GEWAPEND-BETONLIGGERS MET SPARINGEN

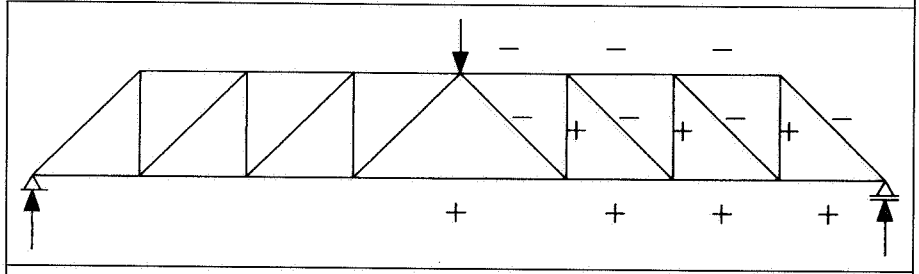
DIMENSIONEREN MET STAAFWERKMODELLEN

dr.ir.C.R.Braam, Ingenieursbureau Molenbroek BV, Rotterdam

Nadat in de jaren 1984/1985 in *Cement* uitgebreid aandacht is geschonken aan 'constructiedetails' en toepassingen zijn behandeld van het wapenen op basis van staafwerkmodellen, zijn regelmatig bijdragen verschenen waarin praktijktoepassingen werden besproken. In dit artikel zal aandacht worden besteed aan het detailleren van de wapening rond een sparing in het lijf van gewapend-betonliggers.

Bij de meeste theorieën die het gedrag van gewapend-betonliggers beschrijven wordt veelal uitgegaan van een constante dwarsdoorsnede zonder sparingen of andere discontinuïteiten die het gelijkmatige spanningsbeeld verstoren. In de praktijk treedt een dergelijke situatie echter lang niet altijd op. De constructeur zal in dat soort gevallen op basis van eigen inzicht of met behulp van in de literatuur beschreven rekenmethoden de constructie moeten wapenen. In deze bijdrage wordt nader ingegaan op het wapenen van liggers met sparingen, bijvoorbeeld ten behoeve van de doorvoer van leidingen.

In eerste instantie wordt een door Leonhardt [1] gepresenteerde berekeningsmethodiek toegelicht. Hierna volgt de overgang naar het dimensioneren aan de hand van staafwerkmodellen, waarbij eerst wordt ingegaan op het alom bekende staafwerkmodel van de 'gewone' gewapend-betonligger. Vervolgens wordt de overstap naar de ligger met een sparing gemaakt. Hier wordt een staafwerkmodel besproken dat is ontwikkeld door Schlaich et al [2]. Het model wordt in een aantal stappen behandeld. Hierna volgt een rekenvoorbeeld waarin het model wordt toegepast. Aan de hand van een korte parameterstudie wordt de invloed van de afmetingen van de sparing toegelicht. Bij deze rekenvoorbeelden zal blijken dat het model tot verrassende resultaten kan leiden. Afgesloten wordt met het bespreken van enkele aspecten die in de praktijk een rol zullen spelen.



1 **Staafwerkmodel van een gewapend-betonligger met verticale beugels**

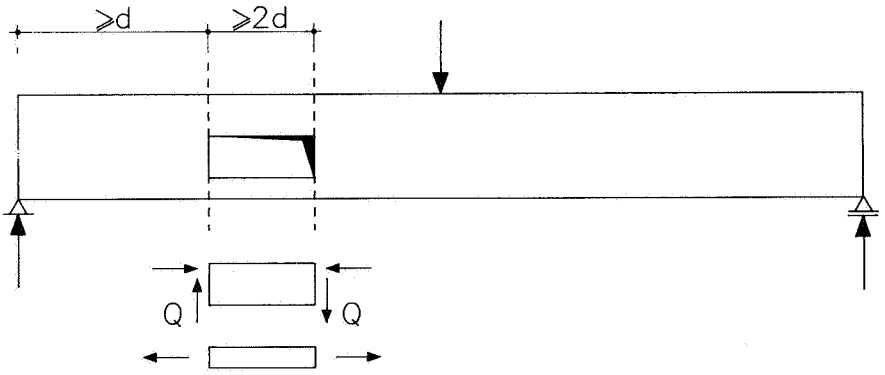
Staafwerkmodel gewapend-betonligger

Het staafwerkmodel dat het gedrag van een gewapend-betonligger beschrijft is reeds vele malen in de literatuur besproken. Hier zal dan ook worden volstaan met een korte toelichting *(fig. 1)*.
Aan de onderzijde van de ligger bevindt zich een trekband, aan de bovenzijde een gedrukt element (respectievelijk de hoofdwapening en de betondrukzone). De dwarskracht wordt overgedragen door middel van betondrukdiagonalen. Aan de trek- en drukzijde van de ligger wordt het verticale krachtenevenwicht verzekerd door trekstaven (beugels). Deze beugels zijn verankerd in de drukzone van de ligger. Dit model is reeds vele jaren geleden geïntroduceerd en heeft zijn praktisch nut inmiddels bewezen.

