

PROF. IR. A. L. BOUMA EN H. VAN KOTEN

BEREKENING VAN
GEWAPEND BETONPLATEN ONDER
GELIJKMATIG VERDEELDE BELASTING

TOELICHTING OP ART. 40 G.B.V. 1962

U.D.C. 624.073

Na het memoreren van de wijze waarop men in de G.B.V. 1950 is gekomen tot de waarden voor de momenten in platen onder gelijkmatig verdeelde belasting wordt de nieuwe aanpak van dit probleem in de G.B.V. 1962 besproken en worden de overwegingen die hiertoe hebben geleid vermeld.

Nu in de gewapend betonvoorschriften van 1962 het artikel over de berekening van aan vier zijden ondersteunde platen belast door een gelijkmatig verdeelde constante belasting belangrijk is gewijzigd, lijkt het gewenst een toelichting op het nieuwe artikel (no. 40) te geven en de overwegingen te vermelden die tot deze wijzigingen hebben geleid.

Bij de herziening van de gewapend betonvoorschriften in 1950 is voor de berekening van deze platen reeds een grote stap vooruit gedaan door de voorschriften te baseren op de exacte uitkomsten van berekeningen volgens de elasticiteitstheorie in plaats van op de verouderde theorie van MARCUS. Zoals bekend, werd bij die herziening in de voorschriften een tabel opgenomen waarin voor platen van variërende afmetingen voor 9 combinaties van randvoorwaarden de waarden van de momenten per eenheid van doorsnedelengte zijn gegeven waarop moet worden gewapend. Vele van deze waarden zijn op de volgende wijze bepaald.

Voor platen welke rondom vrij zijn opgelegd werden de uitkomsten volgens de elasticiteitstheorie gegeven. Voor platen welke over één of meer zijden doorgaan werd voor het veldmoment in het algemeen het gemiddelde genomen van het moment in een vrij opgelegde plaat en het moment in een plaat die langs de zijde(n) waarover de plaat doorgaat volledig zou zijn ingeklemd. Dit gemiddelde is het maximale veldmoment dat bij een over de ondersteuningën doorgaande plaat zou optreden indien de belasting op de velden een zgn.

schaakbordpatroon zou vertonen. Voor de momenten langs de gedeeltelijk ingeklemde randen werd onder meer een reductiecoëfficiënt van $41/53$ toegepast op de momenten welke bij volledige inklemming aanwezig zouden zijn. Deze reductie werd geoorloofd geacht wegens het bekende „afsnuiten” van de momentenpiek boven een ondersteuning. Ook werd hiermee aansluiting gezocht bij aangrenzende gevallen.¹⁾

Als gevolg van deze werkwijze ontstonden er uiteraard belangrijke verschillen tussen de voorschriften enerzijds en de gevallen met vrije oplegging of volledige inklemming uit de elasticiteitstheorie anderzijds, zoals blijkt uit de figuren 4 t/m 12. Hieruit blijkt het streven bij over de ondersteuning door gaande platen de veldmomenten te verhogen en de inklemmingsmomenten te verlagen t.o.v. die welke bij volbelasting volgens de elasticiteitstheorie zouden optreden indien de plaat langs de zijde waarover hij doorgaat volledig zou zijn ingeklemd. Dit streven is rationeel zoals ook later moge blijken. De motivering van het afsnuiten van de momentenpiek kan evenwel moeilijk gehandhaafd blijven indien voor de overspanning slechts de dagmaat vermeerderd met een kleine waarde, afhankelijk van de aard van de ondersteunende constructie, wordt genomen (art. 367 G.B.V. 1962).

Naast de waarden voor de momenten welke in de G.B.V. 1950 waren gegeven kwamen de constructeur in toenemende mate de waarden volgens de elasticiteitstheorie onder de ogen, zowel in leerboeken als in voor de bouwpraktijk bestemde publikaties.²⁾ Dit zou tot misverstand aanleiding kunnen geven indien de motivering van de waarden in de G.B.V. onvoldoende bekend zou zijn. Bij over de ondersteuning door gaande platen kan een schaa kbordpatroon ook slechts optreden bij de nuttige belasting en niet bij het eigen gewicht dat veelal een belangrijk deel van de totale belasting uitmaakt. In het voorschrift was a.h.w. reeds gedacht voor de constructeur, doch aldus werd hem de mogelijkheid ontnomen in bepaalde gevallen zelf te oordelen.

Het leek om deze reden gewenst in de G.B.V. 1962 allereerst voor 9 combinaties van geïdealiseerde randvoorwaarden (hierna in overeenstemming met de G.B.V. 1950 genoemd de gevallen I t/m VIA) de waarden volgens de elasticiteitstheorie te geven. Voor platen welke rondom vrij zijn opgelegd kunnen deze waarden worden aangehouden. Voor de overige acht gevallen zullen deze waarden een waardevolle informatie kunnen geven en de mogelijkheid schep pen in daarvoor in aanmerking komende gevallen zelfstandig oordeelkundig te handelen. Hierbij kan b.v. worden gedacht aan het geval dat boven een

¹⁾ Men zie b.v. de toelichting van IR. R. C. OPHORST op de Gewapend Beton Voorschriften 1950, Mouton, 's-Gravenhage, 4e dr., blz. 63.

²⁾ GIRKMANN, K., *Flächentragwerke*, 5e Aufl. Springer.
TIMOSHENKO, S. and S. WOJNOWSKY-KRIEGER, *Plates and Shells*, 2nd ed. Mc Graw-Hill, 1959.

CZERNY, F., *Tafeln für gleichmässig vollbelastete Rechteckplatten*. Bautechnik-Archiv Heft 11, Ernst & Sohn, Berlijn 1955.

Ook in de Duitse Betonkalender. deel I 1959 en deel I 1962, Ernst & Sohn, Berlijn.

ondersteuning ten gevolge van symmetrie steeds een volledige inklemming aanwezig is en men om de scheurvorming te beperken, b.v. bij een waterreservoir, de dikte van de plaat wil afstemmen op het extreme moment, daarbij rekening houdend met de treksterkte van het beton.

Voor platen die in één of meer richtingen doorgaan over de ondersteuning is de eenvoudige regel gegeven dat zowel voor het veldmoment als voor het inklemmingsmoment in doorsneden loodrecht op een dergelijke richting het rekenkundig gemiddelde kan worden genomen van de absolute waarden die zouden gelden indien de plaat langs de betrokken ondersteuning(en) volledig zou zijn ingeklemd (zie fig. 1).

