

DE BEREKENING VAN BUIGENDE MOMENTEN IN RECHTHOEKIGE GEWAPEND-BETONPLATEN

De berekeningsmethode, ontwikkeld door Siess en Newmark van de Universiteit van Illinois, wordt in dit artikel weergegeven en aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

Inleiding

Het berekenen en dimensioneren van rechthoekige, aan vier zijden ondersteunde, gewapend-betonplaten, welke doorgaan over de ondersteuning, zoals deze voorkomen bij vloeren in gebouwen, stelde vroeger ontwerper en constructeur dikwijls voor problemen. Bij de herziening van de gewapend-betonvoorschriften in 1950 is getracht richtlijnen te verschaffen door in tabelvorm coëfficiënten te geven met behulp waarvan de buigende momenten in een plaat kunnen worden bepaald. Er blijven echter onzekerheden, terwijl in het bijzonder bij ongelijke veldafmetingen en bij ongelijke veldbelastingen nog problemen rijzen.

Het lijkt om deze redenen gewenst op andere mogelijkheden de aandacht te vestigen en wel op een methode, ontwikkeld door C. P. SIESS en N. M. NEWMARK van de Universiteit van Illinois, welke is gepubliceerd in een bulletin van deze universiteit ¹⁾, alsmede in het „Journal of the A.C.I.” ²⁾. In deze publikaties geven de schrijvers een eenvoudige methode, waarmee op snelle wijze de buigende momenten in genoemde gewapend-betonplaten kunnen worden berekend. Deze methode is door hen op een groot aantal gevallen toegepast, waarbij de invloed van verschillende factoren op de grootte van de momenten is nagegaan.

¹⁾ SIESS, C. P. and NEWMARK, N. M., Moments in Two-Way Concrete Floor Slabs. University of Illinois, Bulletin vol. **47**, no. 43, febr. 1950.

²⁾ SIESS, C. P. and NEWMARK, N. M., Rational Analysis and Design of Two-Way Concrete Slabs. Journal of the American Concrete Institute, Vol. **20**, no. 4, dec. 1948.

Berekeningsmethode

De ontwikkelde rekenwijze is een *vereffeningsmethode*, die kan worden gebruikt voor de berekening van de *gemiddelde* momenten in rechthoekige platen, die doorgaan over vaste – niet zakkende – ondersteuning en die belast zijn door een constante, gelijkmatig verdeelde, belasting. Gedacht kan worden aan een vloer, die in twee richtingen uit meerdere rechthoekige velden bestaat. De methode is analoog met die van Cross, zoals wordt gebruikt bij de berekening van, over de ondersteuning doorgaande, liggers en van raamwerken. Allereerst dienen de inklemningsmomenten aan de randen van de, aan alle zijden volledig ingeklemd veronderstelde, platen te worden berekend. De inklemningsmomenten aan weerszijden van een ondersteuning zullen evenwel in het algemeen geen evenwicht met elkaar maken. Zij kunnen vervolgens zodanig worden vereffend, dat het algebraïsch verschil tussen de beide momenten over de beide aangrenzende platen wordt verdeeld evenredig met de buigingsstijfheidsfactoren van de platen. Voorts wordt een gedeelte van het vereffende moment „overgedragen” naar de andere randen van de beide platen. Indien de beschouwde ondersteuning bestaat uit een balk met een zekere wringingsstijfheid wordt een evenredig deel van het te vereffenen moment door deze balk opgenomen evenals door de kolommen in een raamwerk of portaal.

Verskillende momenten zouden kunnen worden vereffend, b.v. het moment in het midden van een rand, het totale moment langs een rand etc. De keuze viel op het gemiddelde moment langs een rand, omdat het verband tussen de vorm van een plaat en de overdrachtscoëfficiënten voor dit geval het meest eenvoudige was.

Voor de bepaling van de gemiddelde inklemningsmomenten – de primaire momenten – wordt gebruikgemaakt van fig. 1, waar deze zijn gegeven als functie van de verhouding van de afmetingen van de zijden van een plaat. De momenten zijn uitgedrukt in qb^2 , waarin q de constante, gelijkmatige verdeelde, belasting per eenheid van oppervlak voorstelt. Deze momenten zijn exact. De indices a en b geven aan, dat de momenten respectievelijk werken in doorsneden, die evenwijdig zijn aan de lange zijde ter lengte a of in doorsneden, die evenwijdig zijn aan de korte zijde met afmeting b . De positieve momenten veroorzaken trekspanningen aan de onderzijde van de plaat.

Bij de methode Cross zijn na het vereffenen de hoekverdraaiingen van de in een knooppunt bij elkaar komende staven gelijk; bij de onderhavige methode worden de gemiddelde hoekverdraaiingen aan weerszijden van een ondersteuning aan elkaar gelijkgesteld en dus niet de hoekverdraaiing in ieder punt van de ondersteuning. Hierin is voor een deel het benaderende karakter van de methode gelegen.

