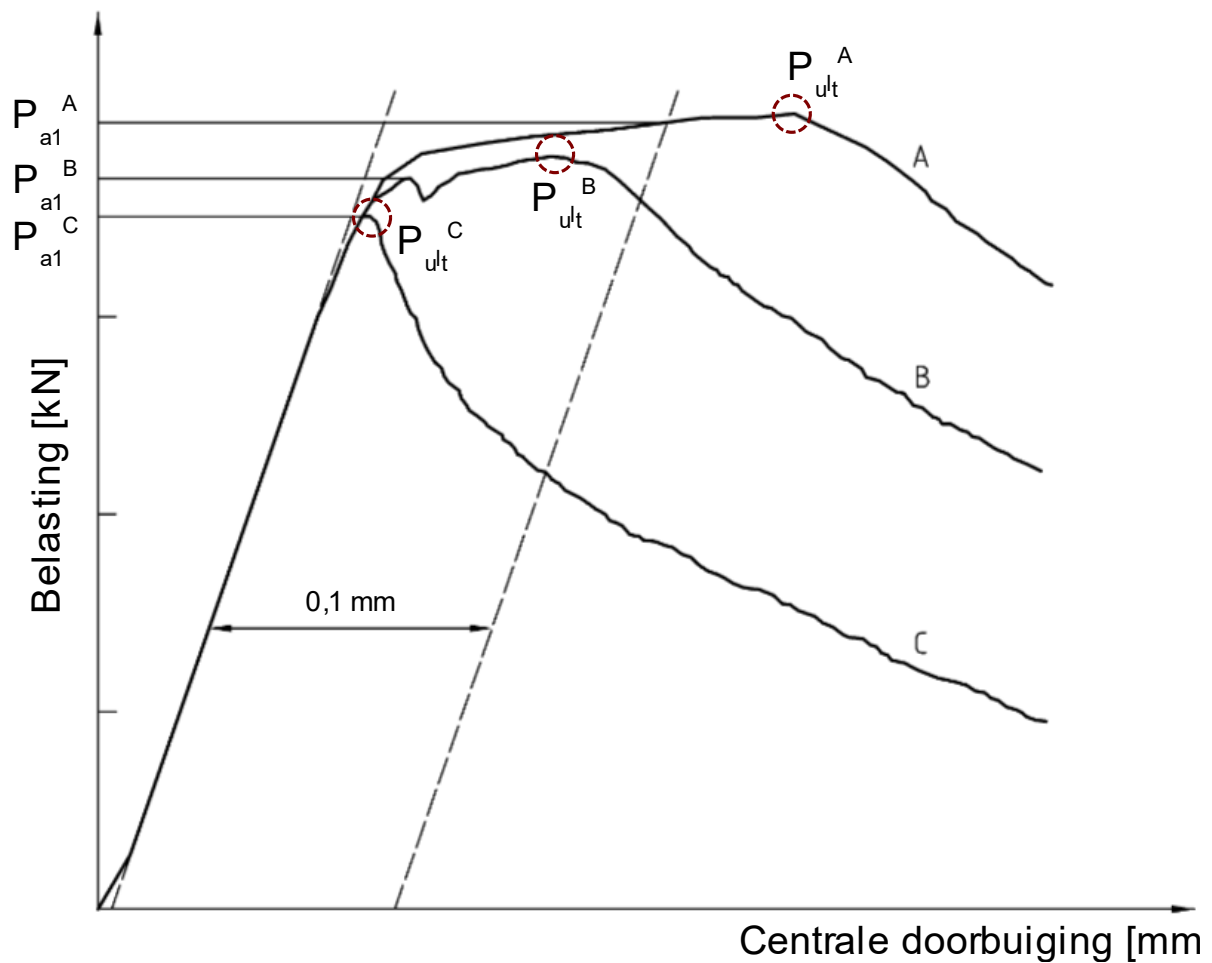
De buigsterkte op de eerste piek wordt berekend via een belastings-doorbuigingsgrafiek (Figuur 27). Het initiële lineaire deel van de grafiek wordt eerst bepaald gebaseerd op de data tot 50% van de piekbelasting en een rechte lijn wordt getrokken die parallel is aan de horizontale offset van 0,1 mm doorbuiging. De eerste piek buigsterkte (f_{fp}) wordt berekend op basis van de eerste piekbelasting (P_{fp}). De eerste piekbelasting is bepaald op (en met inbegrip van) het punt waarbij de 0,1 mm offset lijn gesneden wordt door de belastings-doorbuigingsgrafiek. De ultieme buigsterkte (f_{ult}) wordt berekend op basis van de maximale belasting (P_{ult}).

De buigsterkte wordt berekend als een equivalente elastische treksterkte via:

$$f = \frac{P \cdot l}{w \cdot d^2}$$

met:

- f Buigsterkte [Mpa]
- P Spanning P_{fp} of P_{ult} [N]
- w Gemiddelde breedte van het proefstuk bij het breukvlak (nominale waarde 125 mm)
- d Gemiddelde hoogte van het proefstuk bij het breukvlak (nominale waarde 75 mm)



Figuur 27. Voorbeeld van de berekening van de eerste piekbelasting (P_{fp}) via een belasting-doorbuigingsgrafiek. P_{a1}^A is de eerste piekbelasting (P_{fp}) voor curve A, P_{a1}^B is de eerste piekbelasting (P_{fp}) voor curve B en P_{a1}^C is de eerste piekbelasting (P_{fp}) voor curve C. De drie curves zijn drie verschillende voorbeelden (proeven).

Reststerkte

De reststerkte kan berekend worden door:

- de minimale belasting van de belastings-doorbuigingsgrafiek aflezen
 - P_{r1} : tussen 0,5 en 1 mm (klasse lichte vervorming D_1)
 - P_{r2} : tussen 0,5 en 2 mm (klasse normale vervorming D_2)
 - P_{r4} : tussen 0,5 en 4 mm (klasse sterke vervorming D_3)
- Reststerkten fr_1 , fr_2 en fr_4 berekenen met behulp van bovenvermelde formule.

Vergelijking met technische-goedkeuringsrichtlijn BUtgb G0019 – Spuitsbeton

De meting van de buigsterkte van vezelversterkt beton wordt niet als dusdanig vermeld in goedkeuringsleidraad G0019. De proeven voor vezelversterkt beton moeten door het Uitvoerend Bureau nader worden bepaald. Daarom wordt in leidraad G0019 aangeraden bijvoorbeeld het document EFNARC “European specification for Sprayed concrete” te raadplegen. Daarin worden de volgende proeven voorgeschreven:

- Buigsterkte: hetzij volgens de EFNARC-methode identiek aan de onderhavige norm en met de meting van de buigsterkte op de 1e piek, hetzij volgens de norm EN 12359 “Testing concrete – Determination of flexural strength of test specimens”.
- Reststerkteklasse, gemeten op basis van de vorm van de curve spanning/vervorming: op dezelfde manier als in de onderhavige norm (0,5 - 1 - 2 - 4 mm), onderverdeeld in 5 categorieën.

NBN EN 14488-4

Hechtsterkte van boorkernen met behulp van een directe trekproef (2008)

Principe

Methode voor de bepaling van de hechtsterkte tussen spuitbeton en zijn ondergrond aan de hand van een directe trekproef in het laboratorium. De hechtsterkte kan gedefinieerd worden als het vermogen om een trekkracht van de ene laag aan de andere door te geven en wordt berekend door de ultieme trekkracht te delen door de sectie die onderworpen wordt aan de spanning.

Aantal proefstukken

Niet gespecificeerd.

Afmetingen van de proefstukken

Proefstuk verkregen door boring in het spuitbeton en een deel van zijn ondergrond (EN 12504-1).

Diameter $d = 50$ tot 100 mm, $\geq 4 D_{\max}$ granulaten $e_{bn} \leq 4$ keer de laagdikte.

De aanvangshoogte van het proefstuk is $> 2d$. Dit wordt overdwars gesneden zodat zijn lengte gelijk wordt aan $2d$ en het hechtingsvlak zich nabij het midden van het monster bevindt. De afstand tussen het hechtingsvlak en elk van de uiteinden bedraagt hierbij ten minste $0,5d$. De vlakheidseisen worden vermeld in de EN 12390-1.

Principe

Er worden stalen plaatjes gekleefd op de uiteinden van het proefstuk, dat blootgesteld wordt aan een stijgende spanning tot er een breuk optreedt.

De bekomen waarden worden beoordeeld naargelang de aard van de breuk:

- Breuk in de verlijmde zone $\rightarrow$ de werkelijk gemeten hechting
- Breuk niet beperkt tot het hechtingsvlak $\rightarrow$ hechting $>$ de verkregen ultieme spanning.

De proef

Het toestel dat gebruikt wordt voor de trekproef (EN 10002-1) moet de spanning tot op ± 2 % nauwkeurig kunnen meten en moet toelaten de spanningsstijging te regelen in het bereik van $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s. De stalen plaatjes die bevestigd werden op de uiteinden van het proefstuk hebben een diameter die gelijk is aan deze van het proefstuk en een dikte van $\geq 0,4$ diameter.

De proef wordt uitgevoerd wanneer de laag spuitbeton 28 dagen oud is. De voorafgaandelijke behandeling van de proefstukken gebeurt onder water.

De trekkracht wordt constant uitgeoefend aan een snelheid van $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s.

De maximale trekkracht wordt geregistreerd, waarna men overgaat tot een inschatting van de proportie van het breukoppervlak in het hechtingsvlak (tot op 10 % nauwkeurig).

Berekening van de resultaten

Indien meer dan 80 % van de breuk zich in het hechtingsvlak bevindt dan:

$$\text{hechtsterkte} = \frac{\text{maximale trekkracht}}{\text{oppervlakte van de sectie}}$$

Indien niet wordt de ondergrens van de hechting genomen.

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUtgb G0019 – Spuitbeton

Een vergelijking met BUtgb G0019 – Spuitbeton wordt gemaakt in Tabel 41.

	NBN EN 14488-4	BUtgb G0019
Nemen van de proefstukken	Monsternamen uit het spuitbeton en een deel van de ondergrond	Categorie M2*: monsternamen uit een vloerplaat met gereficeerde bovenzijde om 1 cm van de nominale laag te kunnen verwijderen, en met gereficeerde binnenzijde voor verwijdering van de ondergrond het bekomen van een hoogte van 5 cm. Categorie M3**: 6 monsters uit een vloerplaat, zodanig gezaagd en gereficeerd dat ze aan weerszijden van het hechtingsvlak een hoogte van 40 mm vertonen.
Afmetingen van de proefstukken	d = 50 tot 100 mm, $\geq 4 D_{max}$ $\leq 4 \times$ de laagdikte h = 2d, hechtingsvlak nabij het midden van het proefstuk	M2*: d = 50 mm, h = 50 mm M3**: d = 50 mm, h = 80 mm (hechtingsvlak in het midden)
Aantal proefstukken	Niet gespecificeerd	6
Proef	Volgens de huidige norm (NBN EN 14488-4)	M2*: volgens NBN B 15-211 'Proeven op beton - Rechtstreekse trek' M3**: volgens EN 1542 'Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies - Beproevingsmethoden - Bepaling van de hechtsterkte door middel van de afbreekproef'

Tabel 41. Vergelijking NBN EN 14488-4 met BUtgb G0019. *M2= spuitbeton dat bestemd is om de permanente belastingen op te vangen, zonder interactie met de ondergrond. ** M3 = spuitbeton bestemd om te fungeren als beschermings- of afwerkingslaag voor het herstellen van oppervlakkige gebreken of schade van een bestaande woning en dat geen enkele rol speelt voor de mechanische weerstand van de constructie.

Bepaling van de energie-absorptiecapaciteit van vezelversterkte plaatvormige proefstukken (2006)

Principe

Methode ter beoordeling van de reactie van het belastings- en doorbuigingsgedrag van een plaatvormig proefstuk met het oog op de bepaling van de energieabsorptiecapaciteit tot aan een gespecificeerde doorbuiging.

Meting van de doorbuiging in het midden van een vezelversterkt plaatvormig proefstuk (EN 14488-1) dat onderworpen wordt aan een belasting door middel van een blok staal die in het midden geplaatst wordt, totdat een doorbuiging van ten minste 30 mm in het midden van de plaat bereikt wordt. Aan de hand van de doorbuigings-belastingscurve kan de geabsorbeerde energieabsorptiecapaciteit opgesteld worden.

Afmetingen van de proefstukken

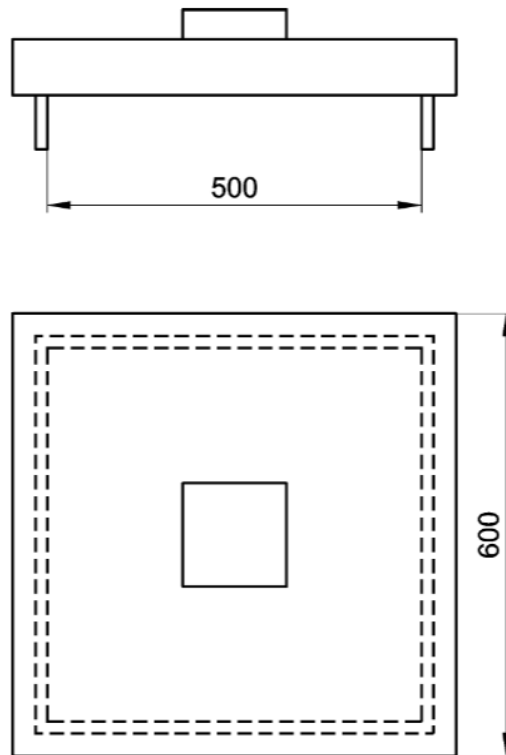
Vierkant van 600 mm x 600 mm x 100±5 mm geprojecteerd in een vorm (EN 14488-1).

De proef

Het toestel is conform met de EN 12390-4 en moet in staat zijn de proef aan een constante snelheid uit te voeren en de verplaatsing te controleren. Daarnaast moet het uitgerust zijn met een gegevensregistreerapparaat of X-Y-schrijver omvatten. De doorbuiging in het midden van de plaat wordt gemeten met behulp van een elektronische omzetter.

De proef wordt uitgevoerd na 28 dagen, nadat de monsters gedurende ten minste 3 dagen geconditioneerd werden in een omgeving bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $\geq 95\%$ RV (EN 12390-2).

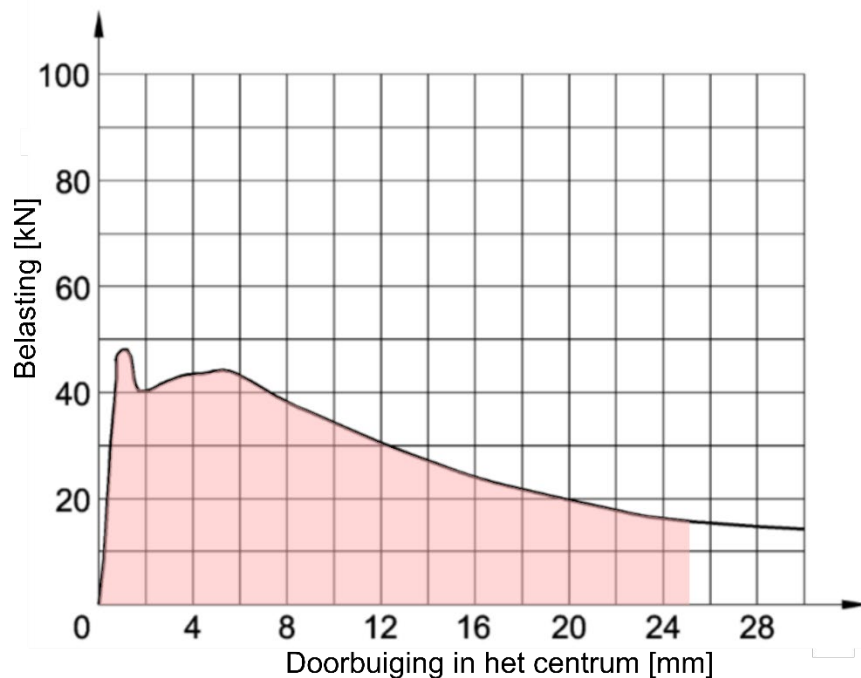
De belasting wordt aangebracht door middel van een proefinstallatie (Figuur 28), op de gespoten zijde vormgegoten onderzijde, met een constante verplaatsingssnelheid van $(1 \pm 0,1)$ mm/min tot 30 mm.



Figuur 28. proefinstallatie

De resultaten

Aan de hand van de gegevens die geregistreerd werden tijdens de proef kan de doorbuiging-belastingsgrafiek bepaald worden (Figuur 29). De energieabsorptiecapaciteit wordt voorgesteld door de oppervlakte onder de doorbuiging-belastingsgrafiek tussen 0 en 25 mm doorbuiging en wordt uitgedrukt in Joule [$1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$].



Figuur 29. Berekening van de energieabsorptiecapaciteit tussen 0 en 25 mm doorbuiging.

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUtgb nr G0019 – Spuitsbeton

De meting van de energieabsorptiecapaciteit van vezelversterkt beton wordt niet als dusdanig vermeld in de technische goedkeuringsleidraad nr. G0019. De proeven in verband met de aanwezigheid van vezels worden bepaald door het uitvoerende bureau. Hiervoor raadt de G0019 aan bijvoorbeeld het document EFNARC 'European specification for Sprayed concrete' te raadplegen omdat in de bijlage daarvan de meting van de energieabsorptiecapaciteit beschreven wordt. Deze proefmethode is identiek aan degene die in de huidige norm beschreven wordt.

NBN EN 14488-6

Dikte van beton op een ondergrond (2006)

Principe

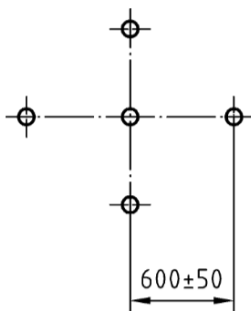
Meetmethoden voor de dikte van spuitbeton op een ondergrond (beton, steen, volle grond, ...), die ook een idee geven van de evenwijdigheid tussen het beton en de ondergrond.

Vers beton: de meting gebeurt door een dieptemeter in het spuitbeton te drijven.

Verhard beton: de meting gebeurt door de lengte van de geboorde gaten of van de genomen proefstukken tot aan de ondergrond te bepalen.

De proef

De meting moet gebeuren in vijf punten die zich op een onderlinge afstand van (600 ± 50) mm bevinden op twee rechten die elkaar snijden met een rechte hoek (Figuur 30). Er kan gebruik gemaakt worden van een kaliberplaat voor de plaatsbepaling en de markering. Met behulp van een klopbormachine of een kernboor worden de 5 gaten geboord of de 5 proefstukken genomen.



Figuur 30. Kaliberplaat en meetafstanden [in mm].

Voor vers beton wordt de proef uitgevoerd door de dieptemeter in het spuitbeton te drijven tot aan de ondergrond en de gemiddelde diepte te meten in verhouding tot een regel die op het oppervlak (zonder oneffenheden) geplaatst wordt. Voor verhard beton: gebeurt de proef op dezelfde wijze, door de diepte van het geboorde gat of de lengte van het genomen proefstuk te meten.

De resultaten

Dikte van spuitbeton is gelijk aan het gemiddelde van de 5 metingen van de diepte van de gaten of de lengte van de proefstukken.

Opmerkingen

De norm bepaalt niet in welke zone de proef uitgevoerd moet worden, noch de eisen die aan de verkregen resultaten gesteld worden.

Indien men kiest voor het nemen van proefstukken in de plaats van boringen, kan men gelijktijdig monsters nemen voor de andere metingen (druk- en hechtsterkte).

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUtgb nr. G0019 – Spuitbeton

De goedkeuringsleidraad nr. G0019 specificeert geen methode ter bepaling van de dikte van spuitbeton op een ondergrond.

NBN EN 14488-7

Bepaling van het vezelgehalte van met vezel versterkt beton (2006)

Principe

Methode ter bepaling van het gehalte aan staalvezels in vers of verhard spuitbeton en van het gehalte aan polymeervezels in vers spuitbeton.

De vezels worden uit het monster gehaald, gewogen en vergeleken met het betonvolume.

De proef

De verse of verharde monsters kunnen ontnomen zijn uit het materiaal ter plaatse of uit een proefplaat.

Verhard beton – Methode A

Het volume (V_d) van elk proefstuk wordt bepaald door berekening op basis van de gemeten werkelijke afmetingen of door onderwaterweging (EN 12390-7). Vervolgens wordt het proefstuk vermalen (met een pers of een ander toestel) zodat de vezels eruit gehaald kunnen worden (eventueel met een magneet). Alle cementresten worden mechanisch verwijderd. Tenslotte worden de vezels tot op 0,1 g nauwkeurig gewogen (m_f).

Vers beton – Methode B

Het volume V_d van elk proefstuk wordt bepaald door onderwaterweging (EN 12350-6). De vezels worden verwijderd door een spoeling met water (met een zeef of een andere filter). Voor synthetische vezels wordt het monster in alcohol ondergedompeld en wordt ermee geschud totdat de vezels boven komen te drijven. Vervolgens worden de vezels gereinigd, gedroogd en gewogen (m_f). Dit gebeurt tot op 0,1 g nauwkeurig voor staalvezels en tot op 0,01 g nauwkeurig voor polymeervezels.

De resultaten

$$C_f = \frac{m_f \cdot 1000}{V_d}$$

met:

C_f het vezelgehalte [kg/m^3]

m_f Massa van de uit het monster geëxtraheerde vezels [g]

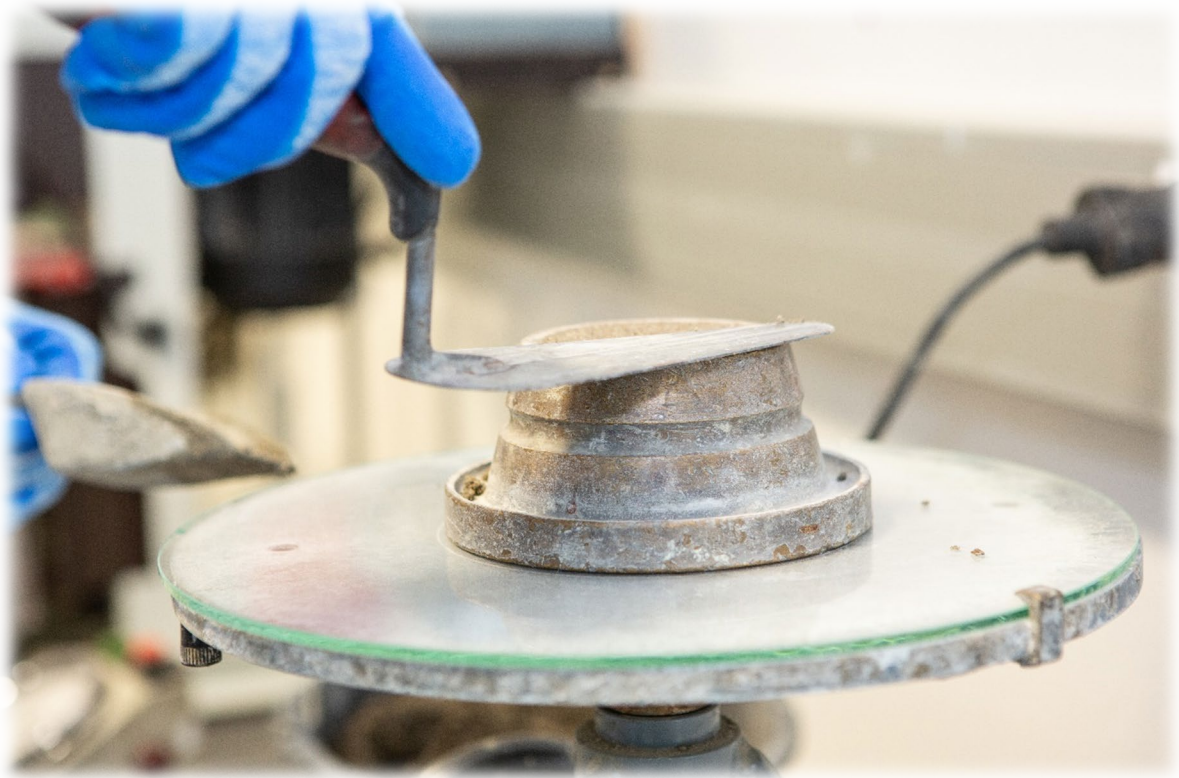
V_d het volume van het monster [m^3]

Opmerkingen

Er is vooralsnog geen informatie beschikbaar omtrent de betrouwbaarheid van deze proef.

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad BUtgb nr. G0019 – SPUITBETON

De gids voorziet slechts een meting van het vezelgehalte van geprefabriceerd en droog vervoerd beton (niet voor geprefabriceerd beton dat vochtig vervoerd wordt en ook niet voor verhard beton). In de bijlage wordt er een vrijblijvende proefprocedure voorgesteld. Deze bestaat erin 500 g van de droge mengeling onder water te zeven met behulp van een zeef met een maaswijdte van $\pm 0,1$, de zeefresten (granulaten en vezels) te drogen en vervolgens de vezels van de granulaten te scheiden (manueel, door zuiging, met een elektronisch toestel, ...) en ze te wegen. Het vezelgehalte wordt uitgedrukt in %.



Beproeving van metselmortels

NBN EN 1015-1

Bepaling van de korrelverdeling door zeefanalyse (1998 + add1 2007)

Principe

De granulometrische analyse door zeefontleding laat toe om een mortel te karakteriseren in functie van zijn doorgaand en achterblijvend percentage na iedere referentizeef. Deze norm is niet van toepassing op mortels die vezels bevatten die niet op voorhand gemakkelijk verwijderd kunnen worden.

Een reeks van zeven met toenemende zeefopening worden op elkaar gestapeld op een bak die dienstdoet als basis. Het monster wordt geplaatst op de bovenste zeef en de stapel van zeven wordt geschud totdat er geen wijziging van de achterblijvende massa op iedere zeef waar te nemen is.

Monstername

De minimale droge massa van het gereduceerde monster is:

200 g voor een $d_{\max} \leq 4$ mm

600 g voor een $d_{\max} > 4$ mm

$d_{\max}$ is de maximale dimensie van de granulaten aanwezig in het monster, in mm.

Voor de mortels die een fractie 0/0,125 mm bevatten, is het aan te raden om alvorens de mortel te reduceren deze lichtjes te bevochtigen om de scheiding van de elementen en/of het verlies van materiaal te vermijden.

Referentizeeven

De maaswijdte van de referentizeeven zijn weergegeven in Tabel 42.

8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	0,063 mm
------	------	------	------	--------	---------	----------	----------

Tabel 42. De maaswijdte van de referentizeeven.

Proefomschrijving

De vochtige zeefmethode wordt toegepast op mortels die courant gebruikte granulaten bevatten.

- Breng het monster in suspensie in een waterrecipiënt en giet het mengsel op de stapel van zeven.
- Voer de zeping uit met behulp van een waterstraal en controleer bij iedere zeef of het doorgaande water helder is, wat wijst op een goede ijking van ieder niveau.
- Giet iedere fractie (m_r) om in een beker voor de droging tot constante massa bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Een massa wordt als constant beschouwd als het massaverschil tussen 2 wegingen met 2u tijdsinterval niet groter is dan 0,2 g.

De droge zeefmethode wordt gebruikt voor lichte mortels.

- Droog het gereduceerde monster tot constante massa bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ of bij $(60 \pm 5) ^\circ\text{C}$ als het organische elementen bevat.
- Giet voorzichtig het gereduceerde monster in de stapel van zeven die in dalende volgorde zijn gerangschikt.
- Schud of tril de zeefstapel zo goed mogelijk.
- Bepaal de massa van iedere achtergebleven fractie (m_r) na vooreerst te controleren dat minder dan 0.2% van de totale monstermassa binnen een minuut zou blijven doorgaan.

Voor beide methoden moet nagegaan worden of m_r na iedere zeef volgende maximale waarde niet overschrijdt:

$$m_{r,\max} = \frac{A\sqrt{d}}{200}$$

met:

A oppervlakte van de zeef [mm^2]

d afmeting van de zeefopening [mm]

Berekening en uitdrukking van de resultaten

De individuele fracties worden uitgedrukt in percentage van de totale massa van het monster. Het totale percentage aan materiaal dat door iedere zeef passeert wordt ook uitgedrukt.

