

beton voor kelderconstructies

Ontwerp en uitvoering van dikwandige betonconstructies

Bij de uitvoering van kelderconstructies volstaat in de meeste gevallen een standaard constructiebeton niet. Daarbij zijn het ontwerp en de bestekseisen vaak in onvoldoende mate toegespitst op een kwalitatief hoogwaardige uitvoering.

Een kelderconstructie moet vrijwel altijd waterdicht zijn en de krachtwerking door water- en gronddruk en een zware bovenbouw is vaak relatief groot. De constructie is daardoor vaak erg dik. Deze flyer gaat in op mengsels voor vloeren met een dikte vanaf 250 mm en wanden vanaf 350 mm dikte. Echter: hoe dunner, hoe beter!



14 m diepe bouwkuip met onderwaterbeton en diepwanden

waterdichtheid

Bij de waterdichtheid speelt de mengselkeuze slechts een zeer kleine rol. Zelfs beton in milieuklasse 1, met een water- cement-factor (wcf) van 0,60 is bij een dikke constructie al voldoende waterdicht. Vaak wordt er onterecht vanuit gegaan dat voor de waterdichtheid een lagere wcf noodzakelijk is. Voor de duurzaamheid van de constructie volstaat milieuklasse 2 veruit in de meeste gevallen. Door de toepassing van hoogovencement en eventueel extra vliegias of slak is een echte milieuklasse 3 ook voor civiele constructies vaak overbodig.

betonsterkte

Voor sterkteontwikkeling geldt hetzelfde als waterdichtheid. Een sterkte volgens B25 of B35 wordt al bij een hoge wcf bereikt. Een hoge sterkte is juist ongunstig omdat dit eigenlijk meer wapening vergt; iets wat door vele constructeurs en bestekschrijvers vaak niet wordt onderkend. Standaard is er zeker op B35 te dimensioneren, pas echter op voor hoge eindsterktes.

hydratatiewarmte

Met name de constructiedikte heeft grote invloed op de mengselkeuze. Bij het verharderen van het cement (=hydrateren) warmt het beton op. Een dikke constructie koelt maar langzaam af, waardoor het beton wel 35°C kan opwarmen. Wanneer het beton weer afkoelt treden spanningen op die tot scheurvorming kunnen leiden.

cementkeuze

De opwarming van het beton kan worden geremd door een minimale hoeveelheid cement toe te passen en cement toe te passen dat weinig warmte produceert. Portland cement is dan uit den boze en de toepassing van Hoogovencement en vliegias als bindmiddel is dan juist wel interessant. Door in het beton superplastificeerder toe te passen kan de waterdosering én de cementdosering worden beperkt.

storttemperatuur

De cementkeuze is tevens afhankelijk van de temperatuur tijdens het storten. Bij een hoge storttemperatuur verhardt beton sneller en wordt warmer, waardoor de afkoeling naar de eindsituatie groter wordt dan bij een lage storttemperatuur. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen winter ($T_{\text{specie}} < 12^{\circ}\text{C}$), lente/herfst ($T_{\text{specie}} < 12-20^{\circ}\text{C}$) en zomer ($T_{\text{specie}} > 20^{\circ}\text{C}$).

verwerkbaarheid

De verwerkbaarheid van beton voor kelderconstructies wordt vaak volgens consistentiegebied 3 gekozen, uitgaande van een "blanco" mengsel in consistentiegebied 2. Omdat vloeren vanuit de giek gestort kunnen worden en erg dik zijn is een hogere consistentie niet noodzakelijk. Bij wanden is de maaswijdte vaak zo fijn dat deze consistentie noodzakelijk is om geen grindnesten te krijgen.

beton voor kelderconstructies

mengselkeuze

Er kan een drietal betonmengsels worden omschreven, afhankelijk van de dikte van de constructie en het jaargetijde. Bij de betonmengsels wordt uitgegaan van B35 beton, milieuklasse 2 en consistentiegebied 3 bij einde giek.

mengsel	vloerdikte* [mm]	wanddikte [mm]	jaargetijde
1	250-400	350-600	winter
2	400-600	600-900	winter
2	250-400	350-600	lente/herfst
3	600-800	900-1200	winter
3	400-600	600-900	lente/herfst
3	250-400	350-600	zomer

* De vloerdikte geldt voor een constructievloer op onderwaterbeton. Bij vloeren op grondslag kan tot wel 2 maal de opgegeven vloerdikte worden toegepast.