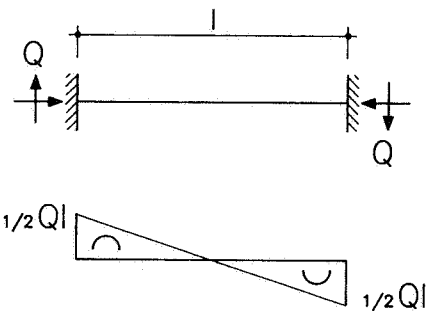
Als er in het lijf van de ligger sparingen zijn vereist blijft het model geldig, mits de afmetingen van de sparingen relatief gering zijn. Leonhardt stelt dat deze benaderingswijze geoorloofd is indien de sparing niet langer is dan 60% van de balkhoogte [1] en de beugels die op de plaats van de sparing gedacht waren, ter weerszijden van de sparing worden aangebracht. Hier wordt, waarschijnlijk ten overvloede, opgemerkt dat zowel de betondrukzone als de 'trekband' bij voorkeur niet mogen worden verzwakt door de sparing. Ook moeten de betondrukdiagonalen nog kunnen worden gevormd. Leonhardt geeft geen begrenzing voor de hoogte van de sparing. Het lijkt echter redelijk hiervoor ongeveer 40% van de balkhoogte te hanteren. Dan is er voldoende ruimte om de trekband onverzwakt onder de sparing door te voeren en wordt ook de betondrukzone niet verzwakt.

Berekeningsmethode Leonhardt

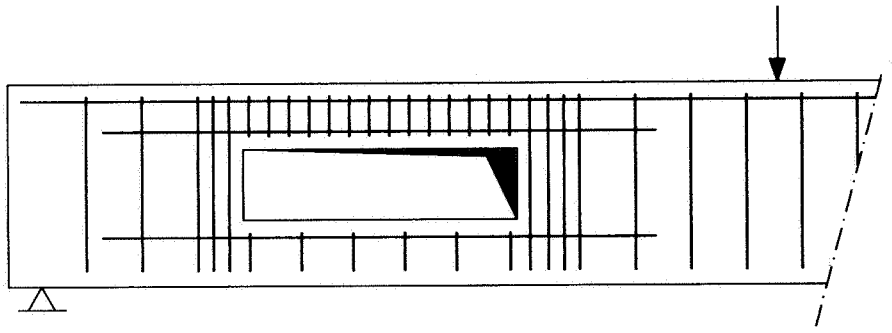
Door Leonhardt is een relatief eenvoudige berekeningswijze voor het wapenen van liggers met sparingen in het lijf gepresenteerd *(fig. 2a)* [1]. De figuur toont een ligger met een rechthoekige sparing, waarbij ook enkele beperkingen aan de geldigheid van de theorie zijn weergegeven. Zo moet de afstand van de oplegging tot de dichtstbijzijnde verticale rand van de sparing ten minste ge-



2 Ligger met rechthoekige sparing
a. zijaanzicht
b. belastingen aangrijpend op de constructiedelen rond de sparing



3 Schematisering element boven sparing



4 Schematische weergave wapening rond sparing [1]

lijk zijn aan de nuttige liggerhoogte, terwijl de lengte van de sparing kleiner moet zijn dan tweemaal deze waarde.

Leonhardt adviseert onderscheid te maken tussen twee afzonderlijke elementen, die gezamenlijk voor de krachtsoverdracht zorg moeten dragen: een trekband aan de onderzijde en een gedrukt element (de betondrukzone) aan de bovenzijde *(fig. 2b)*. Voor zover wordt gekeken naar de overdracht van het buigend moment zijn op zich weinig problemen te verwachten. De kracht in de trekband kan door wapening worden opgenomen; de drukkracht in het bovenste element door het beton.

Nu resteert nog een dwarskracht.
Leonhardt stelt dat 80 à 90% van de dwarskracht via het gedrukte element wordt overgedragen, het restant via de trekband. In de praktijk ligt het voor de hand de gehele dwarskracht over te laten brengen via de drukzone.
De dwarskracht wordt door beugels afgedragen naar de drukzone. In het geval van de ligger uit figuur 2a betekent dit dat direct rechts van de sparing extra beugels zijn vereist. Deze beugels worden geconcentreerd aangebracht en berekend op de totale dwarskracht. De drukzone wordt dan belast zoals aangegeven in figuur 2b.
Indien wordt verondersteld dat dit deel van de drukzone is te beschouwen als aan beide uiteinden ingeklemd in de rest van de constructie, dan volgt voor dit deel een momentenlijn zoals geschetst in figuur 3. Hier is te zien dat aan zowel de boven- als onderzijde trekkrachten worden opgewekt door het moment $M = \frac{1}{2}Ql$, waarvoor langswapening moet worden aangebracht. Deze wapening moet voorbij de verticale randen van de sparing worden verankerd.

