

Betonkernactivering in vloeren

Bij BetonKernActivering (BKA) in betonvloeren wordt het beton niet alleen constructief maar ook thermisch geactiveerd. Voor op buiging belaste betonvloeren geldt dat alleen het beton in de drukzone een constructieve functie vervult. In de trekzone wordt het beton gescheurd verondersteld, en vervult de wapening de constructieve functie. Het beton in de trekzone creëert alleen een alkalisch milieu, waarin geen corrosie van de wapening kan optreden. Dit alles betekent dat slechts de helft van het beton constructief actief is, en de andere helft ballast is, waardoor het nuttig draagvermogen van de vloer kleiner wordt. Het gebruik van het beton voor andere doeleinden is dan ook een efficiënte gedachte. Zo beschikt beton over een groot warmte accumulerend vermogen, net als natuursteen en baksteen. Dit komt door een grote soortelijke massa (ρ) en een grote soortelijke warmte (c). Daarnaast beschikt beton over een grote warmtegeleidingscoëfficiënt (λ), die groter wordt door verdichting van de beton en een hoger wapeningspercentage (zie tabel 1).

- door prof. ir. F. van Herwijnen en ing. A. Meijer**

Materiaal	λ W/mK	ρ kg/m ³	$\rho \cdot c^*)$ kJ/m ³ K
Baksteen	0,7	1900	1596 · 10 ³
Kalkzandsteen	1,0	2000	1680 · 10 ³
Niet verdicht beton/ongew.	1,3	2200	1848 · 10 ³
Niet verdicht beton/ gew.	1,4	2300	1932 · 10 ³
Verdicht beton/ ongew.	1,75	2400	2016 · 10 ³
Verdicht beton/ gew.	1,9	2500	2100 · 10 ³
Kalksteen/ hardsteen	2,3	2750	2310 · 10 ³
*) $c = 840$ kJ/kgK			

Warmtegeleidingscoëfficiënt, soortelijke massa en warmte accumulerend vermogen van steenachtige materialen.

- TABEL 1 -

Dankzij deze gunstige thermische eigenschappen zijn steenachtige materialen (waaronder beton) bijzonder geschikt voor opslag van warmte. Dit was al bekend bij de Romeinen, die de vloeren van hun badhuizen (thermen) verwarmden door een ingenieus systeem van kruipruimten, waar hete rookgassen doorheen werden geleid: het Hypocaustum. De wanden en vloeren van de bekende Turkse badhuizen (hamam) worden heden nog op een vergelijkbare wijze door rookgassen verwarmd.

Het gebruik van thermisch actieve vloeren is in Nederland geïntroduceerd door toepassing van het zogenoemde Energon-systeem. Dit uit Zweden afkomstige systeem maakt gebruik van de kanalen in kanaalplaatvloeren voor transport van inblaasluft. Door ABT is dit systeem toegepast bij de vloeren van de tentamenzalen van het Eductorium in Utrecht. Een probleem daarbij was het stofvrij maken van de kanalen in de kanaalplaatvloer. Uiteindelijk is dit opgelost door met spuitlansen een coating op de kanaalwanden aan te brengen, een kostbare en tijdrovende bewerking. Wanneer niet met lucht maar met water als transportmedium voor warmte wordt gewerkt, zijn er geen problemen met stof. Door gebruik te maken van watervoerende leidingen in de vloer kan het beton toch thermisch worden geactiveerd.

WATEROERENDE LEIDINGEN IN BETONVLOEREN

Bij watervoerende leidingen in betonvloeren kunnen over de dikte van de vloer gezien, drie posities worden onderscheiden:

* ABT bv Velp/ Delft



Watervoerende leidingen die in het werk zijn aangebracht.

- FIGUUR 1 -



Opname prefab registers in Wingvloerplaat.

