

# Vergelijking van berekeningsmethodes van spalling in voorgespannen holle vloerplaten

Duckaert Alexander

Hermans Emiel

Master IIW Bouwkunde

Master IIW Bouwkunde

## Probleemstelling

**Betonnen holle vloerplaten** zijn constructie-elementen met een grote slankheid en kunnen grote overspanningen overbruggen. De capaciteit van deze vloerplaten kan vergroot worden door het toevoegen van **voorspanstrengen**. Dit zorgt echter voor **extra trekspanningen** in de verankeringszones die opgevangen moeten worden door het beton. In dit onderzoek wordt er gefocust op één van deze trekspanningen, namelijk **spallingspanning**. De bestaande methodes zullen vergeleken worden voor twee verschillende configuraties, SP320 en SP400.

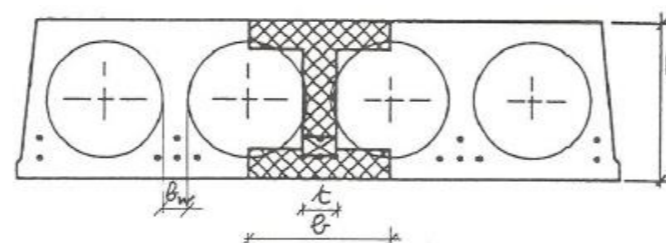


Figuur 1: Scheurvorming t.g.v. spallingspanning [1]

## Bestaande methodes

### Den Uijl

De eindige-elementmethode van Den Uijl maakt gebruik van een **equivalente I-sectie** (figuur 2). Deze methode is enkel geldig voor specifieke doorsneden en is dus niet universeel. Beton wordt homogeen, isotroop en lineair elastisch aangenomen. Formule 1 geeft de spallingskracht weer.



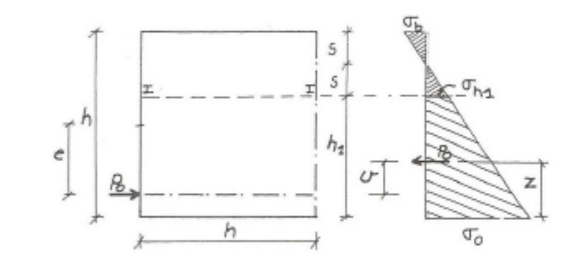
Figuur 2: Equivalente I-dwarsdoorsnede [2, p. 102]

$$F_k = P_0(0,02 + 4,0 \left(\frac{e-k}{h}\right)^{2,3} \frac{h}{l_m} \quad (1)$$

### Kupfer

De vakwerkmodelmethode van Kupfer steunt op een **momentenevenwicht** in de transmissiezone (figuur 3). Deze methode is toepasbaar voor zowel rechthoekige als niet-rechthoekige secties. Formules 2 en 3 geven de spallingskracht weer.

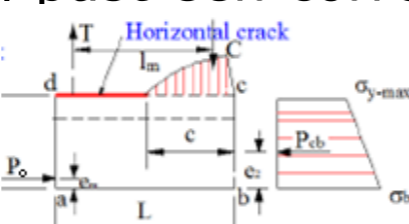
$$F_{k,nagerekt} = \frac{2 P_0 v}{h} \quad (2) \quad F_{k,voorgerekt} = \frac{2 P_0 v}{l_m} \quad (3)$$



Figuur 3: Aanduiding van positie snede I-I [2, p. 111]

### (Modified) Gergely-Sozen

De vakwerkmodelmethode van (modified) Gergely-Sozen (MGS) is gebaseerd op een **momentenevenwicht** in de verankeringszone (figuur 4). Formule 4 definieert de spallingskracht volgens GS. Het MGS-model past een correctie toe op de hefboomsarm. Formule 5 geeft dit weer.

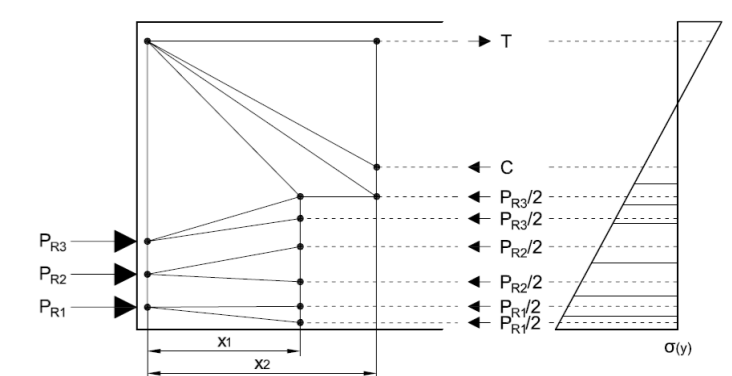


Figuur 4: Verklaring symbolen GS [3, p. 29]

$$F_k = \frac{P_0 v}{h} \quad (4) \quad F_k = \frac{M_{solliciterend}}{L - \frac{h}{3} - \frac{c}{3}} \quad (5)$$