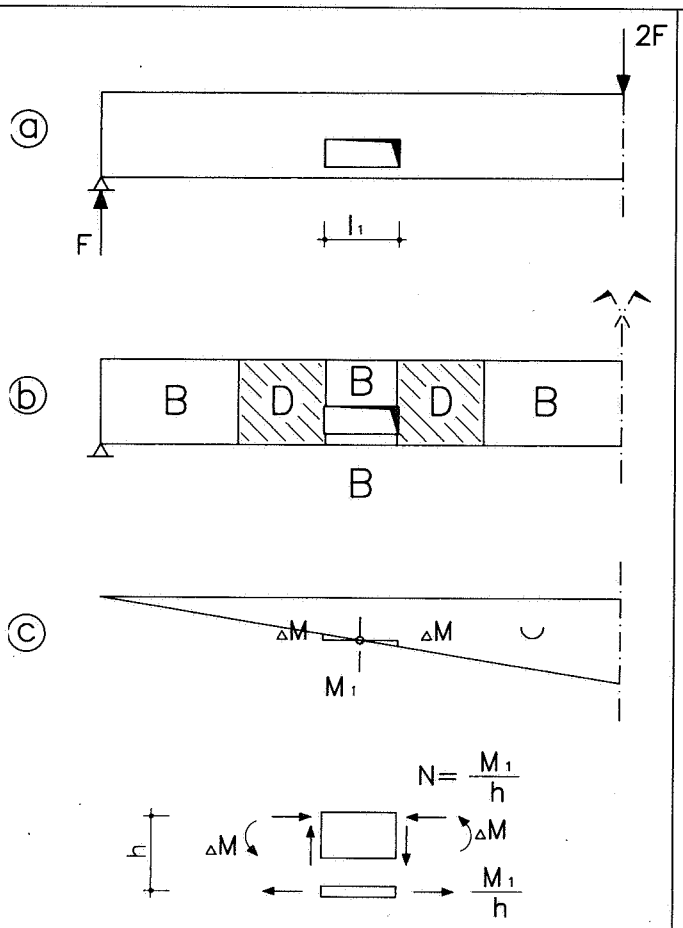
In het element zijn ook beugels nodig voor het opnemen van de dwarskracht. De wapening zal er dan veelal uitzien zoals aangegeven in figuur 4, waarbij ook links van de sparing extra beugels zijn aangebracht in verband met een mogelijke verplaatsing van de last. In deze figuur is ook te zien dat onder de sparing beugels zijn aangebracht. Tevens is er langswapening aanwezig aan zowel de onder- als bovenzijde van de trekband.
Dit komt voort uit het feit dat Leonhardt nog 10 à 20% van de dwarskracht over laat dragen door deze trekband. Hierdoor zal deze worden belast op een wijze die overeenkomt met de wijze waarop de drukzone boven de sparing wordt belast. Dit verklaart de grote overeenkomst tussen de wapeningsgeometrieën in beide delen. Voor wat betreft de wapening in de gebieden ter weerszijden van de sparing kan gewoon worden uitgegaan van de bestaande theorieën.

Ondanks het feit dat Leonhardt's model een betrouwbare en consistente indruk maakt, is er wel een kritische kanttekening te plaatsen.
Leonhardt deelt de ligger op in een aantal afzonderlijke delen (gedrukt, respectievelijk getrokken element en de delen ter weerszijden van de sparing), zonder verder in te gaan op de wijze waarop de krachtsoverdracht tussen de afzonderlijke delen plaatsheeft. Dit is een aspect dat zeker aandacht verdient, omdat deze krachtsoverdracht ook daadwerkelijk plaats moet kunnen hebben (benodigde wapening!).

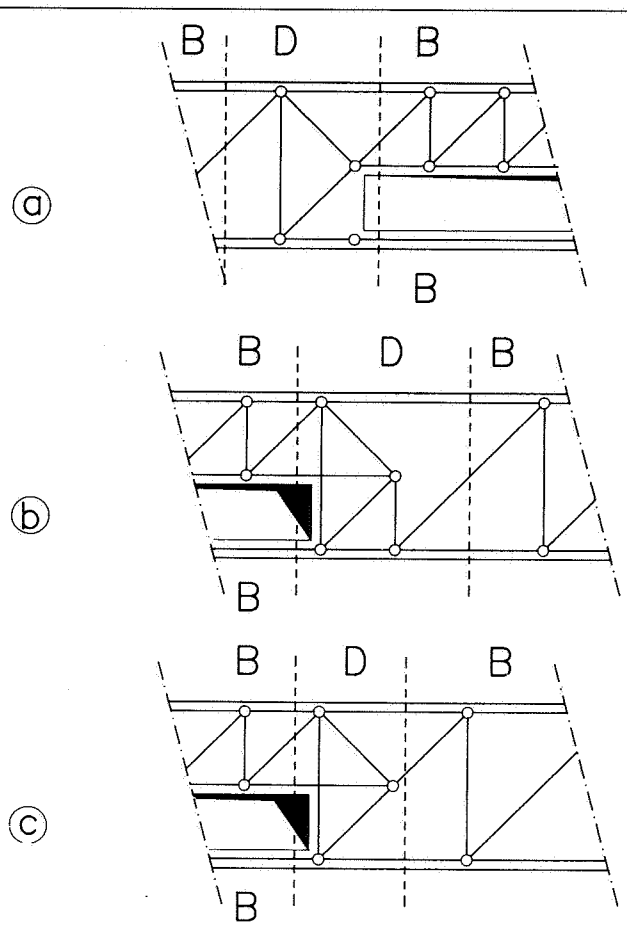
Berekeningsmethode Schlaich et al

In 1984 werd door Schlaich en Schäfer een bijdrage geleverd aan de Duitse Beton-Kalender [3]. In deze bijdrage wordt gesteld dat een goed inzicht in de belastingsafdracht noodzakelijk is voor een goed ontwerp en een juiste detaillering.
Voortgegaan wordt op de door Leonhardt ingeslagen weg, met zijn eerder verschenen publikaties als uitgangspunt [4]. De auteurs introduceren de basisregels voor het construeren met staafwerkmodellen. In 1987 volgt een 'state-of-the-art' rapport, opgenomen in [2]. In dat artikel wordt ook in het kort aandacht besteed aan het berekenen van liggers met 'grote' sparingen.

