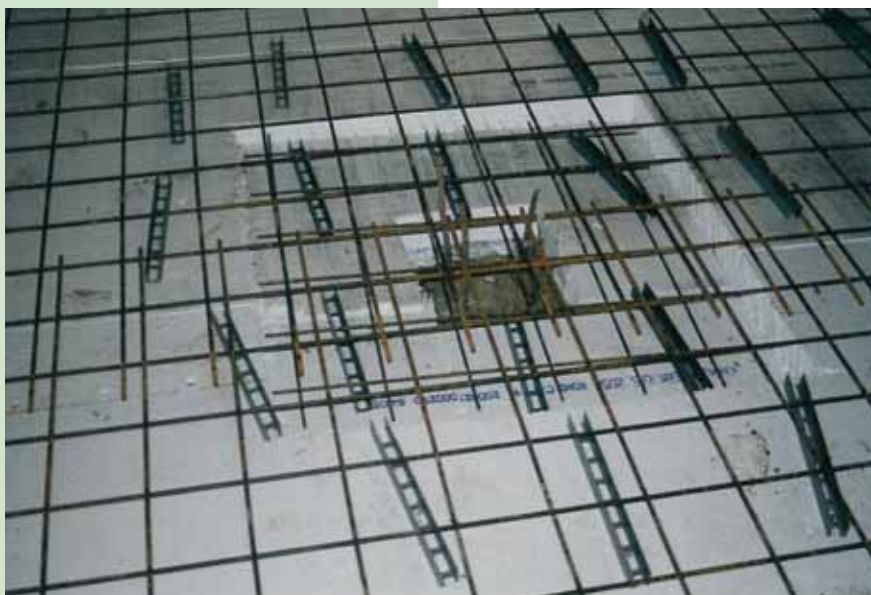


Vloeren op palen worden gewapend door ze te schematiseren als puntvormig ondersteunde vloeren. Met tabellen kunnen de optredende buigende momenten worden bepaald en de wapening worden vastgesteld. Daarbij wordt geen trekkracht door gedeeltelijk belemmerde krimpvervorming meegenomen. Is dat correct of is een nuancering op zijn plaats?

Krachten door krimp bij vloer op palen



Puntvormig ondersteunde vloer: de vloerwapening en de extra wapening in de kolomplaat zijn aangebracht

Vloeren zoals in de agrarische sector zijn in hoofdlijnen te onderscheiden in elastisch of puntvormig ondersteund. Dat kan worden toegelicht door de kenmerken van beide typen naar voren te halen.

De elastisch ondersteunde vloer is er één op een 'bedding', een vloer die over (nagenoeg) zijn gehele oppervlak wordt ondersteund. Vaak is er onder de vloer een grondverbetering en werkvloer. Gesproken wordt van een 'fundering op staal'. De puntvormig ondersteunde vloer wordt alleen gesteund door de heipalen. Deze bevinden zich in een bepaald patroon onder de vloer. Tussen de palen in is de vloer in theorie niet ondersteund. Wel wordt een werkvloer toegepast om de wapening te stellen, maar een werkvloer heeft geen constructieve functie.

KRACHTSAFDRACHT

Een belasting op een puntvormig ondersteunde vloer wordt naar de palen afgedragen. Met standaardtabellen zijn de optredende momenten te berekenen

en de vloer daarop te wapenen. In deze tabellen worden de paalkoppen als starre punten beschouwd. De pieken in de momenten zijn boven de paalkoppen. Bij de elastisch ondersteunde vloer moet de theorie van de constructie op een bedding worden toegepast. Afhankelijk van de stijfheden van vloer en bedding wordt de belasting gespreid naar en in de ondergrond. Met standaardformules is uit te rekenen welke buigende momenten daarbij in de vloer optreden. Vervolgens kan daarop worden gewapend.

De keuze voor een puntvormig dan wel elastisch ondersteunde vloer hangt af van een aantal factoren. De kwaliteit van de ondergrond is daarbij een van de belangrijkste. Gerealiseerd dient te worden, dat bij een elastisch ondersteunde vloer de zakking van de ondergrond direct wordt doorgegeven aan de vloer zelf. Bij een puntvormig ondersteunde vloer worden de paalkoppen als niet verticaal verplaatsbare punten beschouwd. Een paalfundering vraagt echter de nodige investeringen en ook

de vloer zelf vraagt meer wapening dan de elastisch ondersteunde vloer.