De hoeveelheid aan fijne deeltjes wordt berekend door het verschil te nemen van de totale massa van het monster en de som van alle massa's achtergebleven op iedere zeef.

Monsterneming van mortels en aanmaken van proefmortels (1998 + add1 2007)

Principe

Deze norm beschrijft methoden voor de totale monsterneming van verse mortel evenals een methode voor de monsterneming voor de proeven uitgaande van deze totale monsterneming. Ze beschrijft ook een werkwijze voor het maken van proefmortels op basis van droge bestanddelen en water.

Totale monsterneming voor proeven of voor individuele proef

- De hoeveelheid moet minimaal 10 kg zijn.
- Het globale monster wordt samengesteld door uniform verdeelde eenheidsafnames te nemen en vervolgens zorgvuldig te mengen. Minstens drie afnames worden uitgevoerd.
- Het globale monster wordt gereduceerd door een voldoende aantal porties willekeurig uit de mengeling te nemen. Deze worden geplaatst in vaten afgedekt met een deksel. De bewerking mag niet meer dan 3 minuten in beslag nemen.
- Iedere globale monsterneming voor de proeven moet van een etiket voorzien worden en goed verpakt worden.
- De temperatuur moet op $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ gehouden worden zonder verlies van water.

Bereiding van mortels uitgaande van de droge bestanddelen en water of uitgaande van voorgemengde mengsels en binders.

De hoeveelheid mortel moet bepaald zijn tussen de bereiken in Tabel 43. De consistentie van de verse mortel wordt bepaald volgens EN 1015-3. Tenzij anders gespecificeerd, moet een vloeimaat in functie van de schijnbare dichtheid van de verse mortel bepaald worden (Tabel 44).

Aanmaak van verse mortel	Mixer conform aan EN 196-1	Schoepenmenger
Vaste bestanddelen [kg]	1,8 – 3,0	30 – 50
Volume [dm ³]	0,5 – 2,5	25 – 75

Tabel 43. Massa's aanmaak van vers mortel.

Schijnbare dichtheid van de verse mortel [kg/m³]	Vloeimaat [mm]
> 1200	175 ± 10
> 600 à ≤ 1200	160 ± 10
> 300 à 600	140 ± 10
≤ 300	120 ± 10

Tabel 44. Bepaling vloeimaat.

De aanmaak wordt uitgevoerd volgens de voorschriften van de mortelfabrikant. Zo niet moet men volgende de aanmaakmethoden volgen gebruikmakend van een mixer conform aan EN 196-1 of een schoepenmenger:

- Giet het water in de menger
- Voeg de vaste bestanddelen van de droge mortel toe; menger staat in een lage snelheid
- Beëindigen met een menging aan dezelfde snelheid gedurende 75 s (mixer conform aan EN 196-1) of 120 tot 180 s (schoepenmenger – lichte mortels of mortels met een hoog kalkgehalte)

Bepalen van consistentie van verse mortel (met de schoktafel) (1999 + add1 (2004) et + add2 (2007))

Principe

De consistentie wordt bepaald door het meten van de gemiddelde diameter van de verse mortel, geplaatst op de plaat van een schoktafel met behulp van een mal en onderhevig aan een gegeven aantal verticale schokken door de schoktafel op te heffen en vrij te laten vallen van op een bepaalde hoogte (Figuur 31).



Figuur 31. Bepaling van de consistentie van verse mortel.

Aantal proefstukken

Twee proefstukken

Enkele bijzonderheden

- Aanmaak van de mortels volgens NBN EN 1015-2 met een minimaal volume van 1,5 l.
- De mal wordt in twee lagen gevuld. Elke laag wordt verdicht door minstens 10 korte schokken met een stamper. Het vrije oppervlak van de schijf moet proper en droog zijn.
- Na 15 s wachten wordt de mal langzaam en verticaal opgetild. 15 schokken worden uitgevoerd aan een constante frequentie van ongeveer 1 schok per seconde.
- De diameter in twee loodrechte richtingen wordt gemeten en uitgedrukt tot op 1 mm nauwkeurig.
- In Tabel 45 zijn de voornaamste verschillen tussen deze norm en de oude norm NBN B14-207 (1983) aangegeven.

	NBN EN 1015-3 (1999)	NBN B14-207 (1983)
Massa van de tafel	Tussen 4,2 en 4,5 kg	Tussen 3,2 en 3,35 kg
Uitdrukking van het resultaat	Gemiddelde van 2 waarden op 1 mm nauwkeurig	Gemiddelde van 2 waarden gedeeld door de initiële diameter (100 mm)

Tabel 45. Verschillen tussen NBN EN 1015-3 en NBN B14-207 (1983).

NBN EN 1015-6

Bepaling van de schijnbare dichtheid van verse mortel (1998 + add1 (2007))

Principe

De schijnbare dichtheid van verse mortel wordt bepaald als zijnde de verhouding tussen de massa en het volume dat het inneemt wanneer het wordt gegoten, of wordt gegoten en verdicht, volgens een voorgeschreven manier in een maatbeker met een gegeven volume (Figuur 32).



Figuur 32. Bepaling van de schijnbare dichtheid van verse mortel.

Proefstukken

Twee proefstukken.

Formules

$$\rho_m = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

met:

ρ_m Schijnbare dichtheid van de verse mortel [kg/m³]

m_1 Massa van het recipiënt [g]

m_2 Massa van het recipiënt gevuld met mortel [g]

V Volume van het recipiënt [l]

Enkele bijzonderheden

Gebruiksconsistentie	Vloeimaat	Werkwijze
Stijve mortel	< 140 mm	volgens optie 1
Plastische mortel	tussen 140 en 200 mm	volgens opties 1 of 2
Vloeibare mortel	> 200 mm	volgens optie 3

Tabel 46. Werkwijze voor de gebruiksconsistentie.

- Bereiding van de mortel volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat, in functie van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden. De werkwijze hangt af van de vloeimaat zoals weergegeven in Tabel 46.
 - Optie 1 «De vibratiemethode»: Het recipiënt wordt gevuld en geplaatst op een vibratietafel totdat geen enkele verzakking meer wordt vastgesteld.
 - Optie 2 «De schokmethode»: Het recipiënt wordt tot halve hoogte gevuld. De mortel wordt verdicht door het recipiënt gedurende ongeveer 30 min te kantelen en 10 keer op een harde ondergrond te laten vallen (5 keer als luchtadditieven aanwezig). Na het vullen van het recipiënt tot aan de rand, wordt de mortel op dezelfde manier verdicht.
 - Optie 3 «De vulmethode»: Het recipiënt wordt gevuld door het gieten van de mortel tot aan de rand en het vervolgens af te strijken.
- De massa's van het lege (m_1) en gevulde (m_2) recipiënt worden gewogen tot op 1 g nauwkeurig en de dichtheden worden vervolgens berekend.
- Het resultaat is het gemiddelde van de 2 metingen en uitgedrukt op 10 kg/m³ nauwkeurig.
- De voornaamste verschillen tussen deze norm en de oude norm NBN B14-203 zijn opgenomen in volgende tabel.

	NBN EN 1015-6 (1998) – Add1 (2007)	NBN B14-203 (1972)
Consistentie van de mortel	Cf. hierboven punt 1 van de bijzonderheden	Niet bepaald
Recipiënt	Diameter = 125 mm Volume = 1 l (te bepalen tot op 0.1% nauwkeurig)	Diameter = (85 +/- 1) mm Volume = 500 cm ³ (te bepalen tot op 0.2 % nauwkeurig)
Werkwijze	Cf. hierboven punt 2 van de bijzonderheden	Vullen in 3 lagen, 60 schokken na iedere laag
Uitdrukking van het resultaat	In kg/m ³ , op 10 kg/m ² nauwkeurig	In g/cm ³ , op 0.01 g/cm ³ nauwkeurig

Tabel 47. Verschillen tussen NBN EN 1015-6 en de oude norm NBN B14-203

NBN EN 1015-7

Bepaling van het luchtgehalte van verse mortel (1998)

Principe

Twee methoden worden beschreven voor het meten van het luchtgehalte van verse mortels. Volgens de eerste methode (gehalte $< 20\%$) wordt water gegoten op het oppervlak van de mortel en met behulp van een aangelegde luchtdruk wordt water in de mortel gezogen waarbij de lucht aanwezig in de poriën wordt verdreven. Het waterniveau daalt en weerspiegelt het volume lucht onttrokken aan de mortel. Volgens de tweede methode (gehalte $\geq 20\%$), wordt het volume aan lucht verwijderd met behulp van een alcoholoplossing.

Aantal proefstukken

Twee proefstukken

Bereiding van de mortel

Bereiding van de mortel volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat, in functie van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden.

Werkwijzen

Methode op basis van druk «Voor mortels met een luchtgehalte $< 20\%$ »

- Het recipiënt wordt in 4 gelijke lagen gevuld met de verse mortel en iedere laag wordt verdicht door 10 schokken met een stamper.
- Het oppervlak van de mortel wordt afgestreken en de horizontale wanden van het recipiënt worden proper gemaakt.
- De luchtklep, gelegen tussen de luchtkamer en de proefbeker, wordt afgesloten en de luchtspace onder de deksel wordt met water gevuld. Het water stroomt via een kraan toe en lucht wordt via een andere kraan verdreven totdat het water uit de tweede kraan overloopt.
- Lucht wordt in de luchtkamer geïnjecteerd totdat de geijkte meetnaald is gestabiliseerd.
- De twee kranen worden gesloten en de luchtklep geopend.
- Wanneer het evenwicht wordt bereikt, wordt het luchtgehalte genoteerd tot op 0,1 % nauwkeurig.
- Het gemiddelde van de 2 metingen wordt berekend op 0,5 % nauwkeurig.

Methode op basis van alcohol «Voor mortels met een luchtgehalte $\geq 20\%$ »

- Een maatcilinder wordt gevuld met 200 ml mortel met behulp van een trechter en lichtjes aangestampt. Het volume aan mortel ($V_{m,i}$) genoteerd tot op een ml nauwkeurig.
- De alcoholoplossing (60 % ethanol en 40 % water) wordt voorzichtig in de cilinder gegoten tot 500 ml. De maatcilinder wordt afgesloten met een rubberen stop en 20 keer geschud om een goede suspensie te bekomen.

- Gedurende 5 minuten laat men het mengsel rusten waarna het eindvolume ($V_{m,f}$) wordt hersteld.
- Het schudden en de rustperiodes wordt herhaald totdat het eindvolume constant blijft tot op ± 1 ml.
- Het luchtgehalte wordt berekend op 0,1 % nauwkeurig via

$$L = \frac{(500 - V_{m,f})}{V_{m,i}} * 100\%$$

met:

L luchtgehalte [%]

$V_{m,i}$ Initieel volume van de mortel [ml]

$V_{m,f}$ Finaal volume van de mortel+alcohol [ml]

Het gemiddelde van de 2 metingen wordt uitgedrukt tot op 0,5 % nauwkeurig.

Bepalen van de verwerkbaarheidstijd en verbeteringstijd van verse mortel (1999 + add1 (2007))

Principe

De verwerkbaarheidstijd van verse mortel, die vooreerst op een bepaalde vloeimaat is gebracht, wordt gemeten door de tijd, in minuten, te bepalen na welke het een zekere limietwaarde van de stijfheid of verwerkbaarheid bereikt, tijdens een vastgelegde proefmethode.

Aantal proeven

Twee monsters

Bereiding van de mortel

De mortel wordt aangemaakt volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden.

Werkwijzen

Methode A – Verwerkbaarheid van een mortel voor algemeen gebruik.

- Vullen van de mallen met verse mortel
- Afstrijken van het oppervlak en bewaren in een vochtige kamer bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $\text{RV} \geq 95 \%$ (of in een polyethyleen zak)
- Een mal wordt op een weegschaal geplaatst en de balans wordt getarreerd. Daarna wordt de penetratiestaaf neergelaten in de mortel totdat het schijfje het oppervlak raakt. De vastgestelde waarde wordt door 3 gedeeld om de penetratieweerstand [in N/mm^2] te bekomen.
- De eerste meting wordt 30 min voor de aangegeven verwerkbaarheidstijd uitgevoerd. De metingen worden iedere 15 min verdergezet totdat de weerstand een waarde van $0,5 \text{ N/mm}^2$ overschrijdt.
- Het tijdstip (op 1 min nauwkeurig) waarop de penetratieweerstand gelijk is aan $0,5 \text{ N/mm}^2$ wordt bepaald door interpolatie.

Methode B – Verwerkbaarheid van een dunvoegmortel

- Bepaling van de spreidingsmaat met 15 min tussentijd totdat de waarde 30 mm verschilt van de initiële vloeimaat (= 10 min na het aanmaken).
- De tijd wordt bepaald tot op 1 min nauwkeurig door interpolatie van de bekomen resultaten.
- De verwerkbaarheidstijd is het gemiddelde van de individuele waarden.

Methode C – Verbeteringstijd van een dunvoegmortel

- Kubussen van $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ worden versneden uit de legzijde van metselwerkelementen. Ze worden bewaard in de oven tot constante massa ($< 0,2 \%$ met 2 u interval) waarbij de temperatuur afhankelijk is van het type metselwerk. Ze worden verder bewaard bij $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(65 \pm 5) \%$ RV gedurende 2 dagen.

- Proef bestaat uit het aanbrengen van een dunne laag mortel met een truweel op het legvlak van de volle metsелеlementen die als ondergrond dienstdoet. Breng vervolgens opnieuw een mortellaag van 2 à 3 mm aan op hetzelfde voorbehandelde oppervlak.
- Plaats het legvlak van de kubus op de mortel en oefen gedurende 30 s een kracht uit van 1,2 kg als het metselwerk een dichtheid van $\geq 1000 \text{ kg/m}^3$ heeft of 0,5 kg als het metselwerk een kleinere dichtheid heeft.
- Trek de kubus loodrecht af van het legvlak en maak een schatting van de zone van de mortel dat hecht aan het kubusoppervlak uitgedrukt in % op 10 % nauwkeurig.
- De stappen vorige twee stappen worden iedere minuut herhaald met een nieuwe kubus totdat 50 % hechting van mortel aan de kubus is bereikt.
- De verbeteringstijd is het gemiddelde van de individuele resultaten op 1 min nauwkeurig.

Bepalen van de droge volumemassa van verharde mortel (1999 + add1 (2007))

Principe

De droge volumemassa van een proefstuk uit verharde mortel wordt bepaald door het quotiënt van zijn massa, in ovengedroogde toestand, gedeeld door het volume dat het inneemt bij onderdompeling in water in verzadigde toestand.

Aantal proefstukken

3 prismavormige proefstukken met afmetingen 160 x 40 x 40 mm³

Enkele bijzonderheden

- Aanmaak van de mortels volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat moet worden bereikt, afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel. De bereiding en bewaring van de proefstukken hangen af van het soort mortel en zijn conform aan NBN EN 1015-11.
- De droge massa ($m_{s,droog}$) wordt gemeten op een monster gedroogd bij $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa. Voor monsters die organische bestanddelen bevatten, bijvoorbeeld granulaten van geëxpandeerd polystyreen, vindt de droging plaats bij $(60 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Het volume wordt bepaald door volumetrische verplaatsing na verzadiging van het monster met water. De verzadigde toestand wordt bereikt wanneer twee opeenvolgende wegingen, met een tussentijd van 15 minuten tijdens de onderdompeling, geen 0,2 % in massa verschillen.
- De droge volumemassa wordt berekend voor ieder proefstuk als de verhouding van de droge massa tot het volume. Het gemiddelde van de individuele waarden wordt berekend en uitgedrukt tot op 10 kg/m³ nauwkeurig.
- In Tabel 48 zijn de voornaamste verschillen tussen deze norm en de oude norm NBN B14-218 (1971) aangegeven.

	NBN EN 1015-10 + ADD1	NBN B14-218
Consistentie	Cf. punt 1 van de "enkele bijzonderheden"	Niet bepaald
Proefstukken	4 x 4 x 16 cm ³ prisma of andere afmetingen indien kleinste afmeting > 40 mm	Prisma 4 x 4 x 16 cm ³ Monster genomen op de site: 100 cm ³ < V < 500 cm ³
Uitharding	Cf. hierboven punt 2 van de bijzonderheden	Niet bepaald
Massa	Droog monster bij 70 °C of 60 °C ± 5 °C (cf. punt 3 hierboven van de bijzonderheden)	In de toestand van ontvangst Vochtig monster Droog monster (105 ± 5° C)
Volume	Door hydrostatische weging	Door meting van de afmetingen of door hydrostatische weging
Uitdrukking van het resultaat	In kg/m ³ tot op 10 kg/m ² nauwkeurig	In g/cm ³ tot op 0,01 g/cm ³ nauwkeurig

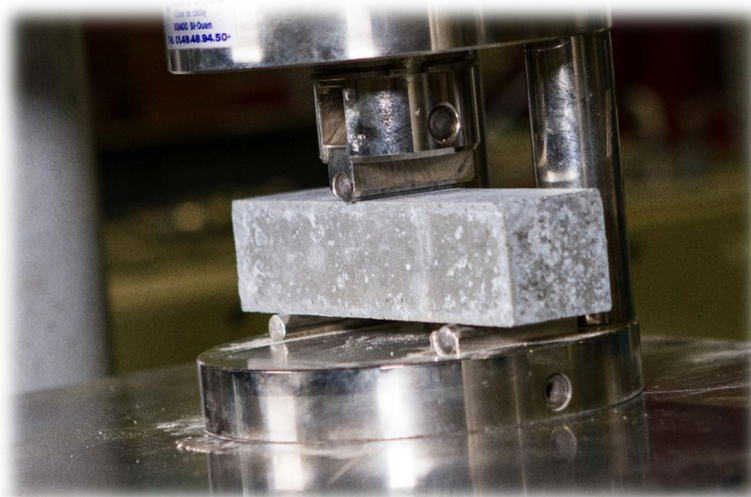
Tabel 48. Verschillen tussen deze NBN EN 1015-10 en NBN B14-218.

NBN EN 1015-11

Bepaling van buig- en druksterkte van geharde mortel (2019)

Principe

De buigsterkte van een mortel wordt bepaald door het belasten op drie punten van prismavormige proefstukken totdat deze breken (Figuur 33). De druksterkte van de mortel wordt bepaald op de twee delen die overblijven van de buigsterkteproef.



Figuur 33. Bepaling van de buigsterkte van een mortel.

Aantal proefstukken

Drie mortelprisma's met afmetingen 160 mm x 40 mm x 40 mm.

Bereiding van de mortel

Aanmaak van de mortel volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat, afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden.

Bereiding en bewaring van de proefstukken

De bereiding en de uitharding hangen af van het morteltype:

- Mortels met hydraulische bindmiddelen en mortels op basis van luchtkalk/cement met een kalkmassa ≤ 50 % van de totale bindmiddelmasa:
 - De mal wordt gevuld in twee ongeveer gelijke lagen en iedere laag wordt verdicht door 25 schokken met een stamper.
 - Anders kan de mal ook onder een hoek van ongeveer 30° worden gekanteld en tien keer laten vallen worden, weer horizontaal worden gebracht en vervolgens nog tien keer worden gekanteld en getikt.
 - De verdichtingsmethode moet in het rapport worden beschreven.
 - Het overschot aan mortel wordt verwijderd met een afstrijkmes om een vlak oppervlak te bekomen gelijk met de bovenrand van de mal.
 - Bewaring: zie Tabel 49.

- Mortels op basis van luchtkalk en op basis van luchtkalk/cement met kalkmassa > 50 % van de totale bindmiddelmassa:
 - De onderdelen van de mal worden geassembleerd op een glazen plaat waarop 2 lagen droge katoengas liggen.
 - De mal wordt gevuld in 2 ongeveer gelijke lagen en iedere laag wordt verdicht met 25 schokken met een stamper.
 - Anders kan de mal ook onder een hoek van ongeveer 30 ° worden gekanteld en tien keer laten vallen geworden, weer horizontaal worden gebracht en vervolgens nog tien keer worden gekanteld en getikt.
 - De verdichtingsmethode moet in het rapport worden beschreven.
 - Het overschot aan mortel wordt verwijderd met een afstrijkmes om een vlak oppervlak te bekomen gelijk met de bovenrand van de mal.
 - Op het morteloppervlak worden 2 lagen droog katoengas gelegd en vervolgens 6 lagen absorberend filterpapier.
 - Het absorberende filterpapier wordt afgedekt met een glazen plaat en de mal wordt omgedraaid.
 - De glazenplaat wordt voorzichtig weggenomen van de bovenkant van de omgekeerde mal en 6 lagen filterpapier worden op het gas gelegd waarna de glazen plaat wordt teruggelegd.
 - De mal wordt terug rechtop geplaatst en op een vaste tafel geïnstalleerd. Een kracht van ongeveer 5 kg wordt uitgeoefend.
 - Na 3 uren worden de belasting en de glazen plaat weggenomen, het filterpapier en het gas van de bovenzijde verwijderd en de glazen plaat teruggelegd. De mal wordt omgedraaid en de glazen plaat van de nieuwe bovenzijde wordt weggenomen. Het filterpapier en katoengas worden verwijderd.
 - Bewaring: zie Tabel 49.

Morteltype	Bewaartijd bij (20 +3 -2) °C, in dagen		
	Relatieve vochtigheid		
	(95 ± 5) % of in een polyethyleen zak		(65 ± 5) %
	In de mal	Na verwijdering van de mal	Na verwijdering van de mal
Mortels van luchtkalk	5	2	21
Mortels van luchtkalk/cement waarvoor de cementmassa ≤ 50 % van de totale bindmiddelmassa	5	2	21
Mortels van cement en luchtkalk/cement waarvoor de luchtkalkmassa ≤ 50 % van de totale bindmiddelmassa	1-3	max. 7	21
Mortels met andere hydraulische bindmiddelen	1-3		21
Vertraagde mortels	7	-	21

Tabel 49. Bewaring in functie van morteltype.

Werkwijze

Buigproef:

De prisma's worden in de pers geplaatst met een zijvlak op de steunpunten. Een verticale kracht wordt uitgeoefend aan een snelheid begrepen tussen 10 en 50 N/s opdat de breuk plaats vindt tussen de 30 en 90 s.

Drukproef:

De halve prisma's verkregen na de buigproef worden vervolgens getest op hun druksterkte. Een kracht wordt uitgeoefend aan een snelheid begrepen tussen 50 en 500 N/s volgens de klassen metselwerk en gipsmortel (zie tabel B.1)

Uitdrukking van de resultaten

Buigproef:

$$f = 1,5 \frac{Fl}{bd^2}$$

Met:

- f Buigsterkte [N/mm²]
- b Breedte [mm]
- d Dikte [mm]
- F Maximale toegepaste buigbelasting [N]
- l Afstand tussen de steunpunten [mm]

De buigsterkte wordt berekend tot op 0,05 N/mm² nauwkeurig en het gemiddelde van de drie resultaten wordt genoteerd tot op 0,1 N/mm² nauwkeurig.

Drukproef:

$$R = \frac{F_c}{A}$$

met

- R Druksterkte [N/mm²]
- F_c Maximale toegepaste drukbelasting [N]
- A Dwarsdoorsnede [mm²]

De druksterkte wordt berekend tot op 0,05 N/mm² nauwkeurig en het gemiddelde van de zes resultaten wordt genoteerd tot op 0,1 N/mm² nauwkeurig.

Opmerking

Enkele verschillen ten opzichte van de oude norm NBN B14-209 zijn opgenomen in Tabel 50.

	NBN EN 1015-11 (1999) + ADD1	NBN EN 1015-11 (2019)
Consistentie	In functie van de volumieke massa	
Vorbereiding	Geen gespecificeerde mengsnelheid Introduceer in een mal in twee lagen. Verdicht met 25 slagen per laag Nivellering	Geen gespecificeerde mengsnelheid Introduceer in een mal in twee lagen. Verdicht met 25 slagen per laag Als alternatief kan de mal onder een hoek van ongeveer 30 ° worden gekanteld en tien keer laten vallen, weer horizontaal worden gebracht en vervolgens nog tien keer worden gekanteld en getikt. Nivellering
Curing	Cfr. Tabel 49	Cfr. Tabel 49 De testen kunnen ook worden uitgevoerd na een verlengde uitharding van 90 dagen onder de omstandigheden gedefinieerd in Tabel 49 (7 dagen bij 95% relatieve vochtigheid gevolgd door 83 dagen bij 65% relatieve vochtigheid). De gewijzigde behandelingsperiode moet duidelijk worden aangegeven
Proefmachine	In overeenstemming met $\pm$ klasse 2 uit EN 12392-4 of NBN X07-001	
Belastingssnelheid buigsterkte	10 tot 50 N/s	
Belastingssnelheid druksterkte	50 tot 500 N/s met een breukontwikkeling tussen 30 tot 90 s	50 en 500 N/s volgens de klassen metselwerk en gipsmortel (zie tabel B.1)

Tabel 50. Verschillen tussen NBN EN 1015-11 (1999) + ADD1 en NBN EN 1015-11 (2019).

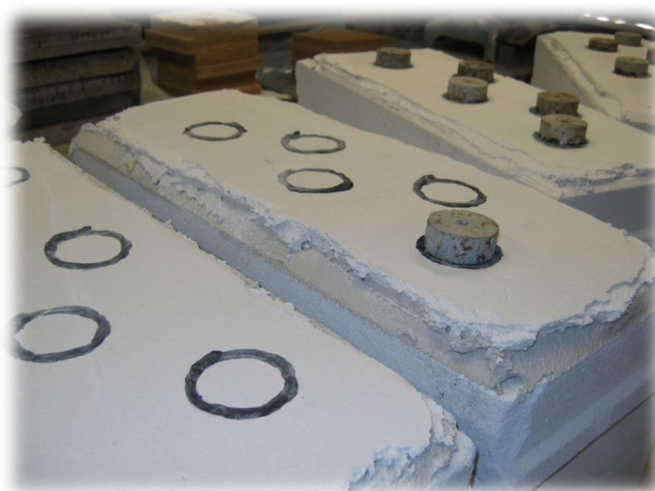
Bepaling van de kleefkracht van geharde pleister- en pleistermortels op substraten (2016)

Principe

De hechtsterkte wordt gemeten als de maximale belasting bepaald door een directe trekbelasting uit te voeren loodrecht op het oppervlak van de pleistermortel aangebracht op een ondergrond. De trekkracht wordt uitgeoefend op een pastille die op het proefoppervlak wordt gekleefd. De hechtsterkte is de verhouding van de breukbelasting tot het overeenkomstige oppervlak.

Aantal proefstukken

Pleister aangebracht op een ondergrond. Vijf cilindrische pastilles (Ø 50 mm) worden verdeeld over de pleister (Figuur 34).



Figuur 34. Bemonstering voor de bepaling van de kleefkracht van geharde pleister- en pleistermortels.

Bereiding van de mortel

Aanmaak van de mortels volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat moet worden bereikt afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel.

Bereiding en bewaring van de proefstukken

De verse mortel wordt aangebracht op een (in lucht gedroogd) oppervlak. De ondergrond wordt in verticale positie gehouden. De totale dikte moet 10 ± 1 mm bedragen. De bewaring is toegelicht in Tabel 51.

Bewaring:	7 dagen in een polyethyleen zak, bij $20 (\pm 3/- 2 \text{ } ^\circ\text{C})$	20 dagen in lucht bij $20 (\pm 3/- 2 \text{ } ^\circ\text{C})$ en $65 \pm 5 \text{ \%RV}$	Insnijding (± 2 mm in de ondergrond) en kleven van 5 metalen cilindrische pastilles (Ø 50 mm, dikte ≥ 10 mm)	24 u bij $20 (\pm 3/- 2 \text{ } ^\circ\text{C})$ en $65 \pm 5 \text{ \%RV}$.
------------------	---	---	--	--

Tabel 51. Bewaring van de proefstukken.

Werkwijze

Hechtproef na 28 dagen waarbij een kracht wordt uitgeoefend zonder schokken en aan een uniforme snelheid opdat de breuk plaatsvindt tussen 20 en 60 s (Tabel 52).

Verwachte hechtsterkte [N/mm ²]	Snelheid [N/(mm ² . s)]	Snelheid [N/s] (pastille Ø 50 mm)
< 0.2	0.003 – 0.010	6 – 20
0.2 - < 0.5	0.011 – 0.025	22 - 49
0.5 – 1.0	0.026 – 0.050	51 - 98
> 1.0	0.050 – 0.100	98 - 196

Tabel 52. Snelheid van krachtoefening.