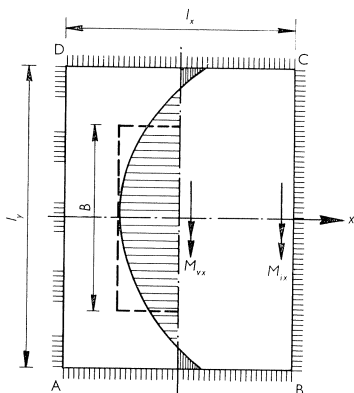
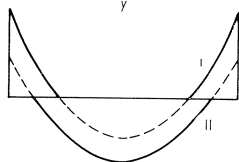
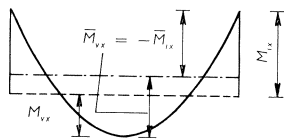


Fig. 1. Momenten in een plaat, die naar alle zijden over de ondersteuning doorgaat of langs de zijde AD vrij is opgelegd.



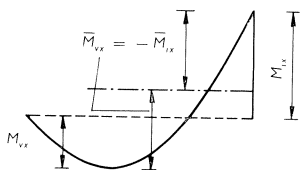
Extreme momenten M_x langs de x -as.

- I Minimumlijn (tennaastebij bij volbelasting)
- II Maximumlijn (bij belasting volgens een schaakbordpatroon)



Momenten M_x langs de x -as bij volbelasting.

- Nullijn, indien de plaat rondom volledig is ingeklemd.
- · - · - · Nullijn volgens vergelijking (1), indien de plaat naar alle zijden over de ondersteuning doorgaat.



Momenten M_x langs de x -as bij volbelasting, indien de plaat langs de zijde AD vrij is opgelegd.

- Nullijn, indien de plaat langs de zijden AB, BC en CD volledig is ingeklemd.
- · - · - · Nullijn volgens vergelijking (1), indien de plaat langs deze zijden over de ondersteuning doorgaat.

In formule:

$$\bar{M}_{\text{veld}} = \frac{|M_{\text{veld}}| + |M_{\text{inkl}}|}{2} = -\bar{M}_{\text{inkl}} \dots \dots \dots (1)$$

Met deze regel worden de veldmomenten verhoogd, hetgeen gewenst is omdat voor de nuttige belasting een schaakbordpatroon mogelijk is. De momenten boven de ondersteuning worden verlaagd.

In de elasticiteitstheorie wordt veelal gerekend met maximum- en minimum-momenten. De extreme waarden van veldmoment en ondersteuningsmoment zullen echter nooit gelijktijdig optreden. De extreme waarden van de ondersteuningsmomenten zullen tennaastebij aanwezig zijn bij volbelasting. Deze momenten zijn in het elastische ongescheurde stadium veelal twee of meer maal zo groot als de dan in het veld aanwezige momenten. Scheurvorming door belasting zal zich dus het eerst manifesteren boven de ondersteuning. Zodra deze scheurvorming optreedt neemt de buigingsstijfheid van de plaat in dit gebied af en zullen dus de ondersteuningsmomenten kleiner en de veldmomenten groter worden dan de elasticiteitstheorie aangeeft. Bij toenemende belasting treedt een zodanige herverdeling van de momenten boven de ondersteuning en in het veld op dat deze verdeling nadert tot die van de wapening in beide gebieden.

Door de voorgestelde reductie van het moment boven een ondersteuning wordt de veiligheid tegen bezwijken van de plaat niet verminderd. De bezwijkbelasting van een plaat hangt slechts af van het totale moment dat door de wapening boven een ondersteuning en de hieraan evenwijdige wapening in het veld kan worden geleverd, zoals eenvoudig blijkt uit het momentenevenwicht om de lijn BC van het door vloeilijnen begrensde deel BCEF van de plaat (zie fig. 2). Indien het verloop in de richting van een ondersteuning van de momenten boven deze ondersteuning en van de in dezelfde richting werkende momenten in het veld gelijkvormig is dan zal dus bij een reductie van het extreme negatieve moment per eenheid van doorsnedelengte met hetzelfde bedrag als waarmee het maximale positieve moment per eenheid van doorsnedelengte is verhoogd de veiligheid van de plaat tegen bezwijken dezelfde blijven.

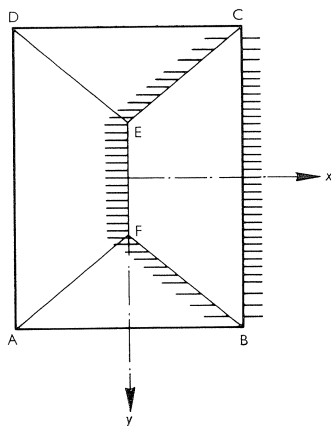


Fig. 2. Momentenevenwicht om de lijn \overline{BC} van het door vloeilijnen begrensde deel BCEF van een plaat.

≡≡≡ Wapening voor het buigend moment in x -richting langs de vloeilijnen.

Door het veldmoment gelijk te maken aan het moment boven de ondersteuning wordt de vereiste plaatdikte boven de ondersteuning gelijk aan die in het veld. Op deze wijze kan – indien gewenst – een minimale plaatdikte worden verkregen. Uiteraard moet bij een dergelijke wijze van dimensioneren ook de stijfheid van de constructie in beschouwing worden genomen, waartoe in de G.B.V. 1962 regels zijn gegeven (art. 45).

Ook in de G.B.V. 1950 is bij de bepaling van de waarden voor de momenten „gemiddeld”, echter tussen waarden afkomstig van verschillende gevallen d.w.z. met verschillende randvoorwaarden. In het huidige voorstel heeft het middelen betrekking op één geval omdat gestreefd is naar een constante veiligheid per geval. Dit middelen kan bovendien leiden tot een zeer eenvoudig wapeningsschema. Bij gelijke momenten in aangrenzende velden en boven de tussenliggende ondersteuning b.v. zal men kunnen volstaan met uit de beide velden de helft van de veldwapening op te buigen.

Is een plaat verbonden met een wand van vergelijkbare stijfheid, dan is dit geval gelijk aan dat van een over een ondersteuning doorgaande plaat. Een randbalk als oplegging zal in het algemeen niet in staat zijn een enigszins aanzienlijke reductie van het veldmoment in een plaat teweeg te brengen (lid 7). Ook is voorkomen dat het moment bij gedeeltelijke inklemming volgens de G.B.V. 1950, waarbij nog een reductiefactor $\frac{2}{3}$ mocht worden toegepast, in een aantal gevallen gelijk is aan of zelfs belangrijk kleiner is dan het toevallige inklemmingsmoment waarop moet worden gerekend bij vrije oplegging (= het halve veldmoment).

