

Hoofdstuk 7

- **Beoordelen van beton in de constructie**
 - visuele inspectie
 - afnamecriteria voor producten en elementen
 - beoordeling druksterkte in het werk
 - onderzoek naar duurzaamheid
 - overige eisen

Beoordelen van beton in de constructie

- Visuele inspectie
 - eenvoudig en zeer effectief
 - globaal of gedetailleerd
 - gebreken te zien als:
 - scheurvorming
 - vervorming
 - kleurverschillen
 - grindnesten



Beoordelen van beton in de constructie

- Afname van **gecertificeerde** vooraf vervaardigde producten
 - interne controle en goedkeuringen bij producent
 - controle bij afname beperkt tot visuele controle en controle van afleverdocumenten



Beoordelen van beton in de constructie

- Afname van **niet-gecertificeerde** vooraf vervaardigde producten
 - vooraf in overleg vaststellen de uit te voeren productiecontroles, keuringen en rapportage
 - ook de door afnemer uit te voeren controles
 - leg criteria en frequenties vast

Beoordelen van beton in de constructie

- Beoordelen van **druksterkte** in het werk en in vooraf vervaardigde beton elementen
 - bij twijfel over de kwaliteit (bv. na brand)
 - bij slechte resultaten van controleproeven
 - bij ontbreken van gegevens (renovatie)
 - als het is voorgeschreven (wegenbeton)
 - NEN-EN 13791



Bepalen druksterkte in het werk

– Directe methode:

- boorkernen (referentie)

– Indirecte methode:

- terugslaghamer
- ultrasoonmeting
- uittrekproef
- te gebruiken na kalibratie met boorkernen

Bepalen van de druksterkte in het werk

- In norm 2 alternatieven:
 - **Alternatief 1**
 - indirecte methode **na kalibratie** met 18 boorkernen
 - **Alternatief 2**
 - indirecte methode op basis van **bekende relatie** met sterkte in werk

Bepalen van druksterkte in het werk

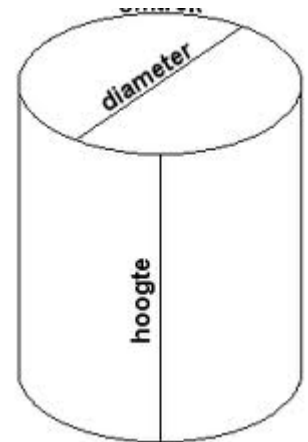
- **Beproevingnormen**
 - NEN-EN 12504-1: boorkernen
 - NEN-EN 12504-2: terugslaghamer
 - NEN-EN 12504-3: uittrekproef
 - NEN-EN 12504-4: ultrasoonmeting

Bepalen van druksterkte in het werk

- Geboorde cilinders
 - aantal in overeenstemming met omvang werk
 - ten minste 3
 - proeflocaties moeten representatief zijn
 - veiligheid niet in gevaar brengen
 - locaties moeten bereikbaar zijn

Bepalen van druksterkte met geboorde cilinders

- wapening zoveel mogelijk vermijden
- als $h = d$: druksterkte cilinder = kubusdruksterkte,
- als $h = 2d$: druksterkte cilinder = cilinderdruksterkte
- contactvlakken bewerken (slijpen)
- gaten opvullen met cementgebonden reparatiemortel
- laatste 3 dagen in laboratorium bewaren



Bepalen van druksterkte met geboorde cilinders

Methode A: Druksterkte op basis van ten minste 15 geboorde cilinders

Karakteristieke sterkte is laagste waarde van:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k_2 \times s \text{ of}$$

$$f_{ck,is} = f_{is,laagste} + 4$$

met s = standaardafwijking, altijd $\geq 2,0$

en $k_2 = 1,48$

Bepalen van druksterkte met 15 geboorde cilinders

boorkern	druksterkte in N/mm ²
1	33,8
2	35,9
3	38,5
4	39,9
5	33,8
6	42,1
7	36,5
8	37,4
9	39,9
10	40,5
11	37,3
12	45,0
13	40,0
14	38,7
15	36,5