Een stijfheidsfactor K van een plaat geeft het verband tussen het gemiddelde moment m_{gem} en de gemiddelde hoekverdraaiing φ_{gem} langs de beschouwde rand van de plaat, indien de overige randen zijn ingeklemd, zodat:

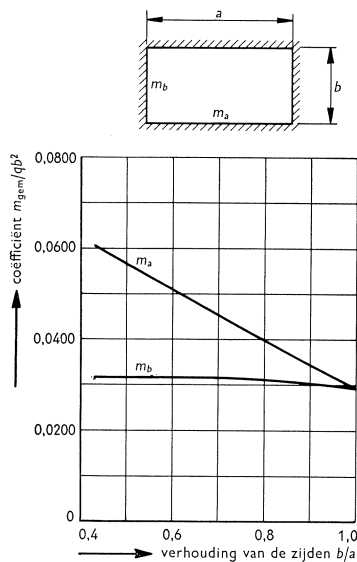


Fig. 1. Coëfficiënten voor de gemiddelde inklemsmomenten in een aan vier zijden ingeklemde plaat onder een constante, gelijkmatig verdeelde, belasting q .

$$m_{gem} = K \varphi_{gem} \dots \dots \dots (1)$$

De stijfheidsfactoren K kunnen voor elke verhouding van de zijden a en b worden bepaald met behulp van de formules:

$$K_a = k_a \frac{N}{b} \dots \dots \dots (2a)$$

$$K_b = k_b \frac{N}{b} \dots \dots \dots (2b)$$

waarin $N = \frac{Eh^3}{12}$ de buigingsstijfheid van de plaat voorstelt (E = elasticiteitsmodulus; h = de dikte van de plaat). De dwarscontractiecoëfficiënt ν is verwaarloosd. De coëfficiënten k_a en k_b zijn gegeven in fig. 2. Opmerkelijk is, dat de stijfheidsfactoren K voor, langs een ondersteuning aan elkaar grenzende, platen met verschillende overspanningen, loodrecht op de beschouwde ondersteuning, veel minder uiteenlopen dan voor liggers met dezelfde overspanningen het geval zou zijn.

Ten aanzien van een ondersteunende balk, welke met de aangrenzende platen een monoliet vormt, kan de wringingsstijfheid niet worden verwaarloosd, daar deze een belangrijke invloed uitoefent op de grootte van de momenten in de platen. Bij de vereffening van de momenten kan op eenvoudige wijze met deze wringingsstijfheid rekening worden gehouden. De vereffeningscoëfficiënten worden afgeleid uit de stijfheidsfactor T van de balk en de stijfheidsfactoren K van de aangrenzende platen. De stijfheidsfactor T van een balk met een overspanning b kan worden bepaald met de formule:

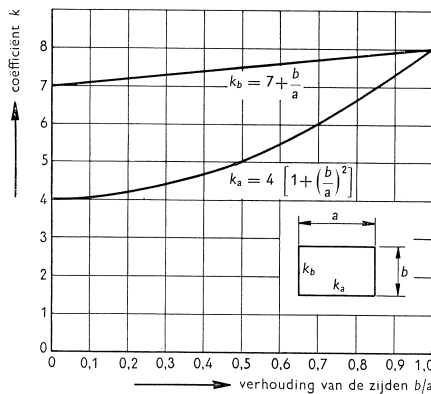


Fig. 2. Coëfficiënten k voor de bepaling van de stijfheidsfactoren K volgens formule (2).

$$T = \frac{\pi^2 G \mathcal{J}}{b^2} \dots \dots \dots (3)$$

waarin: $G\mathcal{J}$ = de wringingsstijfheid van de doorsnede,
 waarbij: G = de glijdingsmodulus.
 De grootheid \mathcal{J} volgt uit:

$$\mathcal{J} = f \frac{hd^3}{3} \dots \dots \dots (4)$$

waarin: h = hoogte van de balk
 d = dikte van de balk,
 terwijl f een coëfficiënt is, die volgt uit:

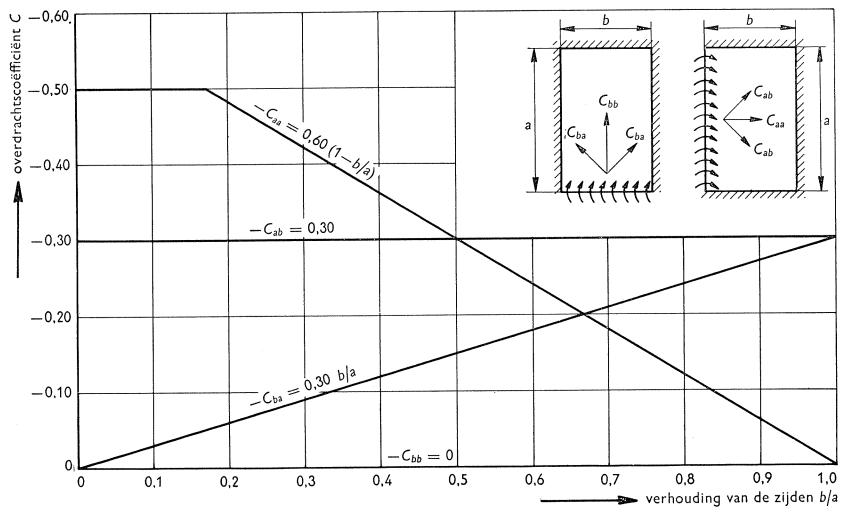
$$f = 1 - 0,63 \frac{d}{h} \dots \dots \dots (5)$$

In feite vormt de ondersteunende balk met de aansluitende platen een T-balk. De invloed van de flenzen op de wringingsstijfheid kan evenwel worden verwaarloosd.

