

Modelleren van het gedrag van bestaande constructies

fib Taak Groep 3.2

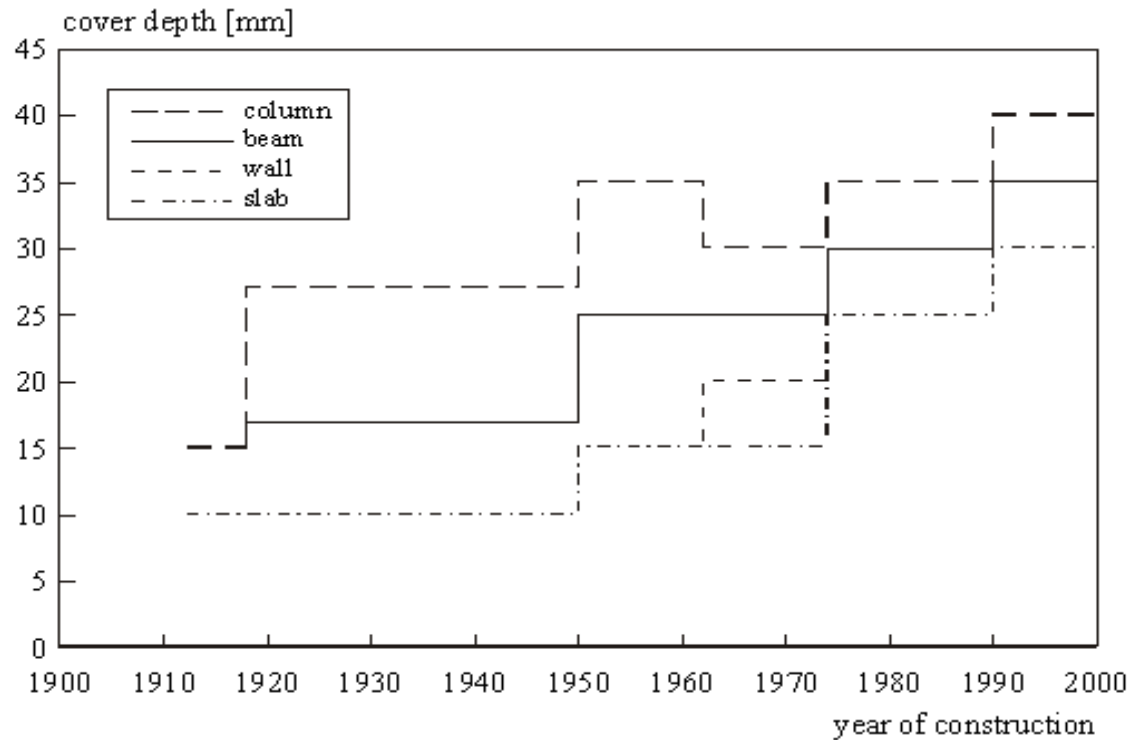
Joost Walraven

4 Februari 2021

Wat te doen met bestaande constructies?

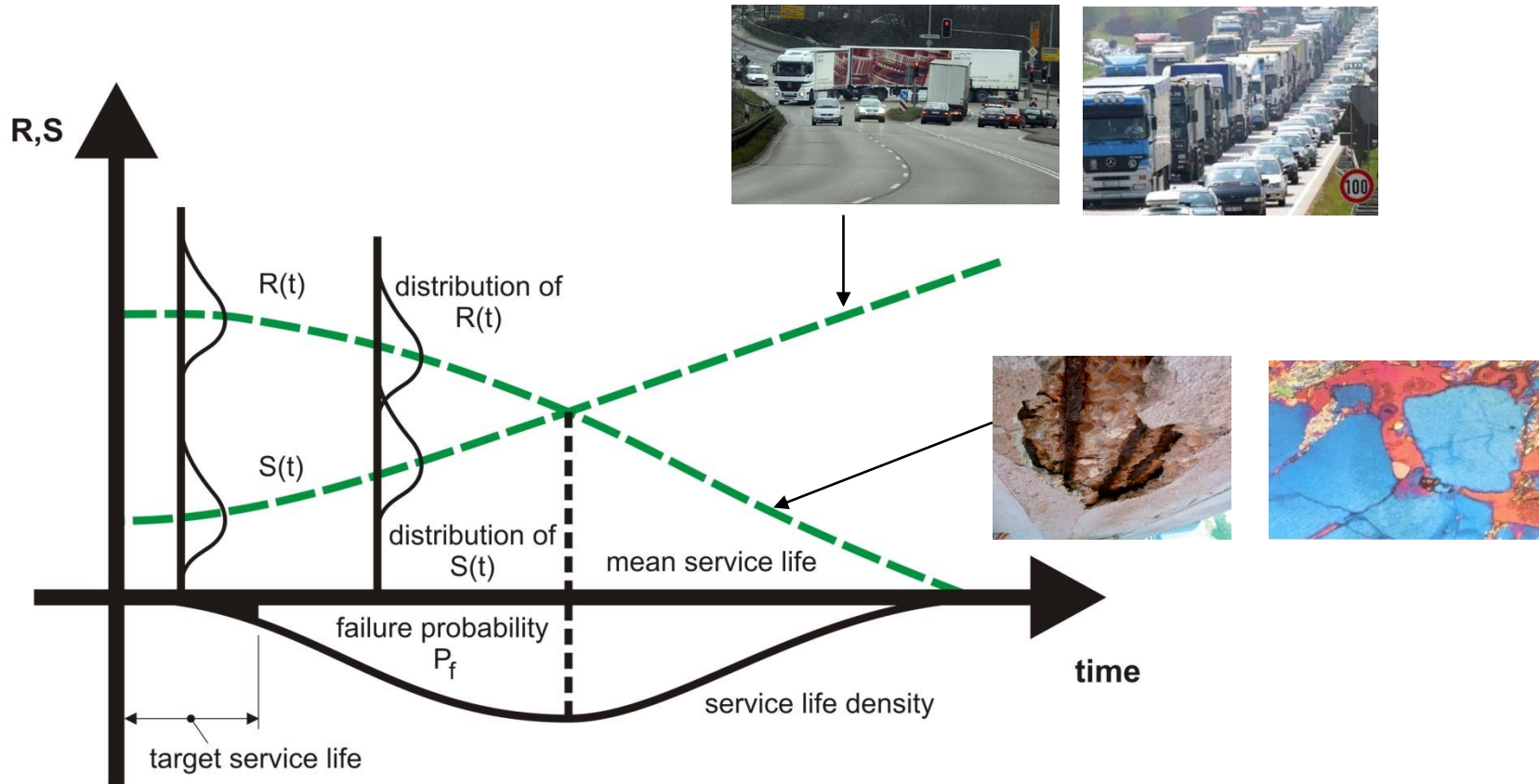


Het groeiende besef van de invloed van de veroudering op de constructieve veiligheid

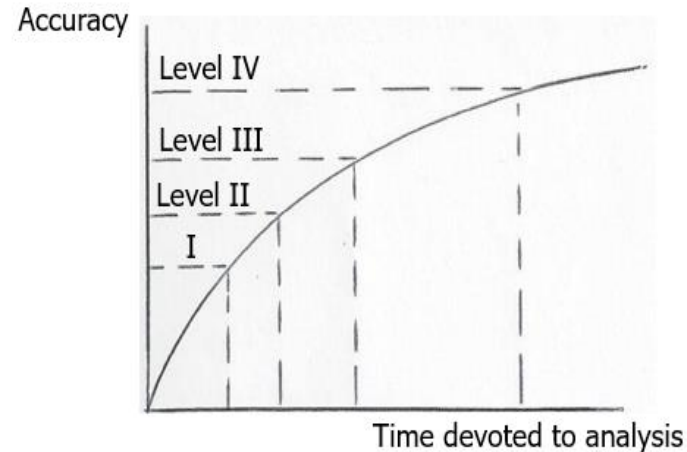
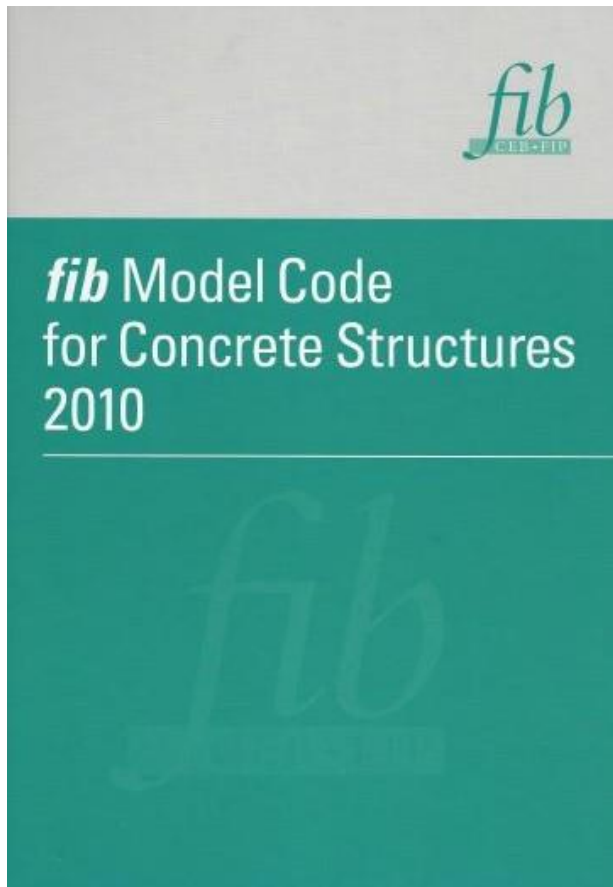