KRIMP

In de voorgaande paragraaf zijn alleen de momenten door uitwendige belastingen genoemd. Nog niet is ingegaan op de krimp van beton. Beton krimpt als de overmaat aan water die is toegepast bij het maken van het betonmengsel door verdamping aan het oppervlak uit het beton verdwijnt. Het beton wil daardoor verkorten. De mate waarin dit optreedt, hangt onder af van de betonsterkteklasse, de water-cementfactor en het cementgehalte. In figuur 1 is weergegeven welke krimp ongeveer zal optreden. Zoals te zien, ligt deze zo ongeveer tussen de 0,2 en 0,4 mm/m (of promille) (water-cementfactor ca. 0,5 en ca. 150 kg water per m³ beton). Deze verkorting hoeft op zich geen probleem te geven als deze onbelemmerd kan optreden. Daarvan is echter slechts zelden sprake. Immers, bij een elastisch ondersteunde vloer moet deze dan vrij kunnen schuiven over de ondergrond en bij een puntvormig ondersteunde vloer zouden de paalkoppen zonder weerstand te bieden moeten meebewe-



Puntvormig ondersteunde vloer: een paalkop na het 'snellen'. Zichtbaar is een kleine bekisting voor een kolomplaat (grotere vloerdikte rond de paal)

gen met de vloer. Wordt de vrije verkorting belemmerd, dan leidt dat tot trekkrachten in de vloer.

KRIMPVOEGEN

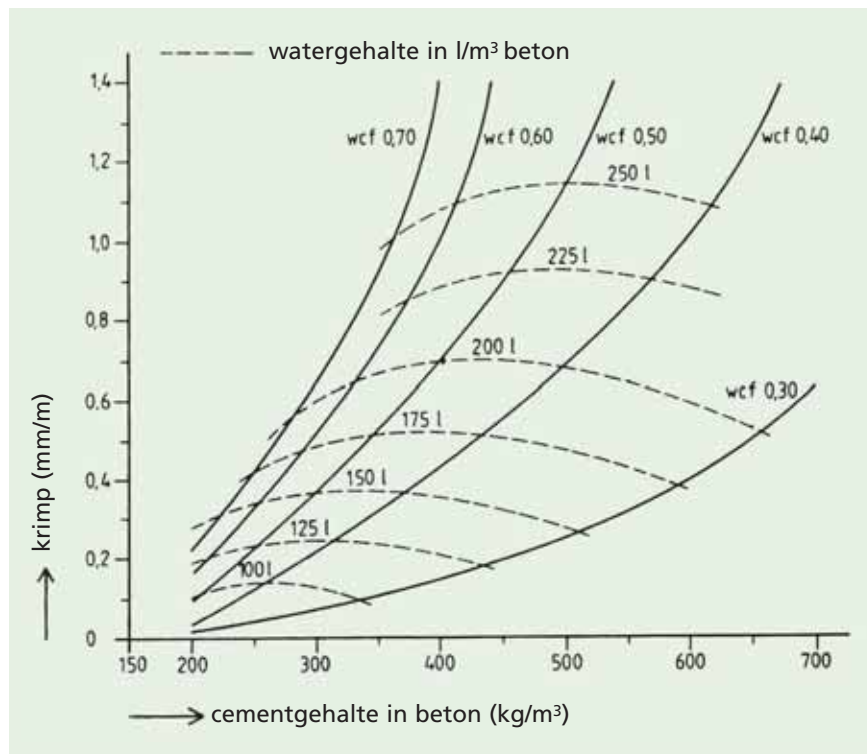
Om het optreden van die krachten te voorkomen kan een elastisch ondersteunde vloer worden voorzien van krimpvoegen: in een patroon wordt de vloer plaatselijk ingezaagd. Als de trekkracht in de vloer de scheurkracht overschrijdt, scheurt de vloer op die 'voorgeprogrammeerde' plaatsen door en wordt als het ware opgedeeld in een aantal kleinere veldvelden. Die zijn vaak zodanig klein van omvang, dat de belemmerde krimp nauwelijks trekspanningen meer veroorzaakt. Voor de krachtwerking in de vloer zijn de gevolgen relatief klein, omdat deze over zijn gehele oppervlak is ondersteund. De constructeur moet er wel op bedacht zijn dat over gescheurde krimpvoegen heen een beperkte krachtsoverdracht mogelijk is. Het eerder in Agrabeton besproken pakket FLOOR houdt hiermee rekening [1].