Uitdrukking van de resultaten

$$f_u = \frac{F_u}{A}$$

Met:

f_u Hechtsterkte [N/mm²]

F_u Breukbelasting [N]

A Oppervlak van cilindrisch proefstuk [mm²]

De hechtsterkten worden berekend op 0,05 N/mm² nauwkeurig. Het gemiddelde van de 5 waarden wordt uitgedrukt op 0,1 N/mm² nauwkeurig.

NBN EN 1015-18

Bepaling van de capillaire waterabsorptie van verharde pleistermortels (2003)

Principe

De capillaire waterabsorptiecoëfficiënt wordt gemeten op mortelprisma's in voorgeschreven condities en bij atmosferische druk. Na droging tot constante massa wordt de gebroken kant van het proefstuk in 5 tot 10 mm water geplaatst gedurende een zekere tijd. De massatoename wordt bepaald.

Proefstukken

Drie prismavormige proefstukken met afmetingen 160 mm x 40 mm x 40 mm.

Bereiding van de mortel

De mortel wordt aangemaakt volgens NBN EN 1015-2. Een zekere vloeimaat afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel moet bereikt worden.

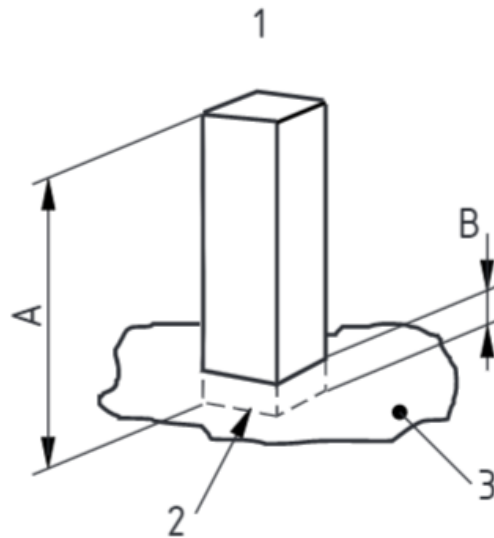
Bereiding en conditionering van proefstukken

De proefstukken worden aangemaakt volgens EN 1015-11 in een mal waarin op voorhand op de bodem een bepaald absorberend filterpapier is gelegd. Op dezelfde manier wordt een absorberend filterpapier gelegd op de bovenzijde van de prisma's na het afstrijken van de verse mortel. De uitharding hangt af van het morteltype zoals aangegeven in EN 1015-11.

Aan het einde van de uithardingsduur wordt een afdichtingsmateriaal aangebracht op de vier lange zijanten en elk proefstuk wordt in twee gebroken (prisma's van 4x4x8 cm³). De proefstukken worden gedroogd bij (60 ± 5) °C tot constante massa (≤ 0.2 % met 24u interval). De droge massa van elk proefstuk (M_0) wordt gemeten.

Werkwijze

De proefstukken worden met de gebroken kant op latjes in een bak met water geplaatst. De bak wordt voorzien van een afdekking om verdamping te vermijden en van een automatisch watertoevoersysteem om het vereiste waterniveau van 5 tot 10 mm te respecteren (Figuur 35).



Figuur 35. Proefuitvoering bepaling van capillaire waterabsorptie. 1 = Prisma, 2 = gebroken uiteinde van het prisma, 3 = Wateroppervlak, A = ongeveer 80 mm en B = 5 of 10 mm immersie (10 mm bij ruw oppervlak).

Uitdrukking van de resultaten

Voor mortels voor algemeen gebruik:

De massa's van de proefstukken worden bepaald na 10 min (M_1) en na 90 min (M_2) onderdompeling en de waterabsorptiecoëfficiënt (C) wordt berekend, op $\pm 0.05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0.5})$ nauwkeurig, via:

$$C = 0,1 (M_2 - M_1)$$

De gemiddelde waterabsorptiecoëfficiënt (C_m) wordt berekend op $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0.5})$ nauwkeurig.

Voor herstelmortels:

De massa van de proefstukken onderdompeling worden bepaald na 24 u (M_3). Elk proefstuk wordt vervolgens overlangs gebroken om de hoogte van de waterpenetratie in het midden van het proefstuk (parallel met zijn lengte van 80 mm) te meten met een nauwkeurigheid van 1 mm. De waterabsorptiecoëfficiënt (C) wordt dan berekend, op $\pm 0.05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0.5})$ nauwkeurig, via:

$$C = 0,625 (M_3 - M_0)$$

De gemiddelde waterabsorptiecoëfficiënt (C_m) wordt berekend op $0,05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0.5})$ nauwkeurig.

Bepaling van de waterdampdoorlatendheid van geharde pleistermortel (1998 + add1 (2004))

Principe

De proefstukken worden vastgemaakt op cirkelvormige proefbekers waarin de waterdampdruk constant wordt gehouden op de nodige niveaus door middel van verzadigde zoutoplossingen. De bekens worden in een omgeving geplaatst met gecontroleerde temperatuur en met een waterdampdruk verschillend van deze in de bekens. De snelheid van vochttransport wordt bepaald door het massaverschil van de bekens te bepalen in stationaire toestand.

Aantal proefstukken

Vijf proefstukken voor ieder verschil in relatieve vochtigheid.

Formules

$$\Lambda = \frac{1}{A \Delta_p / \left(\frac{\Delta G}{\Delta t} \right) - R_A} \qquad W_{vp} = \Lambda t$$

met

Λ Waterdamp permeantie [kg/(m² s Pa)]

W_{vp} Waterdamp permeabiliteit [kg/(m s Pa)]

$\frac{\Delta G}{\Delta t}$ Waterdampflux [kg/s]

t Gemiddelde dikte [m]

A Oppervlak van de proefbeker [m²]

R_A Diffusieweerstand van waterdamp in luchtspace [Pa m² s]/kg]

Δ_p Verschil in waterdampdruk tussen omgevingslucht en de zoutoplossing [Pa]

Bereiding van de mortel

De mortel wordt aangemaakt volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat, afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden.

Bereiding van de proefstukken

De mortel wordt aangebracht op een ondergrond van geautoclaveerd cellenbeton. Twee lagen katoengaas worden voor het aanbrengen van de mortel op de ondergrond gelegd. De uitharding hangt af van het morteltype (Tabel 53).

Morteltype	Bewaartijd in dagen bij (20 ± 2) °C	
	(95 ± 5) % RV of in een polyethyleen zak	(50 ± 5) % RV
	Mortel + ondergrond	Mortel en ondergrond gescheiden
Vertraagde mortels	5	23
Mortels van luchtkalk	5	23
Mortels van luchtkalk/cement waarvoor de cementmassa ≤ 50 % van de totale bindmiddelmassa.	5	23
Mortels van cement en luchtkalk/cement waarvoor de luchtkalkmassa ≤ 50 % van de totale bindmiddelmassa	2	26
Mortels van andere hydraulische bindmiddelen	2	26

Tabel 53. Uitharding in functie van het morteltype.

Aan het einde van de uithardingsperiode worden de cirkelvormige proefstukken uitgesneden met een diameter aangepast aan de afmetingen van de proefbekers. De dikte wordt gemeten op 3 plaatsen en de gemiddelde dikte (t) wordt berekend.

Werkwijze

- De proefstukken worden in de proefbekers geplaatst en de randen worden vastgemaakt met behulp van een gepaste afdichtingsvoeg.
- De waterdampdruk wordt gecontroleerd door gebruik te maken van een zoutoplossing:
 - kaliumnitraat (KNO_3) in geval van hoge relatieve vochtigheid (93,2 % RV en 20 °C),
 - Lithiumchloride (LiCl) in geval van lage relatieve vochtigheid (12,4 % RV en 20 °C).
- De beker wordt gevuld tot een luchtspace van (10 ± 5) mm onder het proefstuk overblijft.
- De proefbekers worden in een klimaatkamer bij (20 ± 2) °C en (50 ± 5) % RV geplaatst en op regelmatige tijdstippen gewogen.

Een grafiek van de massa van de beker in functie van de tijd wordt opgesteld. Als 3 punten op één rechte lijn liggen betekent dit dat de hoeveelheid waterdamp doorheen het proefstuk per tijdseenheid constant is.

Uitdrukking van de resultaten

De waterdamp permeantie (A) wordt berekend voor ieder proefstuk evenals het gemiddelde van de 5 proefstukken. De waterdamp permeabiliteit (W_{vp}) [kg/(m s Pa)] wordt bepaald tot op 2 cijfers nauwkeurig.

Bepaling van de compatibiliteit van eenlaagse pleistermortels met de ondergrond (2003)

Principe

De pleistermortels worden in een laag aangebracht op de door de fabrikant gespecificeerde ondergronden. De proefstukken van verharde pleister worden getest na cycli van thermische en thermisch/hygrometrische conditionering.

De proefstukken worden onderworpen aan volgende 2 proeven:

- Bepaling van de waterdoorlaatbaarheid door het uitoefenen van een specifieke hydraulische belasting op het pleisteroppervlak,
- Bepaling van de hechting door een trekproef volgens NBN EN 1015-12.

Bereiding van de mortel

Aanmaak van de mortels volgens NBN EN 1015-2. Een bepaalde vloeimaat, afhankelijk van de schijnbare dichtheid van de verse mortel, moet bereikt worden.

Bereiding van de proefstukken

De proef wordt gerealiseerd op minstens twee verschillende ondergronden overeenkomend met de uiterste omstandigheden. De capillaire waterabsorptie van de ondergronden is gekend.

- Sterke ondergrond: maquette uit beton (minstens 300 x 300 x 40 mm³)
- Zwakke ondergrond: metselwerk (muurtje van minimum 400 x 400 mm² opgebouwd uit minstens een volledig element en twee halve elementen)

De ondergronden worden verticaal geplaatst. De mortel wordt op de 2 maquettes van ieder type ondergrond aangebracht in een laag van (10 ± 1) mm op de ene en (20 ± 1) mm op de andere ondergrond.

Conditionering van de proefstukken

De proefstukken worden bewaard volgens de gegevens in Tabel 54 en eventuele schade die zich tijdens iedere cycli optreedt, wordt genoteerd.

Uitharding	minstens 28 dagen	20 ± 2 °C en 65 ± 5 % RV (een thermokoppel in het midden van elk proefstuk vastmaken)
4 cycli warmte/vorst	(8 u ± 15 min	(60 ± 2) °C oppervlaktetemperatuur (met behulp van IR straling)
	(30 ± 2) min	(20 ± 2) °C en 65 ± 5) % RV
	(15 u ± 15) min	(-15 ± 1) °C
	(30 ± 2) min	(20 ± 2) °C en 65 ± 5) % RV
Bewaring	minstens 48 u	(20 ± 2) °C en (65 ± 5) % RV

4 cycli bevochtiging/ vorst	(8 u ± 15 min	Gedeeltelijke onderdompeling (5 mm) van de pleister in water bij (20 ± 1) °C.
	(30 ± 2 min	(20 ± 2) °C en (65 ± 5) % RV
	(15 u ± 15 min	(-15 ± 1) °C
	(30 ± 2 min	(20 ± 2 °C en (65 ± 5) % RV

Tabel 54. Bewaring van de proefstukken.

Werkwijze

Waterpermeabiliteit proef

- Bewaring gedurende 48 u bij (20 ± 2) °C en (65 ± 5) % RV.
- Installeren van de kegel met het afdichtingsmateriaal en laten drogen.
- Bepalen van de hoeveelheid water (ml) nodig om het niveau constant te houden gedurende 48u.

Hechtproef

- 4 dagen bewaren bij (20 ± 2) °C en (65 ± 5) % RV.
- Proef volgens EN 1015-12.

Uitdrukking van de resultaten

- De waterpermeabiliteit wordt uitgedrukt in ml/(cm² 48u) en op 0,1 ml/(cm² 48u) nauwkeurig.
- De hechting wordt uitgedrukt op 0,1 N/mm² nauwkeurig.



Beproevingsmethoden voor metselwerk

NBN EN 772-1

Bepaling van de druksterkte (2015)

Principe

De proefstukken worden, indien nodig na voorbereiding, op de plaat van een drukproefmachine geplaatst en gecentreerd. Er wordt een gelijkmatig verdeelde belasting op uitgeoefend en continu verhoogd, tot aan de breuk (Figuur 36).



Figuur 36. Bepaling van de druksterkte van metselwerk.

Aantal proefstukken

Het minimumaantal proefstukken bedraagt 6, en 10 indien een resultaat verkregen tijdens de proef met 6 proefstukken niet in overeenstemming is.

Afmetingen van de proefstukken

Niet bepaald (behalve $h > 100$ mm voor een gezaagd proefstuk).

Formule

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Met:

- f Druksterkte [N/mm^2] en uitgedrukt op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig
- F Bereikte maximumbelasting [N]
- A_c Oppervlakte onderworpen aan de belasting [mm^2]

De oppervlakte onderworpen aan de belasting komt overeen met de bruto-oppervlakte van de volle metselstenen of met de netto-oppervlakte van de metselstenen met

indrukken die met mortel moeten worden gevuld wanneer ze ten minste 35 % van de bruto-oppervlakte uitmaken.

Enkele bijzonderheden

- De methoden voor de monsterneming, voorbereiding van het oppervlak en bewaring van de proefstukken moeten in overeenstemming zijn met het geëigende deel van de NBN EN 771 in functie van de beschouwde soort metselwerk. De bijlage B verklaart dit punt.
- In het geval van grote metselstenen moeten er representatieve stukken uit worden gesneden (bijvoorbeeld kubussen), zoals aangegeven in de norm NBN EN 771-3.
- De (informatieve) bijlage geeft de manier van omrekening van de aangegeven druksterkte in genormaliseerde druksterkte aan.
- Enkele verschillen met de vorige norm NBN B 24-201 zijn gegeven in Tabel 54

	NBN B 24-201	NBN EN 772-1
Vlakheid en parallelisme van de drukzijden	Vlak zijn tot 0,05 mm Parallel zijn tot 3°	Vlak zijn tot 0,1 mm/ 100 mm Parallel zijn tot 1 mm/ 100 mm
Vorbereiding	Altijd egaliseren (cement- of polyestermortel met welbepaalde samenstelling)	Slijpen tot aan de eisen voldaan is (ongeacht h) Egaliseren met cementmortel met de sterkte > min (30 N/mm ² ; f _m) (enkel van toepassing indien h ≥ 100mm)
Bewaarvoorwaarden	Vochtige kamer (5 dagen, T= (20±2) °C, RV≥90 %)	Drogen in lucht (14 dagen of tot aan constante massa, t≥15 °C, RV≤65 %) Onderdompelen in water (≥ 15h aan (20±5) °C en 15' tot 20' uitlekken)
Afmetingen	Indien L > 400 mm: in 2 snijden Indien L < 400 mm en h/b < 0,55: 2 blokken op elkaar metselen	Indien te groot, versnijden: zelfde w/h als oorspronkelijke blok h > 100 mm L ≥ h
Proefmachine	Klasse 2 volgens NBN X 07-001 Tolerantie ± 2 % van de opgegeven waarde Max.fout op zero ± 0,4 % van het veld Herhaalbaarheid max.: 2 % van de opgegeven waarde Hardheid van de platen > 60 Rockwell C	Gemiddelde maximale fout op de krachten: ± 2 % van de opgegeven waarde Max.fout op zero: ± 0,4 % van het veld Herhaalbaarheid max.: 2 % van de opgegeven waarde Vickershardheid van de platen > 600 HV Vlakheid van de platen 0,1 mm/ 250 mm. Ruwheid ≤ 3,2 µm Ra

	Vlakheid van de platen 0,1 mm/ 100 mm onder belasting	
Belastingssnelheid	Van 0,2 tot 1 N/(mm ² s) Niets veranderen aan de werking van de machine wanneer zich de breuk voordoet Proefduur $\geq$ 15 s	Van 0,05 tot 1 N/(mm ² s) Snelheid in het midden van de proef aanpassen opdat de proef ongeveer 1 minuut zou duren
Conversies	Bij de berekening van het metselwerk volgens NBN B 24- 301, wordt een correctiefactor « c » toegepast op de karakteristieke waarde	De bekomen waarde op de ondergedompelde proefstukken wordt vermenigvuldigd met 1,2 De (gemiddelde) genormaliseerde druksterkte wordt berekend via een vormfactor « $\square$ »

Figuur 37. Verschillen tussen NBN EN 772 en NBN B 24-201.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

Bepalen van de schijnbare en absolute droge volumemassa van metselstenen (uitgezonderd natuursteen) (2000)

Principe

De (absolute of schijnbare) droge volumemassa wordt bepaald als zijnde de verhouding tussen de massa van het in de geventileerde droogstof (70 ± 5) °C tot constante massa gedroogde element en zijn (absolute of schijnbare) volume.

Aantal proefstukken

Het minimumaantal proefstukken bedraagt 6 of 10 indien een resultaat verkregen wordt tijdens de proef met 6 proefstukken dat niet in overeenstemming is.

Afmetingen van de proefstukken

Niet bepaald.

Formules

Absolute droge volumemassa

$$\rho_{n,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{n,u}} \times 10^6$$

met:

$\rho_{n,u}$ Absolute droge volumemassa [kg/m^3], uitgedrukt op 5 kg/m^3 nauwkeurig indien $\rho_{n,u} \leq 1000 \text{ kg/m}^3$ of 10 kg/m^3 indien $\rho_{n,u} > 1000 \text{ kg/m}^3$

$m_{dry,u}$ Massa van het in de droogstof gedroogde element [g]

$V_{n,u}$ Absolute volume van het element [mm^3]

Schijnbare droge volumemassa

$$\rho_{g,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{g,u}} \times 10^6$$

met:

$\rho_{g,u}$ Schijnbare droge volumemassa [kg/m^3], uitgedrukt op 5 kg/m^3 nauwkeurig indien $\rho_{n,u} \leq 1000 \text{ kg/m}^3$ of 10 kg/m^3 indien $\rho_{n,u} > 1000 \text{ kg/m}^3$

$m_{dry,u}$ Massa van het in de droogstof gedroogde element [g]

$V_{g,u}$ Schijnbare volume van het element [mm^3]

Enkele bijzonderheden

- De methoden voor de monsterneming moeten in overeenstemming zijn met de NBN EN 771 in functie van de beschouwde soort metselwerk. Voor de metselstenen van granulaatbeton gaat het om de NBN EN 771-3.

- De droge volumemassa kan worden bepaald hetzij op volle elementen, hetzij op representatieve stukken daarvan (door 3 representatieve volle stukken te nemen).
- Enkele verschillen met de vorige norm NBN B 24-206 zijn weergegeven in Tabel 55.

	NBN B 24-206	NBN EN 772-13
Droging	$t = (105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa ($\Delta m/m < 0,1 \%$)	$t = (75 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa ($\Delta m/m_{24u} < 0,2 \%$)
Bepaling V	l, b & h: NBN B 24-205 $V = l \times b \times h$ tot op 0,1 % nauwkeurig	l, b, h & holten: NBN EN 772-16 $V_{n,u} = l \times b \times h - V_h$ $V_{g,u} = l \times b \times h - V_{h, \text{gevuld met mortel}}$

Tabel 55. Verschillen tussen NBN EN 772-13 en NBN B 24-206.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

Bepalen van het vochtgedrag van betonmetselstenen en van metselstenen van kunststeen (2002)

Principe

Met deze proef kunnen de maatschommelingen van betonmetselsteen worden bepaald onder twee specifieke extreme vochttoestanden:

- Zwelling na onderdompeling in water gedurende 4 dagen vanaf de beginvoorwaarden
- Krimp na droging in een geventileerde droogstoof aan 33 °C gedurende 21 dagen vanaf de beginvoorwaarden.

Aantal proefstukken

Het minimumaantal proefstukken bedraagt 6, en 12 indien een resultaat verkregen tijdens de proef met 6 proefstukken niet in overeenstemming is.

Afmetingen van de proefstukken

Niet bepaald.

Formules

Zwelling door vochtigheid

$$\frac{\Delta l_{gi}}{l} = \frac{l_{1i} - l_{0i}}{l_{0i}} \times 10^3$$

met:

$\frac{\Delta l_{gi}}{l}$ Zwelling door vochtigheid [mm/m]. De gemiddelde waarde Δl_g wordt uitgedrukt op 1×10^{-5} nauwkeurig.

l_{0i} Beginafstand tussen de meetblokjes (proefstuk i) [mm]

l_{1i} Afstand tussen de meetblokjes na onderdompeling in water (proefstuk i) [mm]

Krimp door droging

$$\frac{\Delta l_{ri}}{l} = \frac{l_{0i} - l_{2i}}{l_{0i}} \times 10^3$$

met:

$\frac{\Delta l_{ri}}{l}$ Zwelling door vochtigheid [mm/m]. De gemiddelde waarde Δl_r wordt uitgedrukt op 1×10^{-5} nauwkeurig.

l_{0i} Beginafstand tussen de meetblokjes (proefstuk i) [mm]

l_{2i} Afstand tussen de meetblokjes na droging in de droogstoof (proefstuk i) [mm]

Totale amplitude van de maatschommeling

$$\frac{\Delta l_c}{l} = \frac{\Delta l_g}{l} + \frac{\Delta l_r}{l} \text{ (uitgedrukt op } 1 \times 10^{-5} \text{ nauwkeurig)}$$

met:

$\frac{\Delta l_{rc}}{l}$ De totale amplitude van de maatschommeling [mm/m] uitgedrukt op 1×10^{-5} nauwkeurig.

Vochtgehalte

$$w_s = \frac{m_{0,s} - m_{dry,s}}{m_{dry,s}} \times 100\%$$

met:

w_s Het gemiddelde vochtgehalte [m%] uitgedrukt op 1 % nauwkeurig

$m_{0,s}$ Beginmassa van het proefstuk [g]

$m_{dry,s}$ Massa van het proefstuk na droging in de droogstoof [g]

Enkele bijzonderheden

- De methoden voor de monsterneming moeten in overeenstemming zijn met de NBN EN 771 in functie van de beschouwde soort metselwerk. Voor de metselstenen van granulaatbeton, gaat het om de NBN EN 771-3.
- Enkele verschillen met de vorige norm NBN B 24-208 zijn weergegeven in Tabel 56.

	NBN B 24-208	NBN EN 772-14
Meetbasis	> 100 mm op zijvlakken/uiteinden	op stelvlak lengte afhankelijk van afmetingen blok
Bewaring	niet bepaald	14 dagen in dichte zak 14 dagen in laboratorium $t \geq 15\text{ °C}$ $RV \leq 65\%$
Onderdompeling	$t = (20 \pm 2)\text{ °C}$ tot const. lengte ($\Delta l/l_{24u} < 4 \times 10^{-5}$) ε_1 bepalen	3 blokken 4 dagen $t = (20 \pm 2)\text{ °C}$ l_{1i} bepalen
Droging	$t = (25 \pm 1)\text{ °C}$ $RV = (45 \pm 2)\%$ tot const. lengte ($\Delta l/l_{24u} < 4 \times 10^{-5}$) afkoelen tot 20 °C ε_1 bepalen	3 blokken 21 dagen $t = (33 \pm 3)\text{ °C}$ 6 uur laten afkoelen aan 20 °C l_{2i} bepalen
Totale maatschommeling	$\varepsilon_r = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ uitgedrukt op 2×10^{-5} nauwkeurig	$\Delta l_c/l$ uitgedrukt op 1×10^{-5} nauwkeurig

Tabel 56. Verschillen tussen NBN B 24-208 en NBN EN 772-14.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen enkele waarde van r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- Bij het NBN is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar.

NBN EN 1052-1

Bepaling van de druksterkte (1998)

Principe

De karakteristieke druksterkte van metselwerk wordt bepaald aan de hand van de gemeten sterkte op proefstukken (muurtjes) die uniform op druk belast worden loodrecht op de horizontale voegen.

Aantal proefstukken

Minimum 3 proefstukken gebruiken (assemblage van metselwerkelementen vervaardigd met mortel) met afmetingen die overeenkomen met deze uit Tabel 57. Indien volgens de eisen in Tabel 57, de hoogte h_s 1000 mm overschrijdt, is het toegestaan de afmetingen te verkleinen onder de in de norm vermelde voorwaarden. Alle metselwerkelementen voor individuele proeven en voor de realisatie van een proefstuk in metselwerk moeten uit dezelfde partij komen.

Afmeting vooraanzicht van het element		Afmeting van het proefstuk in metselwerk			
l_u	H_u	l_s	h_s		t_s
≤ 300	≤ 150	$(2 \times l_u)$	$\geq 5 h_u$	$\geq 3 t_s$ en $\leq 15 t_s$ en $\geq l_s$	
	> 150		$\geq 3 h_u$		
> 300	≤ 150	$\geq (1,5 \times l_u)$	$\geq 5 h_u$		
	> 150		$\geq 3 h_u$		$\geq t_u$

Tabel 57. Monsterneming. Met l_u = lengte van het metselwerkelement, h_u = Hoogte van het metselwerkelement, l_s = Lengte van het proefstuk, t_u = Dikte van het metselwerkelement, h_s = Hoogte van het proefstuk, t_s = Dikte van het proefstuk. Afstanden in [mm].

Vorbereiding van de muurtjes in metselwerk

Het metselwerk moet opgericht worden op een vlak horizontaal oppervlak. De nodige voorzorgsmaatregelen dienen genomen te worden i.v.m. de droging van de proefstukken tijdens de eerste drie dagen die volgen op de vervaardiging. Er dient gezorgd te worden dat de zijden van het proefstuk waarop de druk wordt toegepast, vlak zijn, parallel met elkaar en loodrecht op de hoofdas van het proefstuk staan.

Beschrijving van de proef

De proefstukken van een welbepaalde leeftijd (Figuur 38), bijvoorbeeld 28 dagen, worden aan de proef onderwerpen. De druksterkte van de mortel wordt bepaald overeenkomstig NBN EN 1015-11. Het proefstuk wordt in het midden van het testtoestel plaatsen. Een gelijkmatige druk wordt toegepast op de onderste en bovenste delen van het proefstuk en geleidelijk wordt de kracht verhoogd opdat de breuk plaatsvindt tussen 15 en 30 min.

Wanneer de elasticiteitsmodulus moet worden bepaald, moet het muurtje uitgerust worden met een meettoestel voor hoogtevariatiës. De kracht moet in minstens 3 gelijke stappen toegepast worden tot de helft van de maximumbelasting bereikt is.

De belasting moet constant worden gehouden (2 ± 1) minuten bij elke stap om de hoogteverschillen te kunnen bepalen. Vervolgens wordt de belasting aan een constante snelheid verhoogd tot het proefstuk breekt.



Figuur 38. Proefstukken voor de bepaling van de druksterkte.

Berekening en uitdrukking van de resultaten

Optekening:

- van de afmetingen van de dwarse doorsnede van het proefstuk waarop de belasting wordt
- toegepast met een nauwkeurigheid van ± 1 mm
- van de maximumbelasting $F_{i,max}$ [kN], op 1 kN nauwkeurig
- van de belasting waarbij er zichtbare scheuren optreden
- van de duurtijd tussen het begin van het toepassen van de belasting en het ogenblik waarop de maximumbelasting is bereikt
- als de elasticiteitsmodulus bepaald moet worden, zullen de waarden gemeten worden op $\pm 25 \times 10^{-6}$ nauwkeurig en op 4 verschillende punten
- van de druksterkte van een metselwerkelement
- van de omstandigheden van het aanmaken, het luchtgehalte, uitspreidingswaarden en de druksterkte (op het ogenblik van de proeven op de proefstukken in metselwerk) van de mortel

- de conditioneringswijze van de elementen vóór de plaatsing, de leeftijd van de elementen
- in niet-geautoclaveerd beton en het vochtgehalte in massa van de elementen in kalkzandsteen en in geautoclaveerd beton moeten in het verslag worden genoteerd

Berekeningen:

- Berekende druksterkte (f_i) voor elk proefstuk [N/mm^2] op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig via de maximumbelasting ($F_{i,\max}$) en het oppervlak van het proefstuk (A_i):

$$f_i = \frac{F_{i,\max}}{A_i}$$

- Elasticiteitsmodulus [GPa] wordt berekend aan de hand van de gemiddelde vervorming ($\varepsilon_i x$) van alle vier de meetposities (overeenstemmend met 1/3 van de toegepaste maximumbelasting, $F_{i,\max}$)

$$E_i = \frac{F_{i,\max}}{3x\varepsilon_i x A_i}$$

- Indien nodig de gemiddelde elasticiteitsmodulus E berekenen op 100 N/mm^2 nauwkeurig.
- De gemiddelde druksterkte (f) wordt berekend van de proefstukken in metselwerk op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig. Wanneer de proefwaarden verschillen van de gespecificeerde waarden, zullen de proefresultaten gecorrigeerd worden.
- De karakteristieke sterkte f_k wordt berekend aan de hand van de gemiddelde druksterkte op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig met de hoogste van de volgende waarden:
 - Bij 3 proefstukken: de kleinste van de twee waarden $f_k = \frac{f}{1,2}$ of $f_k = f_{i,\min}$
 - Bij 5 proefstukken of meer: de grootste waarde van 'de kleinste van de twee waarden $f_k = \frac{f}{1,2}$ of $f_k = f_{i,\min}$ ' en 'de waarde die overeenstemt met een fractiel van 5 % gebaseerd op een vertrouwensniveau van 95 % in N/mm^2 .