Een moment, dat aangrijpt op de vrij opgelegde rand van een plaat, die langs de drie andere zijden is ingeklemd, induceert langs deze randen eveneens momenten. De verhoudingen tussen deze laatste en het eerstgenoemde moment worden bepaald door de overdrachtscoëfficiënten C , die als functie van de verhouding van de lengten van de zijden van de plaat zijn weergegeven in fig. 3. De eerste index duidt op de rand, waar het moment aangrijpt; deze kan de korte zijde b of de lange zijde a zijn. De tweede index duidt op de rand, waar het moment wordt geïnduceerd; deze kan zijn de overliggende of een aangrenzende zijde.

Wanneer de primaire momenten, de stijfheidsfactoren K van de platen, de overdrachtscoëfficiënten C en eventueel de stijfheidsfactoren T van de ondersteunende balken zijn bepaald, kan het vereffeningsproces plaatsvinden. Na de vereffening worden het primaire moment, de vereffende momenten en de

Fig. 3. Overdrachtscoëfficiënten C .



overdrachtsmomenten gesommeerd en worden op deze wijze de gemiddelde momenten langs de randen verkregen.

De positieve momenten in het midden van een veld worden verkregen door optelling van:

1. de maximale momenten ten gevolge van de constante, gelijkmatige verdeelde, belasting q op de beschouwde plaat, die langs de vier zijden vrij opgelegd wordt gedacht. Deze momenten kunnen worden bepaald met behulp van fig. 4.

2. de gemiddelde momenten in het midden van het veld, veroorzaakt door de momenten langs de vier randen, die door middel van het vereffeningsproces zijn berekend.

De onder 2. genoemde gemiddelde momenten kunnen worden bepaald met vier correctiefactoren F , die gegeven zijn in fig. 5. Deze geven de gemiddelde momenten in twee onderling loodrechte doorsneden ter plaatse van het

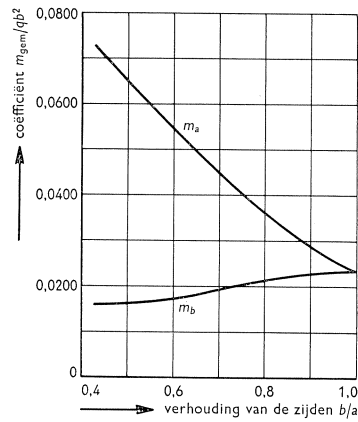
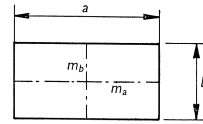
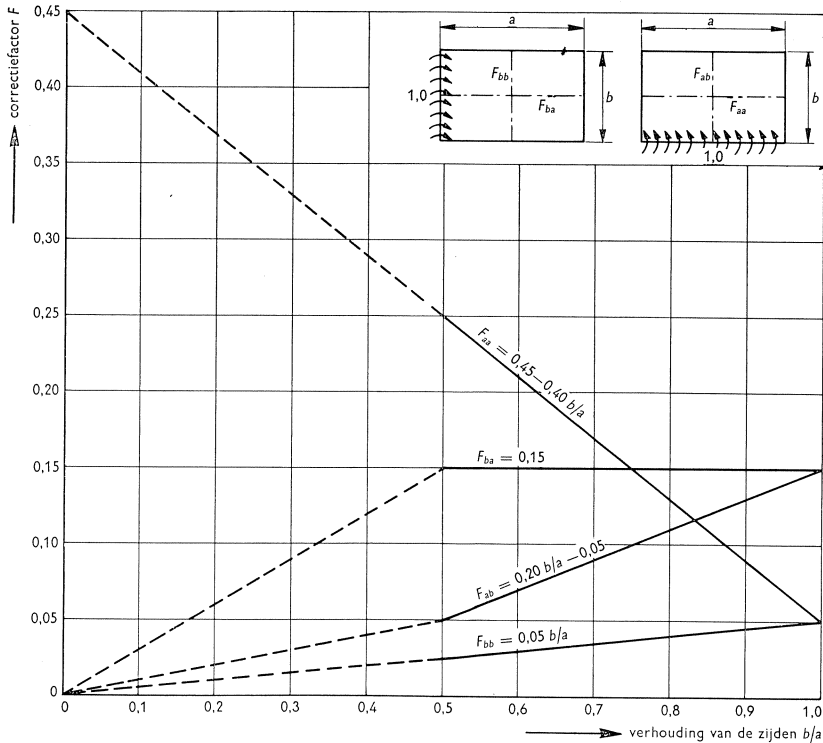


Fig. 4. Coëfficiënten voor de momenten in het midden van een aan vier zijden vrij opgelegde plaat onder een constante, gelijkmatig verdeelde, belasting q .