Toename van de betondekking in de Nederlandse normen in de loop van de tijd

Veroudering: niet alleen een kwestie van achteruitgang van materialen



fib Model Code for Concrete Structures 2010



Introductie van de “Level of Approximation Approach”:

Keuze tussen analysemodellen met de meeste geschikte complexiteit

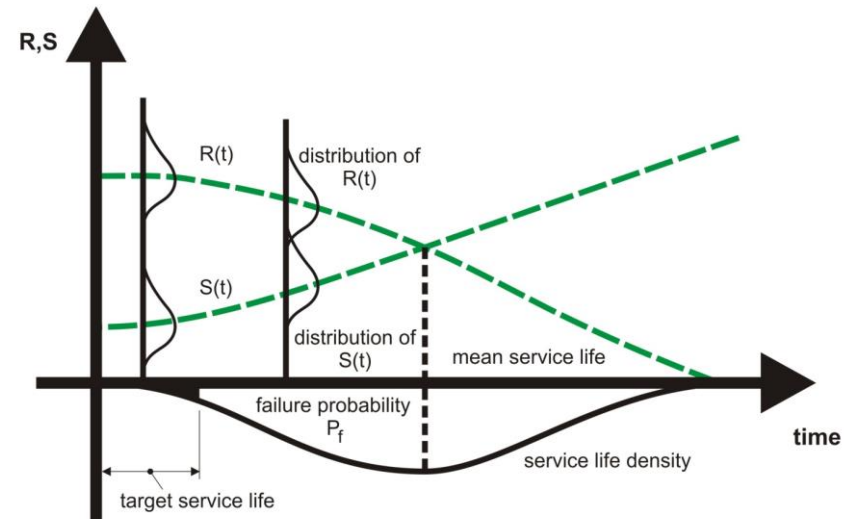
Omgaan met bestaande constructies in de komende fib Model Code 2020

fib Commissie 3: Bestaande betonconstructies

- TG3.1: Evaluatie van betrouwbaarheid: vol-probabilistische en semi probabilistische evaluatiemethoden voor bestaande constructies.
- TG3.2 Modelleren van het constructieve gedrag van bestaande constructies**
- TG3.3 Evaluatie en besluitvorming voor het managen van bestaande constructies over de resterende levensduur
- TG3.4 Selectie en implementatie van maatregelen en management van bestaande constructies gedurende de resterende levensduur

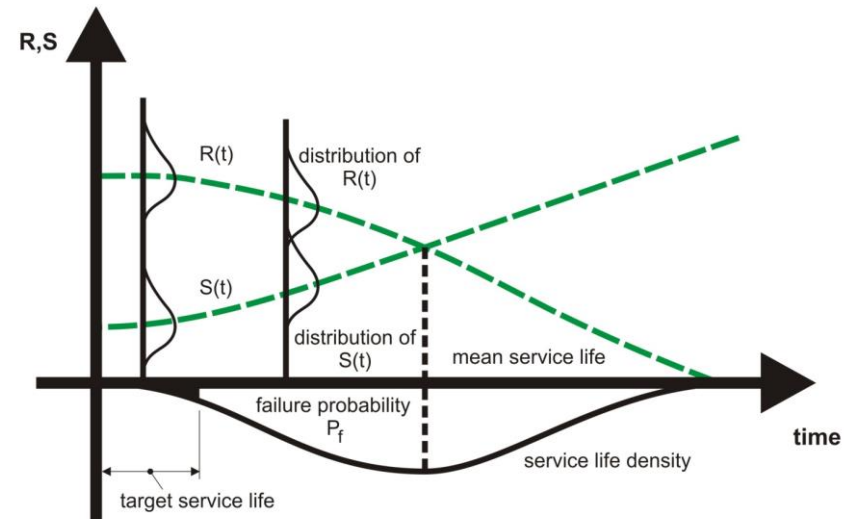
Vraagstellingen te behandelen door TG 3.2

- A. Hoe kan het werkelijke draagvermogen van bestaande constructies worden bepaald? Is er verborgen draagreserve?
- B. Hoe om te gaan met het effect van achteruitgang van materiaaleigenschappen op het draagvermogen?
- C. Hoe om te gaan met het draagvermogen van constructies die zijn ontworpen met achterhaalde normen?



Vraagstellingen te behandelen door TG 3.2

- A. Hoe kan het werkelijke draagvermogen van bestaande constructies worden bepaald? Is er verborgen draagreserve?
- B. Hoe om te gaan met het effect van achteruitgang van materiaaleigenschappen op het draagvermogen?
- C. Hoe om te gaan met het draagvermogen van constructies die zijn ontworpen met achterhaalde normen?



(Voorbeeld 1) Afschuifdraagvermogen van platen

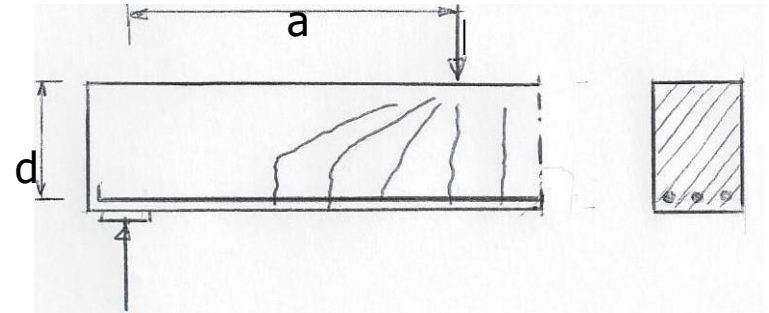
De uitdrukking (6.2a) voor het draagvermogen van elementen zonder schuifwapening in EC-2 is empirisch en afgeleid op grond van 175 tests

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_w d$$

Beperking van deze methode:

Een plaat heeft een groter herverdelend vermogen omdat lastspreiding in breedterichting mogelijk is

In de 175 tests valt altijd de maximale dwarskracht samen met het maximale moment. In constructies is dit vaak niet het geval.



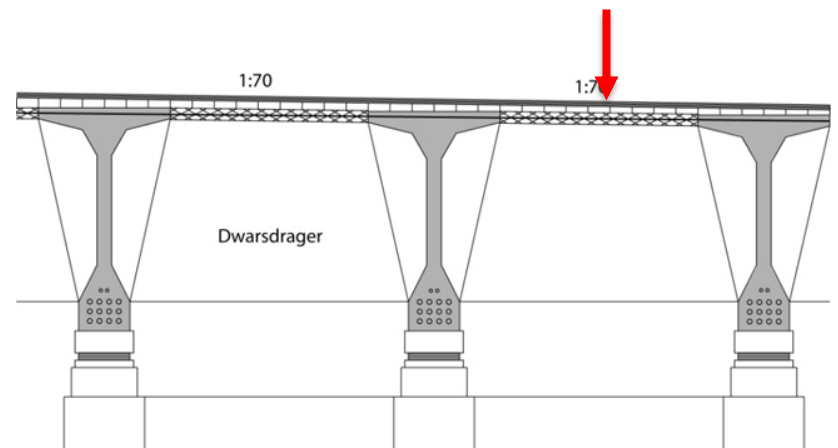
De vergelijking is aan de veilige kant maar gaat niet in op extra draagvermogen



In nieuwe normen (bijvoorbeeld pr EN -19992-1) hangt het afschuifdraagvermogen wel af van het buigende moment.