- FIGUUR 2 -

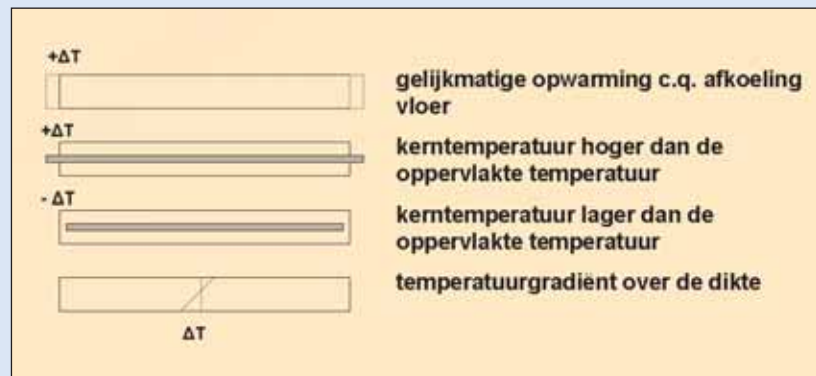
- a) leidingen aan de bovenzijde:
uit oogpunt van verwarming van ruimten een ideale positie;
- b) leidingen aan de onderzijde:
uit oogpunt van koeling van ruimten een ideale positie;
- c) leidingen in het midden van de vloer:
in feite de meest letterlijke vorm van BKA, echter installatietechnisch een compromis.

Voor positie a (bovenzijde van de vloer) geldt dat de watervoerende leidingen in de afwerkvloer kunnen worden opgenomen of in een zogenoemde zwevende dekvloer. In beide situaties geldt dat de leidingen in een niet-constructieve laag zitten.

De leidingen kunnen voor positie a echter ook in de druklaag van een prefab betonvloer (kanaalplaatvloer, zie afbeelding 6, of breedplaatvloer) of in de bovenste zone van een in het werk gestorte betonvloer worden aangebracht. In dat geval bevinden de leidingen zich in een constructieve laag, en maakt de installatie onderdeel uit van het constructieve domein.

Dit is ook het geval voor leidingen in positie b (onderzijde van de vloer). Hierbij kunnen de leidingen in de fabriek zijn opgenomen in de onderzijde van geprefabriceerde betonvloeren (kanaalplaatvloer, Infra + vloer, breedplaatvloer, Bubbledeckvloer of Wingvloer) of in de onderste zone van een in het werk gestorte betonvloer worden aangebracht.

Voor positie c (midden van de vloer) komen alleen in het werk gestorte vloeren (eventueel als breedplaatvloer)



Temperatuurbelasting vloeren.

- FIGUUR 3 -

in aanmerking. Er ligt dus een duidelijke relatie tussen de positie van de leidingen in de vloer en het toegepaste vloersysteem. De leidingen zelf kunnen in het werk worden aangebracht, of in de vorm van prefab registers (leidingen op een bindnet). (zie afbeelding 1 en afbeelding 2).

TEMPERATUURBELASTING VLOEREN

Door watervoerende leidingen in de vloer ontstaan temperatuurbelastingen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen de volgende belastingsgevallen: (zie afbeelding 3).

- a) gelijkmatige opwarming c.q. afkoeling van de vloer;
- b) kerntemperatuur hoger c.q. lager dan de temperatuur in de randzones;
- c) temperatuurgradiënt over de dikte van de vloer.

In het algemeen geldt dat bij temperatuurverhoging de vloer uitzet, en bij temperatuurverlaging de vloer verkort. Alleen in geval van verhinderde uitzetting c.q. verkorting zullen spanningen in de vloer optreden.

Voor de drie hierboven onderscheiden belastingsgevallen betekent dit het volgende:

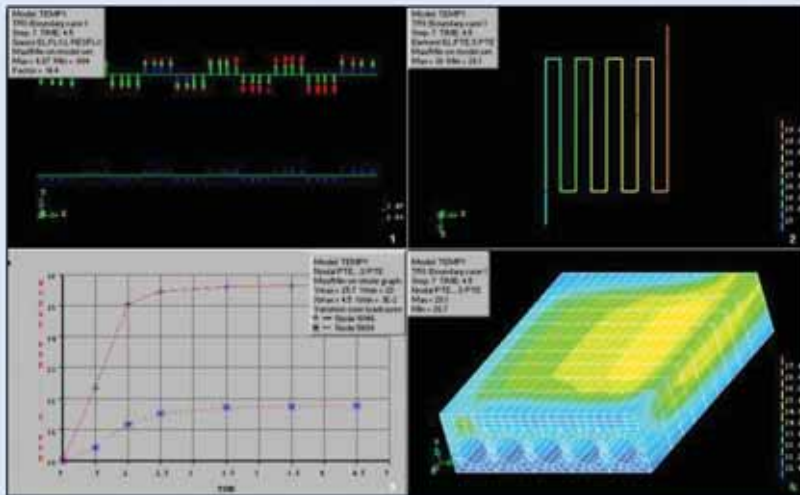
a) gelijkmatige opwarming c.q. afkoeling van de vloer