Fig. 5. Correctiefactoren F voor het bepalen van de positieve momenten in het midden van een plaat.



midden van een aan vier zijden vrij opgelegde plaat ten gevolge van een gemiddeld moment langs een rand ter grootte van de eenheid. De bepaling van de factoren F is niet exact geschied en de resultaten, welke worden verkregen zijn minder nauwkeurig dan die, welke worden bepaald met de stijfheidsfactoren en de overdrachtscoëfficiënten. Er is evenwel naar gestreefd om met de uitkomsten aan de veilige kant te blijven met het oog op de grotere belangrijkheid van de positieve momenten in een plaat. De voornaamste oorzaak van het benaderend karakter van de factoren F is gelegen in het feit, dat de plaats van de doorsnede, waarin het maximale moment optreedt, aanzienlijk kan variëren, afhankelijk van de randvoorwaarden van de plaat. De factoren F dienen dus redelijk juiste waarden te geven onder verschillende omstandigheden.

Indien niet alle randen van een plaat zijn ingeklemd of als symmetrie aanwezig is, kunnen gewijzigde stijfheidsfactoren en overdrachtscoëfficiënten worden gebruikt. Voor de gevallen, aangegeven in fig. 6, zijn de volgende formules afgeleid. Deze hebben betrekking op de korte zijde b . De uitdrukkingen voor de lange zijde a kunnen worden verkregen door verwisseling van de indices a en b .

Geval 0: Standaardgeval.

Coëfficiënt voor de bepaling van de stijfheidsfactor: k_b .

Overdrachtscoëfficiënten: C_{aa} en C_{ba} .

Geval 1: Tegenoverliggende zijde vrij opgelegd.

$$k_b' = k_b (1 - C_{bb}^2)$$

$$C_{ba}' = \frac{C_{ba}}{1 + C_{bb}}$$

Geval 2: Aangrenzende zijde vrij opgelegd.

$$k_b'' = k_b (1 - C_{ab} C_{ba})$$

$$C_{bb}'' = \frac{C_{bb} - C_{ab} C_{ba}}{1 - C_{ab} C_{ba}}$$

$$C_{ba}'' = C_{ba} \frac{1 - C_{aa}}{1 - C_{ab} C_{aa}}$$

Geval 3: Tegenoverliggende en aangrenzende zijde vrij opgelegd.

$$k_b''' = k_b'' (1 - C_{bb}''^2)$$

$$C_{ba}''' = \frac{C_{ba}''}{1 + C_{bb}''}$$

Geval 4: Symmetrie in belasting en vervorming.

$$k_b^s = k_b (1 + C_{bb})$$

$$C_{ba}^s = \frac{2C_{ba}}{1 + C_{bb}} = 2 C_{ba}'$$

Geval 5: Symmetrie en aangrenzende zijde vrij opgelegd.

$$k_b''^s = k_b'' (1 + C_{bb}'')$$

$$C_{ba}''^s = \frac{2 C_{ba}''}{1 + C_{bb}''} = 2 C_{ba}'''$$

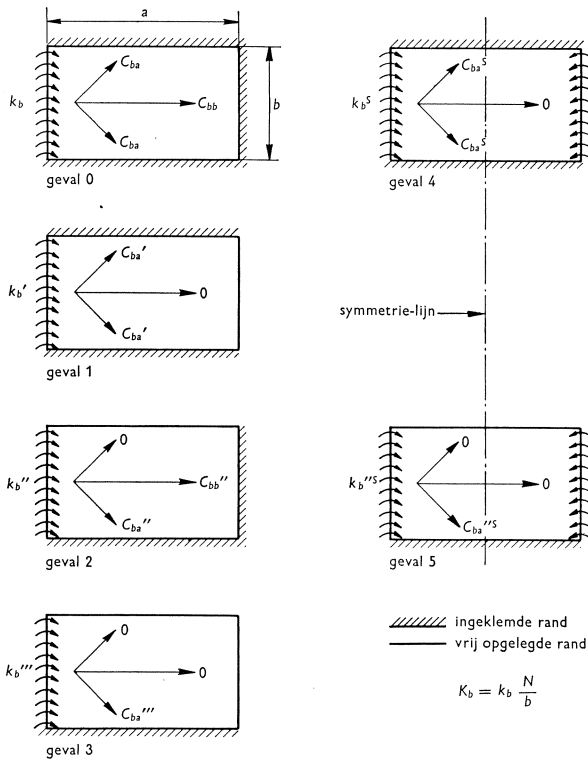


Fig. 6. Aanduiding van de verschillende gevallen, waarvoor gewijzigde stijfheidsfactoren en overdrachtscoëfficiënten zijn afgeleid.