(Voorbeeld 2)

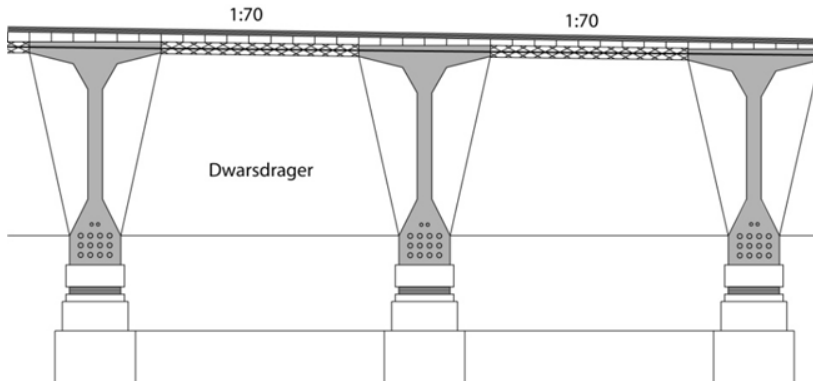
Draagvermogen van 70 Nederlandse bruggen met voorgespannen dekken



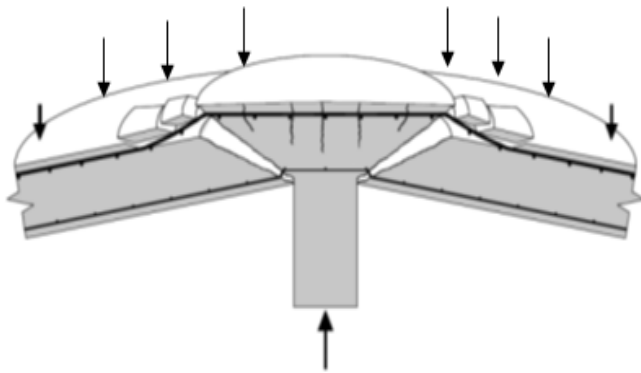
In alle 70 bruggen was de veiligheidsfactor op de verkeersbelasting $\gamma_Q < 1.2$



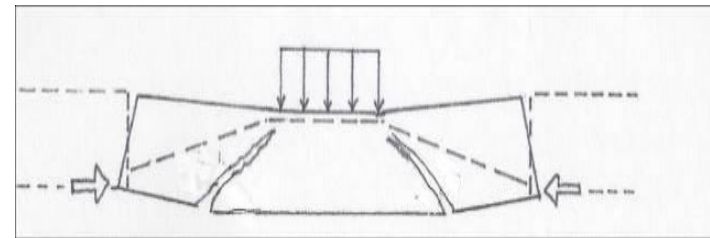
Mobiliseren van extra draagvermogen: ponsweerstand



Pons: maatgevende bezwijkvorm in veel brugdekken. Maar: CMA (Compressive Membrane Action) niet meegenomen



Ponsweerstand bepaald in laboratoria



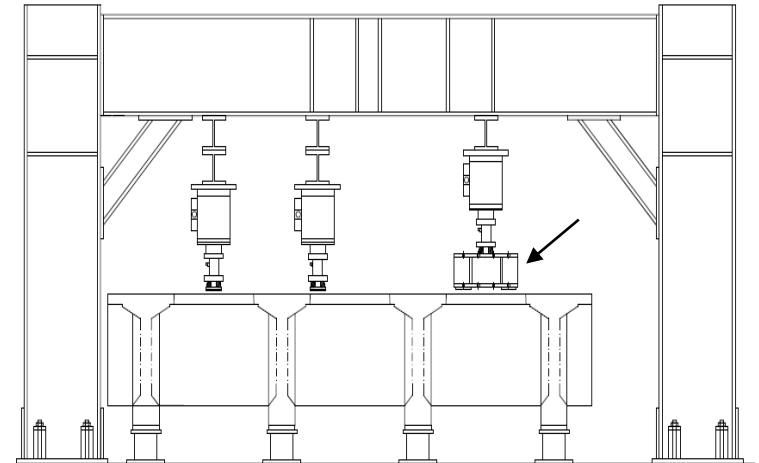
Ponsweerstand met inbegrip van CMA

Tests op ponsweerstand inclusief CMA

Brugdek schaal 1:2 nagebouwd in Stevin Laboratorium TU Delft



Resultaat opmerkelijk: werkelijke veiligheidsfactor op verkeersbelasting $\gamma_q = 3.7$



(Voorbeeld 3) : Afschuifdraagvermogen van betonnen plaatviaducten zonder schuifwapening.

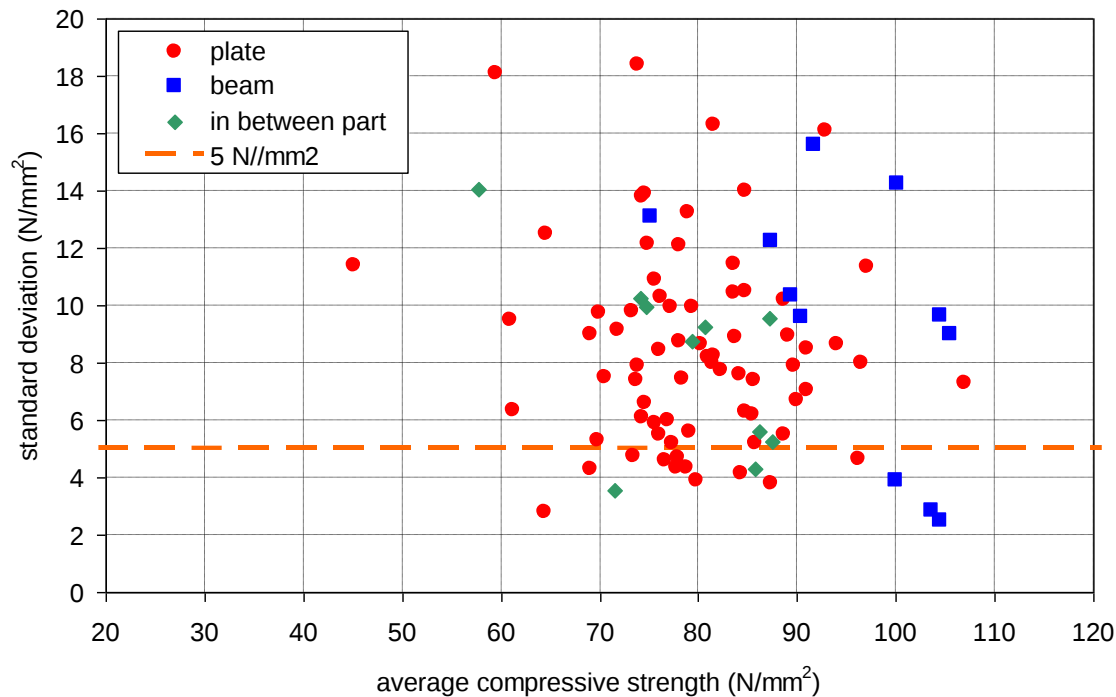


De meeste plaatsviaducten zijn onveilig indien berekend met de 28 daagse betondruksterkte (vaak C20/25). Moeten al deze viaducten worden versterkt?

Ontwikkeling van betondruksterkte in de tijd

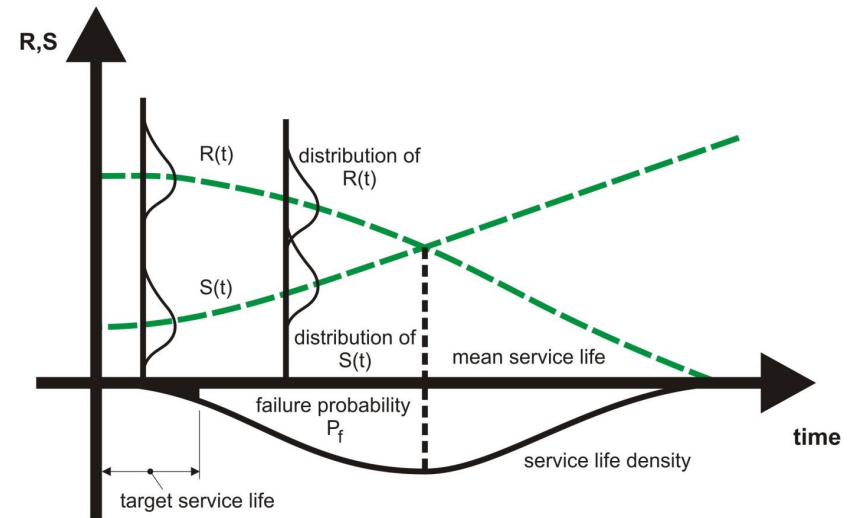
Betondruksterkte vastgesteld aan boorkernen
na ongeveer 60 jaar.