NBN EN 1052-2

Bepaling van de buigsterkte (2016 + AC (2017))

Principe

De karakteristieke parallelle (f_{xk1}) en loodrechte (f_{xk2}) buigsterkte van metselwerk wordt afgeleid van de breuksterkte van kleine proefstukken beproefd onder een belasting op vier punten (bv. Figuur 39 en Figuur 40). De bereikte maximumbelasting wordt genoteerd. De karakteristieke waarde berekend aan de hand van de maximum spanningen die het proefstuk verdraagt, wordt beschouwd als de buigsterkte van het metselwerk.

Aantal proefstukken

Minstens 5 proefstukken gebruiken met afmetingen die overeenkomen met deze uit 58, voor elk van de 2 belaste hoofdassen. De dikte van het muurtje wordt benoemd als t_u . De ruimte tussen de inwendige en uitwendige steunen mag niet kleiner zijn dan t_u (Tabel 58).

Richting	h_u	b	Extra voorwaarde
Buigsterkte in een breukvlak evenwijdig aan de horizontale voegen	Alle afmetingen	≥ 400 en $\geq 1.5 l_u$	minimum 2 horizontale voegen op een steenlaag l_2
Buigsterkte in een breukvlak loodrecht op de horizontale voegen	≤ 250	≥ 240 en $\geq 3 h_u$	minimum 1 stootvoeg op elke rij van een steenlaag l_2
	> 250	≥ 1000	minimum 1 horizontale en 1 stootvoeg op elke rij van een steenlaag l_2

Tabel 58. Afmetingen van de proefstukken. Met b = hoogte of breedte van het proefstuk in metselwerk loodrecht op het draagvlak, l_u = Lengte van het metselwerkelement, h_u = hoogte van het metselwerkelement, t_u = dikte van het metselwerkelement, l_s = lengte van het proefstuk in de richting van het draagvlak en l_2 = spreiding van de interne steunen. Afmetingen in [mm].



Figuur 39. Bepaling van de parallelle buigsterkte (f_{xk1}).

Vorbereiding van het muurtje in metselwerk

Assemblage van metselwerkelementen geplaatst volgens een bepaald steenverband en vervaardigd met mortel. De gebruikte mortel wordt minder dan een uur op voorhand vermengd. Onmiddellijk na de vervaardiging elk proefstuk voordrukken door de belasting gelijkmatig te verdelen om een verticale spanning te verkrijgen tussen $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ en $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$, de proefstukken bewaren en de belasting aanhouden tot de proef. De proefstukken beschermen tegen uitdroging als de mortel niet op basis van kalk is gemaakt.

Beschrijving van de proef

De proefstukken van (28 ± 1) dagen aan de proef onderwerpen. De proefstukken in verticale positie beproeven onder een belasting op 4 punten; de afstand tussen de uitwendige steunen en de rand van het proefstuk moet $\geq 50 \text{ mm}$ zijn.

De afstand tussen de inwendige steunen moet tussen 0,4 en 0,6 keer de tussenafstand van de uitwendige steunen liggen. In de mate van het mogelijke de inwendige steunen op gelijke afstand van 2 opeenvolgende mortelvoegen plaatsen, parallel aan deze steunen.

Er moet bovendien voor gezorgd worden dat de basis van het proefstuk niet onderworpen wordt aan wrijving, bijvoorbeeld door het op 2 ingevette folies van polytetrafluoretheen te plaatsen.

Bij het uitoefenen van de belasting wordt de buigspanning opgevoerd aan een snelheid tussen $0,03$ en $0,3 \text{ N/mm}^2/\text{min}$. Sinds 2016 kan, als variant, kan het proefstuk in horizontale positie getest worden.



Figuur 40. Bepaling van de loodrechte buigsterkte(f_{xk2}).

Berekening en uitdrukking van de resultaten

Meting

Resultaten worden verworpen wanneer de breuk zich niet voordoet tussen de inwendige steunen. De proeven worden opnieuw uitvoeren tot er 5 breuken tussen de inwendige steunen worden verkregen.

De buigsterkte van elk proefstuk (f_{xi}) wordt berekend op 0,01 N/mm² nauwkeurig, met behulp van de volgende formule via de maximale belasting ($F_{i,max}$) en de afmetingen van het muurtje (Tabel 58):

$$f_{xi} = \frac{3F_{i,max} (l_1 - l_2)}{2bt_u^2}$$

De gemiddelde buigsterkte (f_m) wordt berekenen op 0,01 N/mm² nauwkeurig.

Evaluatie van resultaten

De karakteristieke buigsterkte ($f_{x,k}$) wordt berekend op 0,01 N/mm² nauwkeurig via de gemiddelde buigsterkte (f_m) aan de hand van formule a) of b):

- a) $f_{xk} = f_m / 1,5$ voor 5 proefstukken
- b) $f_{x1}, f_{x2}, f_{x3}, \dots, f_{xn}$ voor meer dan 5 proefstukken

De waarden $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ worden berekend aan de hand van $y_n = \log_{10} f_{xn}$ en

$$y_m \text{ aan de hand van } y_m = \sum y_n / n$$

$$Y_c = y_m - k \cdot s$$

met:

s standaardafwijking van de logaritmische waarden

k is een functie van n gegeven in Tabel 59

n het aantal proefstukken

n	k
6	2,18
7	2,08
8	2,01
9	1,96
10	1,92

Tabel 59. Parameter k in functie van n .

De karakteristieke buigsterkte moet gelijk genomen worden aan $f_{xk} = \text{antilog}_{10}(y_c)$ [N/mm²] op 0,01 N/mm² nauwkeurig.

NBN EN 1052-3

Aanvangsschuifsterkte (2002 + Add.1(2007))

Principe

De initiële afschuifsterkte van het metselwerk wordt afgeleid uit de sterkte van de metselwerkmuurtes die tot op breuk werden belast met of zonder voorspanning loodrecht op de legvoegen van de muurtjes.

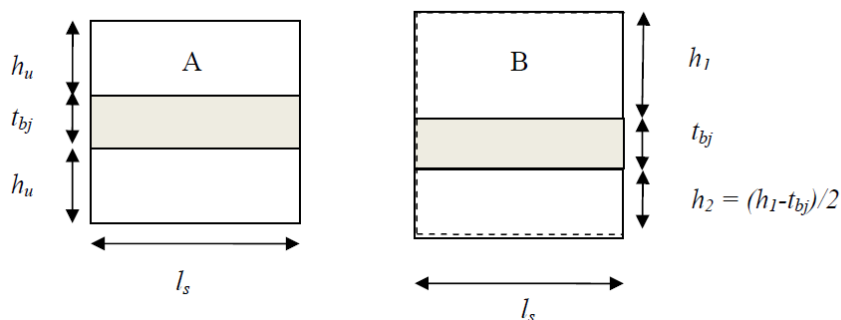
De proefstukken worden onderworpen aan een afschuifproef onder belasting op 4 punten. 4 verschillende breukwijzen worden verondersteld een geldig resultaat op te leveren.

Aantal proefstukken

Minstens 3 proefstukken gebruiken met afmetingen die overeenkomen met de afmetingen uit Tabel 60 en Figuur 41, voor elke voorspanningswaarde (methode A) en 6 proefstukken in het geval zonder voorspanning (methode B). Indien $h_u > 200$ mm zijn de afmetingen die van type B. Alle metselwerkelementen voor individuele proeven en voor de realisatie van een proefstuk in metselwerk moeten uit dezelfde partij komen.

Grootte van het element	Type en afmetingen van de proefstukken	
l_u (mm)	Type	Afmetingen (mm)
≤ 300	A ($h_u \leq 200$ mm)	$l_s = l_u$
> 300	A ($h_u \leq 200$ mm)	$l_s = 300$
≤ 300	B ($h_u > 200$ mm)	$h_1 = 200$ $l_s = l_u$
> 300	B ($h_u > 200$ mm)	$h_1 = 200$ $l_s = 300$

Tabel 60. Type en afmetingen van de proefstukken.



Figuur 41. Terminologie van de afmetingen. Met l_u = lengte van het metselwerkelement, h_u = hoogte van het metselwerkelement, l_s = lengte van het proefstuk, h_1 en h_2 = zaaghoogtes van de elementen, t_{bj} = dikte van de legvoegen. Stippellijnen = mogelijke verzagingen. Afmetingen in [mm].

Vorbereiding van het muurtje in metselwerk

- Gebruik mortel die minder dan een uur op voorhand is vermengd.
- De legzijden van de metselwerkelementen moeten gereinigd en stofvrij zijn en het onderste element moet op een schoon effen oppervlak rusten.
- De mortelvoeg moet 8 à 15 mm breed zijn voor metselwerk met gewone voegen of 1 à 3 mm voor metselwerk met mortel voor dunne voegen.
- De uitlijning en het waterpasniveau van het metselwerkelement moeten worden gecontroleerd met behulp van een luchtbelwaterpas.
- Onmiddellijk na de vervaardiging moet elk proefstuk gelijkmatig belast worden met een verticale drukspanning tussen $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ en $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$, de belasting aanhouden tot de uitvoering van de proef.
- De proefstukken moeten worden beschermd tegen uitdroging als de mortel niet op basis van kalk is gemaakt.

Beschrijving van de proef

De proefstukken van (28 ± 1) dagen worden aan de proef onderworpen (Figuur 42). De uiteinden van de proefstukken worden in de proefmachine gelegd met behulp van stalen platen van minimaal 12 mm dikte en zo nodig met behulp van een passende oppervlaktebewerking om een degelijk contact mogelijk te maken. De diameter van de belastingsrollen moet ongeveer 12 mm bedragen en hun minimale lengte t_u .

De as van de rollen moet op $l_s/15$ van de as van de voeg liggen. De belasting wordt aangebracht door middel van een scharnier in het midden van de bovenste stalen plaat.

Minstens 3 proefstukken worden aan de proef onderworpen voor elk van de 3 voorspanbelastingen en 6 proefstukken wanneer er geen voorspanning is.



Figuur 42. Bepaling van de aanvangschuifsterkte.

De voorspanbelastingen van 0,2 N/mm², van 0,6 N/mm² worden gebruikt. Indien de druksterkte > 10 N/mm², voorspanbelastingen van 1,0 N/mm² worden toegepast. Voor elementen met een sterkte <10 N/mm², spanningen van 0,1 N/mm², 0,3 N/mm² en 0,5 N/mm² kunnen worden gebruikt.

De voorspanbelasting moet worden aangehouden binnen de limieten van ± 2 % van de initiële waarde.

De stijfheid van de gebruikte balken voor het aanbrengen van de voorspanbelasting moet voldoende zijn om een gelijkvormige verdeling van de belasting mogelijk te maken.

De schuifspanning aanbrengen met een snelheid tussen 0,1 en 0,4 N/mm² per minuut.

Berekening en uitdrukking van de resultaten

Meting:

- Opmeting van het oppervlak A_i van de dwarsdoorsnede van de proefstukken, evenwijdig met de schuifkracht, met een precisie van 1 %.
- Beproeving van de maximale belasting $F_{i,max}$
- Bepaling van de eventuele voorspanbelasting F_{pi}
- Rapporteren van de breukwijze

Berekeningen:

De gemiddelde afschuifsterkte van elk proefstuk worden berekend tot op 0,01 N/mm² nauwkeurig via

$$f_{voi} = \frac{F_{i,max}}{2A_i}$$

(afschuifsterkte van een individueel proefstuk)

Eventueel de voordrukspanning van elk proefstuk worden berekend tot op 0,01 N/mm² nauwkeurig via

$$f_{pi} = \frac{F_{pi}}{A_i}$$

Reproductie

Indien de breukwijze niet voldoet, voorziet de norm aangepaste alternatieven.

Evaluatie van de resultaten volgens procedure A

Een grafiek wordt gemaakt van de individuele afschuifsterkte f_{voi} in functie van de eventuele voordrukspanning f_{pi} . De rechte worden bepaald op basis van de lineaire regressie van de punten. De initiële gemiddelde afschuifsterkte f_{vo} wordt genoteerd voor een voorspanning nul tot op 0,01 N/mm² nauwkeurig. Dit resultaat wordt verkregen waar de rechte de y-as snijdt. Tevens de interne wrijvingshoek wordt genoteerd tot op 1° nauwkeurig en wordt

afgeleid van de helling van de rechte. De karakteristieke sterkte van de initiële afschuifsterkte bedraagt f_{vok} waarbij f_{vok} gelijk is aan $0,8 f_{vo}$ en de karakteristieke interne wrijvingshoek wordt gegeven door $\tan \alpha_k = 0,8 \tan \alpha$.

Evaluatie van de resultaten volgens procedure B

De gemiddelde initiële afschuifsterkte wordt berekend tot op $0,01 \text{ N/mm}^2$ nauwkeurig volgens:

- $F_{vok} = 0,8 \times f_{vo}$ of indien de kleinste individuele waarde kleiner is dan $0,8 \times f_{vo}$, dan wordt deze laatste genomen.

ofwel

- Elke individuele afschuifsterkte $f_{vo1}, f_{vo2}, \dots, f_{von}$ berekenen en er $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ uit afleiden volgens de formule $Y_i = \log_{10} f_{vo1}$
- De gemiddelde Y_{moy} berekenen via

$$Y_{moy} = \frac{\sum Y_{1-n}}{n}$$

- Vervolgens wordt berekend

$$Y_c = Y_{moy} - k s$$

$$F_{vok} = \text{inv log}_{10} (Y_c) \text{ in } [\text{N/mm}^2]$$

met:

s Standaardafwijking van de logaritmische waarden

k Is een functie van n gegeven in Tabel 61

n Aantal proefstukken

n	k
6	2,18
7	2,08
8	2,01
9	1,96
10	1,92

Tabel 61. Parameter k in functie van n .

NBN EN 1052-5

Bepaling van de hechtsterkte met de hefboomproef (2005)

Principe

De breuksterkte van een metselwerkvoeg wordt afgeleid uit de sterkte van kleine metselwerk proefstukken die worden belast tot breuk.

Het proefstuk wordt stevig vastgezet en er wordt een klem op het bovenste element geplaatst. Op de klem wordt een buigmoment uitgeoefend met behulp van een hefboom totdat het bovenste element van de rest wordt afgerukt. De karakteristieke waarde berekend aan de hand van de maximumbelastingen die de proefstukken verdragen, wordt beschouwd als de breuksterkte van de voeg van het metselwerk.

Proefstukken

Proefstukken worden zo gemaakt om minstens 10 legvoegen te verkrijgen voor de proef. De proefstukken zullen zodanig worden gemaakt dat ze gemakkelijk hanteerbaar zijn en vlot in de proefapparatuur kunnen worden geplaatst. Het is mogelijk dat sommige metselelementen moeten worden doorgezaagd.

Vorbereiding van de proefstukken in metselwerk

De legvlakken van de metselelementen moeten gereinigd en stofvrij zijn. Leg het onderste element op een schoon effen oppervlak (Figuur 43). Leg de volgende elementen zo dat de dikte van de voegmortel overeenkomt met de specificatiewaarde.

De gebruikte mortel wordt minder dan een uur op voorhand vermengd. Onmiddellijk na de vervaardiging wordt elk proefstuk gelijkmatig belast met een verticale drukspanning tussen $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ en $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ en de belasting aanhouden tot de uitvoering van de proef. De proefstukken worden beschermd tegen uitdroging als de mortel niet op basis van kalk is gemaakt. De uitlijning en het waterpasniveau van het metselwerkelement moeten worden gecontroleerd met behulp van een winkelhaak en een luchtbelwaterpas.



Figuur 43. Bepaling van de hechtsterkte met de hefboomproef.

Beschrijving van de proef

De proefstukken op basis van hydraulisch cement van (28 ± 1) dagen oud worden aan de proef onderworpen. Mortels op basis van kalk kunnen mogelijk een verschillende behandeling en een verschillende bewaringsperiode vereisen.

Het prismatische proefstuk wordt door aanspanning stevig in het steunkader vastgezet zodat, voor zover mogelijk, het draaien van het 2de element van boven af wordt belet en waarbij een ruimte van 10 à 15 mm wordt gelaten tussen de te beproeven voeg en de klem. De klem kan bekleed zijn met een dunne laag rekbaar materiaal, zoals fineer, met het oog op een gelijkvormige bevestiging.

Indien de mortelvoeg zodanig is aangebracht dat de totale voegbreedte kleiner is dan de elementbreedte, dient de proef te worden opgesteld met deze zijde onderworpen aan de trekkracht.

Ondersteun de klem om het buigmoment bij het aanbrengen van de belasting in evenwicht te houden.

Het bovenste element wordt door aanspannen opnieuw vastgezet met behulp van dunne lagen rekbaar materiaal, zoals fineer. Zorg voor een gelijkvormige bevestiging en afstelling van de klem om het horizontaal in de hefboomarm te plaatsen.

De belasting wordt geleidelijk aangebracht zodanig dat de breuk na een tussentijd van 2 à 5 minuten optreedt.

Het gewicht van het metselwerk (i.e. bovenste element evenals van alle eventuele eraan vastklevende mortel, W) wordt tot op ± 1 % nauwkeurig gemeten. De aangebrachte belasting (F_1) wordt tot op ± 1 % nauwkeurig bepaald en de afmetingen van het proefstuk tot op ± 1 mm nauwkeurig gemeten.

Berekening en uitdrukking van de resultaten

Herhaling van de proeven

Indien de breuk optreedt door afschuiving of scheurvorming in de elementen, zijn 2 oplossingen mogelijk

- Ofwel kunnen bijkomende proefstukken aan een proef worden onderworpen totdat tienmaal een breuk van de voeg wordt verkregen
- Ofwel kan het resultaat worden gebruikt als ondergrens van de breuksterkte van deze specifieke voeg. Dit moet echter in het proefverslag worden gerapporteerd als zijnde niet de hechtsterkte van de voeg.

Berekeningen

Voor elke geldige breuk wordt de breuksterkte berekend tot op $0,01 \text{ N/mm}^2$ nauwkeurig, aan de hand van de volgende formules.

$$f_{wi} = \frac{F_1 e_1 + F_2 e_2 - \frac{2}{3} d (F_1 + F_2 + W / 4)}{Z}$$

$$Z = \frac{bd^2}{6}$$

Met:

- b Gemiddelde dikte van de beproefde voeg [mm]
- d Gemiddelde hoogte van het proefstuk [mm]
- e_1 Afstand tussen punt waar belasting wordt aangebracht en zijde van het proefstuk op trek belast [mm]
- e_2 Afstand tussen het zwaartepunt van de hefboom en de bovenste klem aan de zijde op trek belast [mm]
- F_1 Aangebrachte belasting [N]
- F_2 Gewicht van de hefboom [N]
- W Gewicht van het metselwerk dat onthecht is van het proefstuk, inclusief aangehechte motel [N]

Opmerking

$F_2 e_2$ wordt niet in aanmerking genomen indien een tegengewicht wordt gebruikt.

Evaluatie van de resultaten

De gemiddelde breuksterkte f_w wordt berekend tot op 0,01 N/mm² nauwkeurig.

Voor elke individuele breuksterkte $f_{w1}, f_{w2}, f_{w3}, \dots, f_{wn}$ worden de waarden $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ berekenen via

$$y = \log_{10} f_{wn}$$

$$y_{moy} = \frac{\sum y_{1-n}}{n}$$

met:

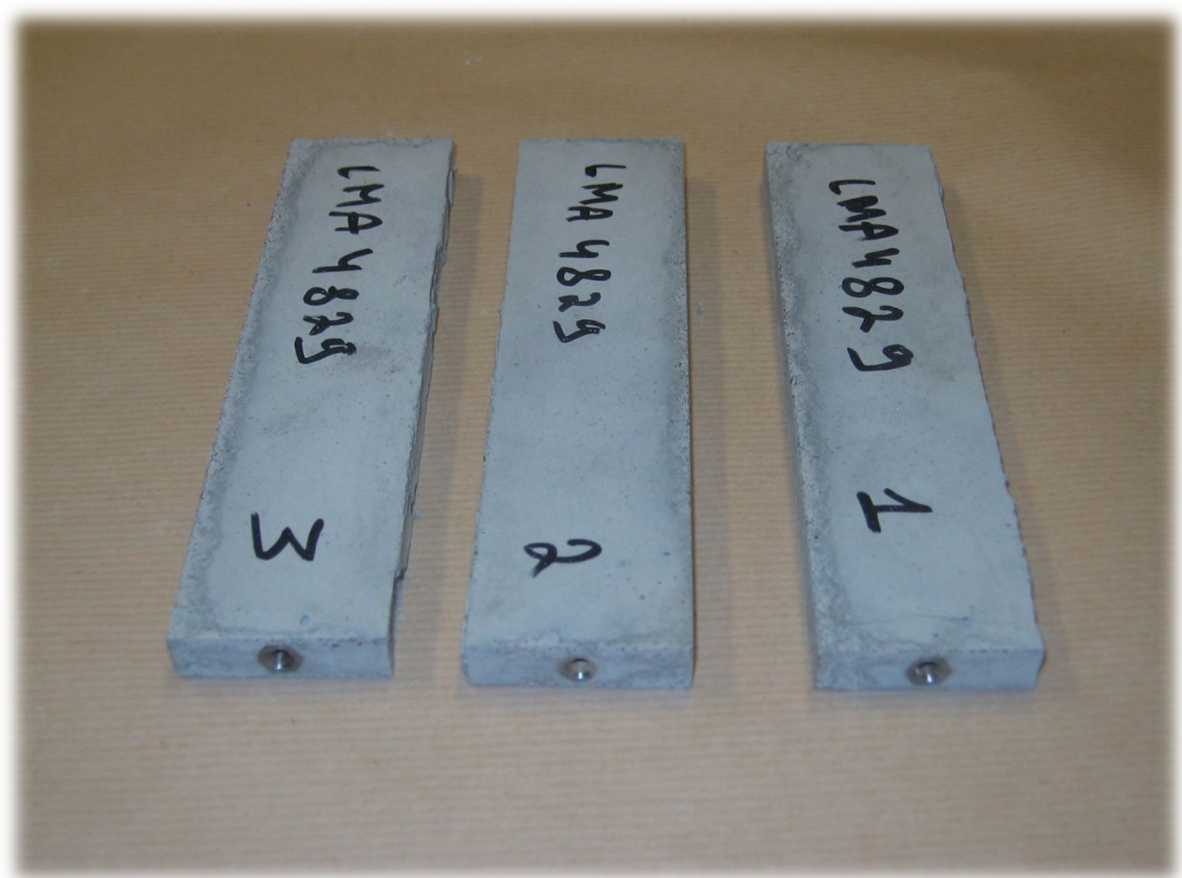
- s Standaardafwijking van de logaritmische waarden
- k Is een functie van n gegeven in Tabel 62
- n Aantal proefstukken

De karakteristieke buigsterkte, tot op 0,01 N/mm² nauwkeurig, moet gelijk genomen worden aan:

$$F_{wk} = \text{inv log}_{10}(y_c) \text{ N/mm}^2$$

<i>n</i>	<i>k</i>
10	1,92
11	1,89
12	1,89
13	1,85
14	1,83
15	1,82
20	1,77
40	1,70

Tabel 62. Parameter k in functie van n.



Beproevingsmethoden voor voegmortel

NBN EN 12808-1

Bepaling van de weerstand tegen chemicaliën van reactieharsmortel (2008)

Principe

Deze Europese norm detailleert de proefmethode voor het evalueren van de scheikundige weerstand van voegmortels en -lijmen voor tegelwerk in vooraf bepaalde gebruiksvoorwaarden.

Ze is toepasbaar op reactieharsgebonden lijmen en mortels voor de plaatsing binnen en buiten, op vloeren of wanden.

Cilindervormige proefstukken worden gedurende 28 dagen (of meer indien nodig) onderworpen aan verschillende agressieve oplossingen en temperaturen, met evaluatie van hun scheikundige weerstand op basis van de verandering van diameter, drukweerstand en massa.

Proefstukken

Een minimum van 3 proefstukken is nodig voor elke meting, temperatuur, scheikundig product en proefinterval.

De aan te maken cilindervormige proefstukken zijn (25 ± 1) mm hoog en hebben een diameter van (25 ± 1) mm. Boven- en ondervlak moeten loodrecht staan op de langsas van de cilinder, dienen bovendien glad te zijn en zonder resten van ontkistingsproducten.

De proefstukken worden gedurende 7 dagen (inclusief de dag van aanmaak) bewaard in standaardomstandigheden van (23 ± 2) °C en (50 ± 5) % relatieve vochtigheid. Na 7 dagen wordt de proef uitgevoerd.

Proefmethode

- Na de bewaartermijn wordt de diameter van alle proefstukken gemeten tot op 0,03 mm nauwkeurig. Twee loodrecht op elkaar staande diameters worden gemeten voor elk proefstuk en het rekenkundig gemiddelde daarvan wordt genoteerd. Na meting worden de proefstukken gewogen op 0,001 en de waarden worden genoteerd. Voor onderdompeling wordt kort de kleur en het uitzicht van elk proefstuk beschreven, alsook de helderheid van het scheikundig product.
- De gewogen proefstukken worden in een recipiënt op hun gebogen zijde gelegd, waarbij onderling contact tussen de cilinders wordt vermeden (Figuur 44).
- Per proefstuk wordt (100 ± 5) ml scheikundig product toegevoegd, waarna het recipiënt hermetisch wordt afgesloten bij de vereiste constante temperatuur. Het scheikundige product wordt zo dikwijls als nodig vervangen om de oorspronkelijke concentratie en scheikundige samenstelling te behouden.

- Na 28 dagen onderdompeling wordt het proefstuk weggenomen en de eventuele scheikundige verwerkingen worden visueel geëvalueerd. De proefstukken worden gereinigd door 3 snelle spoelingen met proper en koud lopend water, afgewisseld met deppen met een absorberend papier. Na de laatste droogdepping wordt het proefstuk ter droging gedurende 30 minuten op zijn gebogen zijde gelegd. Vervolgens worden de proefstukken gewogen tot op 0,001g nauwkeurig en de diameter wordt gemeten. Iedere beschadiging van het oppervlak, verkleuring en/of afzetting op het proefstuk wordt genoteerd.
- Voor elke reeks proefstukken wordt de drukweerstand bepaald:
 - Onmiddellijk na conditionering
 - Na de periode van onderdompeling voor elk scheikundig product en voor elke temperatuur
 - Na bewaring in lucht gedurende de totale duurtijd van de proef voor elke temperatuur.
- Elk proefstuk wordt in de drukpers geplaatst waarbij contact tussen de vlakke zijden wordt verzekerd. Loodrecht op deze vlakke zijden wordt een kracht uitgeoefend met een constante verplaatsing van $(5,5 \pm 0,5)$ mm/min. De maximale kracht bij het verbrijzelen van het proefstuk wordt genoteerd.



Figuur 44. Proefopzet Bepaling van de weerstand tegen chemicaliën van reactieharsmortel.

Evaluatie van de resultaten

Verandering in massa

Het percentage massaverlies van het proefstuk tijdens de onderdompeling en voor elke proeftermijn wordt berekend tot op 0,01 % nauwkeurig:

$$\Delta W = \left[\frac{W - C}{C} \right] \cdot 100$$

met:

ΔW Verandering in massa [m%]

W Massa van het proefstuk na onderdompeling [g]

C Massa van het proefstuk na oorspronkelijke bewaring [g]

Minstens 3 waarden worden gebruikt om het gemiddelde te berekenen. Een positief resultaat duidt op een massatoename, een negatief resultaat betekent een massaverlies.