Voorbeeld

De berekeningsmethode wordt toegepast op de vloer, waarvan de plattegrond is weergegeven in fig. 7 en die belast is met een constante, gelijkmatig verdeelde, belasting $q = 1000 \text{ kg/m}^2$ over het gehele oppervlak. De dikte van de vloer is constant verondersteld. Zowel ten aanzien van de constructie als van de belasting is dubbele symmetrie aanwezig, zodat kan worden volstaan met het beschouwen van een kwart van de constructie. Dit houdt in, dat dan voor de velden (3), (4), (5) en (6) gewijzigde stijfheidsfactoren en overdrachtscoëfficiënten dienen te worden gebruikt, overeenkomstig de bovenstaande uitdrukkingen voor de gevallen 4 en 5.

Ondersteld wordt, dat de ondersteunende balken niet doorbuigen en dat deze geen wringingsstijfheid bezitten. De vloer is dus langs de buitenomtrek vrij opgelegd. Voor de velden, die aan de buitenomtrek zijn gelegen, gelden dus ook gewijzigde stijfheidsfactoren en overdrachtscoëfficiënten. De benodigde constanten zijn in fig. 8 aangegeven.

Uit fig. 2 kunnen voor de verschillende velden de coëfficiënten k worden afgeleid, nodig voor de bepaling van de stijfheidsfactoren K . De k -waarden zijn gegeven in de tabel. Met behulp van (2) zijn de stijfheidsfactoren K berekend, waarbij $N = 1$ gesteld, daar de buigingsstijfheid voor alle velden gelijk

veld	b/a	randen	k	over- spanning b in m	$K^*)$	coëfficiënten voor de inklemmings- momenten: $-m_{gem}/qb^2$	inklemmings- momenten: m_{gem} in kg $^{**})$
(1) en (2)	0,75	lang	6,25	4,74	1,319	0,0415	-934
		kort	7,75	4,74	1,635	0,0313	-704
(3)	0,50	lang	5,00	3,16	1,582	0,0556	-556
		kort	7,50	3,16	2,373	0,0314	-314
(4) en (5)	0,67	lang	5,78	3,16	1,829	0,0464	-464
		kort	7,67	3,16	2,427	0,0315	-315
(6)	1,00	alle	8,00	3,16	2,532	0,0290	-290

*) $N = 1$

***) $q = 1000 \text{ kg/m}^2$

is. De waarden van K , die dus betrekking hebben op het standaardgeval, zijn eveneens in de tabel opgenomen. De gewijzigde stijfheidsfactoren kunnen nu worden bepaald met de voor de gevallen 1 t/m 5 gegeven formules. De numerieke waarden zijn aangegeven in fig. 9. Uit de verhouding van de stijfheidsfactoren aan weerszijden van een ondersteuning volgen op de bekende wijze de vereffeningscoëfficiënten, die in fig. 9 onmiddellijk naast de stijfheidsfactoren zijn vermeld.

Voor elk veld, als standaardgeval beschouwd, dus aan alle zijden ingeklemd, kunnen de overdrachtscoëfficiënten C worden afgeleid uit fig. 3. De gewijzigde overdrachtscoëfficiënten kunnen dan worden bepaald met behulp van de voor

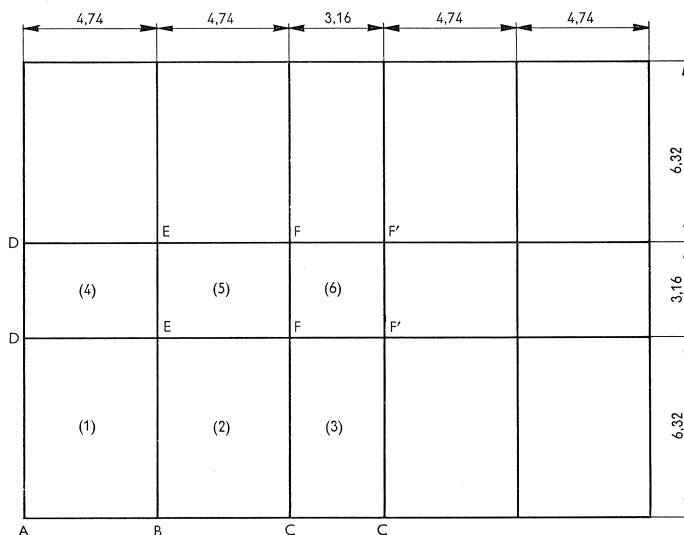


Fig. 7. Plattegrond van de, in het voorbeeld beschouwde, vloer.

de gevallen 1 t/m 5 gegeven formules. De numerieke waarden zijn eveneens aangegeven in fig. 9.