Schematisering constructie
Bij het bespreken van de theorie wordt het in figuur 5a getoonde linkerdeel van een ligger als uitgangspunt genomen. Zoals reeds eerder in [5] is vermeld, wordt begonnen met het aangeven van B- en D-gebieden (B = bekend, D = denken). Het ligt hier voor de hand de gebieden ter weerszijden van de sparing aan te duiden als D-gebied en de rest van de constructie als B-gebied *(fig. 5b)*.



5 **Ligger met rechthoekige sparing**
a. zijaanzicht
b. opdelen van de ligger in B- en D-gebieden
c. krachten werkend op het gebied boven de sparing uitgaande van een kracht in de trekband die is gebaseerd op het moment halverwege de sparing



6 **Staafwerkmodellen voor de linker (a) en rechter (b en c) D-gebieden**

Immers, naar de oplegging en de geconcentreerde last toe kan gebruik worden gemaakt van het model uit figuur 1.
Onder de sparing bevindt zich een eenvoudig te modelleren trekband. Boven de sparing is een gedrukt element aanwezig dat wordt belast door een dwarskracht en door een variërend buigend moment. Deze momentbelasting wordt veroorzaakt door het feit dat de kracht in de trekband onder de sparing over de gehele lengte van de sparing constant is. Hierdoor is de bijdrage die de trekband levert aan de opname van het uitwendig moment constant. Het door de geconcentreerde last veroorzaakte uitwendig moment varieert over de lengte van de sparing. Het verschil tussen beide momenten moet dan worden opgenomen door het constructiedeel boven de sparing *(fig. 5c)*.
Voor een zodanig belast element kan een standaard-staafwerkmodel worden gebruikt dat bestaat uit twee regels, waartussen zich stijlen en diagonalen bevinden die zorgen voor de overdracht van de dwarskracht. In feite is dat een type vakwerk zoals ook al is getoond in figuur 1.

Nu resteert nog het modelleren van de twee D-gebieden die de overgang tussen de B-gebieden vormen.

Modellering D-gebieden
Figuur 6a geeft een oplossing voor de krachtsoverdracht voor het D-gebied aan de linkerzijde van de sparing uit figuur 2, waarin ook de eerder besproken modellering van de B-gebieden is aangegeven. Het D-gebied moet zorgen voor een verantwoorde krachtsoverdracht tussen beide gebieden. Hier moet er onder meer op worden gelet dat een hellend verlopende betondrukdiagonaal een hoek van ten minste 30° met de horizontaal maakt [5]. Bij het werken met staafwerkmodellen is de constructeur, binnen zekere grenzen, vrij in het kiezen van een model voor de belastingsafdracht, waarbij verschillende modellen geschikt kunnen zijn. Zo geven de figuren 6b en 6c twee varianten voor een staafwerkmodel voor het D-gebied rechts van de sparing uit figuur 2. Bij de verdere uitwerking zal het model uit figuur 6b worden gehanteerd; de met het andere model verkregen resultaten zullen ook worden vermeld.

Rekenvoorbeeld

Het hiervoor geschetste model wordt nu geïllustreerd aan de hand van een praktijkgeval. Het betreft hier de in figuur 7a geschetste linkerhelft van een ligger met rechthoekige sparing. In figuur 7b is het staafwerkmodel weergegeven.

Bij het schematiseren van de constructie is reeds gewezen op het feit dat de kracht in de trekband (staaf 38 in figuur 7b) wordt berekend uit het uitwendig moment in een snede ter hoogte van de sparing. De constructeur is nu vrij om de positie van deze snede te kiezen. Schlaich et al. [2] hanteren hiervoor een snede die is gelegen in het midden van de sparing. In figuur 7b komt dit overeen met een snede door het aangegeven punt C. Het buigend moment uit de belasting bedraagt hier $7F$. De afstand tussen de bovenrand (punt C) en de trekband is 2 m. De kracht in de trekband is dus $3{,}5F$. Dit impliceert dat staaf 17 een nulstaaf is, omdat anders niet aan het momentenevenwicht wordt voldaan. Nu deze krachten bekend zijn kunnen de krachten in alle andere vakwerkstaven worden berekend. In tabel 1 zijn alle