Voorbeeld

$$f_{cm(15),is} = 38,4 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{15} = 3,01 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm(15),is} - 1,48 \times s =$$

$$38,4 - 1,48 \times 3,01 = 33,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{is,laagste} + 4 = 33,8 + 4 = 37,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{dus } f_{ck,is} = 33,9 \text{ N/mm}^2$$

Bepalen van druksterkte met geboorde cilinders

Methode B: Druksterkte op basis van 3 tot 14
geboorde cilinders:

Karakteristieke sterkte is laagste waarde van:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

of

$$f_{ck,is} = f_{is,laagste} + 4$$

n	k
≥ 10 en ≤ 14	5
≥ 7 en ≤ 9	6
≥ 3 en ≤ 6	7

Bepalen van druksterkte met 9 geboorde cilinders

boorkern	druksterkte in N/mm ²
1	33,8
2	35,9
3	38,5
4	39,9
5	33,8
6	42,1
7	36,5
8	37,4
9	39,9

n	k
≥ 10 en ≤ 14	5
≥ 7 en ≤ 9	6
≥ 3 en ≤ 6	7

Voorbeeld

$$f_{cm(9),is} = 37,5 \text{ N/mm}^2$$

$$s_g = 2,84 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm(9),is} - k = 37,5 - 6 = 31,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{is,laagste} + 4 = 33,8 + 4 = 37,8 \text{ N/mm}^2$$