Reservedraagvermogen 45%

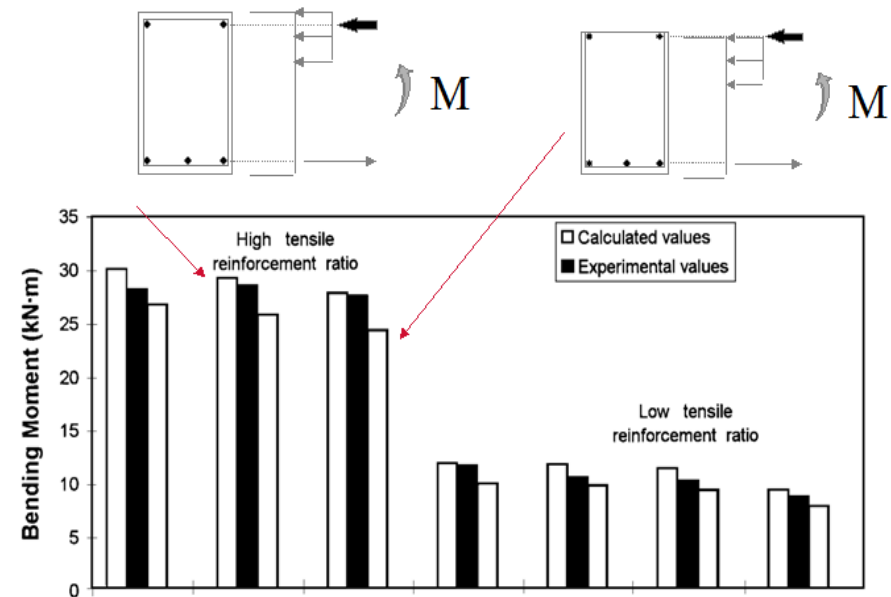
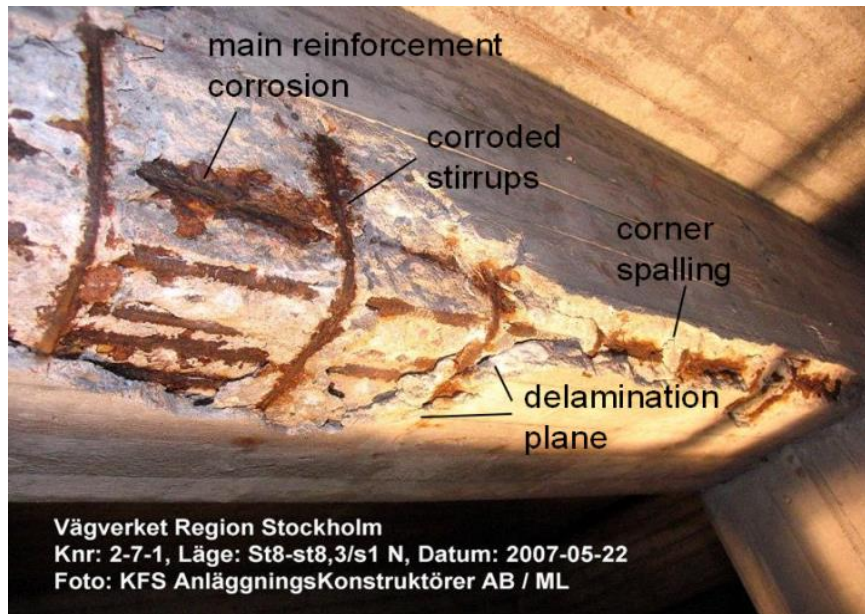


Vraagstellingen te behandelen door TG 3.2

- A. Hoe kan het werkelijke draagvermogen van bestaande constructies worden bepaald?
- B. Hoe om te gaan met het effect van achteruitgang van materiaaleigenschappen op het draagvermogen?
- C. Hoe om te gaan met het draagvermogen van constructies die zijn ontworpen met achterhaalde normen?



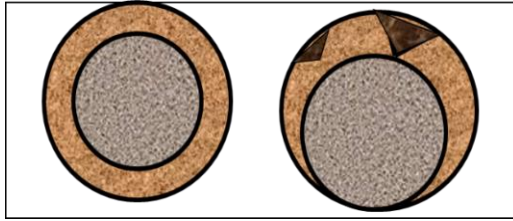
Verlies draagvermogen door corrosie



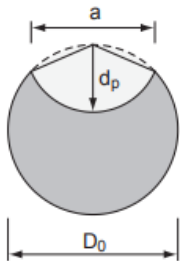
Modelleren gedrag op buiging met
geroeste (Rodriguez)

Betonstaal aangetast door corrosie

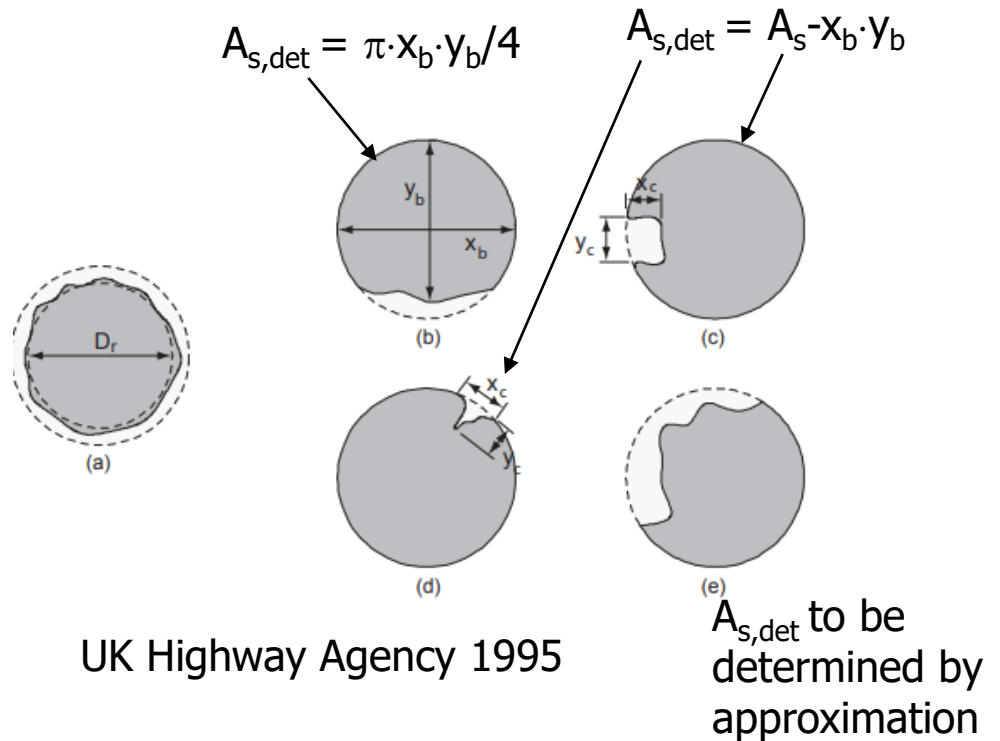
Corrosie: definitie van overblijvende staaldoorsnede



Rodriguez (1994, 1996)

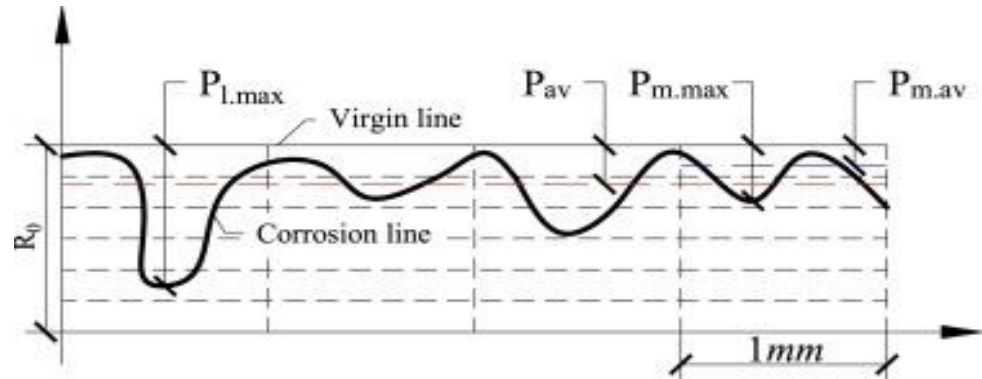
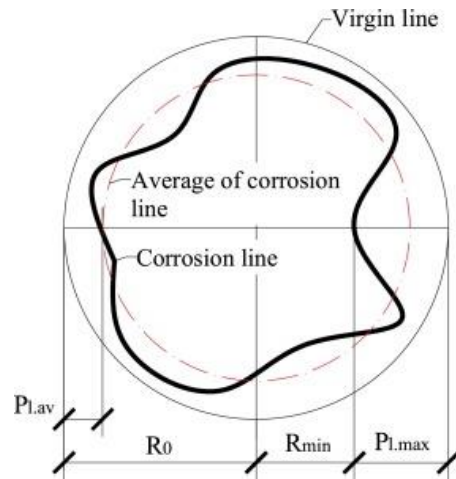