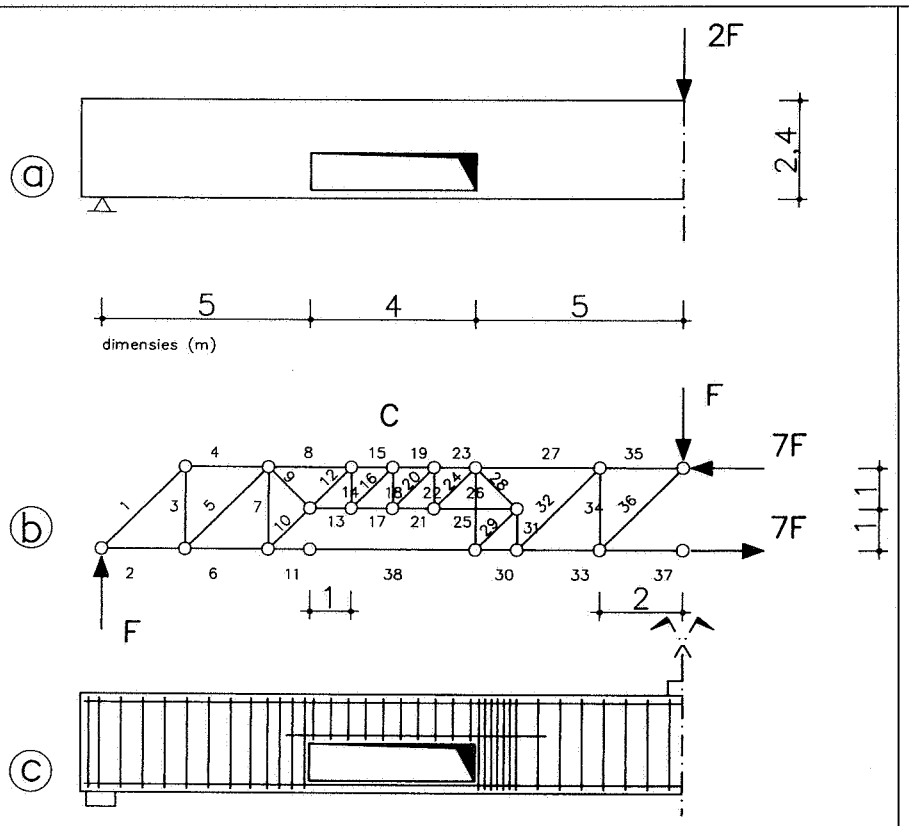
krachten in de afzonderlijke staven gegeven (- = druk, + = trek).

Direct rechts boven het midden van de sparing ontwikkelt zich een trekkracht. In de richting van het toenemend buigend moment neemt deze trekkracht toe (zie de krachten in staven 21 en 25, die respectievelijk $+F$ en $+2F$ bedragen). Deze toename van de trekkracht is te verklaren uit de toename van het buigend moment: over de gehele lengte van de sparing levert de trekband aan de onderzijde van de ligger (staaf 38) een constante bijdrage aan het buigend moment. De toename van het buigend moment moet dan geheel worden geleverd door de trekband boven de sparing.
Omdat de inwendige hefboomsarm boven de sparing relatief gering is, zal deze trekkracht dan ook snel toenemen. Dat deze trekkracht een grote invloed heeft op de verticale trekkracht rechts van de sparing blijkt uit tabel 1. De trekkracht van $2F$ in staaf 25 resulteert in een verticale trekkracht (staaf 26) van $1{,}5F$.
In het constructiedeel dat links van punt C is gelegen doet zich een soortelijk fenomeen voor. Echter, nu neemt naar de oplegging toe het buigend moment af. Hierdoor zal direct boven de sparing een drukstaaf ontstaan (staaf 13). Deze drukkracht draagt links van de sparing bij aan de kracht in een verticale trekstaaf (staaf 7).

Ten aanzien van de kracht waarop de beugels moeten worden gedimensioneerd komen opvallende verschillen met Leonhardt's berekeningsmethodiek aan het licht.
Aan de linkerzijde van de sparing geeft staaf 7 een trekkracht van $1{,}5F$. Hier is de kracht die door de beugels moet worden overgedragen dus 50% hoger dan de kracht die uit de dwarskrachtenlijn volgt.
Voor de rechterzijde wordt zelfs een kracht van $2{,}5F$ gevonden (sommatie van de krachten in staven 26 en 31). Hier dus een toename met maar liefst 150%.
Eén en ander heeft tot gevolg dat rechts van de sparing een dichte bebeugeling aanwezig moet zijn. Ten aanzien van de verankering van de langswapening moet nog worden opgemerkt dat deze plaats moet hebben achter het punt waar de wapening al op spanning moet zijn. Dit houdt in dat de wapening direct boven de sparing relatief ver naar rechts moet doorlopen *(fig. 7c)*.

Wordt voor het D-gebied rechts van de sparing het model van figuur 6c gebruikt, dan wordt een verticale trekkracht ter grootte van $2F$ gevonden. Vergeleken met de $2{,}5F$ die volgt uit de modellering volgens figuur 6b lijkt hier sprake te zijn van 'zuiniger' construeren. Dit is echter niet het geval omdat er tussen beide varianten een verschil is in de afstanden waarover nog beugels in het B-gebied tussen de sparing en de geconcentreerde last moeten worden aangebracht. In het geval van de modellering volgens figuur 6b bedraagt deze afstand 3 m, terwijl de andere modellering leidt tot een afstand van 4 m. Bij vergelijking van de in deze zones vereiste hoeveelheden beugels, blijkt het verschil precies overeen te komen met een hoeveelheid die in staat is een dwarskracht gelijk aan $0{,}5F$ op te nemen. Beide modelleringswijzen leiden dus tot een zelfde hoeveelheid beugelwapening.