De primaire momenten, welke zijn berekend met behulp van fig. 1, zijn in de laatste kolom van de tabel opgenomen. Ook in fig. 10, waarin de vereffening is uitgevoerd, zijn deze vermeld en wel bij de randen, waarop zij aangrij-

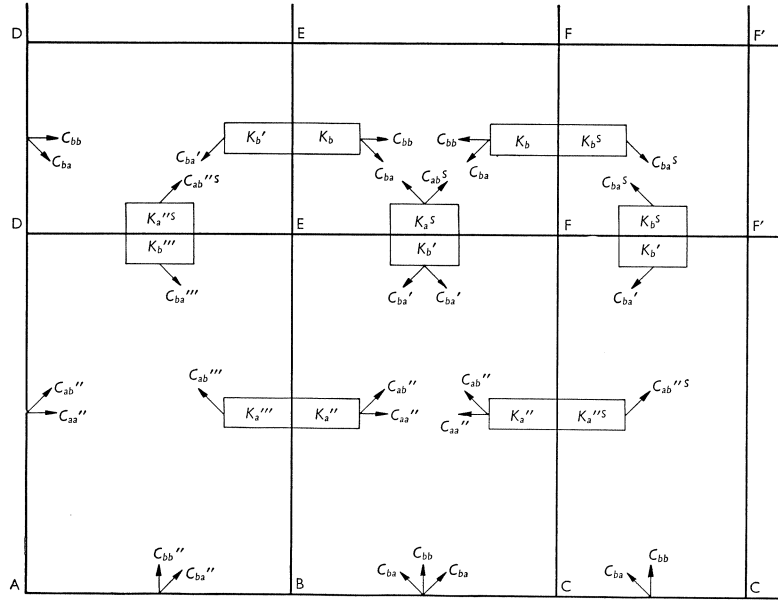


Fig. 8. Benodigde stijfheidsfactoren en overdrachtscoëfficiënten voor de vloer van fig. 7.

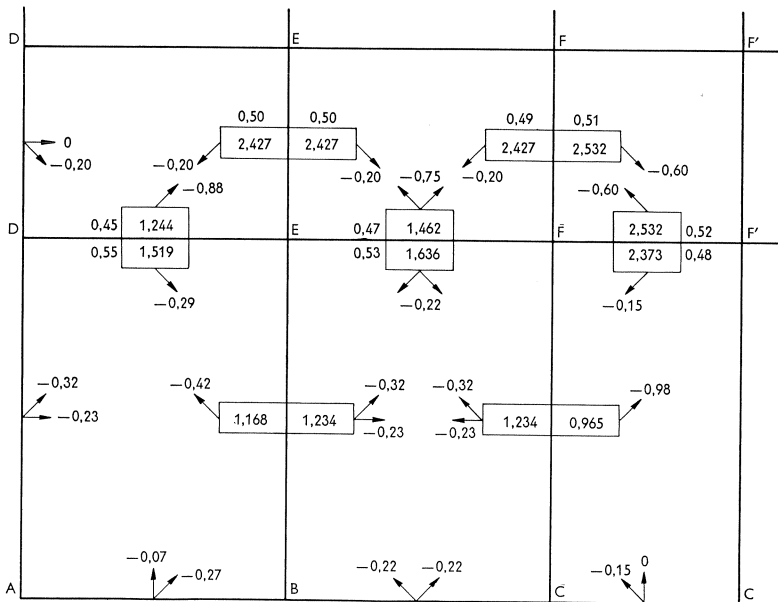


Fig. 9. Numerieke waarden van de stijfheidsfactoren, van de overdrachtscoëfficiënten en van de vereffeningcoëfficiënten voor de vloer van fig. 7.

D	E	F	F'
	-315	-315	-315
	+224	+99	+99
	-63	+62	-587
	-799	-599	-63
-315			+65
+315			-19
0			+11
	+5	+3	+5
	-1	+1	-7
	0	+2	+31
	+13	-1	-39
	-259	-149	-287
	-63	(-194)	(-306)
	-464	-132	+90
		-464	-290
D	E	F	F'
	-704	-704	-314
	-299	+41	+197
	-49	82	-83
	-51	+149	+20
	+317	8	+28
	0	+5	+3
	+7	-1	-5
	+1	+2	0
	-1	-33	+12
	-779	+256	-201
	(-785)	-599	-21
	-2	(-587)	-1
	-1	+3	+4
	-2	+3	-3
	0	0	+1
	0	+1	0
	-1	0	0
	-1314	-810	-810
	(-1370)	(-850)	
	0	0	0
+704	+704	+314	
-704	-704	-314	

Fig. 10. Uitwerking van de vereffening voor de vloer uit fig. 7 (tussen haken de exacte waarden van de momenten).

pen. Ter plaatse van de buitenomtrek DDABCC treden eveneens momenten op. Begonnen wordt met het superponeren van even grote, doch tegengestelde momenten op deze randen, zodat de buitenomtrek vrij van momenten wordt. Deze bewerking induceert evenwel momenten langs de andere randen van de velden, welke met behulp van de overdrachtscoëfficiënten zijn te bepalen. In het hoekveld ABED zijn deze coëfficiënten ook voor de buitenranden aangepast, zodat een moment aan een buitenrand geen moment induceert langs de aangrenzende buitenrand.