Constructies dikker dan 1200 mm kunnen in de regel niet zonder koeling worden gestort omdat het scheurrisico dan te groot is. In de zomer is de maximale constructiedikte veel kleiner dan in de winter.

mengsel 1:

- 160 liter water
- 300 kg Hoogovencement
- 1% superplastificeerder (geen 3^e generatie)

mengsel 2:

- 160 liter water
- 275 kg Hoogovencement
- 75 kg Vliegias (k=0,2)
- 1% superplastificeerder (geen 3^e generatie)

mengsel 3:

- 160 liter water
- 225 kg Hoogovencement
- 125 kg Vliegias (k=1,0)
- 1% superplastificeerder (geen 3^e generatie)

Mengsel 3 voldoet niet meer aan de normtechnische eisen voor B35 beton, met milieuklasse 2. Echter met een k-waarde van 1 voor het vliegias is dit wel het geval. De sterkteontwikkeling zal na 90 dagen wel de gewenste sterkte bereiken. Hiervoor is dan dus wel toestemming van de directie noodzakelijk.



storten fundering stralingsbunker met mengsel 3

gegranuleerde Hoogovenslak

Behalve cement en vliegias kan ook gegranuleerde Hoogovenslak worden toegepast. Deze is echter minder beschikbaar en daarom niet in de basismengsels genoemd. ABT heeft hiermee wel zeer goede ervaring, waardoor bij iets hogere temperaturen en iets dikkere constructies toch niet gekoeld hoeft te worden.

wapening

Ondanks een optimaal betonmengsel blijft een adequate krimpwapening in kelderconstructies onontbeerlijk. De wapening moet in staat zijn krimp-scheuren in breedte te beperken tot maximaal 0,15 à 0,20 mm. Wijdere scheuren hebben een te groot lekrisico. Omdat bij een zomerstort de spanningen groter zijn dan bij een winterstort is dan ook meer wapening noodzakelijk. Tevens is het toepassen van een fijne maaswijdte van 100 mm, met name aan de uitdrogende zijde, zeer aan te bevelen. Als minimum wapening kan, overeenkomstig met de mengselkeuze het volgende worden aangehouden. De wapening dient echter nog wel gedimensioneerd te worden op krachtwerking temperatuur en krimp.

beton voor kelderconstructies

mengselkeuze	wapeningsperc. droge zijde	wapeningsperc. natte zijde
1	0.30%	0.18%
2	0.40%	0.24%
3	0.50%	0.30%

Indien standaard constructiebeton wordt toegepast moet de minimum wapening met circa 10% tot 20% verhoogd worden in verband met ongunstigere temperatuur- en krimpspanningen. ABT onderzoekt momenteel de mogelijkheid tot verlaging van de wapeningspercentages door middel van geavanceerde berekeningen.

Het wapeningspercentage kan worden beschouwd op de totale dikte van de constructie met een maximum van 500 mm. Bij dikkere constructies kan, indien wijde scheuren in het hart van de constructie onwenselijk zijn, een tussennet worden toegepast. Constructief en uit oogpunt van waterdichtheid is dit meestal niet noodzakelijk.

belemmeringgraad

De hoeveelheid wapening en koelingmaatregelen hangen tevens sterk af van de belemmeringgraad van het storten onderdeel. Immers; vrije vormverandering leidt tot minder spanning. Een wand die vast wordt gestort aan een vloer wordt veel meer belemmerd dan een vloer op grondslag, waardoor de spanningen dus sterker oplopen.