Verandering in diameter

De procentuele verandering van de diameter van het proefstuk tijdens de onderdompeling voor elke proeftermijn wordt berekend tot op 0,01 % nauwkeurig, en dit door het meten van de diameter na 7 dagen bewaring als 100 %.

De verandering in diameter wordt gegeven door:

$$\Delta D = \left[\frac{D_2 - D_1}{D_1} \right] \cdot 100$$

met:

ΔD Verandering in diameter [%]

D_2 Diameter van het proefstuk na de onderdompeling [mm]

D_1 Diameter van het proefstuk na oorspronkelijke bewaring [mm]

Minstens 3 waarden worden gebruikt om het gemiddelde te berekenen. Een positief resultaat duidt op een toename van de diameter, een negatief resultaat betekent een afname van de diameter.

Verandering in drukweerstand

Het percentage verandering in drukweerstand van het proefstuk tijdens de onderdompeling voor elke proeftermijn wordt berekend tot op 0,01 % nauwkeurig, met als referentie drukweerstand de verkregen sterkte na een bewaring gedurende 7 dagen in standaardomstandigheden zijnde 100 %.

De doorsnede van het proefstuk wordt berekend vertrekkende van de gemeten diameter in punt 8.1 van de norm.

De verandering in drukweerstand wordt gegeven door:

$$\Delta S = \left[\frac{S_2 - S_1}{S_1} \right] \cdot 100$$

met:

S_1 Maximale last gedeeld door de doorsnede van het proefstuk na de bewaringsperiode [MPa]

S₂ Maximale last gedeeld door de doorsnede van het proefstuk na de proeftermijn
[MPa]

Een positief resultaat duidt op een toename van de drukweerstand, een negatief resultaat betekent een afname van de drukweerstand

NBN EN 12808-2

Bepaling van de slijtweerstand (2008)

Principe

Meetmethode voor de bepaling van de slijtbestandheid van voegmortels voor binnen- en/of buitengebruik.

Twee vierkante plaatjes van 100x100x10 mm³ worden vervaardigd met de te testen voegmortel, ontkist en gedurende 27 dagen bewaard in standaardomstandigheden om daarna aan een Capon slijtproef te worden onderworpen (Figuur 45). Hierbij wordt het proefstuk beproefd door 50 omwentelingen van de slijtschijf onder het vallen van een abrasief poeder en dit voor twee loodrecht op elkaar staande richtingen.

Het meten van de indrukken laten toe het weggesleten volume aan materiaal te berekenen. Het uiteindelijke resultaat is het gemiddelde van 4 indrukken.



Figuur 45. Proefstukken.

Werkwijze

Aanmaak van de mortel

De verhoudingen en de rusttijden zijn conform aan de technische informatie van de fabrikant.

Het mengen wordt omschreven als volgt in het geval van een mortel op basis van cement:

- 2 kg poeder wordt toegevoegd aan het water in een menger en gedurende 30s wordt gemengd aan lage snelheid ((140±5) tr/min voor de omwenteling, (62±5) tr/min voor de planetaire beweging)
- Het schroefblad wordt weggenomen, de randen geschraapt in de daaropvolgende minuut
- Het schroefblad wordt teruggezet en er wordt gemengd gedurende 1 minuut
- Indien een rusttijd wordt voorgeschreven, dient deze gerespecteerd. Voor gebruik wordt opnieuw gemengd gedurende 15s.

In het geval van mortels op basis van reactieve harsen, de instructies van de fabrikant volgen.

Aanmaak van de proefstukken

2 mallen worden geplaatst op een polyethyleenfolie. De mortel wordt in de mallen gegoten en daarna afgestreken. De mortel in de mallen wordt vervolgens gedurende 2u afgedekt met een glazen plaat.

Bewaring van de proefstukken

De proefstukken worden ontmald en vervolgens gedurende 27 dagen bewaard in volgende omstandigheden: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid.

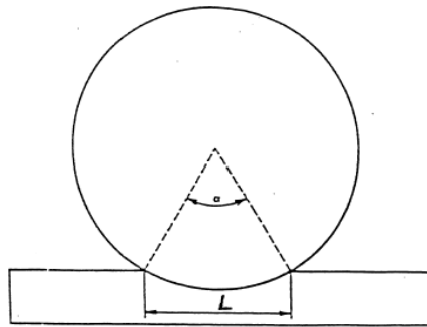
Slijtproef

Het debiet aan abrasief poeder (korund) wordt aan de proef geregeld op $200 \pm 10\text{g}$ per 100 omwentelingen met een uniforme verdeling op de schijf. Daarna wordt de gladde kant van het proefstuk rakend aan de draaiende schijf geplaatst.

Een proef bestaat uit twee keer 50 omwentelingen waarbij een indruk wordt verkregen in twee loodrecht op elkaar staande richtingen. De koordlengte L van de indruk wordt gemeten tot op 0,5 mm nauwkeurig. Het tweede proefstuk wordt op dezelfde manier getest (Figuur 46, Figuur 47).



Figuur 46. Slijtproef.



Figuur 47. Schema slijtproef.

Berekening

De slijtbestandheid wordt weergegeven in volume V aan weggenomen materiaal, uitgedrukt in mm^3 . Dit volume wordt berekend uitgaande van de koordlengte van de indruk, met behulp van volgende formule:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{180} - \sin \alpha \right) \left(\frac{h \cdot d^2}{8} \right)$$

met

$$\sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{L}{d}$$

d Diameter van de slijtschijf [mm]

h Dikte van de slijtschijf [mm]

α Hoek bepaald door de uiteinden van de koorde en het middelpunt van de slijtschijf

L Lengte van de koorde [mm]

De Caponproef wordt gebruikt voor het bepalen van de slijtbestandheid van verschillende materialen. Een vergelijking van de verschillende normen toont volgende verschillen in proefparameters (Tabel 63).

Norm		Materiaal	Schijf [mm]	Ijking			Ijking en proef		Proef
				Omwentelingen [r]	Criterium [mm]	Materiaal	Debiet korund	Snelheid	Omwentelingen [r]
14157		Natuursteen	70	75r	20+/-0,5	Marmer	> 2,5 l/min	75r in 60+/-3s	75r
14617-4	prEN (EN)	Agglomeraattegels	10	75r	20+/-0,5	Marmer	100gr/100r	75r in 60+/-3s	75r
	EN (EN)		10	300r	32+/-0,5	Oostenrijks graniet	100gr/100r	300r in 60+/-3s	150r
	EN (FR)		10	300r	32+/-0,5	Oostenrijks graniet	100gr/100r	300r in 60+/-3s	150r
10545-6		Keramische tegels	10	150r	24+/-0,5	Glas	(100+/-10)gr/100r	75r in 60s	150r
12808-2		Voegmortel	10	150r	(24+/-0,5)	(Glas)	(100+/-10)gr/100r	(75r in 60s)	50r

Tabel 63. Vergelijking van verschillende normen.

NBN EN 12808-3

Bepaling van de buig- en druksterkte (2008)

Principe

Meetmethode voor de bepaling van de buig- en druksterkte van voegmortels voor binnen- en/of buitengebruik. Voor cementgebonden voegmortels worden buig- en drukweerstand eveneens bepaald voor en na vorst-dooicycli.

Drie mortelprisma's met afmetingen 40x40x160 mm worden aangemaakt, ontmald na 24u en gedurende 27 dagen bewaard in standaardomstandigheden, waarna ze achtereenvolgens een buig- en een drukproef ondergaan (Figuur 48).



Figuur 48. Proefstukken voor buig- en druksterkte bepaling.

Werkwijze

Aanmaak van de mortel

De verhoudingen en de rusttijden zijn conform aan de technische informatie van de fabrikant.

Het mengen wordt omschreven als volgt in het geval van een mortel op basis van cement:

- 2 kg poeder wordt toegevoegd aan het water in een menger en gedurende 30s wordt gemengd aan lage snelheid ((140 ± 5) tr/min voor de omwenteling, (62 ± 5) tr/min voor de planetaire beweging)
- Het schroefblad wordt weggenomen, de randen geschraapt in de daaropvolgende minuut
- Het schroefblad wordt teruggezet en er wordt gemengd gedurende 1 minuut
- Indien een rusttijd wordt voorgeschreven, dient deze gerespecteerd. Voor gebruik wordt opnieuw gemengd gedurende 15s.

In het geval van mortels op basis van reactieve harsen, de instructies van de fabrikant volgen.

Aanmaak van de proefstukken

Een mal wordt aangebracht op de schoktafel, waarna ze tot de helft gevuld wordt met mortel. Het geheel wordt onderworpen aan 60 schokken. Een tweede laag mortel wordt aangebracht en het geheel wordt opnieuw aan 60 schokken onderworpen.

De mortel wordt afgestreken, afgedekt met een glazen plaat en vervolgens gedurende 24u bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid.

Bewaring van de proefstukken

Na 24u worden de proefstukken ontmaald en vervolgens gedurende 27 dagen bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid.

Buigproef

Het proefstuk wordt in de pers geplaatst met een zijvlak op de steunpunten en de langsas loodrecht op de steunpunten.

Een verticale kracht wordt opgelegd volgens de procedure beschreven in paragraaf 9.1 van de norm EN 196-1 (1994) "Beproevingmethoden voor cement - Deel 1: Bepaling van de sterkte".

Drukproef

De halve prisma's, verkregen na de buigproef, worden vervolgens getest op hun druksterkte volgens de methode beschreven in paragraaf 9.3 van de norm EN 196-1 (1994).

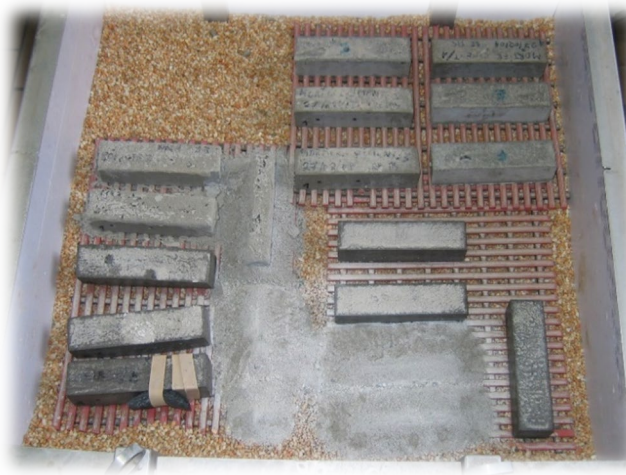
Voor cementgebonden mortels worden buig- en druksterkte eveneens bepaald voor en na vorst-dooicycli.

Na het ontmaalden van de proefstukken, worden ze gedurende 6 dagen in standaardomstandigheden bewaard, waarna ze vervolgens gedurende 21 dagen ondergedompeld in water blijven, alvorens te worden onderworpen aan 25 vorst-dooicycli (Figuur 49).

Elke cyclus gaat al volgt:

- Het water waarin de proefstukken zich bevinden, wordt weggepompt en de temperatuur wordt afgekoeld tot $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ in (120 ± 20) min;
- Temperatuurplateau op $(-15 \pm 3) ^\circ\text{C}$ gedurende (120 ± 20) min;
- Onderdompeling van de proefstukken in water van $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ en daarna gedurende (120 ± 20) min de temperatuur constant houden op $(15 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Na de laatste cyclus worden de proefstukken gedurende 3 dagen bewaard in standaardomstandigheden. Vervolgens wordt eventuele schade vastgesteld en de buig- en druksterkte worden bepaald.



Figuur 49. Werkwijze.

Uitdrukking van de resultaten

Buigweerstand

De buigweerstand (R_f) [N/mm^2] wordt berekend met volgende formule:

$$R_f = \frac{3 \cdot F_f \cdot L}{b^3}$$

met:

- b Zijde van de vierkante doorsnede van het parallellepipedum, in mm;
- F_f Kracht bij breuk, aangebracht in het midden van het parallellepipedum, in N;
- L Afstand tussen de steunpunten, in mm.

Het gemiddelde van drie resultaten wordt berekend tot op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig.

Drukweerstand

De drukweerstand (R_c) [N/mm^2] wordt berekend met volgende formule:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

met:

- F_c Maximale kracht bij breuk in N;
- 1600 is gelijk aan 40 mm x 40 mm oftewel het oppervlak van de persplaten of van de hulpplaten in mm^2 .

Het gemiddelde van de 6 resultaten worden berekend tot op 0,1 N/mm^2 nauwkeurig.

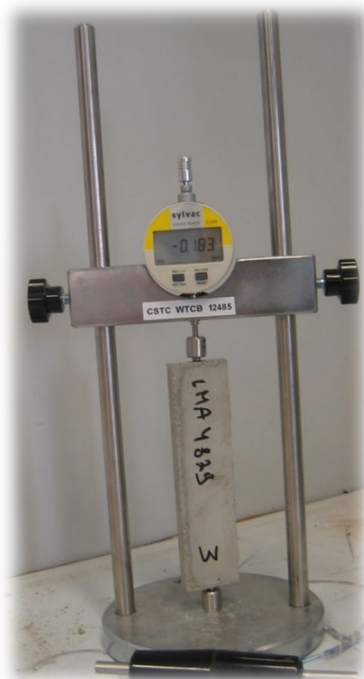
NBN EN 12808-4

Bepaling van de krimp (2009 + AC 2011)

Principe

Meetmethode voor de bepaling van de krimp van voegmortels voor binnen- en/of buitengebruik.

Drie mortelprisma's met afmetingen 10x40x160 mm³ worden aangemaakt, ontmald en gemeten na 24u, vervolgens gedurende 27 dagen bewaard in standaardomstandigheden en opnieuw gemeten (Figuur 50).



Figuur 50. Principe van een krimpmeting.

Werkwijze

Aanmaak van de mortel

De verhoudingen en de rusttijden zijn conform aan de technische informatie van de fabrikant. Het mengen wordt omschreven als volgt in het geval van een mortel op basis van cement:

- 2 kg poeder wordt toegevoegd aan het water in een menger en gedurende 30s wordt gemengd aan lage snelheid ((140±5) tr/min voor de omwenteling, (62±5) tr/min voor de planetaire beweging)
- Het schroefblad wordt weggenomen, de randen geschraapt in de daaropvolgende minuut
- Het schroefblad wordt teruggezet en er wordt gemengd gedurende 1 minuut
- Indien een rusttijd wordt voorgeschreven, dient deze gerespecteerd. Voor gebruik wordt opnieuw gemengd gedurende 15s.

In het geval van mortels op basis van reactieve harsen, dienen de instructies van de fabrikant gevolgd te worden.

Aanmaak van de proefstukken

Een mal wordt aangebracht op de schoktafel, waarna ze tot de helft gevuld wordt met mortel. Het geheel wordt onderworpen aan 60 schokken. Een tweede laag mortel wordt aangebracht en het geheel wordt opnieuw aan 60 schokken onderworpen. De mortel wordt afgestreken, afgedekt met een glazen plaat en vervolgens gedurende 24u bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid. De drie proefstukken worden ontmald en hun initiële lengtes gemeten na 24u.

Bewaring van de proefstukken

Na 24u worden de proefstukken ontmald en vervolgens gedurende 27 dagen bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid. De uiteindelijke lengtes van de 3 proefstukken worden bepaald (27 dagen $\pm$ 12u) na de eerste metingen.

Uitdrukking van de resultaten

De lineaire krimp, uitgedrukt in mm/m, is het gemiddelde van 3 gemeten waarden ten overstaan van de oorspronkelijke waarden.

NBN EN 12808-5

Bepaling van de wateropslorping (2008)

Principe

Methode voor het bepalen van de wateropslorping door capillariteit van voegmortels voor binnen- en/of buitengebruik.

Drie mortelprisma's met afmetingen $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ worden aangemaakt, ontmald na 24u en gedurende 27 dagen bewaard.

Werkwijze

Aanmaak van de mortel

De verhoudingen en de rusttijden zijn conform aan de technische informatie van de fabrikant. Het mengen wordt omschreven als volgt in het geval van een mortel op basis van cement:

- 2 kg poeder wordt toegevoegd aan het water in een menger en gedurende 30s wordt gemengd aan lage snelheid ($(140 \pm 5) \text{ tr/min}$ voor de omwenteling, $(62 \pm 5) \text{ tr/min}$ voor de planetaire beweging)
- Het schroefblad wordt weggenomen, de randen geschraapt in de daaropvolgende minuut
- Het schroefblad wordt teruggezet en er wordt gemengd gedurende 1 minuut
- Indien een rusttijd wordt voorgeschreven, dient deze gerespecteerd. Voor gebruik wordt opnieuw gemengd gedurende 15s.

In het geval van mortels op basis van reactieve harsen, de instructies van de fabrikant volgen.

Aanmaak van de proefstukken

In een mal worden scheidingsplaatjes aangebracht met afmetingen $40 \times 40 \times 0,1 \text{ mm}^3$ om op die manier 3 prisma's te bekomen met afmetingen $40 \times 40 \times 80 \text{ mm}^3$.

De mal wordt aangebracht op de schoktafel, waarna ze tot de helft gevuld wordt met mortel. Het geheel wordt onderworpen aan 60 schokken. Een tweede laag mortel wordt aangebracht en het geheel wordt opnieuw aan 60 schokken onderworpen.

De mortel wordt afgestreken, afgedekt met een glazen plaat en vervolgens gedurende 24u bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid. Na 24u worden de 6 proefstukjes voorzichtig ontmald.

Bewaring van de proefstukken

De proefstukken worden na het ontmallen gedurende 27 dagen bewaard bij $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ en $(50 \pm 5) \%$ relatieve vochtigheid. Na 21 dagen worden de langszijden waterafstotend gemaakt.

Capillariteitsproef

Na 28 dagen wordt elk proefstuk tot op 0,1 g nauwkeurig gewogen, alvorens ze verticaal in een bak te zetten met een vrij oppervlak naar beneden en zodanig dat het proefstuk met dit oppervlak in het water staat tot een hoogte van 5 à 10 mm (Figuur 51). Hierbij moet worden opgelet dat de prisma's elkaar niet raken. Het waterniveau in de bak wordt gedurende de hele proef constant gehouden.

Na 30 min worden de proefstukken afgeveegd, gewogen en opnieuw in de bak gezet. Na nog eens 210 min wordt deze handeling nogmaals uitgevoerd.



Figuur 51. Proefstuk met het vrij oppervlak in het water.

Uitdrukking van de resultaten

De wateropslorping W_{mt} [g] na 30 min en 240 min wordt voor elk proefstuk berekend volgens volgende formule:

$$W_{mt} = m_t - m_d$$

met:

m_d Droge massa van het proefstuk [g]

m_t Massa van het proefstuk na onderdompeling [g]

Het gemiddelde van minstens drie proefstukken wordt berekend



Dekvloeren

NBN EN 13813

Dekvloermortels - Eigenschappen en eisen (2002)

Principe

Aan deze norm moet worden voldaan door dekvloermortels bestemd voor de bouw van binnenvloeren als voorwaarde voor de CE-markering, die noodzakelijk is om op de markt te mogen worden gebracht sinds 1 augustus 2004. De eisen hebben betrekking zowel op vers als op verhard mortel.

Classificatie en eisen

De volgende tabellen geven de classificatie van de dekvloeren op verschillende parameters (Tabel 64 tot Tabel 76).

1. Bindmiddel

Bind- middel	Druksterkte	Buigtreksterkte	Slijtweerstand volgens Böhme	Slijtweerstand volgens BCA	Slijtweerstand bij rollend wiel	Oppervlaktehardheid	Weerstand tegen indrukking	Weerstand tegen rollend wiel met vloerbedekking	Bindingstijd	Krimpen en zwellen	Consistentie	pH	Elasticiteitsmodulus	Impactsterkte	Hechtsterkte
Cement	N	N	N ^a (een van de 3)			O	-	O	O	O	O	O	O	O ^a	O
CaSO ₄	N	N	O	O	O	O	-	O	O	O	O	N	O	-	O
Magnesium	N	N	O	O	O	N ^a	-	O	-	O	O	O	O	-	O
Bitumen	-	-	O	O	O	-	N	O	-	-	-	-	-	-	-
Hars	O	O	-	N ^a (een van de 2)		O	-	O	-	O	O	-	O	N ^a	N
N normatief O optioneel indien van toepassing - = niet relevant															
^a uitsluitend voor dekvloermortel die blootgesteld zal worden aan slijtage															

Tabel 64. Classificatie van dekvloeren.

2. Druksterkte (EN 13892-2)

Klasse	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Druksterkte [N/mm ²]	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

Tabel 65. Classificatie volgens druksterkte. De letter C staat voor Compression.

3. Buigtreksterkte

cement, CaSO₄, magnesium, hars > 5 mm: EN 13892-2, hars ≤ 5 mm: ISO 178

Klasse	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Buigtreksterkte [N/mm ²]	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

Tabel 66. Classificatie volgens buigsterkte. De letter F staat voor Flexion.

4. Slijtweerstand

dekvloermortel die blootgesteld zal worden aan slijtage; cement: EN 13982-3 of –4 of 5; hars: en 13892-4 of –5.

4.1. Böhme (EN 13892-3)

Klasse	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1,5
Hoeveelheid afschuring [cm³/50cm²]	22	15	12	9	6	3	1,5

Tabel 67. Classificatie volgens Böhme slijtweerstand. De letter A staat voor Abrasion.

4.2. BCA (EN 13892-4)

Klasse	AR6	AR4	AR2	AR1	AR0,5
Max. slijtagediepte [µm]	600	400	200	100	50

Tabel 68. Classificatie volgens BCA-slijtweerstand. De letters AR staan voor Abrasion Resistance

4.3. Weerstand tegen rollend wiel (EN 13892-5)

Klasse	RWA300	RWA100	RWA20	RWA10	RWA1
Hoeveelheid afschuring [cm³]	300	100	20	10	1

Tabel 69. Classificatie volgens rollend wiel slijtweerstand. De letters RWA staan voor Rolling Wheel Abrasion.

5. Oppervlaktehardheid

EN 13892-6, voor magnesia bestemd voor slijtvlakken, en optioneel voor de andere bekledingen met fijne granulaten < 4 mm

Klasse	SH30	SH40	SH50	SH70	SH100	SH150	SH200
Oppervlaktehardheid [N/mm²]	30	40	50	70	100	150	200

Tabel 70. Classificatie volgens oppervlaktehardheid. De letters SH staan voor Surface Hardness.

6. Indrukweerstand

6.1. bitumen: EN 12697-20 op kubussen of -21 op platen.

6.2. Op kubussen, toegepaste belasting 525 N, indrukking in [0,1 mm] (EN 12697-20)

Klassen Beproevoingsomstandigheden	ICH10	IC10	IC15	IC40	IC100
(22±1) °C; 100 mm ² ; 5 u	≤ 10	≤ 10	≤ 15	-	-
(40±1) °C; 100 mm ² ; 2 u	≤ 20	≤ 40	≤ 60	-	-
(40±1) °C; 500 mm ² ; 0,5 u	-	-	-	15-40	40-100

Tabel 71. Classificatie volgens indrukweerstand op kubussen. De letters I, C en H staan voor Indentation, Cube en Heated screed.

6.3. Op platen, toegepaste belasting 525 N, indrukking in [0,1 mm] (EN 12697-21)

Klassen Beproevoingsomstandigheden	IP10	IP12	IP30	IP70
(40±1) °C; 100 mm ² ; 31 min	≤ 10	≤ 12	10 - 30	≤ 70

Tabel 72. Classificatie volgens indrukweerstand op platen 525 N. De letters I en P staan voor Indentation en Plaque.

6.4. Op platen, toegepaste belasting 317 N, indrukking in [0,1 mm] (EN 12697-21)

Klassen Beproevoingsomstandigheden	IP I	IP II	IP III	IP IV
45 °C; 31,7 mm ² ; 1 min	≤ 11	-	-	-
35 °C; 31,7 mm ² ; 1 min	-	≤ 9	≤ 8	≤ 30

Tabel 73. Classificatie volgens indrukweerstand op platen 317 N. De letters I en P staan voor Indentation en Plaque.

7. Weerstand tegen rollende belasting met vloerbekleding (EN 13892-7)

Klasse	RWFC150	RWFC250	RWFC350	RWFC450	RWFC550
Belasting rollend wiel [N]	150	250	350	450	550

Tabel 74. Classificatie volgens Weerstand tegen rollende belasting met vloerbekleding. De letters RWFC staan voor Rolling Wheel Floor Covering.

8. Verhardingstijd

EN 13454-2, kan worden aangegeven voor cement of CaSO₄

9. Krimp en zwelling

Kan worden aangegeven voor andere bindmiddelen dan bitumen, EN 13454-2 indien de dikte > 10 mm en 13872 indien de dikte van het materiaal ≤ 10 mm [mm/m]

10. Consistentie

kan worden aangegeven voor andere bindmiddelen dan bitumen, EN 13454-2 indien de consistentie > 300 mm en 12706 indien de consistentie > 300 mm [mm]

11. pH

EN 13454-2, moet ≥ 7 voor CaSO_4 en kan worden aangegeven voor cement en magnesiet

12. Elasticiteitsmodulus bij buiging

EN ISO 178, kan worden aangegeven voor andere bindmiddelen dan bitumen

Klasse	E1	E2	E5	E10	E15	E20	Daarboven met meervouden van 5
Elasticiteitsmodulus bij buiging [kN/mm^2]	1	2	5	10	15	20	25, 30 enz.

Tabel 75. Classificatie volgens elasticiteitsmodulus bij buiging. De letter E staat voor Elasticity.

13. Hechtsterkte

EN 13892-8, moet worden aangegeven voor hars, en kan worden aangegeven voor cement, CaSO_4 en magnesiet

Klasse	B0,2	B0,5	B1,0	B1,5	B2,0
Hechtsterkte [N/mm^2]	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0

Tabel 76. Classificatie volgens hechtsterkte. De letter B staat voor Bond.

14. Impactsterkte

ISO 6272, moet worden aangegeven voor hars indien het gaat om een slijtvlak, en kan worden aangegeven voor cement; ze wordt aangegeven met de letters IR, voor Impact Resistance [Nm]

15. Speciale karakteristieken

moeten worden aangegeven indien vereist door de regelgeving of wanneer de fabrikant ervoor opteert bijkomende prestaties op te geven:

- Elektrische weerstand (EN 1801, ER Electrical Resistance) [ohm]
- Chemische weerstand (EN 13529, CR Chemical Resistance)
- Brandreactie (EN 13501-1)
- Emissie van corrosieve stoffen of corrosiviteit van de dekvloermortels (aangifte)
- Dampdoorlaatbaarheid (EN 12086)
- Warmteweerstand (de waarden van de EN 12524 gebruiken of het product testen volgens EN 12664)
- Waterdoorlaatbaarheid (EN 1062-3)
- Contactgeluidsisolatie (EN ISO 140-6, op het geassembleerde systeem en niet op het materiaal alleen)
- Geluidsabsorptie (product getest volgens EN 12354-6 en aangebracht volgens EN ISO 354 en 354/A1)
- Andere karakteristieken (met de beproevingsmethode waarmee ze werden bepaald)

Beoordeling van de conformiteit

De conformiteit van het product moet worden beoordeeld met de eisen van deze norm op basis van

1. **Initiële proeven (ITT: Initial Type Testing):** in het begin van de productie van een nieuw product en voordat dit op de markt wordt gebracht, moeten de in de eerste tabel als normatief (N) aangegeven proeven alsmede alle proeven waarvoor de fabrikant een waarde of klasse wil aangeven, worden uitgevoerd om zeker te zijn dat de eerdergenoemde eigenschappen aan de normen voldoen en wel degelijk overeenstemmen met de aangegeven waarden. Deze werkwijze moet tevens worden toegepast bij een verandering in de specificaties, de grondstoffen of het fabricageprocédé.
2. **Beheersing van de productie (FPC Factory Process Control):** er moet een beheersingsplan voor de productie worden opgesteld en gedocumenteerd in het Kwaliteitshandboek. Dit bestaat uit interne controleprocedures van de productie om ervoor te zorgen dat de op de markt gebrachte producten in overeenstemming zijn met de norm en hun classificatie. Een FPC-systeem conform met de norm ISO 9001 en dat rekening houdt met de eisen van deze norm is voldoende.