Vervolgens worden de momenten ter plaatse van de binnenranden vereffend. De bijzondere vereffening- en overdrachtscoëfficiënten hebben tot gevolg, dat langs de buitenranden geen momenten meer worden geïnduceerd. Begonnen wordt met de binnenrand BE, waar een moment van -250 kg moet worden vereffend. Veld ABED krijgt 49%, dat is +122 kg en veld BCFE krijgt 51%, overeenkomend met -128 kg. De totale momenten aan weerszijden van deze rand zijn nu in evenwicht met elkaar, hetgeen in de figuur door een horizontale streep is aangeduid. Tengevolge van deze vereffening worden de volgende momenten overgedragen:

- naar rand DE: $-0,42 \cdot +122 = -51$ kg
- naar rand EF: $-0,32 \cdot -128 = +41$ kg
- naar rand CF: $-0,23 \cdot -128 = +29$ kg

Vervolgens wordt het moment op de rand CF vereffend. Veld BCFE krijgt +256 kg en veld CCF'F -201 kg. De volgende momenten worden in veld BCFE overgedragen:

- naar rand EF: $-0,32 \cdot +256 = -82$ kg
- naar rand BE: $-0,23 \cdot +256 = -59$ kg

Op deze wijze kan het vereffeningsproces worden voortgezet voor de randen DE, EF, FF', EE en FF, waarna weer met de rand BE wordt begonnen. Het proces wordt zo vaak herhaald tot langs alle randen de momenten in evenwicht zijn.

Het gemiddelde moment langs een rand wordt verkregen door optelling van de waarden van alle momenten, geschreven bij de beschouwde rand. De exacte waarden voor de randmomenten zijn voor dit geval tussen haken vermeld. De vereffende momenten blijken in het algemeen goed met de exacte waarden overeen te stemmen.

De berekening van de positieve veldmomenten, die zijn bepaald met behulp van fig. 4 en met de correctiefactoren F , zijn in fig. 11 aangegeven. Voor velden met dezelfde afmetingen zijn steeds voor twee onderling loodrechte doorsneden ter plaatse van het midden van de velden, zowel voor de momenten langs de korte zijden als voor de momenten langs de lange zijden, de waarden van de correctiefactoren F , verkregen uit fig. 5, vermeld. In de plattegrond van de vloer zijn bij de doorsneden ter plaatse van het midden van de velden de maximale momenten in de vrij opgelegd beschouwde platen aangegeven. Voor de velden ABED en BCFE zijn dit respectievelijk de momenten $m_{gem} = +900$ kg en $m_{gem} = +455$ kg. De randmomenten uit fig. 10 zijn eveneens vermeld, zodat nu met behulp van de factoren F de correcties op de veldmomenten eenvoudig zijn te bepalen. Voor het veld ABED zijn de correcties:

voor de zijde evenwijdig aan AD: $0,15 \cdot -1314 = -197$ kg
en $0,15 \cdot -779 = -117$ kg
voor de zijde evenwijdig aan AB: $0,10 \cdot -1314 = -131$ kg
en $0,04 \cdot -779 = -31$ kg

De resulterende gemiddelde momenten worden weer verkregen door optelling van alle bijgeschreven waarden. De gevonden waarden van de momenten stemmen goed overeen met de exacte waarden, die tussen haken zijn geplaatst.

Een vergelijking van de met deze vereffeningsmethode verkregen momenten met die, welke voor dit geval verkregen zouden zijn door toepassing van de coëfficiënten, vermeld in art. 18 sub 30 van de Gewapend-betonvoorschriften 1950, dringt zich op. De coëfficiënten van de G.B.V. '50 zijn evenwel berekend met inachtneming van een dwarscontractiecoëfficiënt $\nu = 0,2$, terwijl de met de vereffeningsmethode bepaalde momenten gelden voor $\nu = 0$. De inklemmingsmomenten langs de randen zijn onafhankelijk van ν . De veldmomenten dienen ter vergelijking te worden omgewerkt voor $\nu = 0,2$, hetgeen kan geschieden met behulp van de formules:

$$m_x^{\nu} = m_x^{\nu=0} + \nu m_y^{\nu=0} \dots \dots \dots (6a)$$

$$m_y^{\nu} = m_y^{\nu=0} + \nu m_x^{\nu=0} \dots \dots \dots (6b)$$

Het blijkt, dat vrijwel alle momenten volgens de G.B.V. '50 belangrijk – tot 2 á 3 maal – groter zijn, dan die volgens de vereffeningsmethode. Bovendien