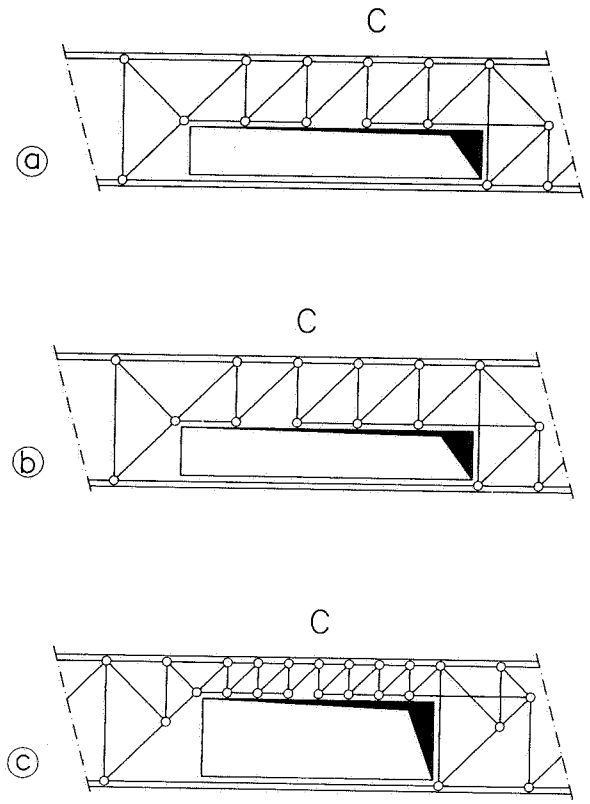
In de voorgaande bespreking is reeds gesteld dat de constructeur vrij is de positie van punt C te kiezen. Zo kan hij er bijvoorbeeld voor zorgen dat links en rechts van de sparing evenveel beugels moeten worden aangebracht. Dan moet punt C uit figuur 7b naar rechts ver-



7 Ligger met rechthoekige sparing
a. zijaanzicht
b. bijbehorend staafwerkmodel met staafnummering
c. schematische weergave van de wapening volgend uit het staafwerkmodel

Tabel 1
Staafkrachten uit het staafwerkmodel van figuur 7b

staaf-nummer	staaf-kracht	staaf-nummer	staaf-kracht	staaf-nummer	staaf-kracht
1	$-\sqrt{2}F$	14	$+F$	26	$+1{,}5F$
2	$+F$	15	$-2{,}5F$	27	$-5F$
3	$+F$	16	$-\sqrt{2}F$	28	$-0{,}5\sqrt{2}F$
4	$-F$	17	0	29	$-1{,}5\sqrt{2}F$
5	$-\sqrt{2}F$	18	$+F$	30	$+5F$
6	$+2F$	19	$-3{,}5F$	31	$+F$
7	$+1{,}5F$	20	$-\sqrt{2}F$	32	$-\sqrt{2}F$
8	$-1{,}5F$	21	$+F$	33	$+6F$
9	$-0{,}5\sqrt{2}F$	22	$+F$	34	$+F$
10	$-1{,}5\sqrt{2}F$	23	$-4{,}5F$	35	$-6F$
11	$+3{,}5F$	24	$-\sqrt{2}F$	36	$-\sqrt{2}F$
12	$-\sqrt{2}F$	25	$+2F$	37	$+7F$
13	$-F$			38	$+3{,}5F$



8 Staafwerkmodel voor ligger met rechthoekige sparing
a. sparing 5 m breed; punt C 3 m rechts van de linkerrand van de sparing
b. als a, punt C 1 m meer naar links
c. sparing 4 m breed en 1,5 m hoog

schuiven. Dan neemt namelijk de horizontale trekkracht (staaf 21 en volgend) die zich boven de sparing ontwikkelt af, waardoor de hierdoor opgewekte verticale trekkracht (staaf 26) afneemt. Links van punt C (staaf 13 en volgend) kan nu over een grotere afstand een horizontale drukkracht worden opgebouwd. De toename van deze drukkracht leidt tot een toename van de verticale trekkracht (staaf 7).

Invloed afmetingen van de sparing

Uit het voorgaande is in zekere zin al af te leiden wat de invloed is van de lengte en de hoogte van de sparing. Beide invloeden worden nu in het kort nog toegelicht.

Lengte van de sparing

De kracht in de druk- en trekstaven direct boven de sparing neemt toe in de richting van het afnemend, respectievelijk toenemend buigend moment. Naarmate de sparing langer is zullen deze krachten steeds grotere waarden kunnen aannemen. Bij het opnemen van deze horizontale krachten ontstaan dan ook steeds grotere verticale krachten naast de sparing.