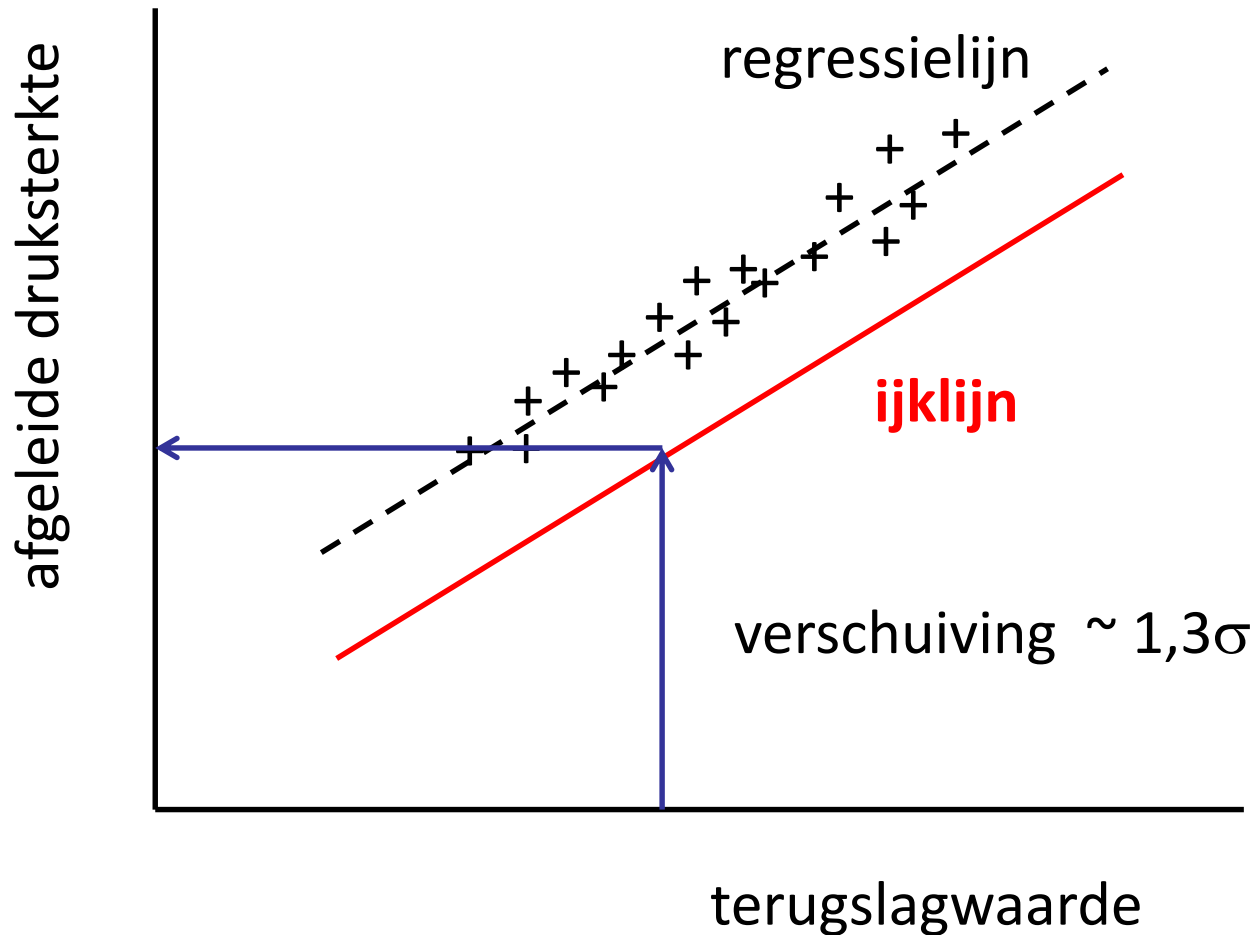
$$f_{ck,is} = 31,5 \text{ N/mm}^2$$

Druksterkte in werk met indirecte methode

Alternatief 1

- opstellen ijkgrafiek met behulp van ten minste **18** gepaarde metingen
- op dezelfde locatie sterkte van geboorde cilinder + indirecte meting
- meer metingen verhoogt de betrouwbaarheid

Druksterkte in werk met **alternatief 1**



Druksterkte in werk met **alternatief 1**

Beoordelen series van 15 afgeleide waarden, in dit geval van ijklijn van schiethamer

Karakteristieke sterkte is laagste waarde van :

$$f_{ck,is} = f_{m(15),is} - 1,48 \times s_{15} \quad \text{met } s \geq 3 \text{ N/mm}^2$$

of

$$f_{ck,is} = f_{laagste,is} + 4$$

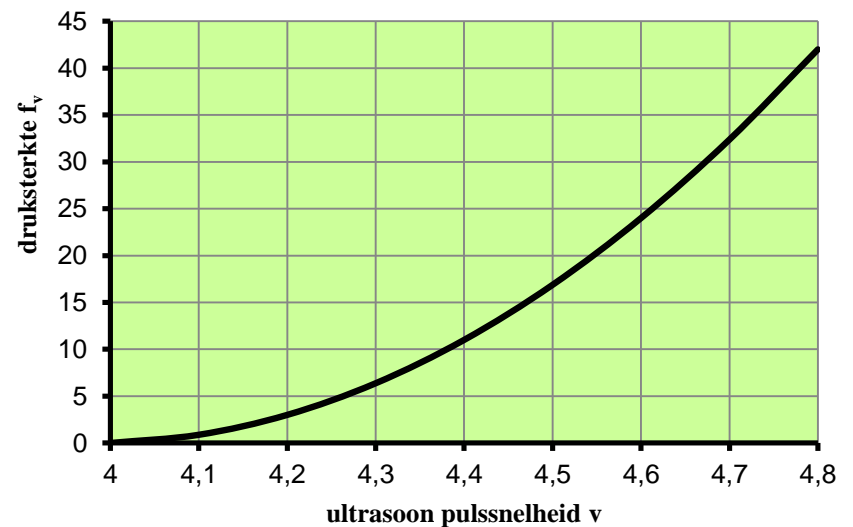
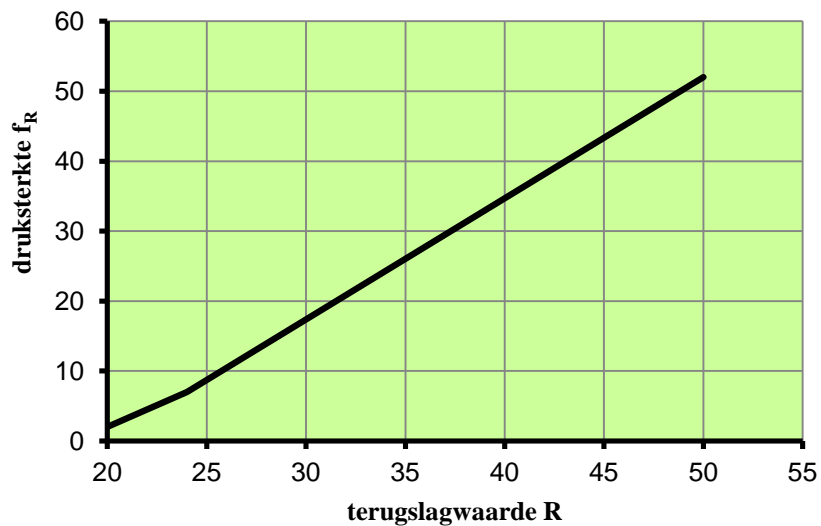
Druksterkte in werk met indirecte methode