Uitgaande van grenswaarden voor de gemiddelde watertemperatuur van maximaal 40 °C en minimaal 13 °C zal op basis van een initiële temperatuur van 20 °C een opwarming van 20 °C respectievelijk een afkoeling van 7 °C optreden. Bij verhinderde verkorting door afkoeling treden trekspanningen op tot maximaal 2,5 MPa, dat wil zeggen lager dan de treksterkte van beton B 35 (2,8 MPa), zodat geen scheurvorming zal optreden. De trekspanningen die ontstaan zijn onafhankelijk van de lengte van de vloer!

Bij verhinderde uitzetting door opwarming treden drukspanningen op tot maximaal 7,4 MPa, die geen enkel probleem zijn voor een betonvloer.

b) kerntemperatuur hoger dan de temperatuur in de randzones

Uit gegevens van WTH vloerverwar-



Thermodynamische berekening van een kanaalplaatvloer met BKA in de druklaag met behulp van het programma DIANA.

- FIGUUR 4 -

ming kan worden ontleend dat de kerntemperatuur maximaal 8 °C hoger of lager kan zijn dan de oppervlaktetemperatuur (zie ref. [1]). Interessant is wanneer de kerntemperatuur 8 °C hoger is dan de oppervlaktetemperatuur. In dat geval wil de kern uitzetten en wordt daarbij verhinderd door de 'koelere' randzones. Dit leidt tot trekspanningen in de randzones en drukspanningen in de kern. De trekspanningen in de randzones bedragen circa 3 MPa, en zijn groter dan de treksterkte van beton (B35), zodat scheurvorming ontstaat. In geval van bijvoorbeeld tegels op de vloer is dit ongewenst. Indien de watertemperatuur niet wordt begrensd tot 40 °C, zullen de trekspanningen alleen maar groter worden, met alle gevolgen van dien. Het is dus zaak om overleg te voeren met de verantwoordelijke hoofdconstructeur over de maximale watertemperatuur die mogelijk is.

c) *Temperatuurgradiënt over de dikte van de vloer*

Uit gegevens van WTH vloerverwarming kan worden ontleend dat de temperatuurgradiënt over de dikte van de vloer maximaal 7,3 °C bedraagt (zie ref. [1]). Bij verhinderde kromming leidt dit tot een maximale buigtrekspanning van 1,4 MPa, dat wil zeggen minder dan de treksterkte van beton B35 (2,8 MPa), zodat geen gevaar voor scheurvorming bestaat.

Uit het bovenstaande volgt dat een hogere kerntemperatuur ten opzichte van de oppervlaktetemperatuur tot scheurvorming in de randzones kan leiden. Bedacht moet worden dat in de opwarmfase dit temperatuurverschil nog groter kan zijn. Uit thermodynamische berekeningen van vloeren met behulp van het Eindige-Elementenprogramma DIANA (zie afbeelding 4)

kan door ABT worden vastgesteld welke spanningen in de betonvloer optreden in de opwarmfase.

ONTWERPTECHNISCHE ASPECTEN

Zoals hiervoor reeds gesteld, bepaalt het gekozen vloersysteem de mogelijke positie van de leidingen en de mogelijkheid van prefabricage. Bij een kanaalplaatvloer kunnen de leidingen fabrieksmatig in de onderschil van de kanaalplaat worden opgenomen, of in het werk in de druklaag op de kanaalplaat wordt aangebracht. Een middenpositie is niet mogelijk.

Uitvoerig overleg tussen de installatieadviseur en de hoofdconstructeur is nodig. De installaties komen in het constructieve domein, waarin de hoofdconstructeur verantwoordelijk is.

De maximaal toelaatbare watertemperatuur moet in overleg met de hoofdconstructeur worden vastgesteld. Deze beoordeelt daarbij de optredende trekspanning in de vloer en de kans op scheurvorming. Het verloop van de leidingen in de vloer moet zodanig zijn dat geen leidingconcentraties optreden, waardoor lokaal een gereduceerde draagcapaciteit ontstaat. Ook de ligging van de registers ten opzichte van het wapeningsnet is van belang. Vanuit constructief oogpunt heeft het de voorkeur om bij watervoerende leidingen bovenin de vloer, de leidingen op een bindnet te plaatsen en daarboven een wapeningsnet. Hierdoor zal zo dicht mogelijk bij het oppervlak wapening aanwezig zijn, voor opname van trekspanningen en beperking van de scheurwijdte.