De interne controle bestaat uit

- Regelmatige controles, verificaties en proeven en het gebruik van de resultaten voor het controleren van de apparatuur, de grondstoffen en het fabricageprocédé
- Regelmatige controles, verificaties en proeven van het afgewerkte product
- Alle controleresultaten moeten in het Kwaliteitshandboek worden geregistreerd.
- Er moet een bemonsteringsplan worden opgesteld met de vereiste beproevingsfrequenties, rekening houdend met de aard van het product, de bijzondere beproevingsprocedure, de draagwijdte van het beproevingsresultaat en de globale registratie van de resultaten van vorige proeven.

De volgende elementen dienen in het Kwaliteitshandboek te worden opgenomen:

Controle van de processen

- Inkomend materiaal: aanvaardingscriteria en gebruikte procedures voor de controle ervan
- Productieproces: frequenties van proeven en inspecties, waarden van de eisen voor apparatuur en werkzaamheden, verwerkingsprocedures voor non-conformiteiten, resultaten van ijkproeven van de apparatuur

Materiaal voor dekvloer

- Proeven op het materiaal: bemonsteringsplan, resultaten van de proeven
- Alternatieve proeven: andere methodes dan de in deze norm genoemde kunnen worden gebruikt voor zover wordt bewezen dat de resultaten ervan

equivalent zijn met de referentiemethode. De methode en zijn aanvaardingslimieten moeten worden vermeld

- Beproevingapparatuur: ijkplan

Traceerbaarheid: traceerbaarheids- en controlesysteem van het inkomend materiaal, controlesysteem van de voorraden (producten met een beperkte levensduur), verwerkingsmethode van de niet-conforme producten

Etikettering: alleen de producten die conform zijn met de eisen van deze norm mogen het etiket van conformiteit met EN 13813 dragen

Registers

- voor de ijking en verificatie van de beproevingsapparatuur
- voor de controle van de grondstoffen
- van het fabricageprocédé (identificatie en massa van de partijen)
- van de beproevingsresultaten op het product

Aanduiding

De aanduiding omvat:

- Het type dekvloer: CT: cement, CA: CaSO₄, MA: magnesiet, AS: bitumen, SR: synthetisch hars
- De klassen voor elke normatieve (en desgewenst optionele) eis (cf. Tabel 64 tot Tabel 76).

Voorbeelden:

EN 13813 CT-C20-F4: Dekvloer op basis van cement (CT), druksterkte (C) 20 N/mm² en buigtreksterkte (F) 4 N/mm²

EN 13813 MA -C50-F10-SH150: Dekvloer op basis van magnesiet (MA), druksterkte 50 N/mm², buigtreksterkte 10 N/mm², oppervlaktehardheid (SH) 150 N/mm²

EN13813 AS-IC10: Dekvloer op basis van bitumen (AS), weerstand tegen indrukking (IC) ≤ 10 N/mm²

EN 13813 SR-B2,0-AR1-IR4: Dekvloer op basis van synthetisch hars (SR), hechtsterkte (B) 0,2 N /mm², max. slijt diepte BCA (AR) 100 µm, slagsterkte (IR) 4 Nm

Markering, etikettering en verpakking

De volgende elementen moeten op de verpakking of de leveringsbon vermeld staan:

- Aanduiding
- Naam van het product
- Hoeveelheid
- Fabricagedatum en levensduur in opslag
- Referentie van de partij of productienummer
- Maximale diameter van het toeslagmateriaal of voorzien diktebereik
- Instructies voor mengselbereiding en verwerking
- Eisen voor veiligheid en gezondheid
- Naam en adres van de fabrikant of leverancier

Conformiteitscriteria en beoordelingsmethode

De conformiteit moet worden beoordeeld op basis van continue statistische analyse of op individuele resultaten.

- Statistische analyse: door variabelen of attributen
- Analyse van de individuele resultaten: alle resultaten moeten conform zijn of in gunstige zin van de aangegeven klasse afwijken

Bijzonderheden

- De proefstukken moeten worden klaargemaakt en verpakt volgens de norm EN 13892-1.
- De leeftijd waarop de prestaties moeten worden bereikt is eveneens in de norm EN 13892-1 vermeld.
- Wanneer de fabrikant kan bewijzen dat de vereiste eigenschapsklassen op een jongere leeftijd worden bereikt, kan die leeftijd in de aanduiding worden opgenomen voor zover alle opgegeven waarden op die leeftijd worden bereikt.
- De eigenschappen van de ter plaatse en in het labo gemeten dekvloeren kunnen niet altijd direct worden vergeleken, door de mogelijke variaties van mengsel, verdichting en nabehandeling.
- De vergelijking met de TV 189 'Dekvloeren' van het WTCB is gegeven in Tabel 77.

	EN 13813	TV 189 - WTCB
Druksterkte	Volgens EN 13892-2 op in het labo vervaardigde (verdichting met schudtafel) proefstukken 4x4x16 cm³, achtereenvolgens gebruikt voor de buig- en druksterkteproef op 28 dagen. Nabehandeling (voor een dekvloer op basis van cement): 2 dagen in de mal bij (95 ± 5) %RV en (20 ± 2) °C, 5 dagen uit de mal bij (95 ± 5) %RV en (20 ± 2) °C, dan 21 dagen bij (65 ± 5) %RV en (20 ± 2) °C.	Op proefstukken genomen in de referentiebetonplaten van 40x40x6 cm³ (2 per werkweek zoals aanbevolen) waarvan er één wordt bewaard in de omstandigheden van de werkplaats en één bij >90 %RV en (18 ± 3) °C. De proefstukken zijn cilinders van Ø 50 mm - h 45 mm of kubussen met een ribbe van 50 mm. De proef wordt uitgevoerd op 28 dagen.
Buigtreksterkte	Volgens EN 13892-2 op in het labo vervaardigde proefstukken zoals beschreven voor de druksterkteproef	Op gezaagde proefstukken van maximaal 6 cm hoogte (h), met een breedte groter of gelijk aan h (5 à 6 cm), en met een afstand tussen de steunrollen ≥ 4 h, en een lengte ≥ 4 h + 2x1 cm. Nabehandeling niet gespecificeerd.
Kwaliteit van het oppervlak	Weerstand volgens Böhme (EN 13892-3) of BCA (EN 13892-4) of tegen rollend wiel (EN 13892-5) Oppervlaktehardheid (EN 13892-6) Weerstand tegen indrukking (dekvloeren op basis van bitumen EN 12697-20 of -21) Weerstand tegen rollend wiel met vloerbekleding (EN 13892-7) Hechtsterkte (EN 13892-8) Slagvastheid (ISO 6272)	Dynamische ponsweerstand gemeten op 28 dagen met behulp van een cilindervormige ponsstempel van 500 mm² doorsnede die op de dekvloer wordt geplaatst, waarop men van op 1 m hoogte een massa van 4 kg laat vallen. De diepte van de ponsindruk wordt gemeten na 4 schokken op dezelfde plaats.

Tabel 77. Vergelijking EN 13813 met TV 189 'Dekvloeren' van het WTCB.

NBN EN 13318

Begripsbepalingen (2000)

Principe

De termen in relatie met de fabricatie en uitvoering van producten voor dekvloeren en dekvloeren zijn hier gedefinieerd. De definities zijn volgens verscheidene categorieën verenigd:

- Basisbegrippen: ondergrond, dekvloer, dekvloer van bitumenemulsie, cementgebonden dekvloer, magnesiet-dekvloer, calciumsulfaat dekvloer, harde granulaten slijtlaag, synthetische hars, ...
- Materialen – producten: dekvloermortel, granulaat, hulpstof, bindingsvertrager, wapening, isolatiemateriaal, ...
- Soorten dekvloeren: monoliet, hechtende, niet-hechtende, zwevende, gewapende, ...
- Eigenschappen van het dekvloermateriaal: aardvochtig, gietvloer, zelfstrijkend, water-bindmiddel-factor, consistentie, ...
- Eigenschappen van de geplaatste dekvloer: vlakheid, peil, hellingslaag, slijtweerstand, oppervlaktehardheid, hechtsterkte, poreusheid, barstvorming, uitbloeiing, welven, ...
- Constructiebijzonderheden: voeg, werkvoeg, krimpvoeg, uitzetvoeg, randisolatie, dichtingssysteem, ...
- Bouwelementen: scheidingslaag, afwerklaag, uitvullaag, uitvlaklaag, hechtlaag, ...
- Oppervlaktebewerking: afreien, afspanen, vlakschuren, instrooien, ...
- Varia: eigen gewicht, opgelegde belasting, referentiepeil, boorkern, ...

Bijzonderheden

- De definities zijn gelijktijdig in de drie talen uitgedrukt (Engels – Frans – Nederlands).
- De gedefinieerde termen zijn van toepassing voor alle andere normen van de TC 303 “Dekvloeren in de bouw”.

NBN EN 13892-1

Monsterneming, vervaardiging en nabehandeling van proefstukken (2003)

Principe

Deze norm specificeert een methode voor de monsterneming van dekvloermortels, de vervaardiging en nabehandeling van de proefstukken bestemd voor verdere proeven (Figuur 52). Hij is van toepassing op dekvloeren op basis van cement, calciumsulfaat, magnesium of synthetisch hars (gietasfalt komt niet in aanmerking).



Figuur 52. Vervaardiging van de proefstukken

Samenvatting

Er moet een monster worden genomen van minimaal 5 kg met behulp van een bemonsteringsschep met een inhoud van minimaal 1 l. De proefstukken moeten onmiddellijk na de monsterneming worden vervaardigd.

Het mengen moet gebeuren overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant, met de aangegeven hoeveelheid water of vloeistof (of het gemiddelde van het aangegeven bereik). Het laboratorium, de uitrusting en de gebruikte producten moeten zich op een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ bevinden.

Naargelang van de te vervaardigen hoeveelheid zal een mortelmixer (EN 196-1) (inhoud $\leq 1,5 \text{ dm}^3$ of massa van 1 à 3 kg) of een betonmixer (inhoud $\leq 50 \text{ dm}^3$ of massa van 25 à 50 kg) worden gebruikt. De vaste materialen worden eerst gemengd, dan wordt gedurende 15 s water toegevoegd terwijl langzaam wordt gemixt, vervolgens wordt het mixen voortgezet gedurende ofwel 105 s (45 s en dan reinigen van de randen met de spatel en daarna 60 s) voor de mortelmixer, ofwel tussen 120 en 180 s (totdat homogeen mengsel wordt verkregen) voor de betonmixer. Indien aanbevolen door de fabrikant kan een ander type mixer worden gebruikt.

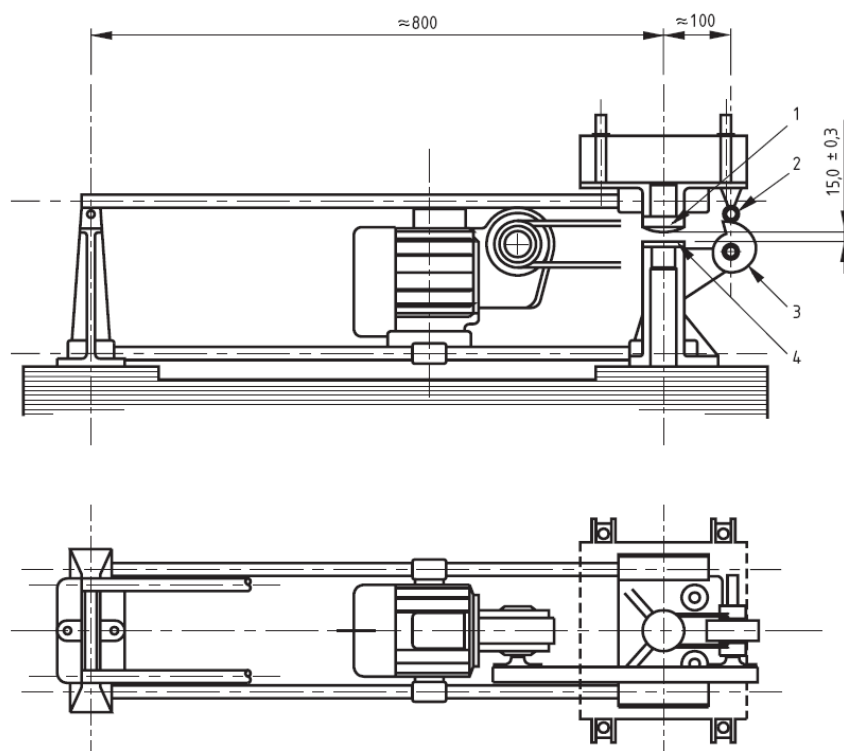
De mallen moeten van staal of een ander vergelijkbaar materiaal zijn dat niet reageert met de grondstof voor dekvloeren. De afmetingen van de proefstukken verschillen naargelang van de uit te voeren proef.

Doorgaans zijn het staafjes: 40 mm x 40 mm x 160 mm, 80 mm x 10 mm x 4 mm... of tegels: 500 mm x 500 mm x d, 300 mm x 300 mm x d,..., met een aantal vereiste proefstukken gaande van 1 tot 6 (Tabel 78).

Proef	Norm	Maat L - l - d ^a (mm)	Vereist aantal
Buig- en druksterkte	EN 12892-2	160 – 40 – 40	3
	EN ISO 178	80 – 10 – 4	
Slijtweerstand volgens Böhme	EN 13892-3	71 – 71 – d ^a	3
Slijtweerstand volgens BCA	EN 13892-4	500 – 500 – d ^a	1
Slijtweerstand van dekvloeroppervlakken bij belasting door zwenkwielen	EN 13892-5	500 – 500 – d ^a	1 + 1
Oppervlaktehardheid	EN 13892-6	160 – 40 – 40	3
Krimpen/zwellen	EN 13454-2	160 – 40 – 40	3
Slijtweerstand bij rolbelasting van dekvloeren met vloerbedekking	EN 13892-7	350 – 350 – d ^a	3 + 3
Hechtsterkte	EN 13892-8	300 – 300 – d ^a	2
Elasticiteitsmodulus	EN ISO 178	80 – 10 – 4	3
Stootvastheid	EN ISO 6272	300 – 300 – d ^a	1
* Alleen voorziene laagdikte of laagdikte op steuntegel			

Tabel 78. Malafmetingen en aantal proefstukken in functie van de proefmethode.

De mallen moeten waterdicht zijn en vooraf worden gereinigd en ingesmeerd met olie. Ze moeten in één keer worden gevuld (vloeibare materialen) ofwel in twee gelijke lagen worden verdicht volgens NBN EN 196-1 met een schoktafel (Figuur 53; 60 schokken na elk van de twee lagen) en dan gelijk gestreken.



Figuur 53. Zij- en bovenaanzicht van schoktafel.

De mallen voor de proefstukken van 160 mm x 40 mm x 40 mm moeten aan de volgende eisen voldoen:

- Dimensionele nauwkeurigheid: $\pm 0,25$ % van de beschouwde afmeting (gemiddelde van 4 metingen op symmetrische punten, zonder afwijkingen van meer dan $\pm 0,5$ % voor elke individuele waarde)
- Vlakheid: de oppervlakte van elk binnenvlak moet gelegen zijn tussen twee parallelle vlakken die 0,03 mm van elkaar liggen
- Haaksheid: de binnenhoeken moeten $90^\circ \pm \tan^{-1}(0,005)$ zijn
- Ruwheid: $\leq 3,2 \mu\text{m Ra}$ voor elk binnenvlak

Indien de proeven worden uitgevoerd op betonnen steunen, moet de treksterkte van het betonoppervlak gelijk zijn aan minstens $1,5 \text{ N/mm}^2$.

De proefstukken moeten worden opgeslagen in klimaatkamers: $(95 \pm 5) \% \text{ RH}$, $(65 \pm 5) \% \text{ RH}$ of $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$ en $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ of $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ afhankelijk van de aard van het bindmiddel, eerst in de mal gedurende een bepaald aantal dagen, dan uit de mal eveneens gedurende een bepaald aantal dagen (Tabel 79).

Materialen op basis van	Opslag temperatuur (°C)	Opslagduur (dagen)					
		In de mal			Uit de mal		
		95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H	95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H
Cement	20 ± 2	2	-	-	5	21	-
Calciumsulfaat	20 ± 2	2	-	-	-	26	-
Magnesium	20 ± 2	-	1	-	-	27	-
Synthetisch hars	23 ± 2	-	-	1	-	-	27

Tabel 79. Opslagcondities in functie van bindmiddel.

NBN EN 13892-2

Bepaling van de buig- en druksterkte (2003)

Principe

Deze norm specificeert een methode voor de bepaling van de buig- en druksterkte van in mallen gegoten proefstukken, vervaardigd met dekvloermortels op basis van cement, calciumsulfaat, magnesium of synthetisch hars.

De buigsterkte wordt bepaald door de belasting die nodig is om het proefstuk te doen breken bij onderwerping aan een buigbelasting in het middelpunt. De twee door deze breuk verkregen helften worden gebruikt voor de druksterkteproef.

De druksterkte wordt bepaald door de belasting die nodig is om het proefstuk te doen breken bij onderwerping aan een druksterktebelasting die gelijkmatig wordt verdeeld over een deel van het prisma.

Aantal proefstukken

Drie proefstukken.

Afmetingen van de proefstukken

Prisma's van 160 mm x 40 mm x 40 mm. De toleranties op de monsters zijn die van de mallen (cf. NBN EN 13892-1).

De proef

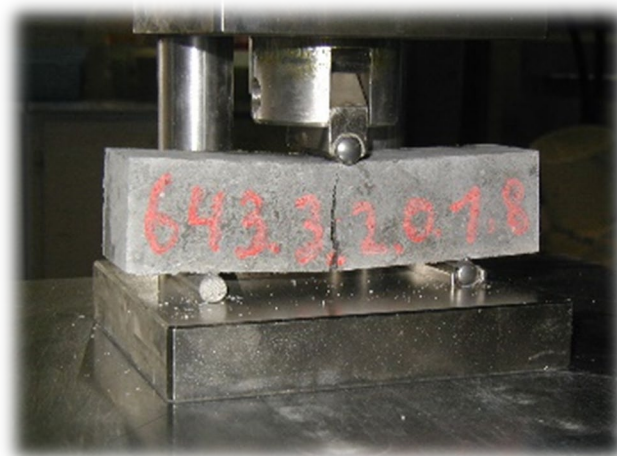
De snelheden van de belastingstoename zijn als volgt:

- Buigsterkteproef: 50 N/s $\pm$ 10 N/s
- Druksterkteproef: 2400 N/s $\pm$ 200 N/s

De machine en de proefbanken zijn dezelfde als die welke worden gebruikt voor de proef ter bepaling van de druksterkte van cement (NBN EN 196-1: Beproevingsmethodes van cement – Deel 1: Bepalen van de mechanische weerstanden). De machine moet zodanig zijn dat de breuk zich voordoet in het deel van het meetbereik waarvan de aangeduide belasting is bepaald op $\pm 2\%$ (normaal in de bovenste vier vijfden van het meetbereik) (klasse 2 volgens EN ISO 7500-1).

Buigsterkteproef (Figuur 54):

- 3 rollen met diameter $(10 \pm 0,5)$ mm en lengte tussen 44 en 50 mm
- Afstand tussen de onderste twee rollen $(100 \pm 0,5)$ mm
- Bovenste rol centraal tussen de twee andere geplaatst



Figuur 54. Buigsterkte proef

Druksterkteproef (Figuur 55):

- 2 steunplaten van wolframcarbide of staal
- Vickershardheid ≥ 600 HV (EN ISO 6507-1)
- Lengte 40 mm; breedte $(40 \pm 0,1)$ mm; dikte 10 mm
- Vlakheidstolerantie voor rakende vlakken 0,01 mm



Figuur 55. Druksterkte proef

Formules

Buigsterkte

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot l}{bd^2}$$

R_f Buigsterkte [N/mm²]

F_f Nodige belasting om het proefstuk te doen breken bij de buigsterkteproef [N]

L Afstand tussen de hartlijnen van de steunrollen voor de buigsterkteproef [mm]

b Breedte van het proefstuk onder de middelste rol voor de buigsterkteproef [mm]

d Dikte van het proefstuk onder de middelste rol voor de buigsterkteproef [mm]

Druksterkte

$$R_c = F_c / A$$

R_c Druksterkteproef [N/mm²]

F_c Nodige belasting om het proefstuk te doen breken bij de druksterkteproef [N]

A Oppervlak van het proefstuk van de druksterkteproef in contact met de steunplaten (nominaal oppervlak 40 mm x 40 mm = 1600 mm²)

De individuele sterktewaarden zijn afgerond op de dichtstbijzijnde 0,05 N/mm² en de gemiddelde waarden op de dichtstbijzijnde 0,1 N/mm².

Bijzondere kenmerken

De proefstukken moeten na 28 dagen worden beproefd, worden vervaardigd volgens EN 13892-1 en opgeslagen volgens Tabel 80.

Materialen op basis van	Opslag temperatuur (°C)	Opslagduur (dagen)					
		In de mal			Uit de mal		
		95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H	95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H
Cement	20 ± 2	2	-	-	5	21	-
Calciumsulfaat	20 ± 2	2	-	-	-	26	-
Magnesium	20 ± 2	-	1	-	-	27	-
Synthetisch hars	23 ± 2	-	-	1	-	-	27

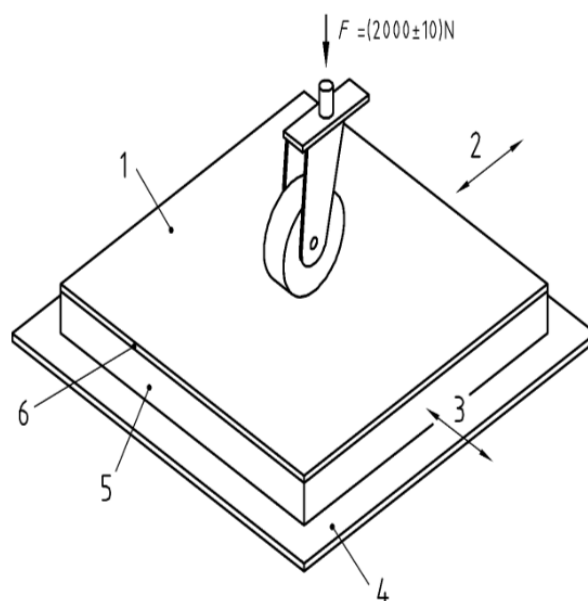
Tabel 80. Opslagduur.

Bepaling van de slijtweerstand van dekvloeroppervlakken bij belasting door zwenkwielen (2003)

Principe

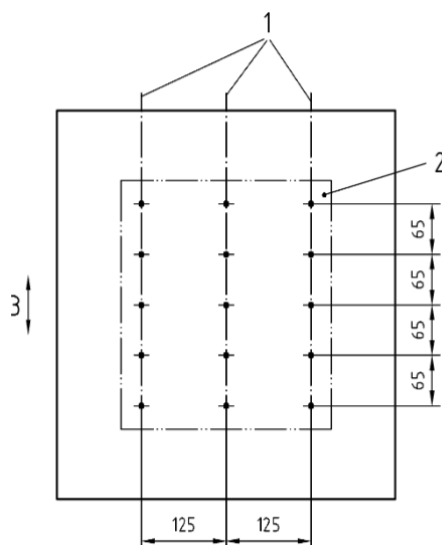
Deze methode maakt het mogelijk de bestandheid te bepalen tegen slijtage door een zwaar belast wiel, op in mallen gegoten proefstukken vervaardigd met dekvloermortels op basis van cement of synthetisch hars in de slijtlaag.

Herhaaldelijke rijbewegingen met een zwaar belast wieltje op tegels bedekt met een dekvloermortel, in twee richtingen loodrecht op elkaar, met verschillende frequenties, die afschuifbelastingen loodrecht op de dekvloermortel veroorzaken. De steun en het proefstuk verplaatsen zich, terwijl het wieltje in een vaste stand staat (Figuur 56). De proef duurt 1000 cycli in de lengterichting, met andere woorden circa 24 uur. Indien vóór dit aantal cycli een beduidende mate van slijtage optreedt, heeft het materiaal de proef niet doorstaan.



Figuur 56. Schematische proefopzet. 1 = proefstuk, 2 = slaglengte (260±2) mm / Frequentie (1.71±1) cycli per minuut, 3 = slaglengte (390±2) mm / Frequentie (7±0.4) cycli per minuut, 4 = draagtafel, 5 = betontegel, 6 = dekvloer.

Er moet een meetbrug van stijf staal worden gebruikt, met 5 posities waarin de dieptemeter kan worden geplaatst. Deze brug wordt evenwijdig met een van de zijden van het proefstuk geplaatst, in drie posities 125 mm uit elkaar, gecentreerd op het proefstuk (Figuur 57). Voor elk punt wordt de slijtagediepte gemeten (verschil van de aflezingen vóór en na de proef), en daarna wordt het gemiddelde berekend.



Figuur 57. Profiel van de meetposities. 1 = posities van de meetbrug, 2 = afgeschuurde zone, 3 = richting van longitudinale beweging.

Aantal proefstukken

Drie proefstukken

Afmetingen van de proefstukken

500 mm x 500 mm x d met $d \geq 50$ mm

voor geringere dikten kan het materiaal op een betonnen steun worden geplaatst (cf. EN 13892-1)

Formules

$$RWA = 0,11 \cdot d$$

RWA Slijtweerstand per zwenkwieltje of afgeschuurd volume [cm^3]

d Gemiddelde slijtagediepte [μm]

Deze vergelijking veronderstelt dat de afgeschuurde oppervlakte 1100 cm^2 bedraagt, De gemiddelde waarde van de drie monsters wordt berekend.

Bijzondere kenmerken

De proefstukken moeten worden vervaardigd volgens de norm EN 13892-1 en worden opgeslagen volgens Tabel 81.

Materialen op basis van	Opslag temperatuur (°C)	Opslagduur (dagen)					
		In de mal			Uit de mal		
		95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H	95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H
Cement	20 ± 2	2	-	-	5	21	-
Calciumsulfaat	20 ± 2	2	-	-	-	26	-
Magnesium	20 ± 2	-	1	-	-	27	-
Synthetisch hars	23 ± 2	-	-	1	-	-	27

Tabel 81. Opslagduur.

NBN EN 13892-6

Bepaling van de oppervlaktehardheid (2003)

Principe

Methode om de oppervlaktehardheid te bepalen op gegoten mortelproefstukken, vervaardigd uit dekvloermortels op cementbasis, calciumsulfaat, magnesiet of kunsthars, enkel met granulaten ≤ 4 mm.

Het meten van de permanente indrukkingsdiepte ontstaan door de belasting op een stalen kogel. De oppervlaktehardheid is de belasting op de kogel gedeeld door de oppervlakte van de indrukking.

De kogel wordt op de bovenkant van het onbewerkte proefstuk geplaatst. De initiële belasting ($10 \pm 0,1$ N) wordt zacht op de kogel uitgeoefend, vervolgens wordt de hoofdbelasting (500 ± 5 N) zacht en gedurende 1 minuut uitgeoefend, daarna wordt de belasting teruggebracht naar het niveau van de initiële belasting ($10 \pm 0,1$ N). Na 1 minuut wordt de indrukkingsdiepte gemeten, zonder de waarde die overeenkomt met de initiële belasting.

Aantal Proefstukken

Drie proefstukken

Afmetingen van de proefstukken

160 mm x 40 mm x 40 mm

De proefstukken kunnen vervolgens worden gebruikt voor de buigings- en drukmetingen.

Formules

$$SH = \frac{F}{d \cdot \pi \cdot t}$$

SH Oppervlaktehardheid [N/mm²] bepaald als het gemiddelde van de metingen op 3 proefstukken

F Hoofdbelasting (500 ± 5) [N]

d Diameter van de stalen kogel = 10 [mm]

t Indrukkingsdiepte [μ m]

F_v Initiële belasting, ($10 \pm 0,1$) [N]

Bijzonderheden

- Enkel met granulaten ≤ 4 mm
- De proefstukken moeten worden vervaardigd volgens de norm EN 13892-1 en bewaard volgens Tabel 82.

Materialen op basis van	Opslag-temperatuur (°C)	Opslagduur (dagen)					
		In de mal			Buiten de mal		
		95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H	95 ± 5 % R _H	65 ± 5 % R _H	50 ± 5 % R _H
Cement	20 ± 2	2	-	-	5	21	-
Calciumsulfaat	20 ± 2	2	-	-	-	26	-
Magnesia	20 ± 2	-	1	-	-	27	-
Kunsthars	23 ± 2	-	-	1	-	-	27

Tabel 82. Opslagduur.