### Rik Steensels

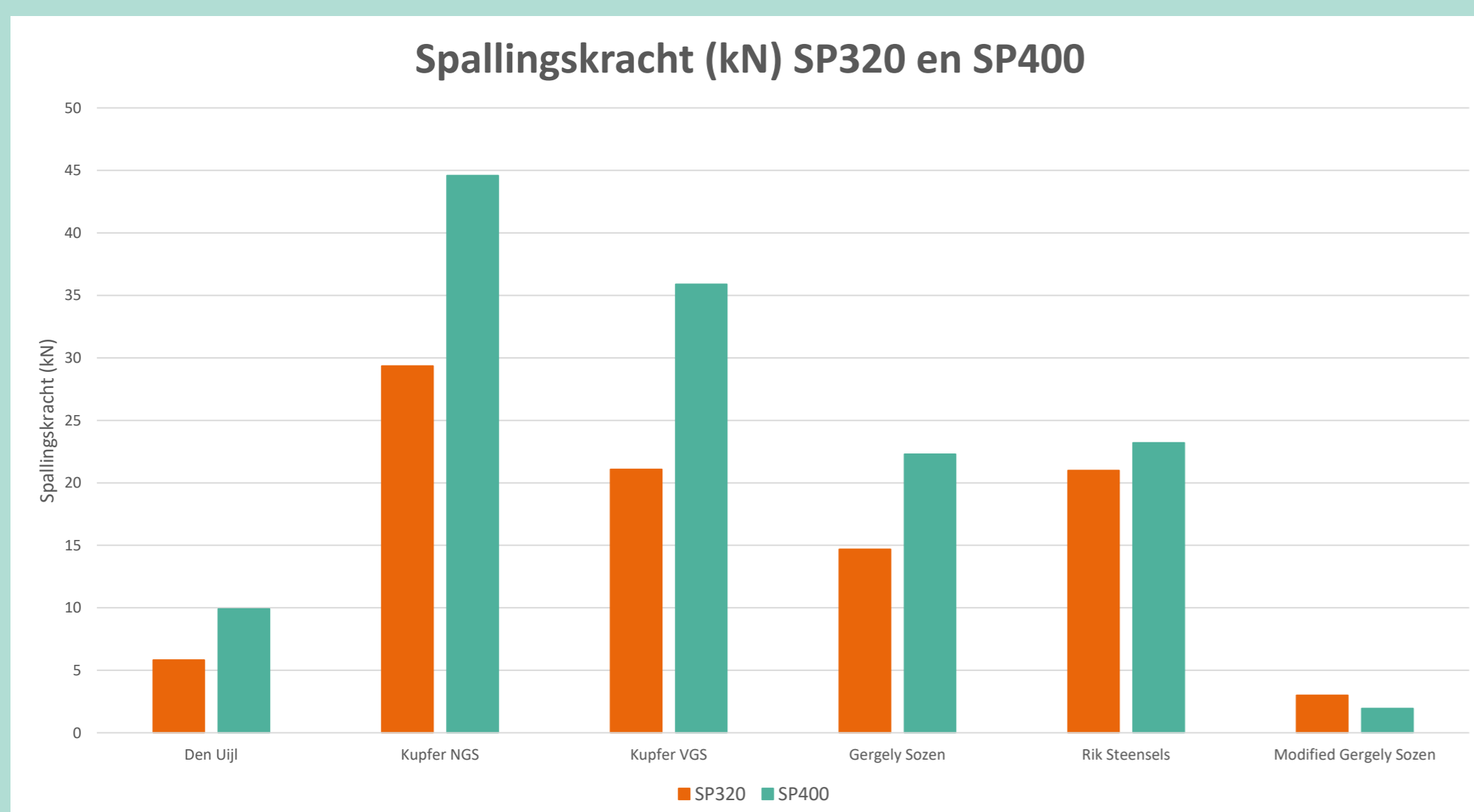
Het **strut-and-tie model** (figuur 5) van Rik Steensels bestaat uit twee delen. Het eerste deel analyseert een individueel voorspanstreng en het tweede deel implementeert dit in een model van ware grootte. Uit het model wordt de inwendige spanningsverdeling van de eindzones verkregen.



Figuur 5: STM element met enkel voorspanstrengen in de onderste zone [4, p. 127]