Voorkomen van leidingconcentraties in betonvloeren.

- FIGUUR 5 -



Toepassing BKA in druklaag op kanaalplaatvloeren (in het werk aangebracht).

- FIGUUR 6 -

Een laatste aspect speelt een rol bij positionering van de leidingen in de onderzijde van de vloer. Ten behoeve van een goede warmte uitwisseling met de ruimtelucht is een verlaagd plafond ongewenst. Dit betekent dat de onderzijde van de vloer in het zicht blijft. Bij prefab vloersystemen moeten we dan veel aandacht besteden aan een vlakke onderzijde, zonder wisselingen bij de vloernaden. De toegvershellen die kunnen optreden bij voorgespannen vloerelementen (kanaalplaatvloeren, breedplaatvloeren) moeten we beperken door de toleranties bestekmatig vast te leggen op lage waarden, de voorspanning in de vloerelementen te beperken en de vloerelementen zorgvuldig op het tasveld op te slaan.

UITVOERINGSTECHNISCHE ASPECTEN

Bij de uitvoering van druklagen met BKA op kanaalplaatvloeren dient aandacht te worden besteed aan het volgende:

- de kopnaden tussen de kanaalplaten moeten zwaar worden gewapend in verband met kruip van de beton en het zogenoemde Kist-effect (veran-

derend krachtenspel van een statisch bepaalde naar een statisch onbepaalde vloerplaat);

- de kelknaden (langsvogen) goed voorstorten en wapenen;
- zorgen voor een gelijkmatige geringe dekking op de wapening;
- wapening met een fijne maaswijdte toepassen, ter voorkoming van grote scheurwijdtes;
- de bovenzijde van de kanaalplaten goed opruwen ter vergroting van de aanhechting.

Bij de uitvoering van leidingswerk in ter plaatse gestorte betonvloeren, moet met het volgende rekening worden gehouden:

- het bindnet met de registers op afstandhouders plaatsen;
- de watervoerende leidingen afpersen voordat de betonmortel wordt gestort
- de leidingen met maximaal 500 mm tussenafstand bevestigen;
- de leidingen afdekken met een zwaar krimpnet tegen krimp-scheuren en opdrijven in de betonmortel.

Verder geldt dat leidingconcentraties (zie afbeelding 5) moeten worden voorkomen, zodat de betonmortel goed

kan uitvloeien rondom de leidingen. Hierbij moet ook aandacht worden besteed aan de coördinatie met andere leidingen in de vloer.

CONCLUSIE

Bij BKA komen installaties in het constructieve domein. Hierdoor is zowel in de ontwerp- als de uitvoeringsfase overleg noodzakelijk tussen de installatie-adviseur/installateur en de hoofd-constructeur over de positie en het verloop van de watervoerende leidingen in de vloer (in relatie tot het toegepaste vloertype en de positie van de vloerwapening), en de maximaal toelaatbare watertemperatuur (in relatie tot de maximaal op te nemen spanningen in de vloer). 

Ref. 1: WTH: Berekening warmte afgifte c.q. warmte-opname van een thermisch geactiveerde vloer, dik 280 mm, voorzien van een 20 mm afwerklaag, bij een watertemperatuur van maximaal 40 °C (verwarming) resp. minimaal 13 °C (koeling)



BLT

LUCHTTECHNIEK

ONTWERP | INMETEN | MONTAGE | ONDERHOUD

BLT LUCHTTECHNIEK IS LEVERANCIER VAN:

- EURO AIR luchtverdeelsslagen
- PLYMOVENT afzuigarmen voor industrie en laboratoria
- AIRBRAVO afzuigarmen
- KEMPER afzuigsystemen voor lasrook en uitlaatgassen

LUCHTVERDEELSLAGEN

NEERLOOPWEG 53, 4814 RS BREDA, NEDERLAND T (076) 542 76 37
 E INFO@BLTLUCHTTECHNIEK.NL I WWW.BLTLUCHTTECHNIEK.NL