Granulaten

NBN EN 933-1

Bepaling van de korrelverdeling - Zeefmethode (2012)

Principe

De proef bestaat uit het scheiden, door middel van een reeks zeven, van een materiaal in meerdere granulaire klassen met afnemende dimensies.

De aangenomen procedure is het zeven door spoelen gevolgd door het droog zeven. Wanneer het spoelen de kenmerken van een licht granulaat kan wijzigen, moet droog zeven toegepast worden.

De massa van de weerhouden granen op de verschillende zeven worden gerapporteerd aan de initiële massa van het monster. De gecumuleerde percentages die door elke zeef gaan worden aan de hand van een nummer voorgesteld en indien nodig met behulp van een grafiek.

Proefstukken

In de norm kan de grootte teruggevonden worden van de geklasseerde monsters volgens de dichtheid van het granulaat en zijn maximale granulaire diameter (Tabel 83). Voor de andere diameters moet er worden geïnterpoleerd. Voor de andere volumemassa's dient een correctie uitgevoerd te worden om hetzelfde volume te bekomen.

Granulaire klasse mm	Massa van de minimale monsternamen M (kg)
90	80
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Tabel 83. Massa van de monsternamen voor courante granulaten met een volumemassa tot 3000 kg/m³.

Uitvoering

De proef wordt uitgevoerd in twee fasen op ovendroog materiaal. In een eerste fase wordt het geheel gewassen met water over een 63µm zeef (eventueel beschermd met een 1 of 2 mm zeef). De zeefresten worden opnieuw gedroogd en gewogen om het gehalte aan toeslagstoffen te bepalen. Dit gedroogde materiaal wordt naderhand boven in de zeefkolom aangebracht en volledig tot constante massa uitgezeefd (Figuur 58). Een constante massa wordt aanschouwd indien de massa die weerhouden wordt op de zeef na manueel schudden gedurende 1 minuut minder dan 1 % wijzigt.



Figuur 58. Zeefkolom voor de bepaling van de korrelverdeling.

Formule

$$r_i = \frac{R_i}{M_1}$$

met:

r_i Procentuele resten op zeef i [m%]

R_i Zeefresten in massa op zeef i [kg]

M_1 Droge massa van het monster in het begin van de proef [kg]

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$$

met:

f Percentage toeslagstoffen (<63 μ m) [m%]

M_1 Gedroogde massa van de monsternamen [kg]

M_2 Gedroogde massa van de zeefresten bij een zeef van 63 μ m [kg]

P Massa van het zeefsel dat op de bodem blijft [kg]

Het resultaat wordt uitgedrukt tot op 0,1% nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden

- Bijlage A bevat een alternatieve proefmethode voor kiezelzand met $D \geq 31,5$ mm.
- De proef kan eveneens uitgevoerd worden indien de granulaten gevoelig zijn aan hogere temperatuur en bijgevolg niet gedroogd kunnen worden bij 110 °C. De te volgen methode wordt beschreven in bijlage B.
- Bijlage C bevat een rekenproef voorbeeld.
- De norm vermeldt een r -waarde (herhaalbaarheid) of R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.

NBN EN 933-6

Beoordeling van oppervlakte-eigenschappen - Stroomcoëfficiënt van toeslaamaterialen (2014)

Principe

De stroomcoëfficiënt van een granulaat is de tijd, uitgedrukt in seconden, die een gespecificeerd volume granulaat nodig heeft om onder gespecificeerde omstandigheden door een bepaalde opening te stromen, waarbij gebruik wordt gemaakt van een standaardapparaat.

Proefstukken

Grind

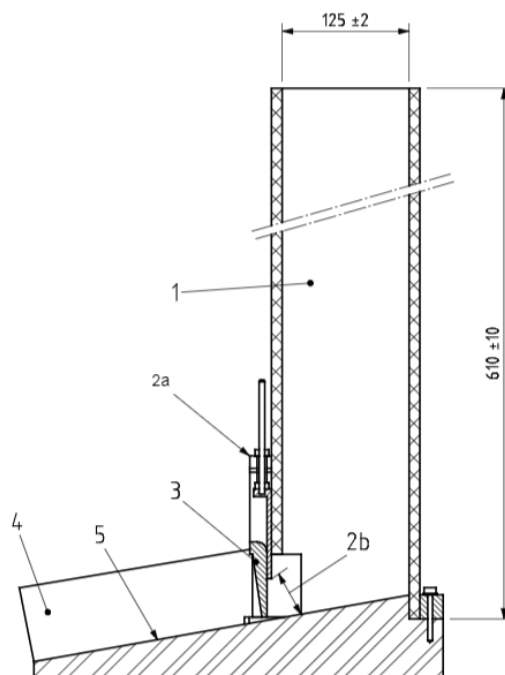
Elementaire toeslagstoffen met korrelmaten 4/6,3 mm, 6,3/10 mm, 10/14 mm, 4/10 mm of 4/20 mm. Selecteer de elementaire granulaatklasse die het grootste gedeelte van de granulaatklasse vertegenwoordigt. De massa van het proefmonster moet gelijk zijn aan 50 g tot $10.000 \frac{\rho_p}{2,7} \text{ g}$, waarbij ρ_p de voorgedroogde dichtheid [Mg/m^3] van het granulaat is.

Zand

De massa van het proefmonster 0,063/2 mm moet gelijk zijn aan 2 g tot $1000 \frac{\rho_p}{2,7} \text{ g}$ waarbij ρ_p de voorgedroogde dichtheid in Mg/m^3 van het zand is.

Testprocedure voor grind

- Bereid het LRPC 6,3/10 referentiegrind voor door het te zeven tot $(5000 \pm 10) \text{ g}$ van 6,3/8 en 8/10. Meng vervolgens de twee fracties.
- De stroomassemblage (Figuur 59) wordt op een triltafel geplaatst die ten minste 5 minuten voor het uitvoeren van de proef in beweging is gebracht.
- De sluiteroening is $(42 \pm 0,2) \text{ mm}$, behalve in het geval van de 4/20-fractie waar deze $(60,0 \pm 0,2) \text{ mm}$ is en in het geval dat de met het referentiemateriaal verkregen gemiddelde waarde te veel afwijkt van de stroomtijd van het referentiemateriaal (100 s voor LRPC). De sluiters is gesloten.
- Plaats het monster en open de sluiters $(20 \pm 5) \text{ s}$ later.
- Laat 1 kg granulaat vloeien, start de stopwatch en stop de stopwatch wanneer $1 + 7 \frac{\rho_p}{2,7} \text{ kg}$ granulaat is gevloeid. Noteer deze stroomtijd tot op 0,1 s nauwkeurig.
- Herhaal de test 5 keer.



Figuur 59. Stroomassemblage. 1 = monsterdrager buis, 2a = luik, 2b = verstelbare opening van (40 ± 1) mm tot (60 ± 1) mm, 3 = mobiele afsluiter, 4 = stroomdoorgang en 5 = helling van $(10,0 \pm 0,5)^\circ$. Afmetingen in [mm].

Formule

De stroomcoëfficiënt van toeslagmaterialen (E_c), afgerond tot op de dichtstbijzijnde seconde, wordt berekend via:

$$E_c = E_{cm} + (E_R - E_{ce})$$

met:

E_{cm} de gemiddelde stroomtijd van het testmonster [s]

E_R de stroomtijd van het referentiemateriaal, gesteld op 100 s voor het referentiemateriaal LRPC .

E_{ce} de gemiddelde stroomtijd van het referentiemonster [s]

Opmerkingen

- De procedure verschilt voor het zand. De stroomtijd van het referentiezand bedraagt 32 seconden. Een apparaat moet worden toegevoegd en de tijd die nodig is om het hele monster te laten stromen wordt bepaald.
- Waarden voor r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de nauwkeurigheid van de meting worden gegeven in de norm.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar bij het NBN.

NBN EN 933-9 Beoordeling van fijn materiaal - Methyleenblauwproef (2009+A1 2013)

Principe

Dosissen van een methyleenblauwoplossing worden achtereenvolgens toegevoegd aan een suspensie van het testmonster van fijn zand of fijne deeltjes in water. De adsorptie van de gekleurde oplossing door het proefmonster wordt na elke toevoeging van de oplossing gecontroleerd door een spottest op filterpapier uit te voeren op de aanwezigheid van vrije kleurstof.

Wanneer de aanwezigheid van vrije kleurstof wordt bevestigd, wordt de methyleenblauwwaarde (MB in het geval van de 0/2 mm-fractie of MBF in het geval van de 0/0,125 mm-fractie) berekend.

Proefstukken

Twee deelmonsters van ten minste 200 g van de 0/2 mm-fractie of $(30 \pm 0,1)$ g van de 0/0,125 mm droge fractie.

Testprocedure

- Bepaal het vochtgehalte van een deelmonster na drogen bij (110 ± 5) °C tot constante massa en controleer of de herberekende, gedroogde tweede portie M_1 ten minste 200 g bedraagt in het geval van de 0/2 mm-fractie.
- Bereid de suspensie door (500 ± 5) ml gedemineraliseerd water aan het proefmonster toe te voegen en schud gedurende vijf minuten bij (600 ± 60) omwentelingen per minuut.
- Voeg 5 ml kleurstofoplossing toe, schud gedurende ten minste 1 minuut bij (400 ± 40) omwentelingen per minuut en voer een spottest uit. Bij deze test wordt een druppel suspensie genomen waardoor een neerslag met een diameter tussen 8 en 12 mm ontstaat. Als een kring van ongeveer 1 mm blijft bestaan, is de test positief.
- Indien de test negatief is, herhaal dan de bovenstaande procedure totdat de kring gedurende 5 minuten zichtbaar blijft. Als de kring gedurende 4 minuten zichtbaar blijft, voeg dan 2 ml kleurstofoplossing toe.
- Indien de hoeveelheid fijn stof in het proefmonster geen kring oplevert, voeg dan een bekende hoeveelheid kaoliniet toe.

Formule

De methyleenblauwwaarde (MB), tot op 0,1 g kleurstof per kg 0/2 mm fractie nauwkeurig, wordt bepaald door

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10$$

met:

M_1 de massa van het proefmonster [g]

V_1 het totale volume van de toegevoegde kleuroplossing [ml]

Bij toevoeging van kaoliniet moet het volume van de door het kaoliniet geabsorbeerde oplossing worden afgetrokken van het totale volume van de toegevoegde kleuroplossing. De formule voor het verkrijgen van MBF is vergelijkbaar.

Opmerkingen

- In de norm worden geen waarden voor r (herhaalbaarheid) of R (reproduceerbaarheid) gegeven om de nauwkeurigheid van de meting te beoordelen
- Er is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar bij het NBN.

Beproevingsmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslaagmaterialen (2013) - humusgehalte

Principe

Het humusgehalte wordt geschat aan de hand van de kleur die ontstaat wanneer een proefmonster in een natriumhydroxideoplossing wordt geroerd. Deze methode is gebaseerd op het feit dat humusachtig materiaal een donkere kleur krijgt door reactie met NaOH. De kleur wordt vergeleken met die van een standaardoplossing.

Proefstukken

De minimum massa deelmonster dat beproefd moet worden is afhankelijk van de maximale nominale diameter van het granulaat (Tabel 84).

Maximale nominale diameter van het granulaat [mm]	Minimum massa deelmonster [kg]
63	50
45	35
31,5	15
22,4 of minder	5

Tabel 84. De minimum massa deelmonster in functie van de maximale nominale diameter van het granulaat.

Testprocedure

- Droog het deelmonster bij $(40 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Zeef het monster op een zeef met een maaswijdte van 4 mm en bewaar de achtergehouden fractie op de zeef.
- Giet in een glazen fles van 450 ml (met een uitwendige diameter van 70 mm) een 3 % NaOH-oplossing tot een hoogte van 80 mm.
- Giet de testpartij totdat de hoogte van het granulaat en de oplossing 120 mm bedraagt.
- Schud de fles om de luchtballen te laten ontsnappen, sluit de fles en schud gedurende 1 min.
- Vergelijk na 24 uur de kleur met die van de standaardoplossing.

Opmerkingen

- Waarden voor r (herhaalbaarheid) en R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de nauwkeurigheid van de meting worden gegeven in de norm.
- Er is geen Nederlandse versie van de norm beschikbaar bij het NBN.

Principe

De norm NBN EN 1097-1 beschrijft de micro-Deval proefmethode ter bepaling van de weerstand tegen afslijting van een monster granulaten. In de proef wordt een monster met een opgelegde korrelverdeling (10/14) samen met water en stalen kogels in een draaiende cilinder geplaatst (Figuur 60). De granulaten zijn hierdoor onderhevig aan slijt. De micro-Deval coëfficiënt wordt berekend op basis van het percentage granulaten dat na de proef op de zeef van 1,6 mm blijft liggen. Hoe kleiner de micro-Deval waarde, hoe bestendiger het granulaat is tegen afslijting.

Proefstukken

Twee kg granulaat tussen 10 en 14 mm wordt voorbereid. Dit monster zal in fracties ontbonden worden en een nieuw samengesteld monster met voor gedefinieerde zeefcurve zal uit deze fracties gevormd worden. Dit nieuwe labomonster wordt beperkt tot (500 ± 2) g.



Figuur 60. De micro-Deval proefopstelling.

Uitvoering

Samen met 5 kg aan stalen kogels en 2,5 l water wordt het labomonster in een stalen molen gebracht. Deze volledig genormaliseerde molen, die aan de binnenzijde volledig glad is, laat men 12000 omwentelingen maken aan een snelheid 100 toeren per minuut.

Na deze omwentelingen zeeft men het (gedroogde) monster af op een 1,6 mm zeef. De hoeveelheid massa die op deze zeef weerhouden wordt is een maat voor de weerstand tegen afslijting.

Formule

De micro-Deval waarde, tot op 0,1 nauwkeurig uitgedrukt, wordt berekend via

$$M_{DE} = \frac{500 - m}{5}$$

Met:

M_{DE} de micro-Deval waarde

m Zeefrest [g] weerhouden op zeef van 1,6 mm

Enkele bijzonderheden

- Bijlage A beschrijft de beproeving van spoorwegbalast.
- De proef kan eveneens uitgevoerd worden in droge vorm. Dit wordt beschreven in bijlage B.
- Bijlage C breidt de proef uit tot andere granulometrische klassen. De proef kan eveneens uitgevoerd worden op de granulometrische klassen 4 tot 6,3 mm, 6,3 tot 10 mm, 8 tot 11,2 mm en 11,2 tot 16 mm. Wanneer de micro-Deval proef op dergelijke alternatieve granulometrische klassen wordt uitgevoerd, moet dit omwille van de interpretatie achteraf wel duidelijk vermeld worden in het proefverslag. Granulaten kunnen immers verschillende resultaten geven in functie van de diverse granulometrische klassen.
- Behalve bijlage A is de versie van 2011 niet verschillende van deze van 1996. Bijlage C werd gepubliceerd in 2003 als een aanvulling op de toenmalige norm.

Opmerking

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage D.

NBN EN 1097-2

Methoden voor het bepalen van de weerstand tegen fragmentatie (2020)

Principe

De norm beschrijft twee verschillende proefmethoden der bepaling van de weerstand tegen verbrijzeling van een monster granulaten.

De eerst beschreven methode is de Los Angeles (LA) proef (Figuur 61). Deze proef is de referentiemethode en wordt gebruikt in geval van geschillen of voor initiële typetesten. In deze proef wordt een monster met opgelegde granulometrie (10/14) samen met stalen kogels in een draaiende trommel gebracht. Aan de binnen zijde van deze trommel is in radiale richting een stalen plaat bevestigd. De proef wijkt dus omwille van deze plaat principieel af van de micro-Deval-proef (NBN EN 1097-1). Net zoals bij de micro-Deval-proef wordt het monster naderhand op 1,6 mm afgezeefd.

Een tweede beschreven methode is de impactfragmentatieproef. Een monster met opgelegde granulometrie (8/12,5) wordt in een mal geplaatst waarna het automatisch op genormaliseerde wijze 10 hamerslagen van 50 kg krijgt. Hierna wordt de fractie kleiner dan 8 mm bepaald. Deze is een maat voor de verbrijzelingsweerstand.

Proefstukken

Voor de LA-test moet ten minste 15 kg granulaat uit de klasse tussen 10 en 14 mm genomen worden. Dit monster wordt opgesplitst in fracties en uit deze fracties wordt een nieuw samengesteld monster met een vooraf gedefinieerde zeefcurve gevormd. Dit nieuwe proefstuk is gelimiteerd tot (5000 ± 5) g.

Voor de impactfragmentatietest wordt ten minste 5 kg van de korrelklasse tussen 8 mm en 10 mm genomen worden, en 2,5 kg van de klassen 10 tot 11,2 en 2,5 kg voor 11,2 tot 12,5. Het monster wordt weer ontleed in zeeffracties, waarna door recombinate van deze fracties een monster wordt geprepareerd. Het monster zal bestaan uit 50 m% van de 8/10 mm fractie, 25 m% van de 10/11,2 mm fractie en 25 m% van de 11,2/12,5 mm fractie. De totale massa van het proefstuk [kg] zal gelijk zijn aan 0,5 maal de werkelijke dichtheid van de toeslagmaterialen in $[\text{ton/m}^3]$. Drie monsters zullen worden getest.



Figuur 61. Draaiende trommel voor de Los Angeles (LA) proef.

Uitvoering

Voor de LA-proef worden de stalen kogels (4690 tot 4860 g) en het droge monster samen in de trommel gebracht. Deze volledig genormaliseerde trommel, die aan de binnenzijde bovendien voorzien is van een plaat in radiale richting, laat men 500 omwentelingen maken aan een snelheid van (32 ± 1) toeren per min. Na de omwentelingen zeeft men het (gedroogde) monster af op een 1,6 mm zeef. De hoeveelheid massa die op deze zeef weerhouden wordt is een maat voor de weerstand tegen afslijting.

Voor de uitvoering van de impactfragmentatieproef wordt het proefmonster in een genormaliseerde mal gebracht en krijgt het 10 slagen van een volledig genormaliseerde hamer. Dit gebeurt door de hamer, met een massa van 50 kg, van op 370 mm boven het monster in vrije val te brengen. Aangezien het monster onderhevig is aan de proef, zal de absolute hoogte van de hamer na iedere slag dienen bijgesteld te worden. Na de hamerslagen wordt het monster afgezeefd over zeven van 8, 5, 2, 0,63 en 0,20 mm. De som van de percentages in massa van de zeefdoorvallen zijn een maat voor de weerstand tegen verbrijzeling.

Formule

Los-Angeles proef

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

met

LA Los-Angeles waarde, afgerond tot op 1 nauwkeurig.

m Zeefrest [g] weerhouden op 1,6 mm

Impactfragmentatieproef

$$SZ = \frac{M}{5}$$

SZ De impact waarde [%] tot op 0,01% nauwkeurig

M De som van de percentages [m%] van de zeefdoorvallen voor elk van de 5 zeven

De gemiddelde SZ-waarde wordt tot op 0,1 % nauwkeurig bepaald.

Enkele bijzonderheden

- Sinds de versie van 2010 wordt een testprocedure beschreven voor gerecycleerde granulaten. Het betreft de klasse 16/32 mm.
- Sinds 2010 wordt in bijlage A een beschrijving gegeven van geschikte methoden voor ballastgranulaten voor het spoorwegnetwerk.

- De versie van de norm uit 2020 bevat een aantal andere wijzigingen ten opzichte van de 2010 versie, zoals:
 - De L_{ARB}-definitie voor de Los Angeles-coëfficiënt voor spoorwegballast.
 - Verwijdering van de eisen voor kogeldiameter toleranties.
 - De eis van een bepaalde hardheid voor de kogels.
 - Vervanging van droging bij $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ door droging bij $(40 \pm 5) ^\circ\text{C}$ voor warmtegevoelige gerecyclede granulaten.

Opmerking

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage E.

Bepaling van de dichtheid van onverdicht materiaal en het gehalte aan holle ruimten (1998)

Principe

De norm beschrijft een methode voor de bepaling van de dichtheid van onverdicht materiaal en het gehalte aan holle ruimte. Hiervoor wordt een vat met gekend volume gevuld met het te beproeven materiaal. Zonder dit materiaal te verdichten wordt het vat tot aan de rand gevuld en afgestreken. De verhouding tussen de massa aan granulaat en het volume van het vat geeft de dichtheid van het onverdicht materiaal.

Proefstukken

Drie proefmonsters conform NBN prEN 932-2 dienen verkregen te worden. Het granulaat moet bij 105 tot 115 °C gedroogd worden totdat de massa constant is. De massa van het proefmonster bedraagt 1,2 tot 1,5 maal de massa nodig om het vat te vullen.

Voor lichtgewichtgranulaat dient men het monster na het drogen bij 105 tot 115 °C eerst in evenwicht te laten komen met een gestandaardiseerde omgeving van (23 ± 5) °C en (50 ± 10) % RV.

Uitvoering

Afhankelijk van het kaliber van het granulaat wordt een minimale inhoud voor het te gebruiken vat vooropgesteld. De massa van dit lege, schoon en droog vat wordt bepaald waarna het vat op een horizontale ondergrond wordt geplaatst en gevuld wordt met het granulaat op een zodanig wijze dat ontmenging wordt vermeden. Na het vullen worden de resten van het granulaat aan de bovenkant van het vat verwijderd en verspreid men het granulaat over dit oppervlak zo gelijkmatig mogelijk. Het oppervlak wordt tevens afgestreken met een liniaal, of indien niet anders kan, met de hand.

De massa van het gevulde vat wordt bepaald en genoteerd.

Per te testen granulaatmonsters dient deze proef op 3 proefmonsters uitgevoerd te worden.

Formule

Dichtheid onverdicht materiaal

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

met

ρ_b Dichtheid van onverdicht materiaal [ton/m³]

m_1 Massa van het lege vat [kg]

m_2 Massa van het vat en het proefmonster [kg]

V Inhoud van het vat [L]

De dichtheid van het onverdicht materiaal wordt geregistreerd als het gemiddelde van de drie waarden, afgerond tot op twee decimalen na de komma voor normale toeslagmaterialen en op drie decimalen na de komma voor lichtgewichtmaterialen.

Percentage holle ruimten

Tevens wordt in de norm de mogelijkheid geboden het percentage aan holle ruimten te bepalen, mits de ovengedroogde dichtheid van het granulaat conform NBN EN prEN1097-6 gekend is. De volgende formule kan gebruikt worden:

$$v = \frac{\rho_p - \rho_b}{\rho_p}$$

v Percentage aan holle ruimten [vol %]

ρ_b Dichtheid van het onverdicht materiaal [ton/m³]

ρ_p Ovengedroogde dichtheid van de deeltjes conform NBN EN 1097-6 [ton/m³]

Enkele bijzonderheden

- De norm is van toepassing op natuurlijke en kunstmatige granulaten met een maximum afmeting van 63 mm.
- Bijlage A beschrijft de bepaling van de schijnbare bulkdichtheid van vulstoffen in kerosine.

Opmerking

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage C.

Principe

De norm beschrijft een methode ter bepaling van de holle ruimten in droge, verdichte vulstof (filler). Hiervoor wordt een recipiënt gevuld met het te beproeven materiaal waarna het volgens een genormaliseerde methode verdicht wordt. Zowel de massa van het monster als de hoogte na verdichting worden afgelezen. Door gebruik te maken van de reële volumieke massa van de filler (NBN EN 1097-7), wordt het intergranulaire poreusheidspercentage van de filler berekend rechtstreeks uit het percentage aan holle ruimten.

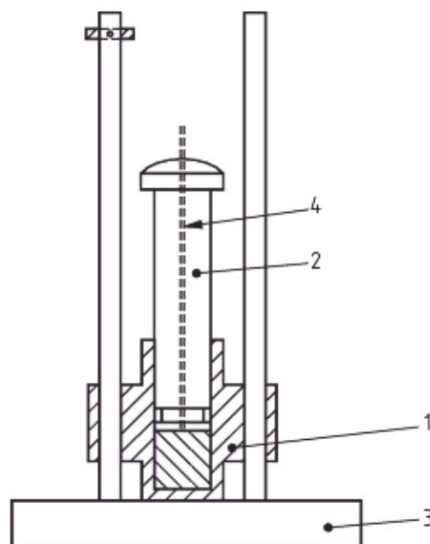
Proefstukken

Het proefmonster dient over een minimale massa te beschikken van minstens 150 g. Dit dient gedroogd te worden bij $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa waarna men het minstens 90 minuten laat afkoelen in een exsiccator. Eventuele agglomeraten dienen met een spatel verpulverd te worden en onder het overige fillermateriaal vermengd te worden.

Uitvoering

De reële volumieke massa van de filler conform NBN EN 1097-7 dient vooraf aan de proef bepaald te zijn.

Het gehele testapparaat (mobiel gedeelte zonder piston; zie Figuur 62) wordt vooraf bij aanvang gewogen. Ook de nul-hoogte van de dieptereceptor moet vooraf ingesteld worden, rekening houdend met filterpapier in de cilinder.



Figuur 62. Schematische weergave van het testapparaat. 1 = vallend blok, 2 = piston, 3= basisplaat, 4 = tarra boring.

Filler met een massa van (10 ± 1) g wordt in de cilinder gebracht en gelijkmatig uitgespreid door zachtjes met het apparaat op/tegen de tafel te tikken. Hierna wordt het filtreerpapier op de filler geplaatst en wordt de piston zachtjes aangedrukt.

De met filler gevulde cilinder wordt vervolgens samen met de piston langs de geleidingsrails opgeheven tot maximale steun. Hierna laat men het geheel vallen. Deze beweging wordt 100 maal uitgevoerd met intervallen van ongeveer 1 seconden. De bewegingen doen de vulstof verdichten.

Na deze 100 cycli wordt de massa van het geheel bepaald en de hoogte van de kolom, gevuld met vulstof, opgemeten. De massa van de gecompacteerte filler wordt berekend door de massa van het geheel te verminderen met de massa van het lege testtoestel.

Bovenstaande beproeving dient steeds drie keer uitgevoerd te worden en steeds moet een verschillend proefmonster gebruikt worden.

Formule

$$v = \left(1 - \frac{4 \times 10^3 \times m_2}{\pi \times \alpha^2 \times \rho_f \times h} \right) \times 100$$

met:

v Intergranulaire poreusheid [vol. %]

ρ_f Reële volumieke massa van de filler conform NBN EN 1097-7 [ton/m³]

m_2 Massa van de gecompacteerte vulstof [g]

h Hoogte van de gecompacteerte vulstof [mm]

α Binnendiameter van de holle cilinder [mm]

Het uiteindelijk resultaat, de holle ruimten van de verdichte filler, wordt genoteerd als het gemiddelde over de drie meetwaarden afgerond tot op 1 vol. % nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage A.

Bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven (2008)

Principe

De norm beschrijft een methode voor de bepaling van het totale watergehalte per eenheid droge stof van een granulaatmonster. Het water kan zowel afkomstig zijn uit de poriën van het granulaat als vanop de oppervlakte van het granulaat. Dit gebeurt door het monster voor en na droging bij 110 °C te wegen. Het massaverschil in verhouding tot de massa aan ovdroge granulaten is het watergehalte.

Proefstukken

De massa van het monster [kg] dient minstens 0,2 maal de maximale korrelgrootte [mm] te zijn. Dit echter met een minimum van 0,2 kg.

Uitvoering

Het testmonster met gekende (vochtige) massa wordt uitgespreid op een schaal en gedroogd in een geventileerde oven bij (110 ± 5) °C tot constante massa. Dit is wanneer de massa van de inhoud van de schaal minder dan 0,1 m% wijzigt per uur.

In het geval van fijne granulaten is het toegelaten het monster tijdens het drogingsproces met behulp van bv. een spatel om te roeren om verdamping van water te vergemakkelijken. De spatel dient echter wel steeds in het recipiënt gelaten te worden om zo geen deeltjes te verliezen.

Formule

$$W = \frac{M_1 - M_3}{M_3} \times 100$$

met:

W Watergehalte [m%], tot op 0,1 m% nauwkeurig

M₁ Monstermassa in vochtige toestand [g]

M₃ Monstermassa na droging [g]

Enkele bijzonderheden

- Bijlage A beschrijft de beproeving voor lichtgewichtgranulaten.
- Bijlage B beschrijft de een rekenvoorbeeld

Opmerking

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage C.