isoleren

Ongeacht het jaargetijde en de dikte van de constructie is het aan te bevelen de constructie na het storten te isoleren, ook wanneer het beton gekoeld wordt. Door te isoleren koelt het oppervlak minder af, waardoor het temperatuurverschil tussen de kern en het oppervlak kleiner is en het scheurrisico afneemt. Bij een wand kan veelal worden volstaan door de bekisting 4 tot 7 dagen te laten staan. Een vloer kan worden geïsoleerd met noppenfolie of isolatiedekens. Er moet niet te goed of te lang geïsoleerd worden. Te goed isoleren leidt tot een te hoge kerntemperatuur en bij te lang isoleren hardt de vloer te lang bij een hoge temperatuur uit; beiden leiden tot een verhoging van het scheurrisico.

koeling

Als de storttemperatuur te hoog is en/of de constructie te dik dan kan het beton gekoeld worden om het scheurrisico te beperken. Er zijn verschillende methoden om het beton te koelen. Wat goed werkt is het koelen van de specie voor het storten of het toepassen van koelleidingen in de constructie.

De specie kan gekoeld worden door het water en/of het toeslagmateriaal te koelen. Water kan relatief eenvoudig gekoeld worden en heeft een hoge soortelijke warmte waardoor dit een effectieve methode is. Bij een specietemperatuur van 20°C kan, door het water van 20 naar 5°C te koelen, de specietemperatuur met 4°C worden verlaagd. De specie kan ook in de mixer met vloeibare stikstof worden gekoeld. Dit is wel vrij kostbaar. Temperatuurverlagingen tot 7°C kunnen daarbij bereikt worden.

Koeling middels koelleidingen in de constructie maakt het storten van iedere willekeurige constructieve dikte onder iedere willekeurige omstandigheid mogelijk. Deze methode van koelen is eveneens erg kostbaar, maar soms onafwendbaar. De noodzaak voor koeling en de omvang van het koelsysteem kan met computersoftware worden berekend.