Bij de voorgestelde procedure van „middelen” zullen de waarden van de veldmomenten in over de ondersteuning doorgaande platen in het algemeen groter zijn dan die welke volgens de elasticiteitstheorie aanwezig zijn indien de nuttige last een schaakbordpatroon vertoont. Het verschil is afhankelijk van de verhouding η van de totale belasting „ $g+p$ ” en het eigen gewicht „ g ”. Een voldoende ruime marge is gewenst omdat – zoals reeds vermeld – de veldmomenten ook door scheurvorming boven de ondersteuning groter zullen worden. In figuur 3 is voor vier gevallen weergegeven het verloop van de verhouding van het veldmoment M_e volgens de elasticiteitstheorie bij een belasting door eigen gewicht g en een nuttige belasting p volgens een schaakbordpatroon (c.q. een strookbelasting) en het moment M_{gem} dat verkregen is door het middelen van het veldmoment en het ondersteuningsmoment in een veld dat volledig ingeklemd is gedacht en belast is met $g+p$. Bij platen, die naar alle zijden over zeer veel ondersteuning doorgaan en waarbij de velden vierkant zijn (geval a) is het „gemiddelde” moment altijd belangrijk groter dan het moment M_e . Door hierop te dimensioneren is men dus aan de veilige kant. Bij rechthoekige velden zal dit ook nog het geval zijn indien de verhouding van de veldafmetingen niet te groot is. Bij brede platen zal de waarde 1 voor de verhouding M_e/M_{gem} worden overschreden bij hoge waarden van de nuttige last p (zie b.v. geval b). In het limietgeval van zeer brede velden ($l_y = \infty$,

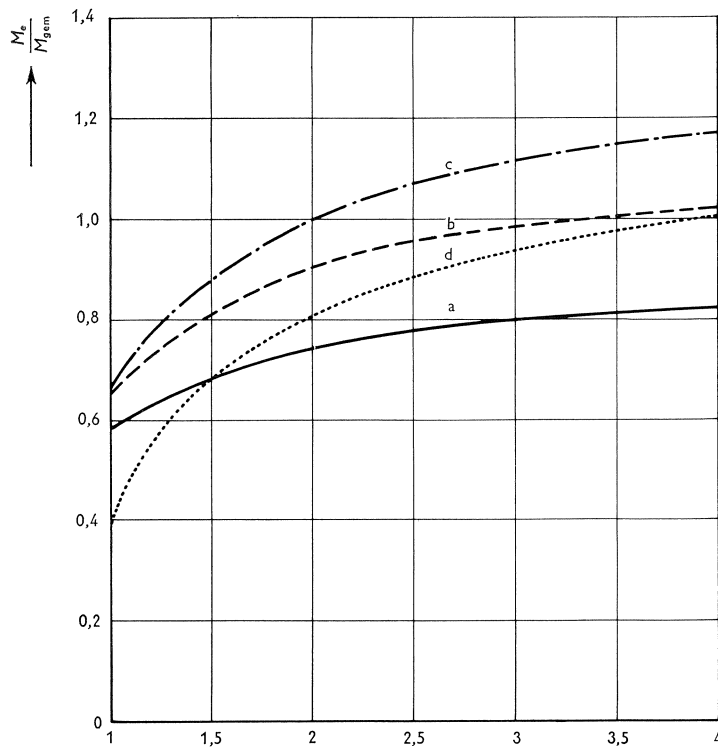
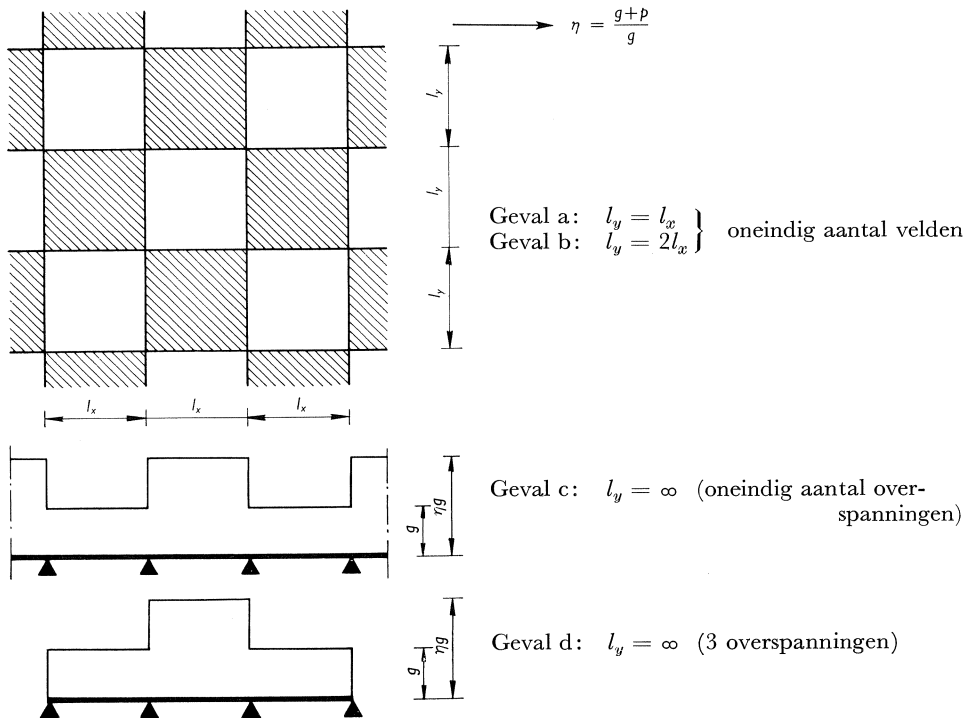


Fig. 3. De verhouding van het moment M_e volgens de elasticiteitstheorie bij een nuttige belasting p volgens een schaakbordpatroon (c.q. een strookbelasting) en het door „midde-len” verkregen veldmoment M_{gem} als functie van de verhouding η van de totale belasting $g+p$ en het eigen gewicht g voor 4 gevallen ($\nu = 0,2$).



geval c) wordt de waarde $M_e/M_{gem} = 1$ bij een waarde $\eta = 2$ overschreden. Tot een waarde $\eta = 3$ zou deze overschrijding nog wel toelaatbaar zijn en waarden $\eta > 3$ zullen zelden voorkomen. Indien in het geval van de zeer brede velden ($l_y = \infty$) de plaat in de x -richting slechts uit 3 velden bestaat (geval d), wordt eerst bij een waarde $\eta = 4$ de verhouding $M_e/M_{gem} = 1$ overschreden.

Aan de hand van de figuren 4 t/m 12 kan men voor de negen combinaties van randvoorwaarden een vergelijking maken tussen de waarden van de veldmomenten en eventuele ondersteuningsmomenten – die gegeven zijn als functie van de verhouding van de plaatafmetingen – volgens respectievelijk:

1. de uitkomsten van de elasticiteitstheorie, met een dwarscontractiecoëfficiënt $\nu = 0,2$, waarbij de plaat langs de randen óf vrij is opgelegd óf volledig is ingeklemd;
2. de G.B.V. 1950 waarbij de plaat geacht wordt over de hierboven ingeklemd gedachte randen door te gaan;
3. de G.B.V. 1962, waarbij voor deze randen hetzelfde is ondersteld.