- Alternatief 2

- relatie tussen indirecte methode en bekend druksterkteverloop
- relatie conform NEN-EN 13791
- relatie te corrigeren voor betreffende sterktegebied op basis van ten minste 9 gepaarde metingen

Druksterkte in werk met **alternatief 2**

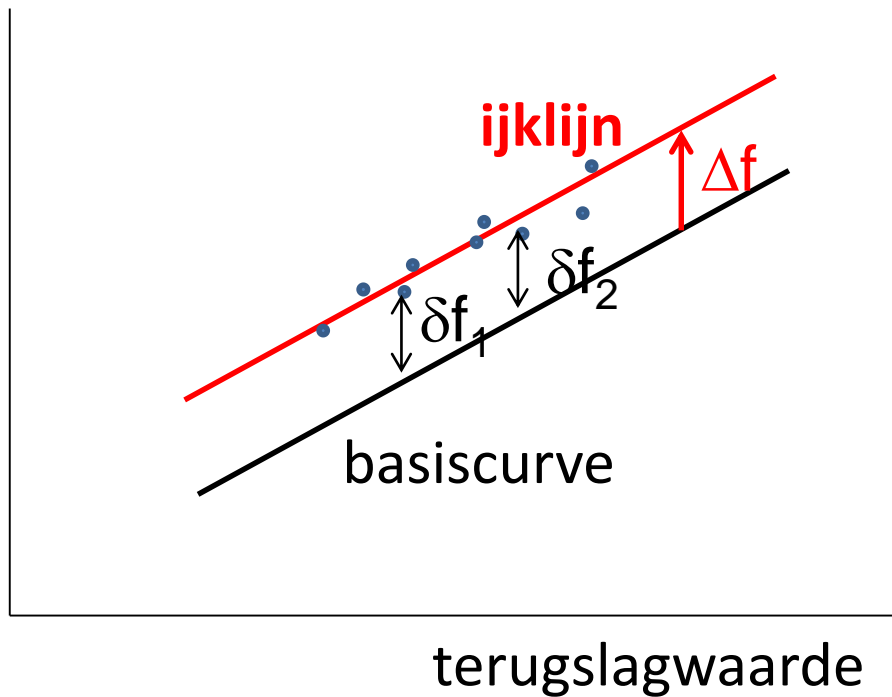
Basiscurve in NEN-EN 13791



Met ten minste 9 gepaarde metingen ijklijn te bepalen

Druksterkte in werk met alternatief 2

afgeleide druksterkte



Aantal gepaarde meetresultaten	coëfficiënt k_1
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥ 15	1,48

$$\Delta f = \delta f_{m(n)} - k_1 \times s \quad \text{van de 9 metingen}$$

Druksterkte in werk met **alternatief 2**

Constructie beoordelen aan de hand van ten minste 15 terugslagwaarden

De karakteristieke sterkte in het werk is $f_{ck, is}$
dat is de laagste waarde van

$$f_{cm(15), is} - 1,48 \times s \quad (\text{met } s \geq 3,0 \text{ N/mm}^2)$$

en

$$f_{is, laagste} + 4$$

Druksterkte in werk met alternatief 2

Praktijkvoorbeeld alternatief 2

9 gepaarde metingen

mediaan terugslag waarde	sterkte volgens basiscurve	sterkte na beproeven
30	17,4	21,4
32	20,9	26,1
34	24,3	30,8
36	27,8	35,5
38	31,2	40,2
40	34,7	42,9
32	20,9	26,1
34	24,3	30,2
36	27,8	35,0

