

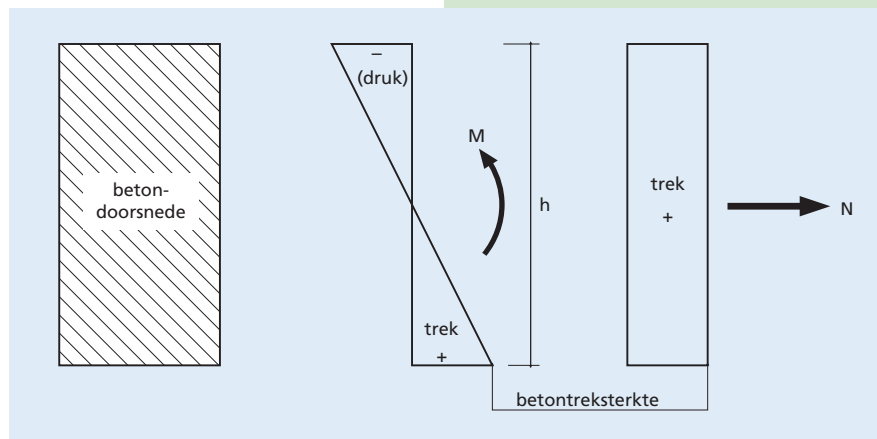
Beton neemt goed drukkrachten, maar slecht trekkrachten op. In de praktijk is dat geen probleem, omdat in constructies betonstaal wordt aangebracht daar waar scheurvorming optreedt. Echter, de trekkrachten zijn soms zodanig gering, dat scheurvorming niet wordt verwacht. Dan moet een minimum hoeveelheid wapening worden aangebracht.

# Minimum **wapening** en de invloed van sterkteklasse

Hoe groot is dat minimum en welke invloed heeft het beton sterkteklasse? Dat zijn de twee vragen waar hierop wordt ingegaan. Beton is zeer goed in staat drukkrachten op te nemen. Door een goede korretpakking wordt er voor gezorgd dat het toeslagmateriaal (het grind) de krachten van korrel op korrel overdraagt. Bij trekkrachten is het de matrix (het verharde cement en de fijne toeslagmaterialen, vooral het zand) tussen de korrels die de trekkrachten moet opnemen. Bij beton van een gebruikelijke sterkteklasse, zeg tot B65, treedt scheurvorming dan op door de matrix zelf en over de grensvlakken tussen de grove toeslagkorrels (het grind) en de matrix. Als beton scheurt door een uitwendige belasting moet het betonstaal de trekkrachten opnemen. Als die belasting groter is dan de scheurkracht van de betondoorsnede, is de uitwendige belasting bepalend voor de hoeveelheid betonstaal die moet worden toegepast. Het kan echter ook zo zijn dat de belasting dermate gering is, dat de betondoorsnede rekentechnisch gezien niet scheurt. Dan mag het betonstaal echter niet achterwege worden gelaten. Immers, als de doorsnede onverhoopt toch zou scheuren (bijvoorbeeld door opgelegde vervormingen door belemmerde krimp en/of temperatuurwisselingen in plaats van een uitwendige belasting), zou broos bezwijken optreden – de constructie ‘waarschuwt’ niet door grote vervormingen. Dat is een ongewenste situatie.

## TREKKRACHT OF BUIGENDE MOMENT

Om brose breuk te voorkomen, wordt een minimumwapening voorgeschreven. Deze wordt berekend uit de scheurkracht van de doorsnede.



Spanningen in een rechthoekige betondoorsnede (links) juist voor scheuren door buiging (midden; buigend moment  $M$ ) en trek (rechts; normaaltrekkracht  $N$ )

In de figuur is voor een rechthoekige doorsnede de spanningsverdeling juist voor scheuren getoond. De minimumwapening moet er in feite voor zorgen dat de kracht in de trekzone wordt ‘afgedekt’. Zoals is te zien, is deze bij trek veel groter dan bij buiging. Bij buiging is de trekzone tweemaal kleiner en is de gemiddelde trekspanning ook maar de helft van de betontreksterkte. Daarnaast neemt bij scheurvorming de inwendige hefboomsarm van de krachten die het scheurmoment opnemen met zo’n 20 % toe. De minimumwapening bij buiging is dan ook zo’n vijf maal kleiner dan bij trek. Bij buiging is het minimumwapeningspercentage 0,12 % voor sterkteklasse B15. Dit loopt geleidelijk op tot 0,27 % voor B 65 [1].

## HOGERE BETON STERKTEKLASSE

Uit het voorgaande blijkt dat het minimumwapeningspercentage toeneemt met de sterkteklasse. Dat is op zich niet verwonderlijk. Naarmate de sterkte groter is, zijn grotere krachten nodig om de doorsnede te laten scheuren en is meer betonstaal nodig om na scheuren die krachten op te nemen. In de praktijk

wordt de samenstelling van betonspecie mede bepaald door de milieuklasse. Deze kan een zodanig lage watercementfactor en een zo hoog cementgehalte voorschrijven, dat deze maatgevend worden voor de sterkteklasse [2]. Zo is bij bijvoorbeeld milieuklassen 5b en 5d (matig, respectievelijk zeer sterk agressief; twee klassen die bij contact van beton met mest vaak van toepassing zijn) de sterkteklasse B25 al niet meer realiseerbaar; dat wordt al snel B35. Het minimumwapeningspercentage bij buiging neemt dan toe van 0,12 % naar 0,15 %. De constructeur moet zich hiervan bewust zijn.

[1]  
NEN 6720 – Voorschriften Beton - Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC).

[2]  
NEN 5950 – Voorschriften Beton – Technologie (VBT).

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