Tussen de beide laatste blijken belangrijke verschillen te kunnen bestaan.

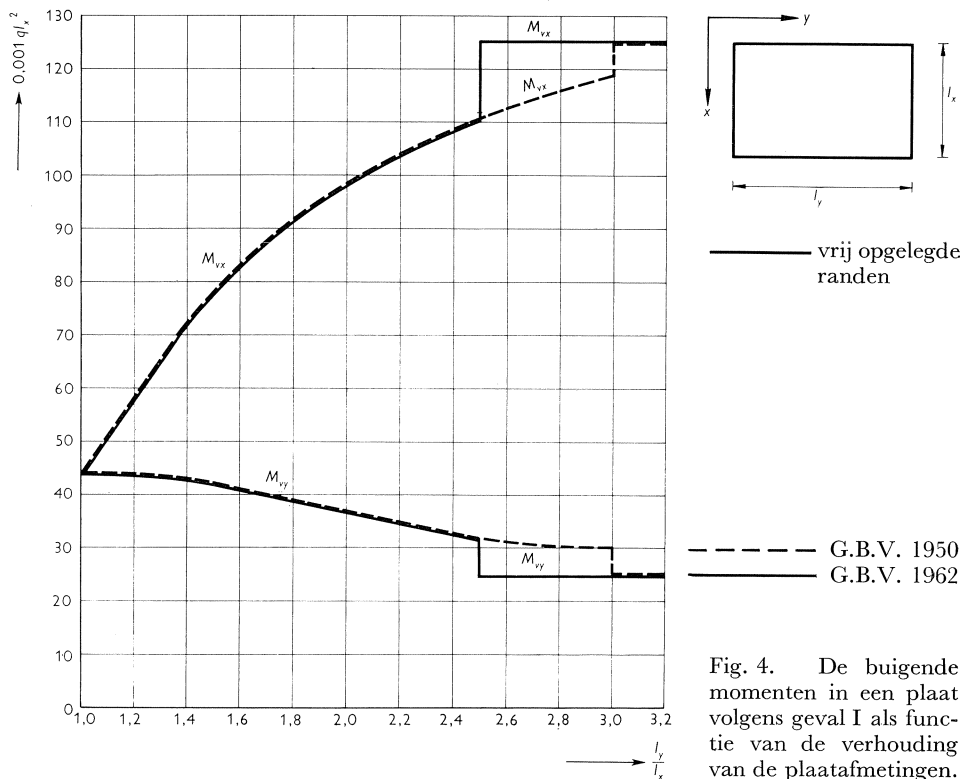
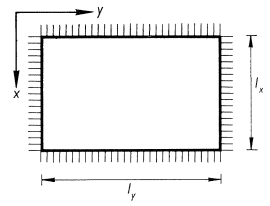
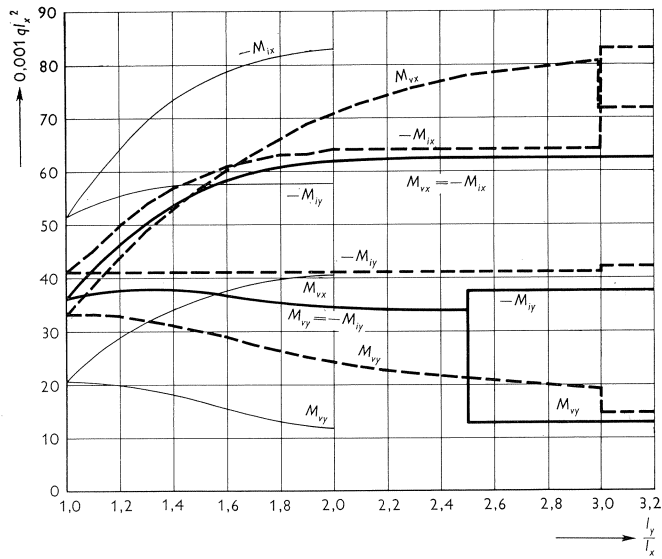
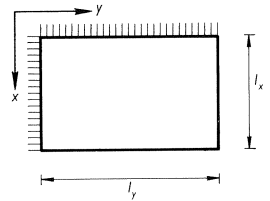
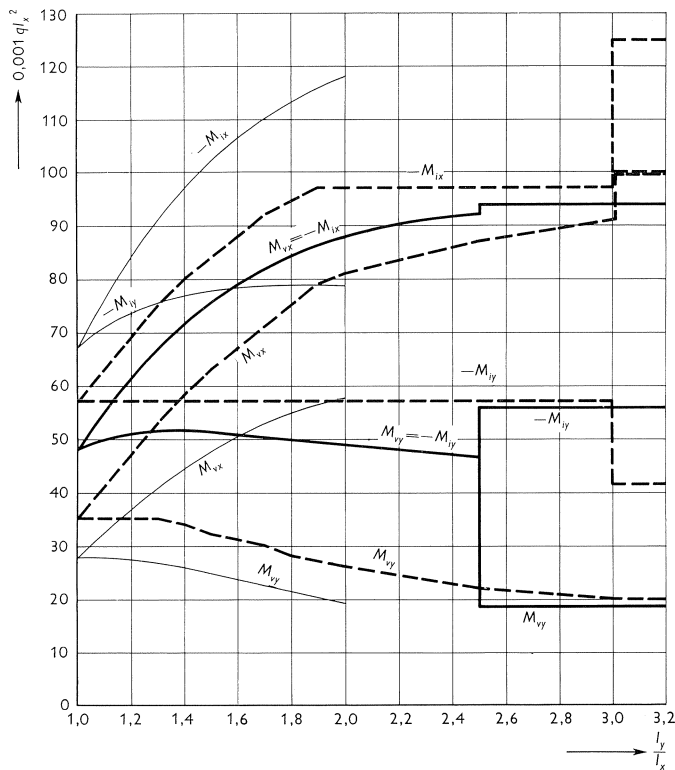


Fig. 4. De buigende momenten in een plaat volgens geval I als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.



||||| volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962.