Val, Stuart, Melchers 1998)



Betonstaal aangetast door corrosie

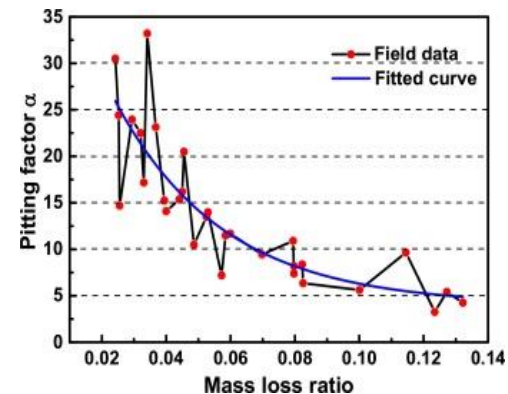
Corrosie: bepaling restdoorsnede via meten gewichtsverlies



Definitie van de "pitting factor":

$$\alpha = P_{l,max}/P_{l,av} \text{ (estimation } \alpha = 10)$$

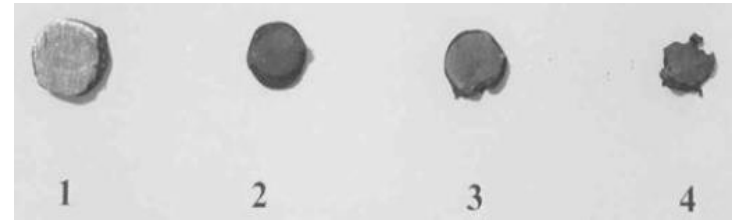
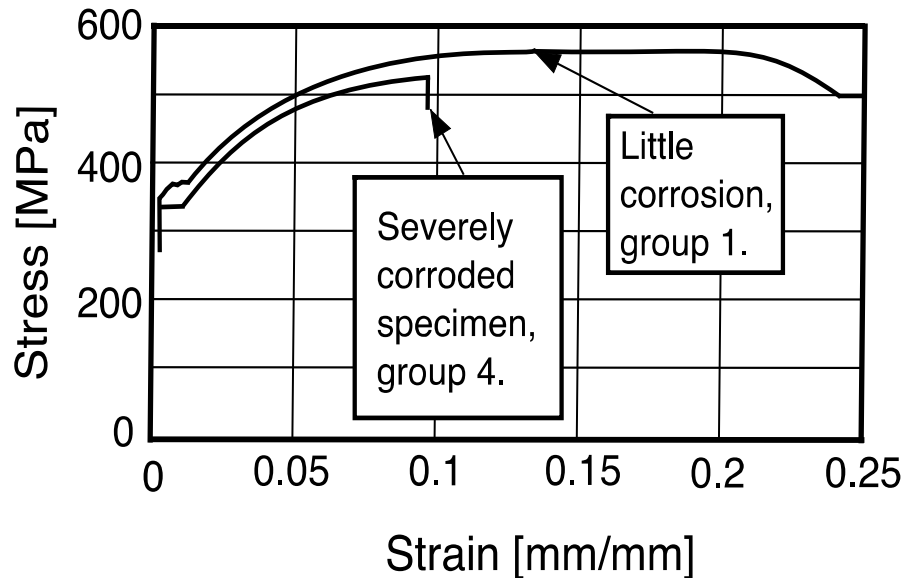
Gonzales, Andrade, Manual Contecvet



Zhao et al
2019

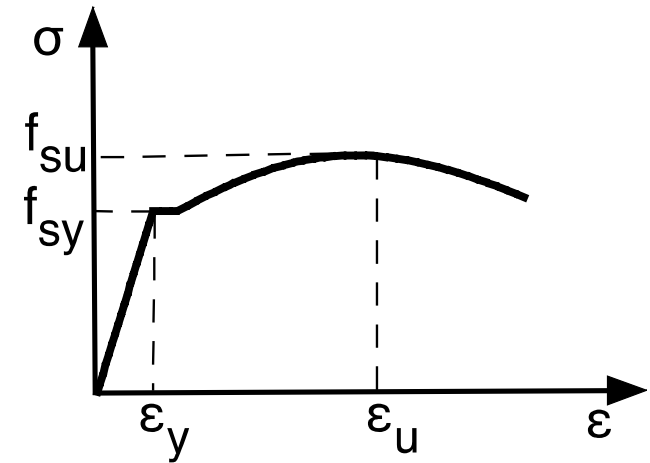
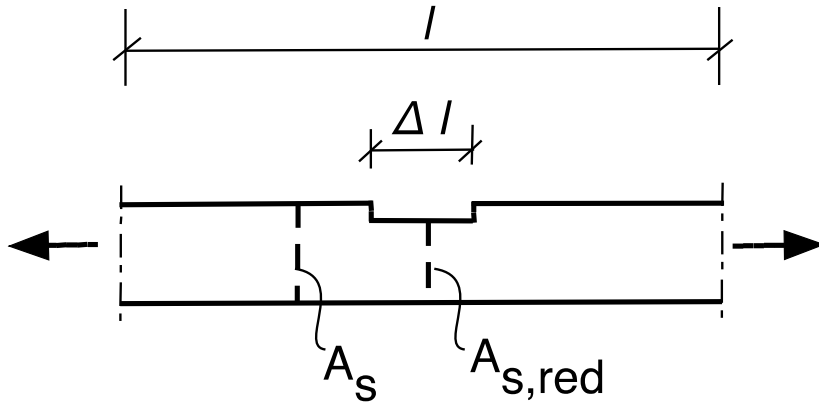
Betonstaal aangetast door corrosie

Corrosie: niet alleen doorsnede-verlies maar ook ductiliteitsverlies



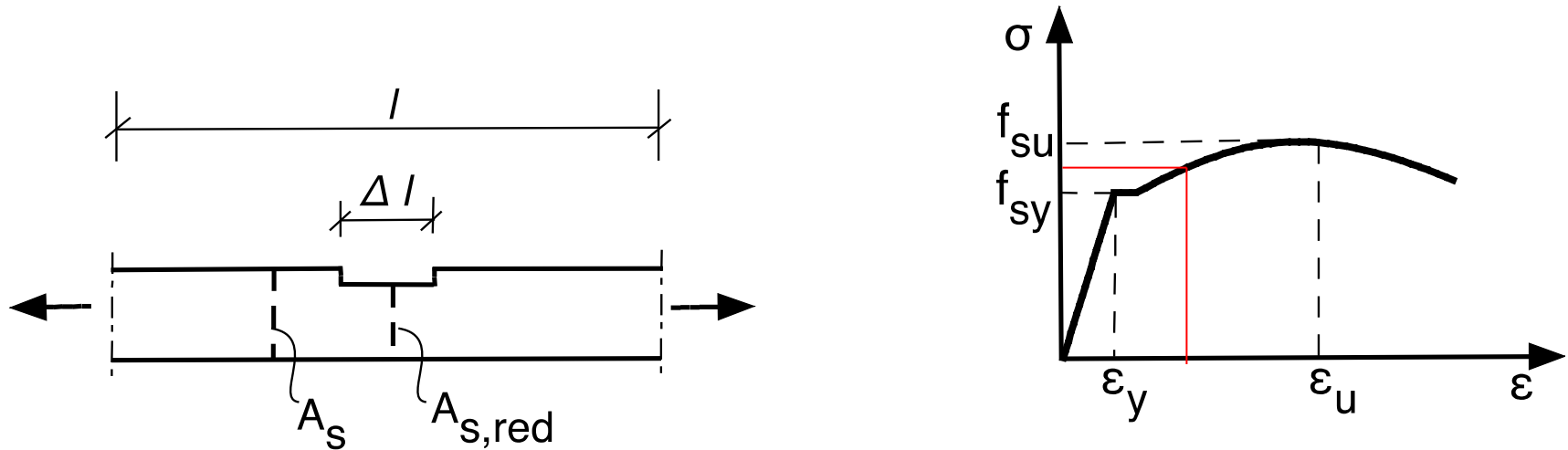
Spanning-rek relaties voor staven met verschillende niveaus van corrosie (Palsson, Mirza 2002)