NBN EN 1097-6

Bepaling van de dichtheid van de deeltjes en van de wateropname (2013)

Principe

De norm beschrijft een methode voor de bepaling van de volumieke massa van granulaten en hun waterabsorptie. De massa van de granulaten wordt bepaald door weging in verzadigde droge toestand en ovendroge toestand. Het volume van de granulaten wordt bepaald via een vloeistofverplaatsing. De verhouding van de massa van de granulaten tot hun volume geeft hun dichtheid.

Voor granulaten tussen 31,5 mm en 63 mm dient de “wire-basket” methode toegepast te worden.

Voor granulaten tussen 4 mm en 31,5 mm dient de pyknometer-methode toegepast te worden. Een afgeleide hiervan, maar steunend op dezelfde ideeën, dient toegepast te worden indien de granulaten kleiner zijn dan 4 mm maar groter dan 63 μm .

Proefstukken

De keuze van de proefmethode hangt af van de granulometrische klasse. Indien de granulaten uit meerdere granulometrische klassen bestaan, is het nodig om het monster op te splitsen in verschillende klassen: van 0,063 mm tot 4 mm, van 4 mm tot 31,5 mm, van 31,5 mm tot 63 mm. Het percentage vertegenwoordigd door elke klasse moet opgenomen worden in het proefverslag. De monsters dienen vooraf gewassen en gedroogd te zijn.

31,5 mm tot 63 mm

De minimale monstername is afhankelijk van de maximale granulatengrootte en bedraagt 15 kg voor D_{max} 63 mm en 7 kg voor $D_{\text{max}} \leq 45$ mm.

4 mm tot 31,5 mm

De minimale monstername is afhankelijk van de maximale granulatengrootte en bedraagt 5 kg voor D_{max} 31,5 mm, 2 kg voor D_{max} 16 mm en 1 kg voor D_{max} 8 mm.

4 mm tot 0,063 mm

De minimale monstergrootte bedraagt 1 kg.

Voor de andere afmetingen kan de minimale massa van het monster bepaald worden door interpolatie.

Uitvoering

31,5 mm tot 63 mm

De massa van de lege mand in het water is de massa M_3 . De granulaten worden in een mand geplaatst dewelke ondergedompeld wordt in water. Vijfentwintigmaal wordt de mand in en uit het water gehaald zodat luchtballen verwijderd worden van de granulaten.

Men laat gedurende 24 uur de granulaten rusten onder water waarna men de granulaten onder water weegt (M_2). Hierna wordt het monster uit het water genomen en gedroogd met een doek tot de oppervlakte gedroogd is. Directe warmte en/of zonlicht dient steeds vermeden te worden. Opnieuw wordt de massa bepaald (M_1).

De massa van de ovendroge ($(110 \pm 5)^\circ\text{C}$) granulaten tot een constante massa is massa M_4 .

4 mm tot 31,5 mm

Het monster wordt in een pyknometer onder water gebracht waarna men het gedurende 24 uur laat rusten. Na de absorptieperiode wordt de pyknometer gevuld met water en afgesloten. Hierdoor wordt een constant volume ingesloten. De buitenzijde van het recipiënt wordt afgedroogd en het geheel wordt met een balans gewogen (M_2). Naderhand wordt het monster uit de pyknometer gehaald en wordt de pyknometer volledig gevuld met water waarna het opnieuw gewogen wordt. De massa M_3 wordt bepaald. De massa in de lucht van de verzadigde, oppervlakedroge granulaten is de massa M_1 . Het monster wordt gewogen na een droogperiode tot 'oppervlakte droog' en na een droging in een oven bij $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Minder dan 4 mm

Bovenstaande handeling voor 4/31,5 wordt gehanteerd met uitzondering van de droging op een doek tot 'oppervlakte droog'. De granulaten worden om ze oppervlakte droog te maken immers uitgespreid op een schaal en verwarmd met een luchtstroom. Om ervoor te zorgen dat het drogen van het oppervlak bereikt wordt, gebruikt men een mal in de vorm van een afgeknotte kegel. Hiertoe worden de granulaten in een conische vorm geplaatst die met zijn grootste diameter naar beneden gericht is. Na het opheffen van de mal zullen de deeltjes zich verspreiden of hun vorm behouden afhankelijk van hun vochttoestand.

Formules

Vier verschillende formules worden gedefinieerd met:

- ρ_w Densiteit van water op de temperatuur waarop M_2 bepaald is [Mg/m^3]
- M_1 Massa van het gesatureerde en oppervlakedroge granulaten in lucht [g]
- M_2 Schijnbare massa in water van de mand en gesatureerde granulaten [g]
- M_3 Schijnbare massa in water van de lege mand [g]
- M_4 Massa van de ovendroge granulaten in lucht [g]

1. De waterabsorptie als een percentage van de droge massa na 24 uur absorptie.

$$WA_{24} = \frac{100x(M_1 - M_4)}{M_4}$$

2. De absolute volumieke massa (ρ_a)

De absolute volumieke massa (ρ_a) is de verhouding van de massa van het ovendroge monster en het volume dat het bezet in het water inclusief de gesloten poriën maar met uitsluiting van deze toegankelijk voor het water.

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

De reële volumieke massa (ρ_{rd}) bepaald na droging in de oven

De reële volumieke massa (ρ_{rd}) is de verhouding van de massa van het ovendroge monster en het volume dat het bezet in water inclusief de gesloten poriën en deze toegankelijk voor het water.

$$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

De verzadigde reële volumieke massa met droog oppervlak (ρ_{ssd})

De verzadigde reële volumieke massa met droog oppervlak (ρ_{ssd}) is de verhouding van de massa van een granulaatmonster, inclusief de massa van het water aanwezig in de watertoeegankelijke poriën, en het volume dat het bezet in water inclusief de gesloten poriën en deze toegankelijk voor water.

$$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

De volumieke massa's worden allen uitgedrukt tot op 0,01 Mg/m³ terwijl de waterabsorptie genoteerd wordt tot op 0,1 %.

Enkele bijzonderheid

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage E.

NBN EN 1097-7

Bepaling van de dichtheid van vulstof - Methode met pyknometer (2008)

Principe

De methode met de pyknometer is een gebruikelijke methode die toelaat het volume te bepalen van de monsters met een onregelmatige vorm, zoals granulaten. Wanneer de massa van het monster gekend is, kan de volumieke massa berekend worden.

Het principe is gebaseerd op het vervangen van een bepaalde hoeveelheid vloeistof met gekende volumieke massa door de monsters. Een pyknometer met gekend volume die de monstername bevat wordt gevuld met vloeistof. Het volume van deze vloeistof wordt berekend door de verhouding van de massa van de bijkomende vloeistof ten opzichte van de volumieke massa van de vloeistof. Het volume van de monsters wordt vervolgens berekend door het verschil van dit volume met het volume van de pyknometer.

Proefstukken

Drie afzonderlijke monsters van minstens 50 g dienen bij 110 °C gedroogd te worden tot constante massa. Na afkoeling worden agglomeraten verpulverd met een spatel en vermengd onder het staal. Dit monster wordt voor beproeving gezeefd over een 0,125 mm zeef. Enkel de zeefdoorval wordt verder gebruikt.

Uitvoering

De droge, propere pyknometer wordt gewogen (m_0) waarna (10 ± 1) g monster ingebracht wordt, de pyknometer gevuld wordt en opnieuw gewogen (m_1) wordt. De gekozen vloeistof wordt toegevoegd tot dat het monster onder staat. Dit geheel laat men minstens 30 minuten rusten onder vacuüm in een droger.

Vervolgens wordt het geheel in een waterbad bij ($25 \pm 0,1$) °C gebracht en volledig gevuld met de gekozen vloeistof. Na één uur wordt de pyknometer gesloten, afgedroogd aan de buitenzijde en gewogen (m_2).

Formule

$$\rho_f = \frac{m_1 - m_0}{V - \frac{m_2 - m_1}{\rho_l}} \times 100$$

met:

ρ_f Reële volumieke massa van de vulstof bij 25 °C [Mg/m³]

ρ_l Volumieke massa van de vloeistof bij 25 °C in [Mg/m³]

m_0 Massa van de lege pyknometer met stop [g]

m_1 Massa van de pyknometer en filler [g]

m_2 Massa van de pyknometer met filler en volledig gevuld met vloeistof [g]

V Het volume van de pyknometer [ml]

Het resultaat wordt uitgedrukt als het gemiddelde van drie metingen tot op 0,01 Mg/m³ nauwkeurig.

Enkele bijzonderheden

- Bijlage A beschrijft de beproeving voor de bepaling van het volume van de pyknometer.
- Bijlage B beschrijft de beproeving voor het bepalen van de dichtheid van een willekeurige vloeistof.

Opmerking

De norm vermeldt waarde van r (herhaalbaarheid) of van R (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid in bijlage C.

NBN EN 1097-8

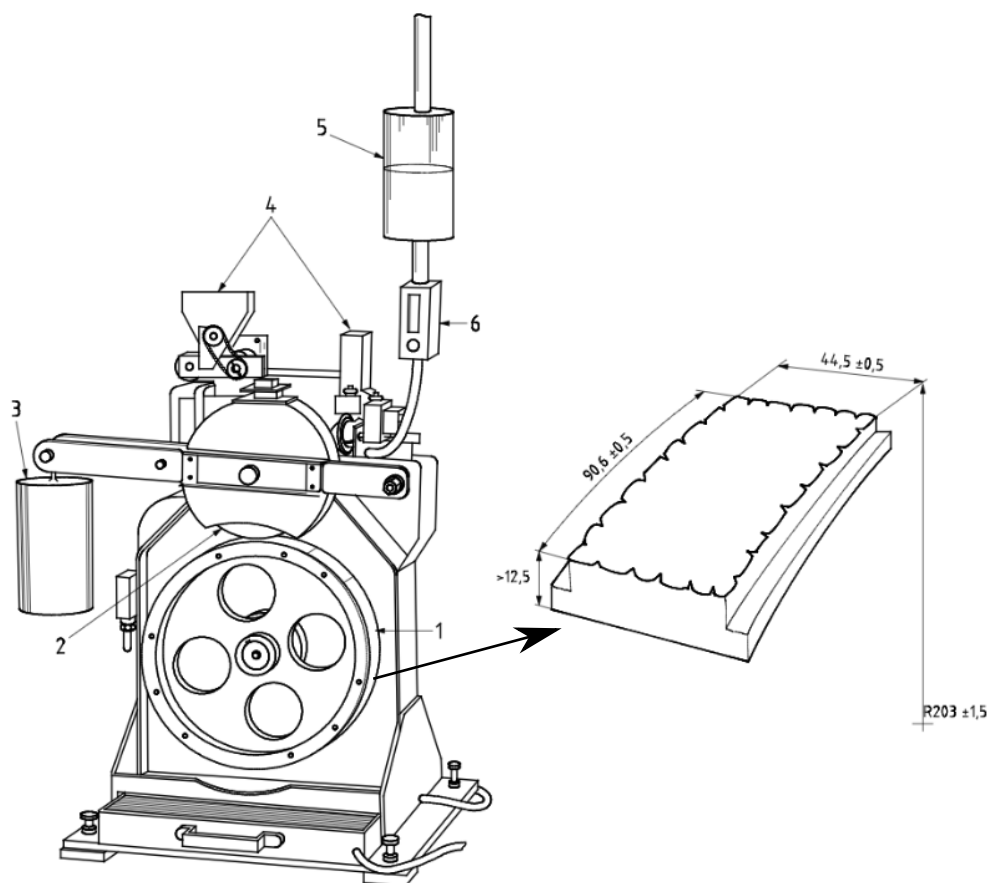
Bepaling van de waarde van gepolijste stenen (2020)

Principe

De beproeving gebeurt in twee verschillende fasen. In een eerste fase wordt het te beproeven granulaat gepolijst op genormaliseerde wijze. In een tweede fase wordt daarna gemeten welk effect deze polijsting heeft op de wrijvingscoëfficiënt.

Proefstukken

Minstens 2 kg granulaat dient voorhanden te zijn. Het monster wordt fractioneel gezeefd totdat het materiaal doorheen een vierkante 10 mm zeef valt en weerhouden wordt op een 7,2 x 40 mm² zeef. De steentjes van dit monster worden in één laag geschikt in een, speciaal voor dit doel ontworpen, mal waarna met fijn zand de kleine overblijvende holtes gevuld worden. Na het vullen van de mal wordt het monster gefixeerd met hars. Het resultaat is een vormgegeven en stijve gebogen plaat met aan de buitenzijde (de bolle kant) de te beproeven steentjes.



Figuur 63. Schematische weergave van een typisch versnelde polijstingsmachine met detail van een proefmonster. Afmetingen in [mm]. 1 = wiel, 2 = vast rubberen wiel, 3 = gewicht, 4 = invoermechanisme, 5 = waterinvoer, 6 = debietmeter.

Uitvoering

Fase 1: Versnelde polijsting van het monster

Het monster wordt bevestigd in het wiel van het versnelde polijstingsmachine dat met constante snelheid wordt geroteerd (Figuur 63). Tegen dit wiel wordt onder constante druk met behulp van een gewicht een tweede wiel uit rubber gemonteerd.

Tevens wordt water en slijpsteenpoeder gevoed aan de proefopstelling. Deze actie wordt tweemaal uitgevoerd: eenmaal met grove slijpsteenkorrels en eenmaal met fijnere slijpsteenpoeder en waarbij eveneens het rubberwiel verschillend is. Tussentijds wordt het monster verwijderd en gewassen om alle restanten van de grove slijpsteenkorrels te verwijderen. Deze twee cycli resulteren in een gepolijst beproevingsoppervlak. De proef wordt twee keer herhaald met twee monsters bestaande uit de te testen granulaten en met twee monsters bestaande uit referentiegranulaten.

Fase 2: Beproeving van de wrijvingscoëfficiënt

Alvorens de wrijvingscoëfficiënt van het monster te bepalen wordt deze proef uitgevoerd op een referentiesteen. Deze steen met welgekende wrijvingscoëfficiënt wordt gebruikt ter controle van het meetsysteem.

De meting op het proefstuk en de referentiesteen gebeurt steeds in bevochtigde toestand en gebeurt door een slinger met een genormaliseerd rubber over de steen te laten slingeren/glijden. De kinetische energie van de slinger wordt tijdens het geleidingsproces deels gedispergeerd. Hierdoor zal de slinger, eenmaal aan de andere zijde van het proefstuk, minder kinetische energie omzetten in potentiële energie. De resterende potentiële energie wordt opgemeten door de ultieme hoogte of hoek van de slinger te noteren. Dit laatste wordt opgemeten in de vorm van een dimensieloze grootte "S" voor de te beproeven granulaten of "C" voor de referentiegranulaten. De S of C waarde verlaagd naarmate de slinger hoger eindigt.

Formule

$$PSV = S + 56 - C$$

Met:

- | | |
|-----|--|
| PSV | Polijstwaarde of 'Polished Stone Value', afgerond op dichtste gehele getal |
| S | Gemiddelde waarde van de vier te beproeven granulaatmonsters |
| C | Gemiddelde waarde van de vier PSV-referentiegranulaatmonsters |

Enkele bijzonderheden

- Bijlage A beschrijft de bepaling van de AAV-waarde “*aggregate abrasion value*”.
- Bijlage B beschrijft een controle op het slijpsteenmateriaal.
- Bijlage C beschrijft de ijking van de polijstmachine
- Bijlage D beschrijft de ijking van de wrijvingsslinger.
- Bijlage E (nieuwe normatieve bijlage van de 2020-versie van de norm) omvat de voorbereiding van de referentiegranulaten.

Opmerking

- In de nieuwste versie van de norm uit 2020 wordt geen waarde meer genoemd voor *r* (herhaalbaarheid) of *R* (reproduceerbaarheid) omdat de methode aanzienlijk is aangepast om nauwkeuriger te worden.
- De nauwkeurigheid voor de totale slijtagewaarde (AAV-waarde) wordt gegeven in bijlage F.

NBN EN 1097-10

Bepaling van de waterzuighoogte (2014)

Principe

Men brengt een monster van droog granulaat in een verticale buis en plaatst dit in direct contact met vrij water zodat het granulaat het water kan opzuigen. Wanneer een evenwicht bereikt wordt, wordt de zuighoogte bepaald door het verschil in het vochtgehalte in het monster. Vermits de zuighoogte beïnvloed kan worden door de relatieve vochtigheid en de droge schijnbare volumieke massa van het granulaat, worden het hygroscopische vochtgehalte en de droge schijnbare volumieke massa tegelijkertijd aan deze proef opgemeten.

Proefstukken

De grootte van het monster is afhankelijk van de maximale korrelgrootte van het granulaat. In Tabel 85 vindt men de minimale testvolumes in functie van de maximale korrelgrootte terug.

Maximale korrelgrootte D [mm]	Minimaal volume voor het monster [l]	
	Bepaling van het maximale hygroscopische vochtgehalte	Bepaling van de schijnbare droge volumieke massa en de waterzuighoogte
8	0,25	3,0
10	0,25	3,0
16	0,25	3,5
20	0,5	3,5
32	1,0	5,0

Tabel 85. De grootte van het proefmonster in functie van de maximale korrelgrootte van het granulaat.

De minimale afmetingen van het gebruikte materieel zijn ook afhankelijk van de korrelgrootte van het granulaat (Tabel 86).

Maximale korrelgrootte D [mm]	Minimale inwendige diameter van de buis [mm]	Minimale inwendige oppervlakte van de bodem van de vocht-container [m ²]
8	125	0,04
10	125	0,04
16	140	0,04
20	140	0,05
32	170	0,08

Tabel 86. Minimale afmetingen van het gebruikte materieel in functie van de korrelgrootte van het granulaat.

Uitvoering

Bepaling van het maximale hygroscopische vochtgehalte

Een glazen recipiënt (150 ml) met een verzadigde kaliumsulfaatoplossing wordt in het midden van de vocht-container geplaatst. Het monster wordt gelijkmatig verdeeld over het resterend oppervlak van de container waarna de container afgesloten wordt.

Na een testduur gelijk aan die van de bepaling van de waterzuighoogte wordt het monster uit de container gehaald en gewogen (M_{hyg}).

Hierna wordt het monster gedroogd bij $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa (NBN EN 1097-5) en gewogen (M_{hygd}).

Het maximale vochtgehalte (W_{hyg}) [%], tot op 0,1% nauwkeurig, wordt berekend aan de hand van volgende formule:

$$W_{\text{hyg}} = \frac{M_{\text{hyg}} - M_{\text{hygd}}}{M_{\text{hygd}}} \times 100$$

Bepaling van de waterzuighoogte

Een verticale buis met een hoogte van 20 cm en kleine openingen onderaan wordt gevuld met het droge monster. De buis wordt geplaatst in een schotel waarvan het waterpeil constant wordt gehouden op 1 cm.

De massa van de volledige opstelling (het monster, de buis, de schotel en het water) wordt gemeten na de eerste vijf minuten in contact met het water en vervolgens na 24 uur, 48 uur, 72 uur, 168 uur en daarna elke 7 dagen.

De proef is afgelopen wanneer het verschil in massa na 7 dagen kleiner is dan $0,2 \text{ kg/m}^2$ zuigoppervlakte.

Het capillair opgezogen water, $W_c(t)$, wordt berekend als het verschil tussen de totale massa na t uren/dagen ($M_{\text{tot}}(t)$) [kg] en de totale massa na 5 minuten ($M_{\text{tot}}(5 \text{ min})$) [kg], per [m^2] zuigoppervlakte met d_t de binnendiameter van de buis.

$$W_c(t) = \frac{M_{\text{tot}}(t) - M_{\text{tot}}(5 \text{ min})}{\pi \left(\frac{d_t}{2}\right)^2}$$

Vervolgens stelt men een grafiek op van het watergehalte (W , t.o.v. de droge massa) van de verschillende lagen (dikte $> D$) in functie van de hoogte boven het waterpeil. Men zet tevens het maximale hygroscopische vochtgehalte W_{hyg} uit op de grafiek.

De zuighoogte H_{cap} stemt overeen met de grootste van volgende twee waarden:

- de hoogte (H_{hyg}) boven het waterniveau waar de curve van het watergehalte het maximale hygroscopische watergehalte W_{hyg} snijdt
- de hoogte (H_{con}) boven het waterniveau waar de curve van het watergehalte W (0,5 %) snijdt of waarboven het watergehalte een constant niveau bereikt (ΔW tussen twee opeenvolgende lagen $< 0,3 \%$), de laagste van de twee.

Opmerkingen

- De norm vermeldt geen r-waarde (herhaalbaarheid) of R-waarde (reproduceerbaarheid) voor de beoordeling van de meetnauwkeurigheid.
- De norm vermeldt een methode voor de bepaling van de droge schijnbare volumieke massa.



Hulpstoffen

NBN EN 934-5

Hulpstoffen voor spuitbeton - Definities, eisen, conformiteit, merken en labels (2008)

Principe

Deze norm maakt deel uit van de reeks EN 934 'Hulpstoffen voor beton'. Deel 5 is meer bepaald gewijd aan de hulpstoffen voor spuitbeton:

- Bindingsversnellers: bestemd voor het ontwikkelen van binding van het beton op zeer jonge leeftijd (verschilt van de versnellers bepaald in de norm EN 934-2 'Hulpstoffen voor beton'), en waarvan de maximaal aanbevolen dosis 12 % bedraagt (die van de andere hulpstoffen voor beton en spuitbeton bedraagt 5 %).
- Alkalivrije bindingsversnellers: Eerder gedefinieerde bindingsversneller, met een alkaligehalte ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{equivalent}}$) van minder dan 1 % in de massa.
- Referentiehulpstoffen voor de consistentie: hierdoor kan de consistentie gedurende een lange periode behouden blijven.
- Hulpstoffen die de hechting verbeteren: hierdoor kan de hechting tussen de lagen spuitbeton of tussen het substraatoppervlak en het spuitbeton worden verbeterd.

Eisen

De eisen zijn gespreid over meerdere categorieën:

- Algemene eisen: identiek aan die van klassiek beton zoals aangegeven in EN 934-2 (homogeniteit, kleur, actief bestanddeel, relatieve densiteit, conventionele vaste-stofgehalte, pH, algeheel chloorgehalte, oplosbaar chloridegehalte in water, in alkalische media, en corrosiegedrag), met uitzondering van het effect op de bindingstijd dat dan weer tot de bijzondere eisen behoort.
- Specifieke eisen met betrekking tot bindingsversnellers (inclusief alkalivrije) voor spuitbeton: bindingstijd (initiële en uiteindelijke) en druksterkte (vergelijking tussen mortel met hulpstof en referentiemortel op 28 dagen en op 90 dagen).
- Specifieke eisen met betrekking tot referentiehulpstoffen voor de consistentie: behoud van de consistentie (vergelijking tussen de zetting of initiële spreiding van referentiemortel en de zetting of spreiding van mortel met hulpstof 6 u later) en druksterkte (vergelijking tussen mortel met hulpstof en referentiemortel op 28 dagen).
- Specifieke eisen voor hulpstoffen die de hechting verbeteren: hechting bij een trekproef (vergelijking van de hechting tussen lagen op 28 dagen tussen de referentiemortel en de mortel met hulpstof) en druksterkte (vergelijking tussen mortel met hulpstof en referentiemortel op 28 dagen).

Conformiteitscontrole

De controlefrequenties betreffende de algemene eisen (homogeniteit, kleur, relatieve densiteit, conventionele vaste-stofgehalte, pH, algeheel chloridegehalte, alkaligehalte) zijn identiek aan die van de hulpstoffen voor klassiek beton opgenomen in norm EN 934-2.

De specifieke eisen zijn dan weer verschillend van aard en frequentie:

- Druksterkte op 28 d: 1 proef per jaar voor bindingsversnellers voor spuitbeton, referentiehulpstoffen voor de consistentie en de hulpstoffen die de hechting verbeteren.
- Bindingstijd: 1 proef /1000 t met een maximum van 3 proeven per jaar voor bindingsversnellers voor spuitbeton.
- Behoud van de consistentie: 1 proef /1000 t met een maximum van 3 proeven per jaar voor referentiehulpstoffen voor de consistentie.
- Hechting bij een trekproef: 1 proef /1000 t met een maximum van 3 proeven per jaar voor hulpstoffen die de hechting verbeteren.

Vergelijking met de technische goedkeuringsleidraad van BUtgb nr. G0019 – Spuitbeton

Dit soort metingen op jonge leeftijd komt in de leidraad G0019 niet aan bod. Wel wordt ingegaan op de eerste meting van de druksterkte na 7 dagen op een kernmonster genomen in de proefplaat, volgens norm NBN B15-220 (inmiddels vervangen door de Europese normen NBN EN 12504-1 'Beproeving van beton in constructies – Deel 1: Boorkernen, monsterneming, onderzoek en bepaling van de druksterkte' en NBN EN 12390-3 'Beproeving van verhard beton – Deel 3: Druksterkte'). De meting van de bindingstijd wordt vermeld maar zonder aanduiding van beproevingsmethode en criterium. Deze dienen met de houder van de goedkeuring te worden bepaald.



Cement

NBN B12-108

Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten (2015)

Inleiding

Deze Belgische norm definieert, op basis van nationale ervaring, cementsoorten met hoge bestandheid tegen sulfaten.

Onderwerp van de norm

Vier cementsoorten met een hoge bestandheid tegen sulfaten worden gedefinieerd volgens deze norm:

- Portlandcement CEM I-SR 0 en CEM I-SR 3
- Hoogovencement CEM III/B-SR en CEM III/C-SR
- Samengesteld cement CEM V/A (S/V) HSR
- Supersulfaatcement SSC HSR

Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten moet een mortel of beton opleveren dat, ondanks de eventuele aanwezigheid van sulfaten, vormvast blijft.

Genormeerde aanduiding

In Tabel 87 worden de cementsoorten met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de verschillende Belgische en Europese normen samengevat.

Belgische norm NBN B12-108 Uitgave 2006		Europese norm NBN EN 197-1 Uitgave 2011		Belgische norm: NBN B12-108 Uitgave 2015	
CEM I HSR	$\leq 3,0 \% C_3A$	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR5	$= 0 \% C_3A$ $\leq 3 \% C_3A$ $\leq 5 \% C_3A$	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3	$= 0 \% C_3A$ $\leq 3 \% C_3A$
CEM III/B HSR CEM III/C HSR		CEM III/B-SR CEM III/C-SR		CEM III/B-SR CEM III/C-SR	
		CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	$\leq 9 \% C_3A$ $\leq 9 \% C_3A$		
CEM V/A (S-V) HSR				CEM V/A (S-V) HSR	
SSC HSR				SSC HSR	

Tabel 87. cementsoorten met een hoge bestandheid tegen sulfaten.

Cementsoorten CEM I-SR 5, CEM IV/A-SR en CEM IV/B-SR worden in de Europese norm NBN EN 197-1 (2011) als sulfaatbestendig beschouwd. Deze cementsoorten worden in België echter nooit gebruikt voor constructies die in contact komen met water of bodems die sulfaten bevatten en zijn daarom niet opgenomen in de norm NBN B12-108 (2015).

Cement CEM V/A (S/V) HSR wordt als sulfaatbestendig beschouwd indien deze voldoet aan de specifieke eisen van de Belgische norm. Ze mag maximaal 50,0 % kalk (CaO) bevatten.

In vergelijking met de uitgave 2006 van de norm NBN B12-108, werden de grenswaarden ook herzien. Zo werd een Portland Cement CEM I voorheen beschouwd als bestand tegen sulfaten indien het C₃A-gehalte lager was dan 3,0 %, in de versie van 2015 bedraagt de grenswaarde 3 %, wat met zich meebrengt dat waarden tot bijvoorbeeld 3,4 % toegelaten zijn.

De norm NBN B12-108 herneemt dus als cementen SR en HSR. Dit onderscheid tussen “SR” en “HSR” is niet afhankelijk van hun sulfaatbestendigheidsgraad. Het is nodig om in de bestekken de benaming HRS-cement te vervangen door “cementen met een hoge bestandheid tegen sulfaten volgens de norm BNB B12-108”.

Mechanische, fysische en chemische eisen

De mechanische, fysische en chemische eisen van de NBN EN 197-1 (2011) zijn van toepassing voor CEM I-SR 0, CEM I-SR 3, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR en CEM V/A (S-V) HSR.

Het cement SSC HSR moet voldoen aan de mechanische, fysische en chemische eisen van de NBN EN 15743.