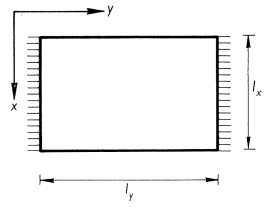
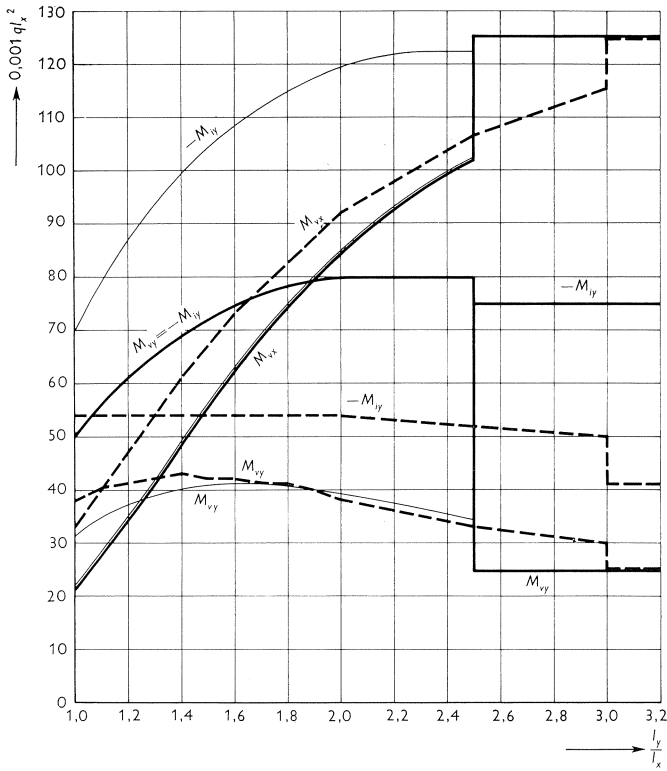
Fig. 5. De buigende momenten in een plaat volgens geval II als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.



— vrij opgelegd
 ||||| volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962

Fig. 6. De buigende momenten in een plaat volgens geval III als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

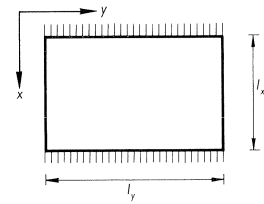
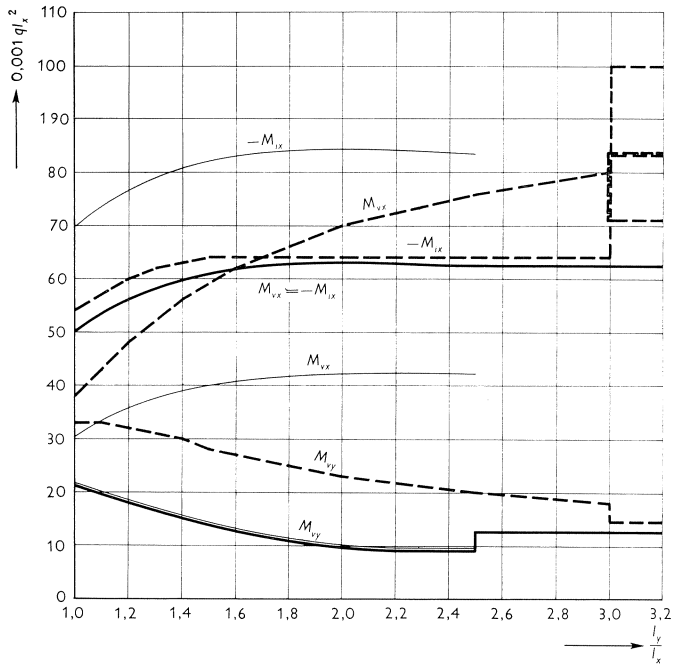
— elasticiteitstheorie, indien de plaat langs de gearceerde randen volledig zou zijn ingeklemd ($\nu = 0,2$).
 - - - G.B.V. 1950 } voor platen, die over de gearceerde randen doorgaan.
 - · - G.B.V. 1962 }



————— vrij opgelegd
 ||||| volledige in-
 klemming bij de uit-
 komsten van de elasti-
 citeitstheorie; ondersteu-
 ning waarover de plaat
 doorgaat bij G.B.V.
 1950 en 1962.

Fig. 7. De buigende momenten in een plaat volgens geval IVA als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

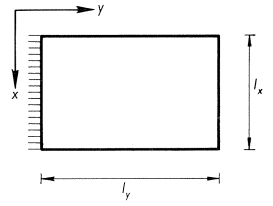
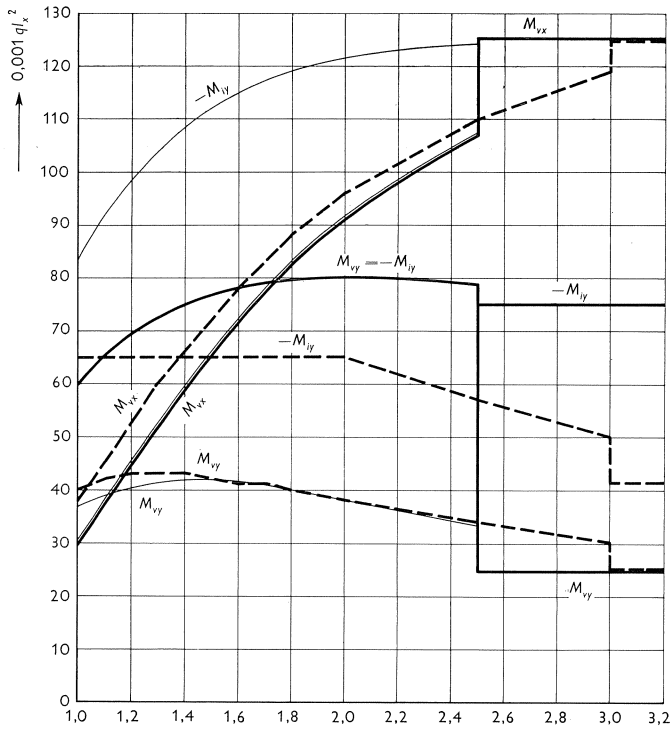
————— } zie
 - - - - - } blz. 128



————— vrij opgelegd
 ||||| volledige in-
 klemming bij de uit-
 komsten van de elasti-
 citeitstheorie; ondersteu-
 ning waarover de plaat
 doorgaat bij G.B.V.
 1950 en 1962.