Per meting δ_f te bepalen

Druksterkte in werk met alternatief 2

mediaan terugslag waarde	sterkte volgens basiscurve	sterkte na beproeven	verschil δf
30	17,4	21,4	4,0
32	20,9	26,1	5,2
34	24,3	30,8	6,5
36	27,8	35,5	7,7
38	31,2	40,2	9,0
40	34,7	42,9	8,2
32	20,9	26,1	5,2
34	24,3	30,2	5,9
36	27,8	35,0	7,2

$$\delta_{fm(9)} = 6,54 \text{ N/mm}^2$$

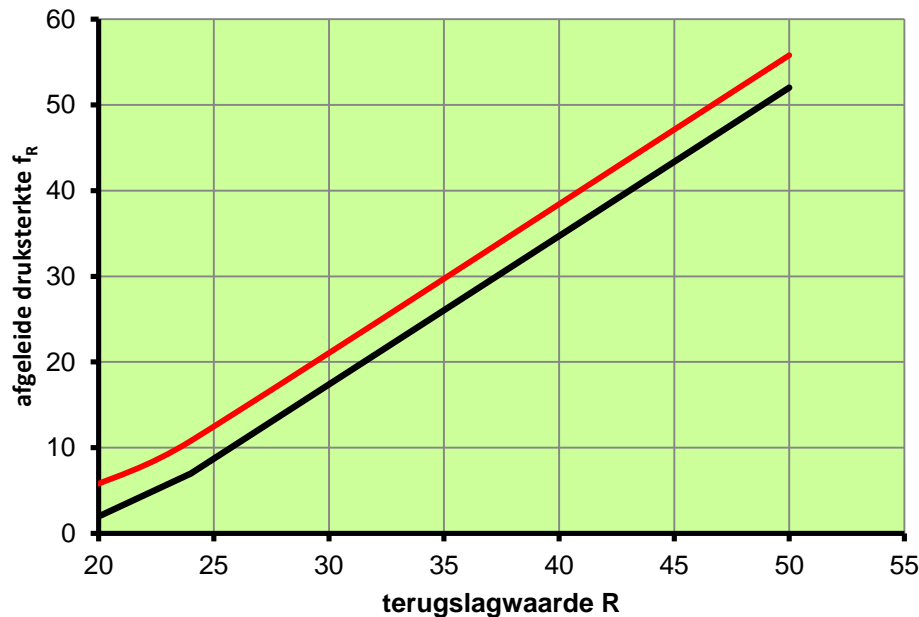
$$s_g = 1,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta f = \delta_{fm(9)} - k \times s$$

aantal metingen	coëfficiënt k
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥ 15	1,48

$$\Delta f = 6,54 - 1,67 \times 1,62 = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

Druksterkte in werk met alternatief 2



15 terugslagwaarden

$$f_{m(15)} = 31,1 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{15} = 6,59 \text{ N/mm}^2$$

mediaan terugslag waarde	afgeleide druksterkte N/mm ²
29	19,5
31	22,9
31	22,9
33	26,4
34	28,1
34	28,1
38	35,0
40	38,5
41	40,2
39	36,8
39	36,8
38	35,0
35	29,9
40	38,5
34	28,1

Druksterkte in werk met **alternatief 2**

De karakteristieke sterkte van dit praktijkvoorbeeld is de laagste waarde van:

$$f_{m(15)} - 1,48 \times s = 31,1 - 1,48 \times 6,59 = 21,4 \text{ N/mm}^2$$

en

$$f_{\text{laagste}} + 4 = 19,5 + 4 = 23,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\text{ck,is}} = 21,4 \text{ N/mm}^2$$

Druksterkte in werk met indirecte methode

- Onderzoek met terugslaghamer
 - schiethamer van Schmidt
 - bepaalt oppervlaktehardheid
 - meetplek droog en vlak
 - 9 metingen bij elkaar
 - bepaal mediaan
 - controle met ijkaambeeld