Effect van de put geometrie op de rek-eigenschappen



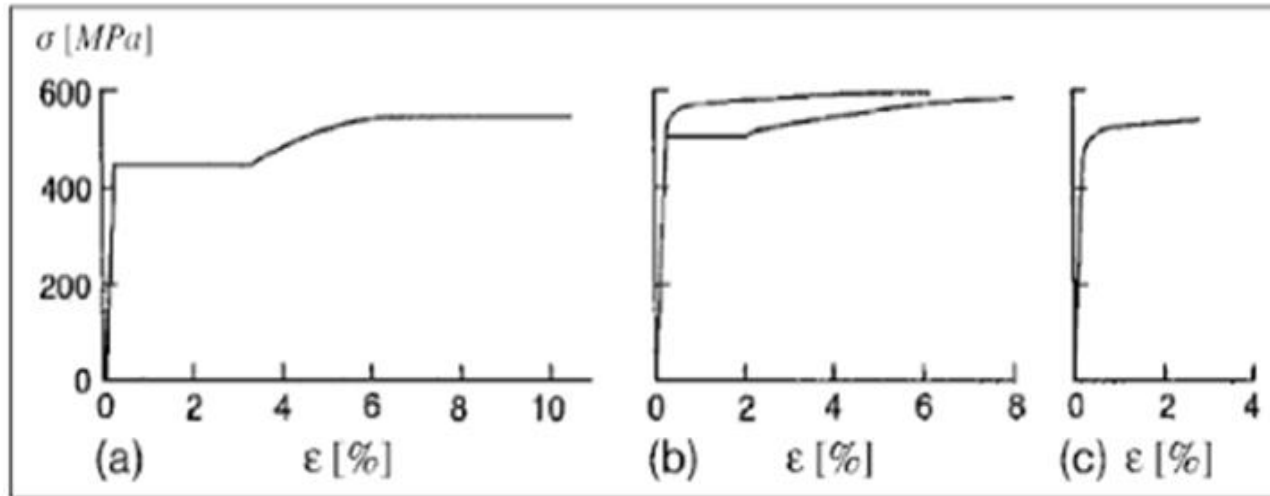
Als $A_{s,red} < (f_{sy}/f_{su}) \cdot A_s \rightarrow$ brosse breuk als trekkracht $> A_{s,det} f_{su}$
(bij plaatselijke rek ϵ_{su})

Effect of pit geometry on strain properties



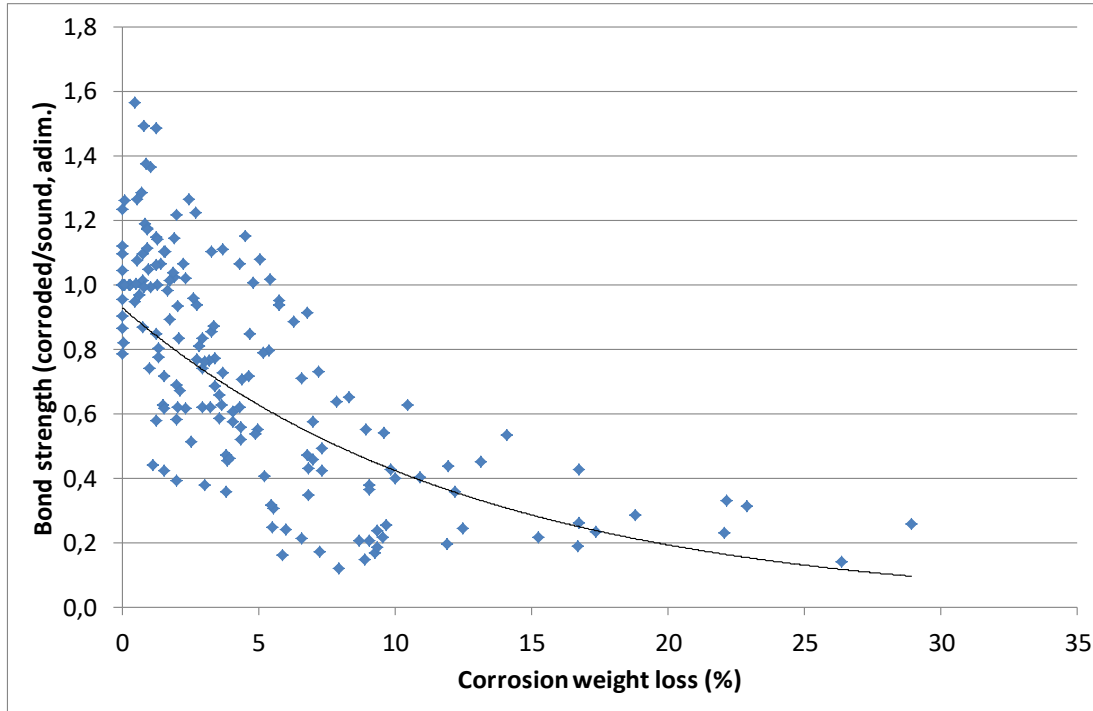
Als $f_{su}/f_{st}) \cdot A_s \leq A_{s,red} < A_s \rightarrow$ stabiele situatie met gereduceerde locale rek

Spanning-rek relaties voor staal met verschillende type hardening

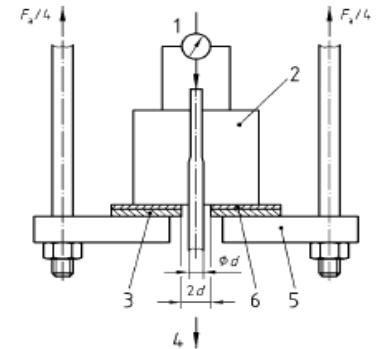


- (a) Warm gewalst staal
- (b) Warmtebehandelde staven met laag carbon gehalte (onder) en koud vervormde staven (boven)
- (c) Koudvervormde draden

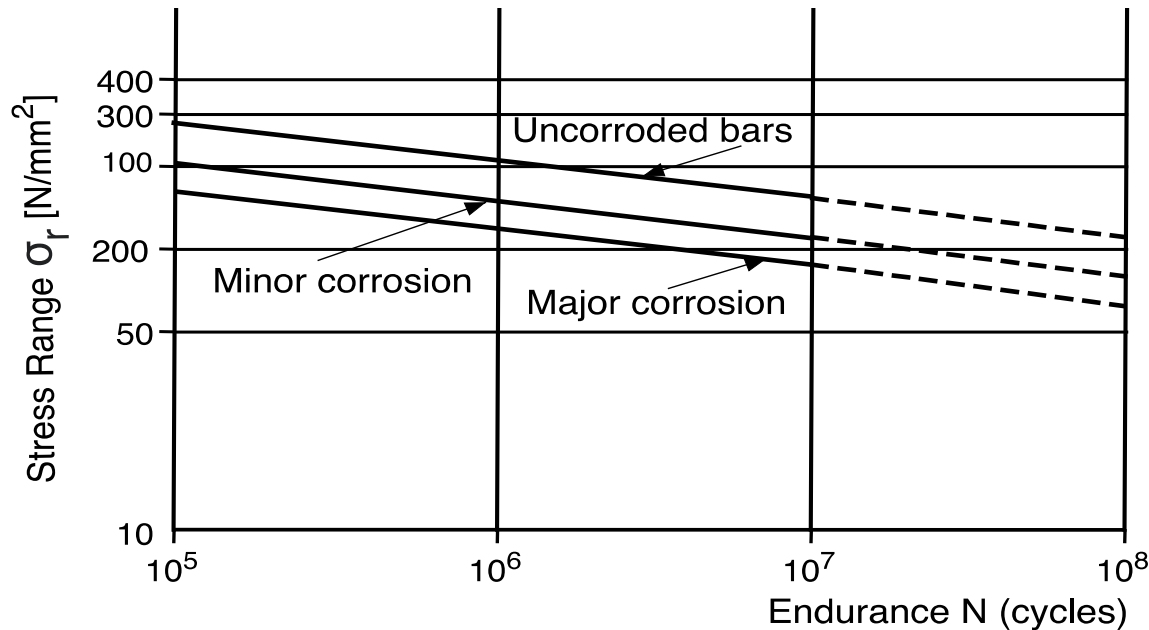
Verlies aanhechtsterkte door corrosie



Lundgren, Tahershamsi, Zandi, Plos
(2015)



Vermoeiingsweerstand van geroest wapeningsstaal



“minor” = minder dan 25% doorsnede-verlies

“major” = more dan 25% doorsnede-verlies

$\sigma_r - N$ lijnen voor wapeningsstaven met $\phi \leq 16\text{mm}$
UK National Road Authorities NRA BA 38/14 (2014)