Fig. 8. De buigende momenten in een plaat volgens geval IVB als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

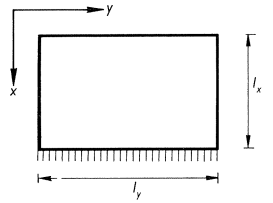
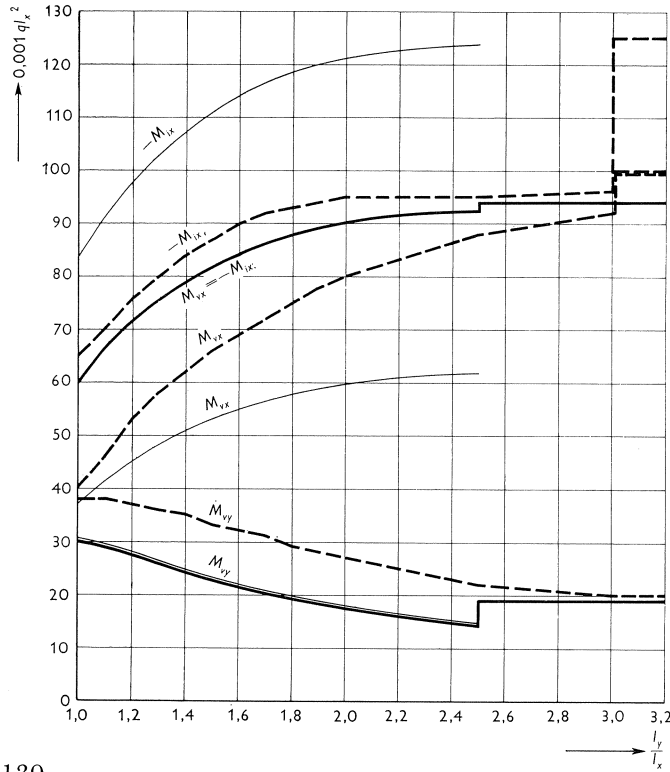
————— } zie
 - - - - - } blz. 128



--- vrij opgelegd
 - - - volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962.

Fig. 9. De buigende momenten in een plaat volgens geval VA als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

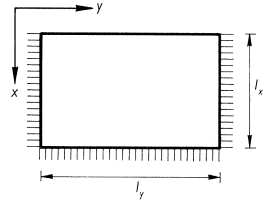
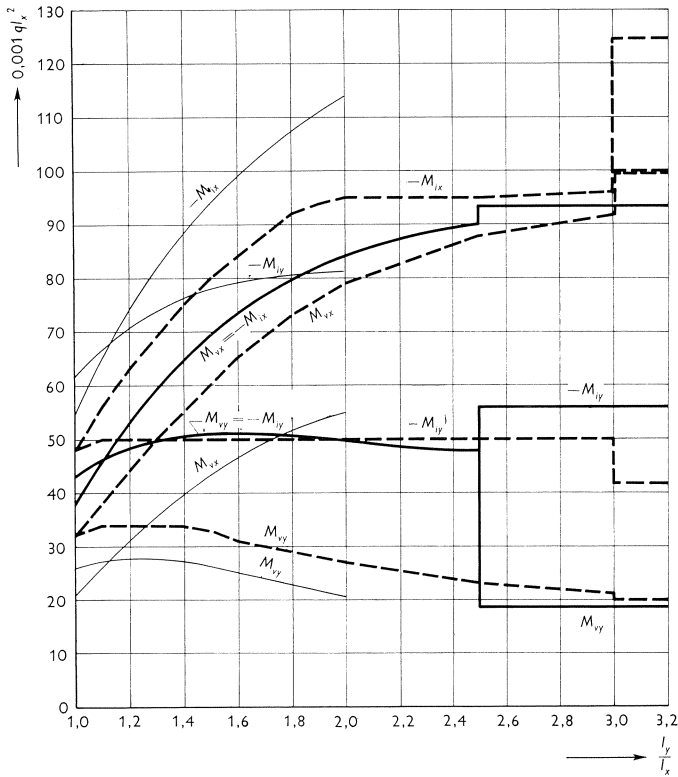
--- } zie blz. 128
 - - - }



--- vrij opgelegd
 - - - volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962.

Fig. 10. De buigende momenten in een plaat volgens geval VB als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

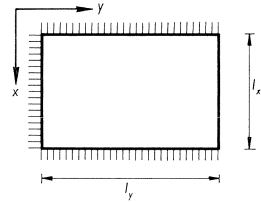
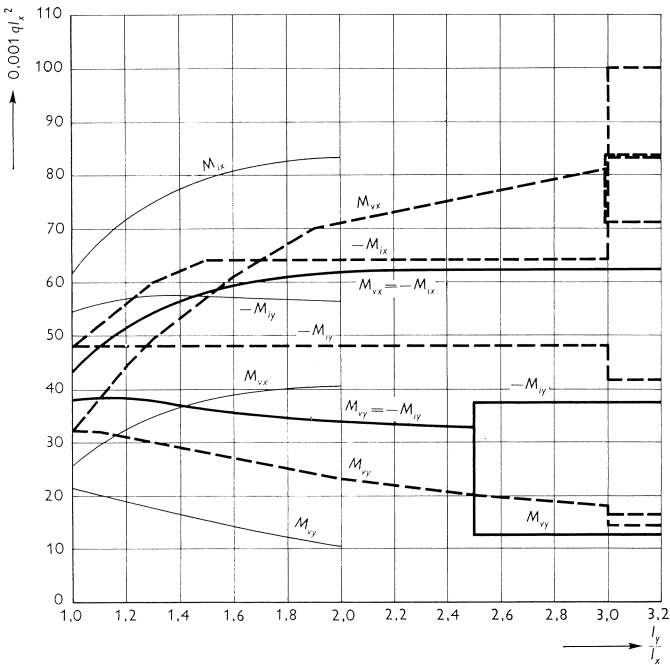
--- } zie blz. 128
 - - - }



————— vrij opgelegd
 ||||| volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962.

Fig. 11. De buigende momenten in een plaat volgens geval VIA als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

————— } zie
 - - - - - } blz. 128



————— vrij opgelegd
 ||||| volledige inklemming bij de uitkomsten van de elasticiteitstheorie; ondersteuning waarover de plaat doorgaat bij G.B.V. 1950 en 1962.

Fig. 12. De buigende momenten in een plaat volgens geval VIB als functie van de verhouding van de plaatafmetingen.

————— } zie
 - - - - - } blz. 128

De berekening van aan vier zijden ondersteunde platen is beperkt tot een verhouding van de plaatafmetingen $l_y/l_x \leq 2,5$. Bij brede platen hebben de korte zijden over het algemeen zo weinig invloed dat deze platen wat hun dragende werking betreft als aan twee zijden opgelegd kunnen worden beschouwd. Het moment M_{vy} werkend in de richting van de lange overspanning is bij deze platen uitsluitend een gevolg van de dwarscontractie; bij een contractiecoëfficiënt $\nu = 0,2$ kan worden gesteld:

$$M_{vy} = 0,2M_{vx}$$

Is de korte zijde van een brede plaat volledig ingeklemd dan is de waarde van het inklemmingsmoment M_{iy} langs deze zijde in veel gevallen ongeveer gelijk aan en in enkele gevallen zelfs precies gelijk aan het gemiddelde van de veld- en inklemmingsmomenten M_{vx} en M_{ix} werkend in de richting van de korte overspanning, dat is dus het veldmoment \bar{M}_{vx} waarop wordt gewapend. Wordt bij een over de korte zijde doorgaande plaat ter reductie van het moment M_{iy} gemiddeld tussen deze waarde en het bovengegeven veldmoment M_{vy} , dan kan als algemene regel worden gesteld:

$$\bar{M}_{iy} = -0,6\bar{M}_{vx}$$

In het verloop van de momenten als functie van de verhouding van de plaatafmetingen treedt bij de waarde $l_y/l_x = 2,5$ veelal een meer of minder grote sprong op. Dit is duidelijk omdat bij deze waarde op een ander systeem wordt overgegaan. (Bij de G.B.V. 1950 treden discontinuïteiten op bij de waarde $l_y/l_x = 3$). In verschillende gevallen worden de momenten M_{vx} en M_{ix} werkend in de richting van de korte overspanning daarbij groter. In het algemeen wordt het veldmoment M_{vy} hierbij kleiner. In de gevallen dat een of beide korte zijden zijn ingeklemd is de sprong in M_{vy} zelfs groot, hetgeen veroorzaakt wordt doordat de waarden hiervan in het gebied waar de verhouding l_y/l_x iets kleiner is dan 2,5 eigenlijk aan de grote kant zijn. Het „middelen” van de momenten M_{iy} en M_{vy} is in dit traject eigenlijk een minder juiste procedure, omdat een reductie van het inklemmingsmoment M_{iy} nauwelijks invloed heeft op de waarde van het veldmoment M_{vy} . Het gevolg hiervan is voornamelijk een vergroting van het veldmoment M_{vx} die evenwel ook niet van belang is. Een juister verloop van M_{vy} waarbij de grote sprongen worden vermeden is evenwel voorshands moeilijk aan te geven.

Bij zeer brede vrij opgelegde platen blijft het veldmoment M_{vx} in een langsdorsnede over een vrij groot traject vrijwel gelijk om in de nabijheid van de korte zijden snel af te nemen. In dit gebied neemt dus ook het door de dwarscontractie veroorzaakte moment M_{vy} af. Ervoor in de plaats treedt echter een moment M_{vy} ten gevolge van de dragende werking in de richting evenwijdig aan de lange zijde, waardoor het moment hier zelfs nog groter is dan in het middengedeelte van de plaat (zie fig. 13). Globaal kan worden gesteld dat de grootste waarde van dit moment ongeveer gelijk is aan 0,3 maal de maximale waarde van het veldmoment M_{vx} .

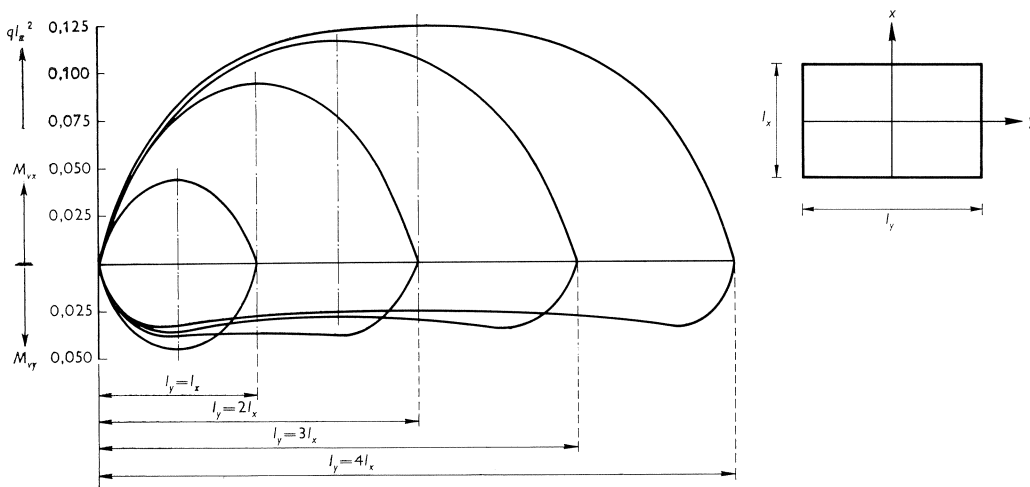


Fig. 13. De momenten M_{vx} en M_{vy} in de doorsnede $x = 0$ van een rondom vrij opgelegde plaat voor verschillende waarden van de verhouding l_y/l_x ($\nu = 0,2$).

Platen, die slechts aan twee zijden zijn ondersteund en waarvan de beide andere zijden vrij zwevend zijn, mogen worden berekend als vierzijdig ondersteunde platen waarvoor $l_y/l_x > 2,5$, mits de breedte van de plaat groter is dan de helft van de overspanning (art. 39 lid 1, art. 40 lid 14). Ook op deze platen mag dus de procedure van het „middelen” tussen inklemmingsmoment en veldmoment – verg. (1) – worden toegepast. De restrictie heeft tot doel constructies die eigenlijk meer liggers of balken zijn hiervan uit te sluiten. Deze laatste moeten op de gebruikelijke wijze worden berekend.

Evenals in de G.B.V. 1950 zijn de gegeven of de berekende waarden van de momenten in een doorsnede te beschouwen als de extreme waarden van de momenten per eenheid van lengte. Het totale moment dat door een doorsnede moet worden overgebracht kan schematisch worden weergegeven door een rechthoek met een hoogte gelijk aan het extreme moment in de betrokken doorsnede en een alsnog onbekende breedte B (zie fig. 1). Voor veldmomenten en inklemmingsmomenten zijn in de fig. 14 en 15 voor een aantal gevallen de waarden van B , betrokken op de daaraan evenwijdige overspanning, gegeven als functie van de verhouding van de plaatafmetingen. Deze variabele blijkt tot een waarde $l_y/l_x = 2$ à $2,5$ over het algemeen weinig invloed te hebben en op een enkele uitzondering na komt de verhouding B/l niet boven de waarde $0,7$ uit. Eenvoudshalve zal men de wapening over een groot deel van een doorsnede dezelfde willen houden. De G.B.V. 1950 stond toe in stroken met een breedte van $1/5 l_x$ langs de niet vrij opgelegde zijden van een plaat de wapening met de helft te verminderen. In de G.B.V. 1962 is dit langs alle zijden toegestaan. Het is begrijpelijk dat men niet graag ergens te weinig wapening legt en op deze wijze zal stellig overal het moment dat door de