Druksterkte in werk met indirecte methode

Pendelhamer
van Schmidt



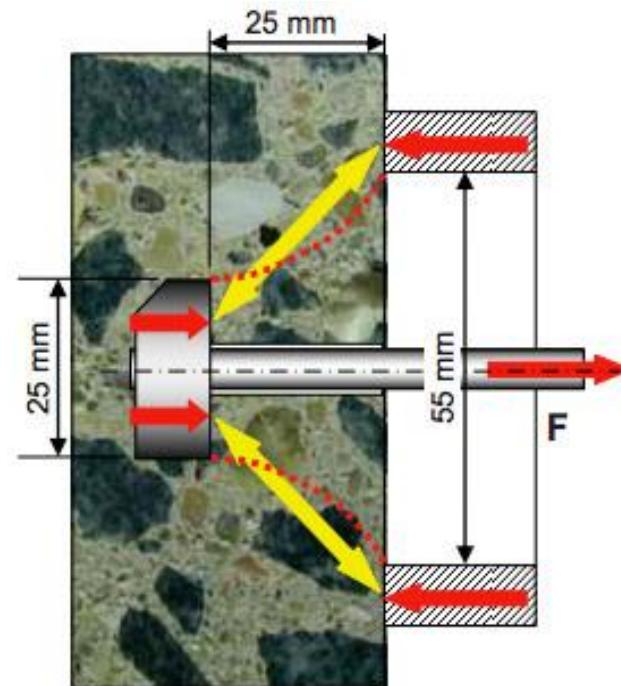
Druksterkte in werk met indirecte methode

- Onderzoek met ultrasone pulssnelheid
 - incidenteel in gebruik
 - voortplantingsnelheid van geluid in beton



Druksterkte in werk met indirecte methode

- Onderzoek met uittrekproef
 - nauwelijks in gebruik



Druksterkte bepalen in het werk

- Combinatiemetingen
 - directe en indirecte methoden gecombineerd
 - nauwkeuriger uitspraak over sterkte in werk
 - en om boren zoveel mogelijk te beperken
 - boren op kritische plaatsen voorkomen

Eisen aan karakteristieke sterkte in werk

- Karakteristieke sterkte in werk in relatie tot vereiste sterkteklasse
 - $f_{ck,is} \geq 0,85 \times f_{ck}$ volgens sterkteklasse
 - dus voor C35/45 is minimale karakteristieke kubusdruksterkte in het werk $0,85 \times 45 = 38 \text{ N/mm}^2$

Beoordelen van beton als eindproduct

- Beoordeling constructie bij twijfel aan kwaliteit op basis van controleproeven
 - in NEN-EN 13791 keuze uit 3 mogelijkheden:
 1. op basis van 15 cilinders
 2. op basis van 15 of meer indirecte metingen + ten minste 2 geboorde cilinders
 3. op basis van 2 geboorde cilinders (in klein gebied)

Beoordelen van beton als eindproduct

1. Op basis van 15 cilinders

- $f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \times s)$

- $f_{is,laagste} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$

2. Op basis van 15 alternatieve metingen

- $f_{is,laagste} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$

3. Op basis van 2 cilinders

- $f_{is,laagste} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$

Beoordelen van schades aan beton in constructies

Beoordelen van schades aan beton is taak voor betononderhoudskundige.

Betontechnoloog komt in beeld bij schades die te maken hebben met grondstoffen of het gebruikte mengsel

- scheurvorming
- losliggende toplagen
- vorst-/dooizoutschade

Scheurvorming

Scheurvorming in jong beton:

- Plastische scheurvorming (krimp)



Scheurvorming

Scheurvorming in jong beton:

- Plastische scheurvorming (krimp)
ontstaan door externe invloeden, zoals:
 - lage luchtvochtigheid
 - temperatuurverschillen tussen beton en buitenlucht
 - harde (droge) wind

Plastische krimp treedt op in eerste uren na storten en verdichten

Scheurvorming

Scheurvorming in jong beton:

- Plastische scheurvorming (krimp)

Invloed van betonsamenstelling:

- zeer stabiele mengsels (grondstoffen met groot specifiek oppervlak)
- vochttransport is nauwelijks mogelijk

Scheurvorming

Scheurvorming in jong beton:

- scheurvorming door temperatuurspanningen

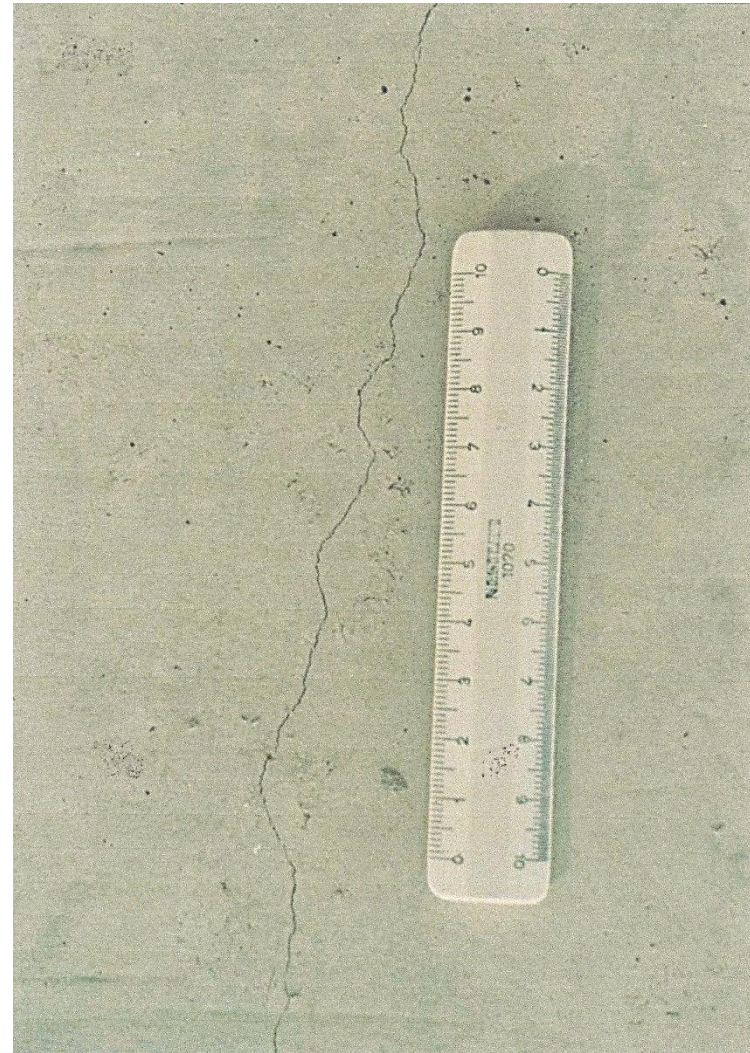


Thermische
krimp

Scheurvorming

Scheurvorming in beton:

- Uitdrogingskrimp



Loslatende toplagen

- Bij monoliet afgewerkte vloeren



Loslatende toplagen

- Bij monoliet afgewerkte vloeren, plaatselijk geen hechting:
 - betonvloeren met een verhoogd luchtgehalte
 - betonvloeren gemaakt met een onvoldoende stabiele betonspecie
 - betonvloeren waarbij de toplaag (te) snel is opgesteven en/of de afwerking te vroeg is begonnen

Vorstschade

- Schade aan beton door bevriezen van water in poriën, dit zet uit en veroorzaakt inwendige spanningen.
- Vooral bij jong beton (met veel water en weinig sterkte).
- Dooizouten veroorzaken grote temperatuurverschillen, doordat smeltende ijs warmte onttrekt uit onderliggende beton.
- Daardoor ijsvorming onder betonoppervlak.

Vorstschade

- NEN-EN 206 en NEN 8005 stelt eisen aan betonsamenstelling
 - minimum cementgehalte
 - maximale water-cementfactor
- Cementsoort: CEM I of CEM II/B-V zijn beter bestand tegen vorst dan CEM III.
- Gebruik van luchtbelvormer.
- Goede nabehandeling

Vorstschade

Schade aan galerijplaat