Ontwerp van nieuwe constructies versus beoordeling van bestaande constructies

Een integraal voorschrift of gescheiden voorschriften

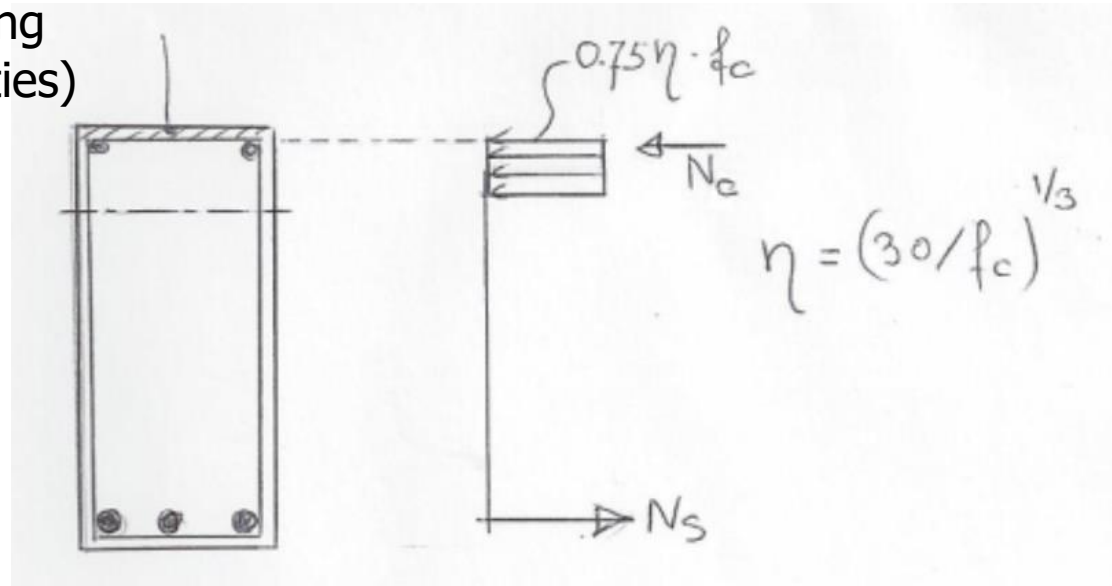


Werkt de Level of Approximation Approach (*fib* MC 2010) ook voor constructies met beschadigde materialen?

Buigweerstand van betonelementen met gecorrodeerde wapening?

Rekenen met

- Verlies van betondekking in drukzone
- Reductie betonsterkte in drukzone
- Reductie doorsnede wapeningsstaal in trekzone
- Reductie van breukrek wapening (statisch onbepaalde constructies)
- Reductie aanhechtsterkte
- Reductie verankeringslengte



Beoordeling van het afschuifdraagvermogen van constructies met gecorrodeerde wapening

$$V_{Rd,det} = V_{Rdc,det} + V_{Rds,det}$$

Afschuifweerstand

Betonterm

Bijdrage schuifwapening

$$V_{Rd,c} = k_v \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} z b_w$$

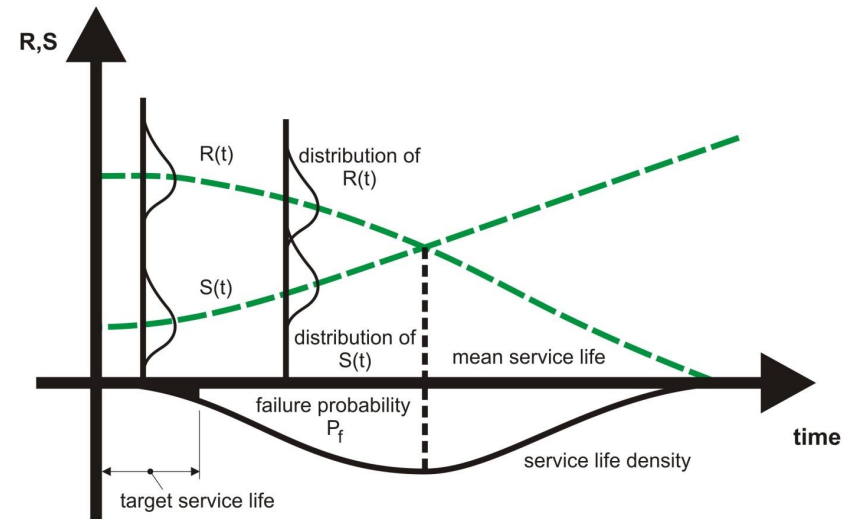
Reductiefactor voor aanhechting

$$V_{Rds,det} = z \cdot \cot \theta \cdot \frac{A_{sw,red} \cdot f_{ywd}}{s}$$

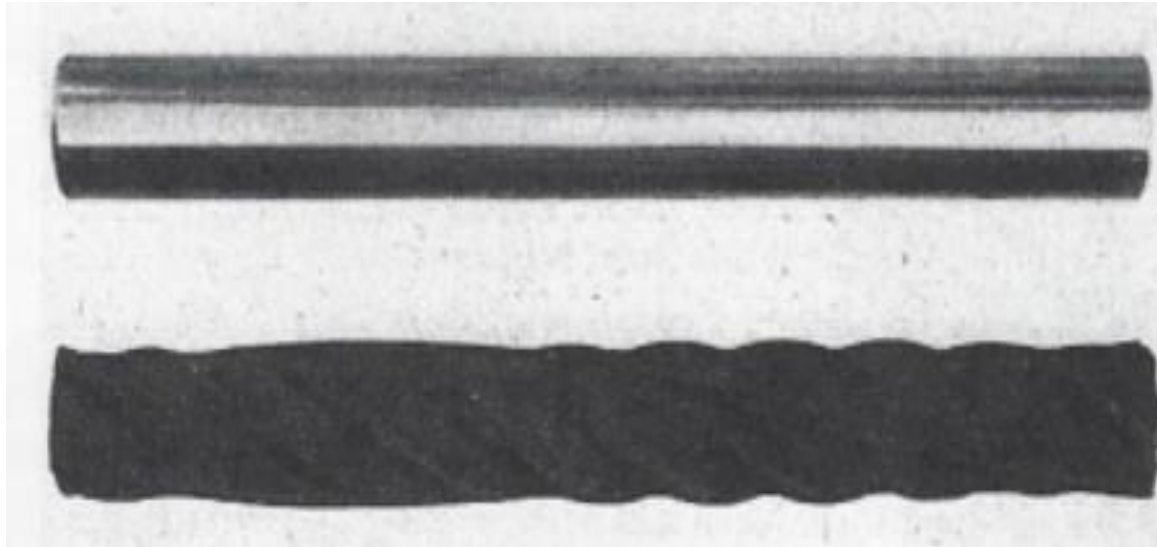
Helling drukdiagonaal begrensd door afgenomen breukrek beugelstaal

Vraagstellingen te behandelen door TG 3.2

- A. Hoe kan het werkelijke draagvermogen van bestaande constructies worden bepaald? Is er verborgen draagreserve?
- B. Hoe om te gaan met het effect van achteruitgang van materiaaleigenschappen op het draagvermogen?
- C. Hoe om te gaan met het draagvermogen van constructies die zijn ontworpen met achterhaalde normen?



(C-1). Constructies met glad wapeningsstaal



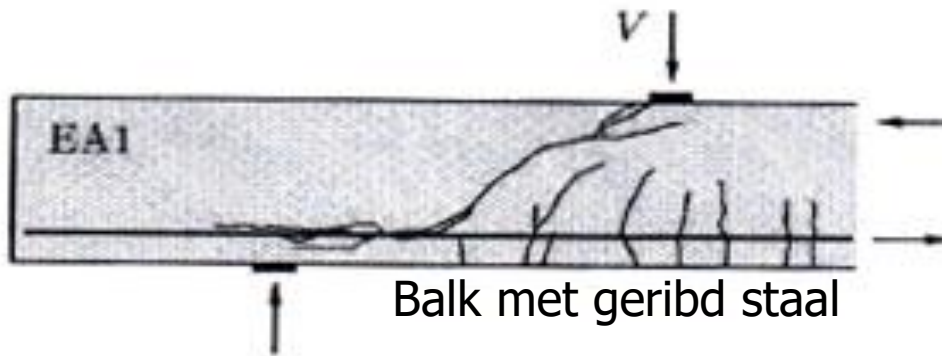
Gladde staaf

Staaf met ribben

Belangrijke vraag: hoeveel kleiner is het afschuifdraagvermogen van elementen met gladde staven ten opzichte van elementen met geribde staven (>3000 bruggen)

Vergelijking afschuifdraagvermogen balken met gladde en balken met geribde langswapening