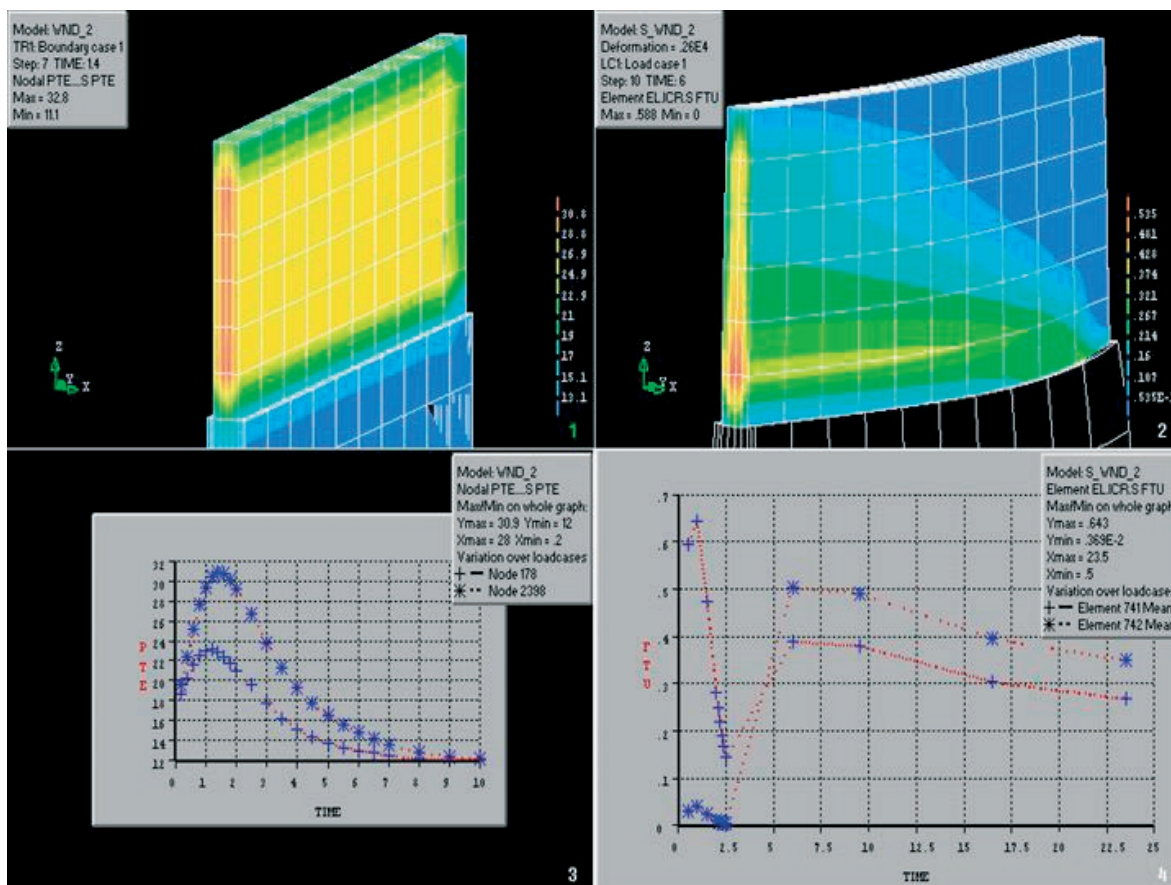


koelleidingen in een betonwand

koelingberekeningen

Voor het berekenen van de warmteontwikkeling van een betonconstructie en het daaruit volgende scheurrisico zijn verschillende computerprogramma's beschikbaar. Het programma Femmasse is speciaal voor deze toepassing ontwikkeld en relatief gebruiksvriendelijk. Binnen ABT worden deze berekeningen echter met het voor meerdere toepassingen geschikte Eindige Elementen rekenprogramma DIANA uitgevoerd. Voordeel is dat hierin het 3-dimensionale gedrag van de constructie beter kan worden gemodelleerd.

beton voor kelderconstructies



uitvoer berekening warmteontwikkeling betonwand

In het rekenprogramma wordt de constructie ingevoerd inclusief de materiaaleigenschappen van het beton en de temperaturen waarbij gestort wordt. Tevens kunnen de positie en eigenschappen van eventuele koelleidingen worden ingevoerd. Uit een berekening volgt vervolgens de temperatuurontwikkeling en de spanningen die in de constructie optreden. De sterkteontwikkeling wordt op basis van de verstreken tijd én de temperatuur berekend. Wanneer de optredende spanning lager is dan 50% van de gemiddelde treksterkte dan is de kans op scheuren praktisch gesproken nihil.

resumé

De keuze voor een betonmengsel, isoleren en/of koelen en de wapening van kelderconstructies is maatwerk. Voor de meeste standaard kelderconstructies geeft deze flyer aanknopingspunten. Hoge temperaturen, zonbestraling of een plotselinge koele regenbui kunnen het eindresultaat echter nadelig beïnvloeden. Wanneer de omstandigheden ongunstig zijn of de constructies erg dik moet het beton gekoeld worden, in veel gevallen kan echter worden volstaan met de keuze voor het juiste betonmengsel. Als koeling noodzakelijk is, kan de wijze waarop met specialistische rekensoftware worden berekend.

Meer informatie? Neem dan contact op met adviesgroep civiele techniek
telefoon +31 (0)26 368 35 00
e-mail m.grob@abt.eu
internet www.vloerenadvies.eu

ABT bv
Arnhemsestraatweg 358, Velp
postbus 82, 6800 AB Arnhem
telefoon +31 (0)26 368 31 11

Delftechpark 12, Delft
postbus 458, 2600 AL Delft
telefoon +31 (0)15 270 36 11

Kammenstraat 18
2000 Antwerpen
telefoon +32 (0)3 205 37 11

internet
www.abt.eu

Artikelen mogen met bronvermelding worden overgenomen, na toestemming van ABT.