Als voorbeeld wordt nu genomen een sparing met een lengte van 5 m. De hoogte van de sparing is constant gehouden. Het midden van de sparing blijft gelegen op 7 m van de oplegging *(fig. 8a)*. Alle andere afmetingen zoals gehanteerd in figuur 7a zijn niet gewijzigd. Voor het overdragen van de belasting moet het staafwerkmodel boven de sparing in de lengte worden uitgebreid. In het voorbeeld van de sparing van 4 m volstonden 4 staven (13, 17, 21 en 25). Omdat de sparing 1 m breder is geworden en het staafwerkmodel hier 1 m hoog is moet één extra 'set' staven worden aangebracht. De positie waar aan de onderzijde van het constructiedeel boven de sparing een nulstaaf aanwezig is kan nu opnieuw worden gekozen.

Wordt de extra 'set' staven aan de linkerzijde toegevoegd, dan komt het punt dat de kracht in de trekband onderin de ligger bepaalt te liggen op 7,5 m van de oplegging (vergelijk de posities van de punten C uit de figuren 7a en 8a). Deze kracht is dan gelijk aan 3,75*F*. Voor de duidelijkheid is in figuur 8a de nulstaaf niet getekend. Bij het opstellen van het model treden, in vergelijking met figuur 7b, rechts van punt C geen principiële wijzigingen op. Links van punt C daarentegen moet nu een horizontale drukkracht ter grootte van 2*F* worden overgedragen. Dit leidt tot een (met staaf 7 in figuur 7b vergelijkbare) verticale trekkracht van 2*F*.

Wordt daarentegen de extra 'set' staven in het vakwerk aan de rechterzijde aangebracht, dan ligt het nieuwe punt C 6,5 m rechts van de oplegging *(fig. 8b)*. De kracht in de trekband is nu 3,25*F*. Ook in deze figuur is de nulstaaf niet getekend. In vergelijking met de situatie uit figuur 7b treedt echter geen principiële verandering op in de staafkrachten links van punt C. De verticale trekkracht waarop hier de beugels moeten worden gedimensioneerd blijft gelijk aan 1,5*F*. Rechts van punt C wordt de horizontale trekkracht direct boven de sparing gelijk aan 3*F*. De gesommeerde verticale trekkracht rechts van de sparing is nu gelijk aan 3*F*.

Afhankelijk van de keuze van het staafwerkmodel zijn dus diverse wapeningsconfiguraties mogelijk. Uiteraard is het ook mogelijk voor de belastingsafdracht een gecombineerd model te kiezen. In dat geval kan men de beide eerder besproken modellen ieder een deel van de belasting af laten dragen. Het is echter twijfelachting of dit hier zinvol is, aangezien beide modellen niet principieel van elkaar verschillen.

Hoogte van de sparing

In figuur 7b is het staafwerkmodel boven de sparing 1 m hoog. Dit is de helft van de hoogte van het model ter weerszijden van de sparing. Wordt nu de hoogte van de sparing zodanig gewijzigd dat het model boven de sparing nog slechts 0,5 m hoog is, dan zal bij ongewijzigde lengte van de sparing, een aanzienlijk 'fijner' model boven de sparing ontstaan *(fig. 8c)*. Hierdoor nemen direct boven de sparing zowel de drukkracht links van punt C als de trekkracht rechts van punt C toe, en wel tot respectievelijk $-3F$ en $+4F$ (ongewijzigde positie van punt C ten opzichte van die in figuur 7b).

Aan beide zijden van de sparing moet nu een verfijnder model worden opgesteld, omdat bij het ongewijzigd hanteren van de aanpak van figuur 7b, de helling van de drukstaven overeenkomstig de staven 9 en 28 uit deze figuur te gering wordt. Door deze verfijning wordt nu zowel links als rechts van de sparing een nieuwe verticale trekstaaf geïntroduceerd. Links van de sparing ontstaat nu een gesommeerde verticale trekkracht ter grootte van 3,25*F*, rechts van de sparing ter grootte van 5,25*F*.

In deze situatie ontstaat nu zelfs trek aan de bovenzijde van de ligger aan de linkerzijde van de sparing.

Opmerkingen ten aanzien van praktijktoepassingen

Sparing ter plaatse van momentennulpunt

In de hiervoor geschetste situatie is spra-

ke van een nagenoeg 'ideale' toestand: een statisch bepaalde ligger die in het midden van de overspanning is belast. In de praktijk zal zo'n situatie zelden optreden en zijn de liggers vaak statisch onbepaald. Een sparing wordt dan nogal eens ter plaatse van een momentennulpunt aangebracht en het is de vraag in hoeverre dit een gunstige invloed op de rond de sparing vereiste hoeveelheid beugels heeft.
Om een antwoord op deze vraag te kunnen geven wordt figuur 5 nogmaals beschouwd. In figuur 5c is aangegeven welke krachten aangrijpen op het deel van de constructie boven de sparing. Deze krachten bepalen uiteindelijk de wapening rond de sparing.
Het moment M_1 heeft geen invloed op deze wapening, omdat dit moment geheel wordt opgenomen door de combinatie van de trek- en drukkracht aan de onder-, respectievelijk bovenzijde van de ligger. Dit betekent dat het plaatsen van de sparing in een momentennulpunt alleen invloed zal hebben op deze krachten. Zo zal de trekband aan de onderzijde van de ligger al snel geheel of nagenoeg geheel spanningsloos worden. Aan de bovenzijde van de ligger kunnen trekkrachten optreden, doordat de drukkracht hier aanzienlijk gereduceerd zal zijn.