Test by Prof. Leonhardt, Germany, 1960



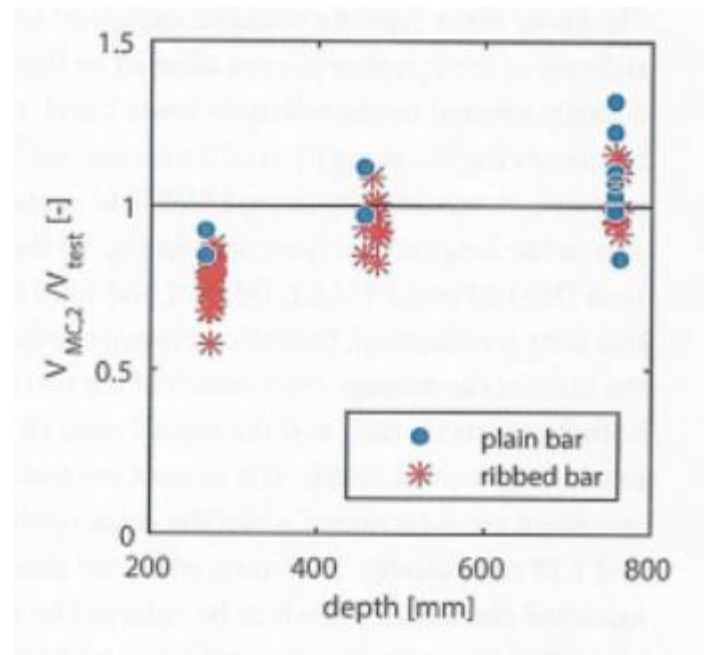
Afschuifdraagvermogen
 $V_u = 58-75 \text{ kN}$



Afschuifdraagvermogen
 $V_u = 100 -113 \text{ kN}$

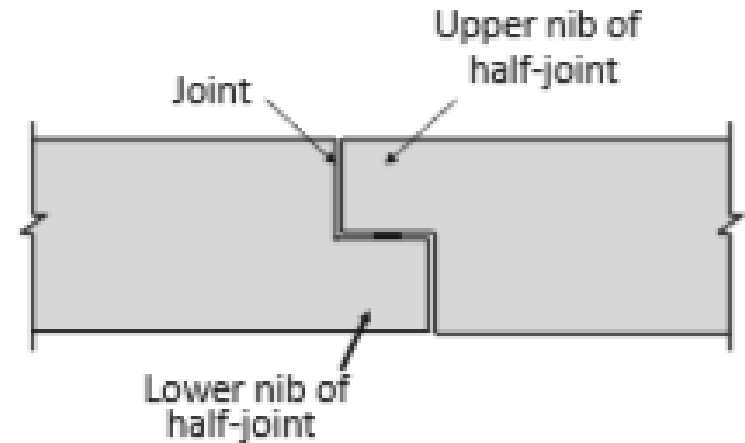
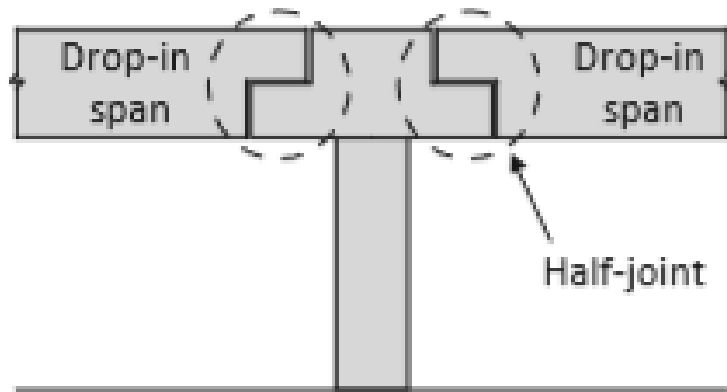
Vergelijking tussen het afschuifdraagvermogen balken met gladde en geprofileerde langswapening

Experimenten door Yang Yuguang TU Delft 2016:
“Leonhardt had gelijk om zijn eigen resultaten niet te geloven”.



Als staven gepolijst zijn geven zij een hoger afschuifdraagvermogen. Maar bij niet gepolijste gladde wapening kan nog steeds een behoorlijke aanhechting optreden. Dan zijn de verschillen tussen glad en geribd niet groot.

(C-2) Tandopleggingen bij prefab liggers

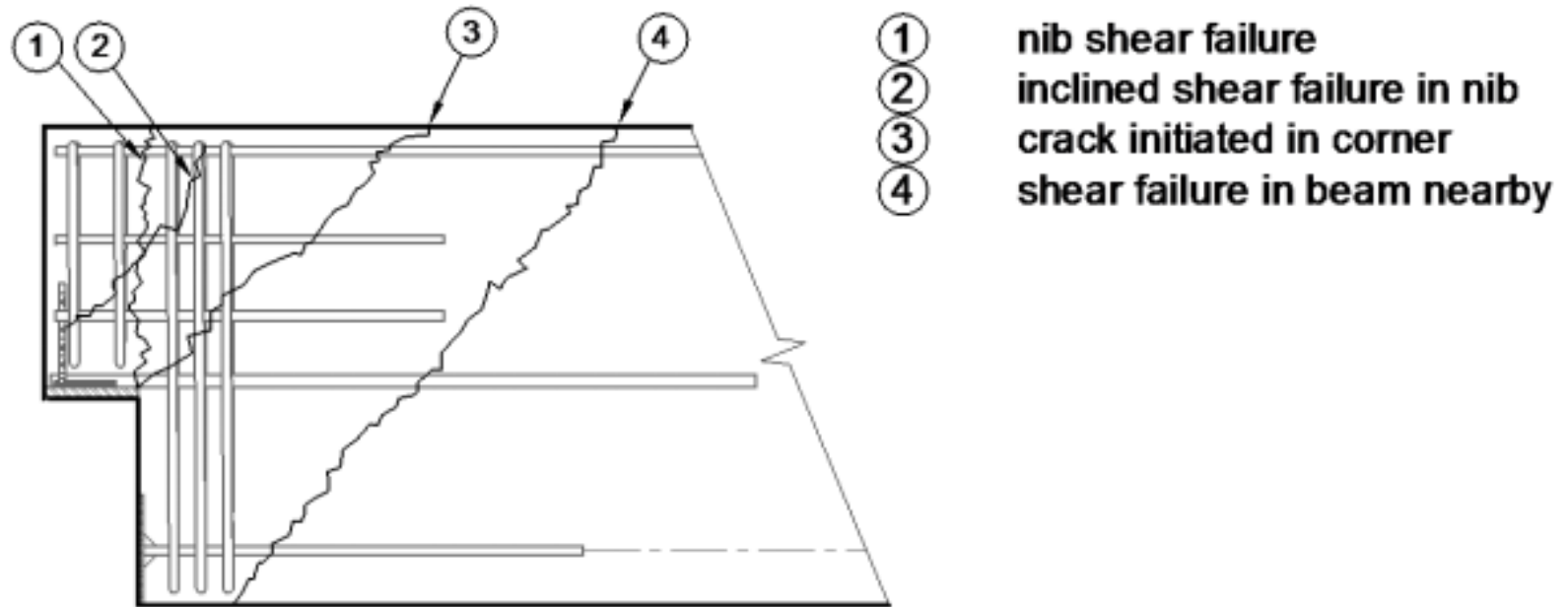


Voordeel: lagere doorsnedehoogte

Nadelen:

- Gevoeligheid van de constructie voor corrosie door het indringen van chloride in de voegen. Door scheurvorming in de inspringende hoek hebben chloriden vrij toegang tot de ophangwapening achter de tand!
- Moeilijk bereikbaar voor inspectie en reparatie

Grootschalig onderzoek naar de veiligheid van tandopleggingen (UK 2015) UK



Niet alleen veel corrosie, maar ook verkeerde detaillering en verkeerde uitvoering.

Desnerck, Lee (2015)

fib Bulletin ...

Modelling structural performance of existing concrete structures

State of the Art Report (2021)

fib Task Group 3.2

Webinars, workshops



The poster for CACRCS 2021 is enclosed in a green rectangular border. At the top center, the 'cte' logo is followed by the word 'organizes'. To the left, a grey rectangular box contains the text 'a new photo is coming' in a small, italicized font. To the right of this box, the dates '30 NOVEMBER-3 DECEMBER 2021' are printed in a bold, sans-serif font. The main title 'CACRCS' is prominently displayed in large, bold letters, with 'DAYS' in a smaller font below it. Below the title, the full name of the event, 'Capacity Assessment of Corroded Reinforced Concrete Structures', is written in a bold, italicized font. At the bottom, the text 'with the support of' is centered above three logos: 'fib' (Fédération International du Béton), 'fib Italy' (Italian branch), and 'aicap' (Associazione Italiana per la Corrosione dell'Acciaio nei Cementi).

cte organizes

a new photo is coming

30 NOVEMBER-
3 DECEMBER
2021

CACRCS
DAYS 2021

***Capacity Assessment of Corroded
Reinforced Concrete Structures***

with the support of

fib fib aicap

For any information about the event, please visit the website: www.cte-it.org