Bij een puntvormig ondersteunde vloer zijn die krimpvoegen geen optie. De vloer moet vrij overspannen van paalkop naar paalkop zijn en kan niet zomaar worden 'doorsneden'. Betekent dit nu dat afgezien van de buigende momenten ook een aanzienlijke trekkracht door belemmerde krimp in rekening moet worden gebracht? De volgende paragraaf gaat hier nader op in.

KRIMPKRACHT

Verscheidene methoden zijn beschikbaar om die krimpkracht te bepalen. De meest eenvoudige is het hanteren van een vaste waarde. In de literatuur staat het advies om de controle van de bruikbaarheidsgrenstoestand (het gebruiksstadium; veelal controle op scheurwijdte) een kracht te nemen die overeenkomt met een trekspanning van 1 N/mm^2 over de gehele ongescheurde betondoorsnede [2]. Als de buigende momenten in de vloer ook bekend zijn, kan vervolgens met een doorsnedeberekening de staalspanning worden berekend en de optredende scheurwijdte worden getoetst.

In de uiterste grenstoestand (het bezwijkstadium) hoeft die trekkracht niet in de berekening te worden meegenomen. Door uitgebreide scheurvorming



Figuur 1: De krimp van beton als functie van het cementgehalte en de water-cementfactor

is de stijfheid van de doorsnede zo afgenomen, dat de uit de vervorming volgende kracht sterk is gereduceerd. Immers, de kracht is de stijfheid maal de vervorming. Een kleine stijfheid leidt tot een kleine kracht.

Als de constructeur de normaalkracht door de belemmerde krimpverkortening nauwkeuriger wil inschatten, staan daartoe diverse rekenpakketten ter beschikking. In zo'n pakket wordt de vloer gemodelleerd als een aantal achter elkaar gelegen liggeren. Ter plaatse van de verbinding met een paalkop wordt de paal vervangen door een veer met een bepaalde stijfheid. Die stijfheid geeft de weerstand van de paal tegen een horizontale verplaatsing. Deze is afhankelijk van de lengte van de paal en de opbouw en eigenschappen van de ondergrond.

Daarna wordt een verkorting van de vloer gesimuleerd en wordt berekend welke paalkrachten optreden en hoe groot de kracht in de vloer is. De gevolgen van zo'n nauwkeuriger berekening kunnen aanzienlijk zijn. Een trekspanning van $0,3 \text{ N/mm}^2$ in plaats van de genoemde 1 N/mm^2 kan het resultaat zijn. Dit betekent minder vloerwepening. Maar, er staat wel meer rekeninspanning tegenover. De constructeur zal zelf moeten beoordelen welke van de twee zwaarder weegt. Ook moet hij



De keuze voor een puntvormig dan wel elastisch ondersteunde vloer hangt af van een aantal factoren

er op bedacht zijn dat de grootte van vooral grondparameters sterk kan variëren. Dat betekent dat zeker niet moet worden toegerekend naar het gunstigste eindresultaat; een gevoeligheidsanalyse is zeker op zijn plaats.

[1]

G. Bouquet & J.W. Fréney: FLOOR 2.0 voor ontwerp van verhardingen en vloeren. Agrabeton 2003/1 p. 4-5

[2]

COB: Staalvezelbetonvloeren op palen – Toetsingshulpmiddel voor Bouwtoezichten. Centraal Overleg Bouwconstructies / Vereniging Stadswerk Nederland. Versie 0.3, 3 februari 2000, 12 p.

dr.ir.dr.s C.R. Braam
Fac. CiTG, TU Delft