Mobiele geconcentreerde last
In de berekeningen is steeds uitgegaan van een geconcentreerde last met een vaste positie. Als deze last mobiel is, heeft dit geen invloed op de essentie van het model. Het betekent echter wel dat het moment ΔM uit figuur 5c van teken kan veranderen. Daarom moet de horizontale wapening direct boven de sparing voldoende ver voorbij de randen van de sparing worden verankerd. Tevens moet er rekening mee worden gehouden dat de gekozen hoeveelheid beugels in staat moet zijn de verticale krachten op te nemen die worden veroorzaakt door een geconcentreerde last die zowel links als rechts van de sparing aanwezig kan zijn. Het verdient dan de voorkeur de positie van punt C in figuur 7b zodanig te kiezen, dat aan beide zijden van de sparing dezelfde hoeveelheid beugelwapening is vereist.

Betondrukstaven
In de hiervoor besproken berekeningsmethodiek is voornamelijk aandacht geschonken aan de krachten in trekstaven en de gevolgen voor de vereiste hoeveelheid beugelwapening. De betondrukstaven van de gekozen staafwerkmodellen moeten echter ook worden gecontroleerd. Een kritieke zone is hierbij het gebied boven de sparing. De drukdiagonalen dragen hier een kracht gelijk aan $-F\sqrt{2}$ over *(tabel 1)*. De hart-op-hart afstand van deze diagonalen is relatief gering, dus het oppervlak dat deze kracht op moet nemen is eveneens gering. Voor nadere informatie omtrent de te hanteren afmetingen van deze staven en de toelaatbare betonspanningen wordt verwezen naar [5].

Conclusie
Het blijkt goed mogelijk aan de hand van het hier getoonde staafwerkmodel het krachtenspel in liggers met rechthoekige sparingen in het lijf te analyseren. Al snel blijkt dat een relatief eenvoudige aanpak geen juiste weergave van het werkelijke gedrag geeft. Bij het opstellen van een model moet terdege rekening worden gehouden met de onderlinge krachtsoverdracht tussen de constructiedelen. Is het model eenmaal opgesteld, dan blijkt het goed mogelijk op een relatief eenvoudige wijze de invloed van wijzigingen in diverse variabelen weer te geven.

Literatuur
1. Leonhardt, F., Vorlesungen über Massivbau, Teil 3, 1974.
2. Schlaich, J., K. Schäfer en M. Jennewein, Toward a consistent design of structural concrete. *PCI Journal*, vol. 32, no. 3, May/June 1987.
3. Schlaich, J. en K. Schäfer, Konstruieren im Stahlbetonbau. Beton-Kalender, Teil 2, 1984.
4. Leonhardt, F., Das Bewehren von Stahlbetontragwerken. Beton-Kalender, Teil 2, 1971.
5. Walraven, J.C., Staafwerkmodellen als basis voor het detailleren van betonconstructies. *Cement*, 1988 nr. 11.

STUMICO

Nieuwsbrief
De Stumico telt inmiddels 444 leden. In mei 1992 zal de vereniging tijdens een algemene ledenvergadering haar tweede lustrum vieren.
Uit de Stumico-nieuwsbrief van september 1991 zijn de volgende berichten ontleend.

Benchmark tests voor civieltechnische programmatuur
Gebleken is dat bij het ontwikkelen van nieuwe normprogramma's goede testvoorbeelden in de literatuur niet voorhanden zijn. Testruns moet men zelf bedenken, wat veel onnodig werk betekent.
Ir.P.Bennenbroek van W+B Software BV in Deventer stelt voor dat een studiecel van Stumico testruns zou kunnen bedenken om software te testen. Softeware-ontwikkelaars zouden met deze testruns de eigen software kunnen testen en gebruikers hebben een goed handvat om aan te schaffen software te kunnen beoordelen. Belangrijk is dat de testruns elementaire gevallen beschrijven.
Een voorbeeld is het werk van studiecel 'Controle van computerberekeningen'. Deze heeft voor een 2D raamwerk een aanzet gegeven voor testruns, het zgn. PAARD. Deze studiecel zou eigenlijk een vervolg moeten krijgen, bijvoorbeeld onder de naam Testruns voor computerprogramma's.

Stichting DIANA als expertisecentrum erkend
Vanaf eind januari is de stichting Diana erkend als landelijk centrum voor Computational Mechanics. De erkenning is verstrekt door de Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk onderzoek en de stichting SURF. Het expertisecentrum heeft tot doel het ontwikkelen, beheren en in stand houden van hoogwaardige kennis en kunde op het gebied van het op de eindige-elementenmethode gebaseerd computerprogramma Diana. Dit computerprogramma is een belangrijk hulpmiddel bij het uitvoeren van onderzoekprojecten op het gebied van de numerieke mechanica, internationaal aangeduid als Computational Mechanics.
Gebruikers van het expertisecentrum zijn technische universiteiten, grote technologische instituten (GTI's), TNO, Rijkswaterstaat en de industrie. Nadere informatie: TNO-Bouw, tel. 015 - 696900, fax 015 - 627335.