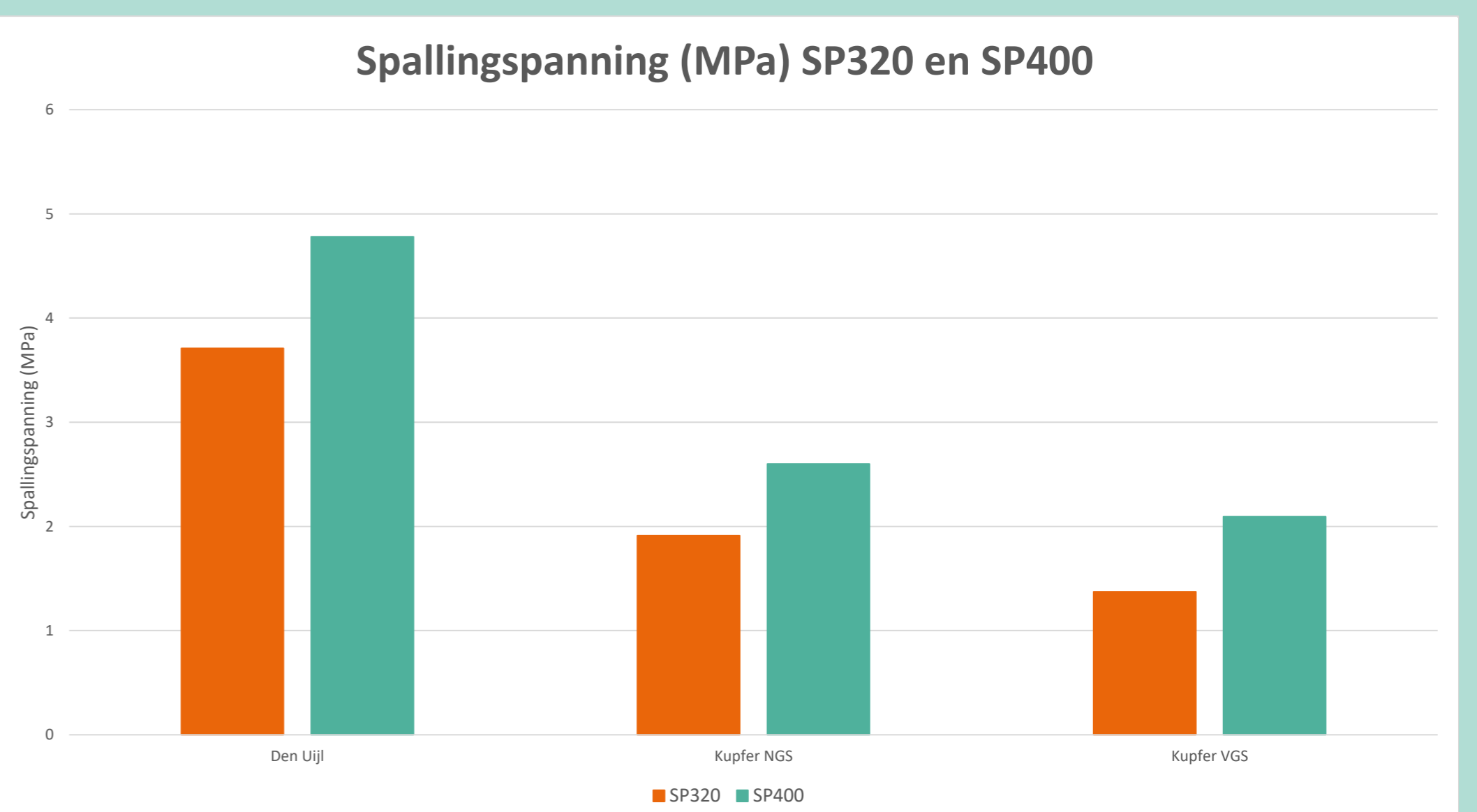
## Resultaten

Spallingskracht (kN) SP320 en SP400



Figuur 6: Vergelijking spallingskracht SP320 en SP400

Spallingspanning (MPa) SP320 en SP400



Figuur 7: Vergelijking spallingspanning SP320 en SP400

## Conclusie

Gebaseerd op de resultaten kunnen volgende conclusies gemaakt worden:

1. Aannames m.b.t. de **hefboomsarm** en het **momentenevenwicht** zijn belangrijke factoren binnen de STM-modellen.
2. De spallingspanning van **Den Uijl** is ongeveer een factor 4 groter aangezien dit per equivalente I-sectie berekend wordt.
3. Enkel de modellen van Rik Steensels en MGS houden rekening met **voorspanning bovenaan**.
4. **Modified Gergely-Sozen** maakt bedenkelijke aannames m.b.t. het momentenevenwicht waardoor spalling onderschat wordt t.o.v. de andere modellen.
5. Op basis van de aannames over de hefboomsarm en het momentenevenwicht is de methode van **Rik Steensels** het meest betrouwbaar.

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Dr. Ing. Rik Steensels

[1] B. Hendriks, Spalling in EN1168, Aachen, 2011.

[2] H. Cecat, „Studie van de krachtoverdracht in de verankeringszone van geprefabriceerde holle vloerplaten [eindwerk],“ Rijksuniversiteit Gent, Gent, 1991-1992.

[3] A. Yuan, „Spalling Force Calculation for Prestressed Concrete Bridge Girder End Based on a Modified G-S Model: Model Derivation and Validation,“ Journal of Bridge Engineering, vol. 24, p. 57, 2019.

[4] R. Steensels, „End zone design and detailing of pre-tensioned concrete elements,“ Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen UHasselt en KULeuven, Hasselt, 2018.