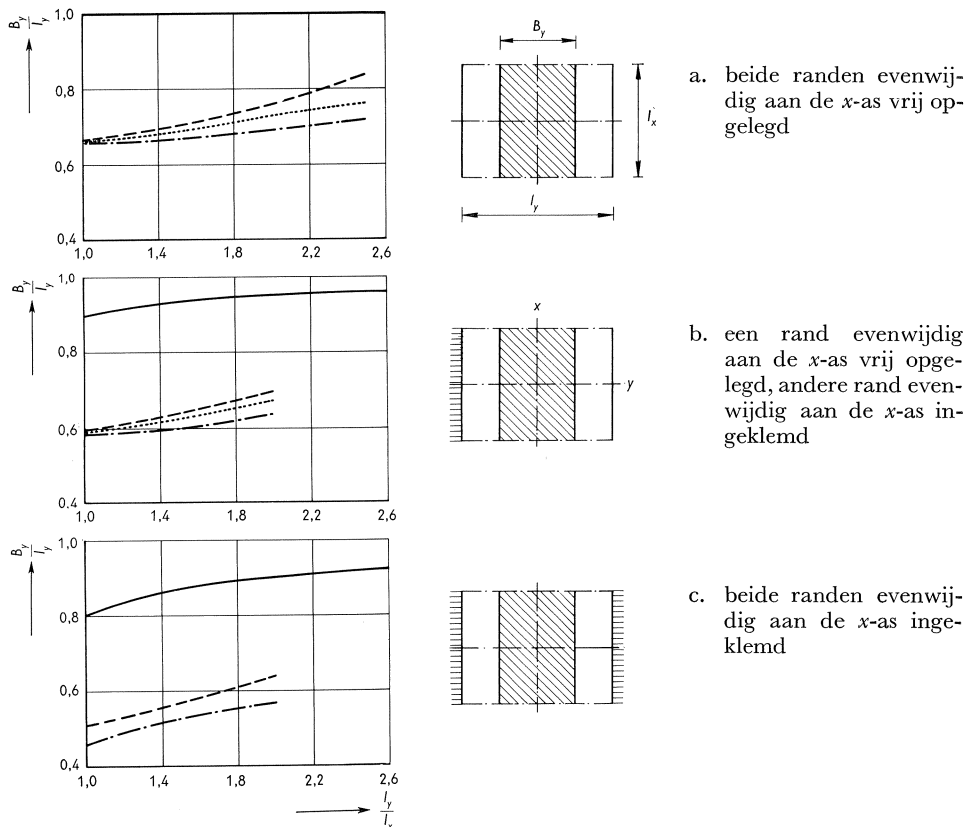


Fig. 14. B_y/l_y als functie van l_y/l_x bij gelijkmatig verdeelde belasting ($\nu = 0,2$).

- beide randen evenwijdig aan de y -as ingeklemd
- een rand evenwijdig aan de y -as ingeklemd, de andere vrij opgelegd
- · - · - beide randen evenwijdig aan de y -as vrij opgelegd
- G.B.V. 1950. In de G.B.V. 1962 geldt de lijn volgens G.B.V. 1950 fig. c zowel voor de gevallen a, b als c

wapening kan worden opgenomen groter zijn dan het optredende moment (zie fig. 14 en 15). De wapening buiten de breedte B is echter voor het opnemen van het totale moment niet meer nodig en deze, strikt genomen te grote, hoeveelheid wapening betekent een veelal nog aanzienlijke reserve in draagvermogen. In het C.U.R.-rapport no. 24 ¹⁾ zijn voor geconcentreerde lasten een aantal formules gegeven waarmee de wapeningsbreedte B vrij nauwkeurig wordt benaderd. Voor platen met gelijkmatig verdeelde belasting zou dit systeem evenwel te ver voeren omdat dit zou leiden tot plaatgedeelten zonder

¹⁾ Betonplaten onder geconcentreerde lasten. Richtlijnen voor het berekenen en ontwerpen van rechthoekige, aan de vier zijden ondersteunde, gewapend betonplaten waarop geconcentreerde lasten of lijnlasten werken. Betonvereniging, 's-Gravenhage 1962.

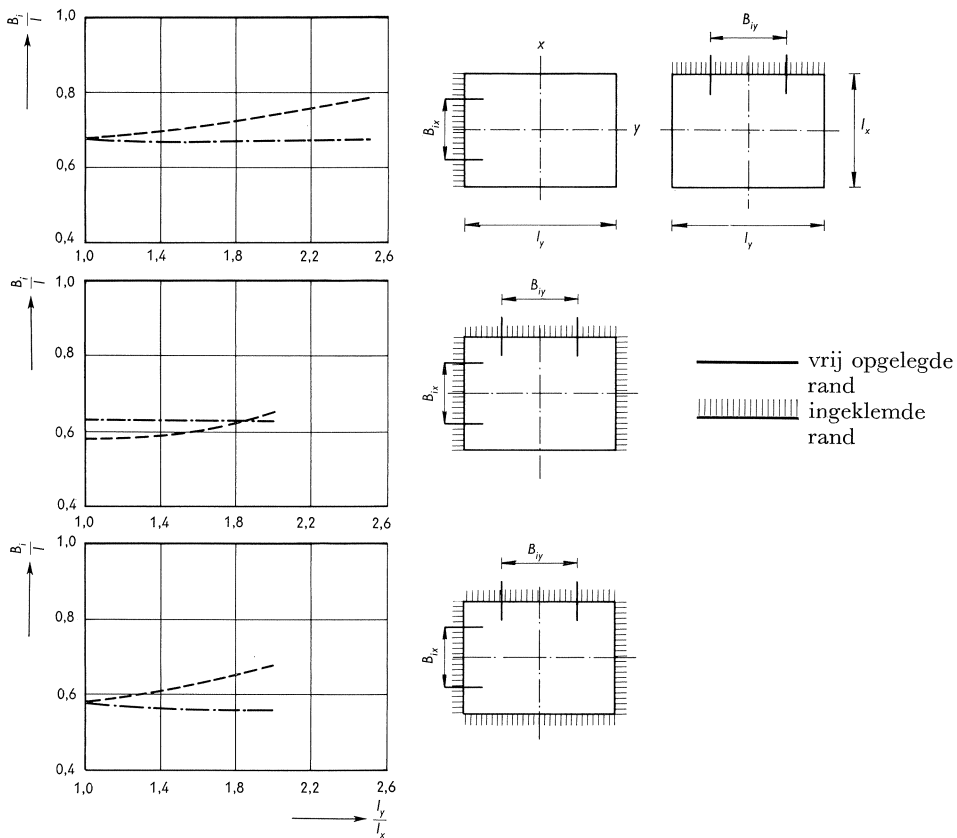


Fig. 15 B_{ry}/l_y en B_{rx}/l_x als functie van l_y/l_x bij gelijkmatig verdeelde belasting.

- - - - - B_{ry}/l_y } theorie
 - · - · - B_{rx}/l_x }
 ————— G.B.V. 1950 en 1962

wapening. Ook moet worden opgemerkt dat bij een eventuele vermindering van de wapening in de stroken gelegen buiten de breedte B , de wapening in de richting loodrecht hierop waarschijnlijk meer moet zijn en zich over een grotere lengte vanuit de oplegging moet uitstrekken dan thans het geval is.