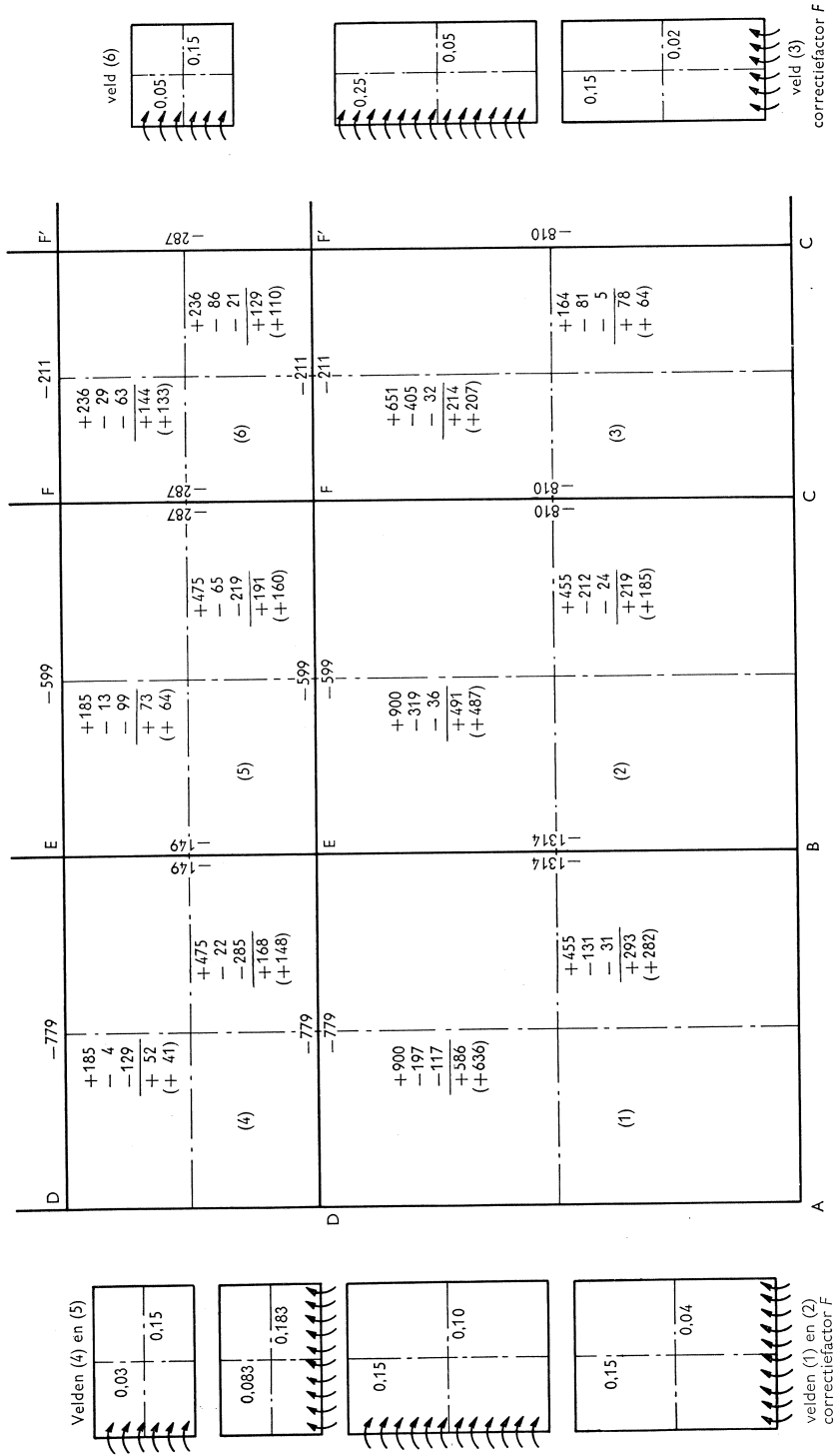


Fig. 11. Berekening van de positieve momenten in het midden van de platen (tussen haken de exacte waarden van de momenten).

zijn de momenten aan weerszijden van een ondersteuning bij ongelijke veldlengten volgens de G.B.V. '50 niet gelijk. De vergelijking is niet geheel juist, omdat de vloer is berekend voor een constante, gelijkmatig verdeelde, belasting over het gehele oppervlak, terwijl in de voorschriften rekening wordt gehouden met meer ongunstige belastingsgevallen, welke kunnen ontstaan bij gedeeltelijke belasting, zoals een schaakbordbelasting. De verschillen kunnen evenwel niet volledig worden verklaard en een nader onderzoek zou gewenst zijn.

Bovendien rijst de vraag of voor dergelijke ongunstige belastingsgevallen niet een zekere overbelasting kan worden aanvaard, enerzijds wegens de geringe waarschijnlijkheid van een dergelijke schaakbordbelasting, anderzijds wegens het feit, dat de zekerheid tegen bezwijken het geringst is bij de grootste belasting, dus bij een belasting op het gehele vloeroppervlak. Wanneer de vloer op een dergelijke belasting is gedimensioneerd, kan bij een gedeeltelijke belasting plaatselijk wel enige overbelasting optreden, doch op andere plaatsen is dan een reserve in draagvermogen aanwezig.

De beschreven methode is door de schrijvers toegepast op een zeer groot aantal gevallen, waarbij de invloed van verschillende factoren op de grootte van de momenten is nagegaan, met het doel te komen tot een eenvoudige ontwerpberkening voor platen. Voor vloeren, waarin de overspanningen van aangrenzende velden niet meer verschillen dan 25%, resulteert dit in een eenvoudige tabel met momentencoëfficiënten, welke veel kleiner zijn dan die volgens de G.B.V. '50. Ook uit latere publikaties blijkt, dat dit het geval is als de vloeren geen monoliet vormen met de ondersteuningsconstructie. De Amerikaanse Building Code Requirements for Reinforced Concrete van 1956 zijn evenwel op dit punt nog onveranderd gebleven in vergelijking met die van 1951.

Moments in two-way concrete floor slabs

The method of calculation developed by Mrs. SIESS and NEWMARK of the University of Illinois is referred to in this article and is explained with the help of an example.