

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Mechanical Engineering
and Marine Technology
Ship Structures Laboratory

HS en TM STAAL
UIT HET OOGPUNT VAN
STERKTE EN VERMOEIING
VAN SCHEEPSCONSTRUCTIES

prof. ir. B. Boon
ir. J.H. Vink

Inhoud:

- 1 INDELING GANGBARE STAALSOORTEN
- 2 TOEGELATEN SPANNINGEN IN HS STAAL
- 3 MAXIMAAL MOGELIJKE GEWICHTSREDUCTIE
- 4 BEPERKENDE FAKTOREN
- 5 HS STAAL EN KNIK
- 6 HS STAAL EN VERMOEIING
- 7 HS STAAL EN LASVERBINDINGEN

1 INDELING GANGBARE STAALSOORTEN

INDELING VOLGENS

- BUREAU VERITAS,
- DET NORSKE VERITAS
- LLOYDS REGISTER:

TYPE	MIN. VLOEIGR. N/mm ²	MIN. TREKST. N/mm ²	GRADES				
			Vereiste kerfslagwaarden in Joules bij Temp				
			A bij 0°C	B bij 0°C	D bij -20°C	E bij -40°C	F bij -60°C
NS	235	400	geen eis	27	27	27	
H27	265	400	27		27	27	
H32	315	440	31		31	31	31
H34	340	450	34		34	34	
H36	355	490	34		34	34	34
H40	390	510	41		41	41	41

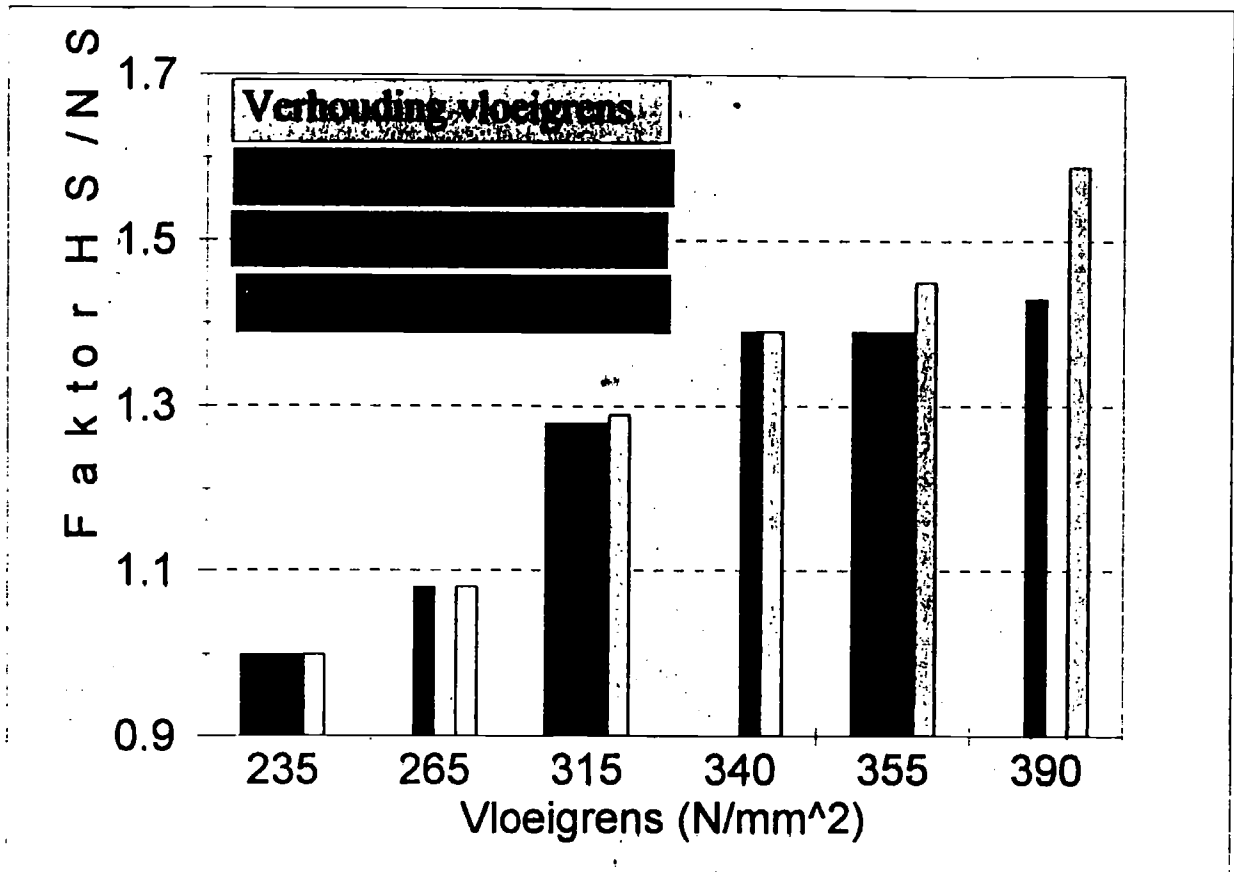
NB:

- **ZWART** : GELIJK VOOR ALLE KLASSEBUROS,
- **BLAUW** : UITSLUITEND VOLGENS DET NORSKE VERITAS,
- **ROOD** : UITSLUITEND VOLGENS LLOYDS REGISTER.

2 TOEGELATEN SPANNINGEN IN HS STAAL**TOEGELATEN SPANNING IN HS STAAL T.O.V. NS STAAL**

TYPE	MIN. VLOEIGR. N/mm ²	VERHOUDING VLOEIGRENS HS/245	C = FAKTOR VOOR TOELAATB. SPANN.		
			BV	DNV	LR
NS	235	1.00	1.00	1.00	1.00
H27	265	1.08		1.08	
H32	315	1.28	1.28	1.28	1.28
H34	340	1.45			1.39
H36	355	1.45	1.39	1.39	1.39
H40	390	1.59		1.43	

ZIE OOK GRAFIEK



Verhouding van de toelaatbare spanning

3 MAXIMAAL MOGELIJKE GEWICHTSREDUCTIE

DE GEWICHTSREDUCTIE VAN EEN CONSTRUCTIE IN HS STAAL IS ALTIJD MINDER DAN OMGEKEERD EVENREDIG MET DE HOGERE TOELAATBARE SPANNING, FAKTOR C, OM VOLGENDE REDENEN:

STATISCHE STERKTE:

- TREK:

$$\sigma = N/A, \text{ zodat: } A' = A/C$$

- BUIGING:

$$\sigma = M/W, \text{ zodat } W' = W/C, \text{ met als gevolg:}$$

* PLAATDIKTES:

$$t' = t/\sqrt{C}$$

* VERSTIJVERS:

⇒ de meewerkende plaatstrook heeft reeds de gereduceerde dikte:

$$t' = t/\sqrt{C}$$

⇒ het extra toegevoegde materiaal van de verstijver/drager heeft:

$$A'_{\text{verst}} = f \cdot A_{\text{verst}} / C, \text{ waarbij:}$$

$$f \approx 1.00 \text{ ; } 1.10$$

- LANGSVERBAND (Z% VAN ROMPGEWICHT):

$$W'_{\text{grootsp}} = W_{\text{grootsp}} / C$$

* LOCAL SCANTLINGS MAATGEVEND: ($W_{\text{actual}} > W_{\text{verelst}}$):

$$\text{platen: } t' = t/\sqrt{C}$$

: betreft X% (van Z%)

$$\text{verstijvers: } A'_{\text{verst}} = f \cdot A_{\text{verst}} / C$$

: betreft (100-X)% (van Z%)

* LANGSSCHEEPSE STERKTE MAATGEVEND: ($W_{\text{actual,dek}} \approx W_{\text{verelst}}$):

langsverband in het dek:

$$A'_{\text{dek}} = A_{\text{dek}} / C$$

: betreft Y% (van Z%)

rest is minimum scantlings:

zie hierboven

: betreft (100-Y)% (van Z%)

ZIE TABEL VOOR RESULTATEN

SAMENVATTING MAXIMAAL MOGELIJKE GEWICHTSREDUKTIE:

TYPE	C	BELASTINGSWIJZE				
		AX. TREK	BUIGING		LANGSVERBAND	
			PLAAT	VERSTIJ- VERS	MIN. LOCAL SCANTL	MIN. LONGL STR.
		1/C	1/C	f/C	zie 1)	zie 2)
NS	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
H27	1.08	0.926	0.962	0.926	0.952	0.926
H32	1.28	0.781	0.884	0.781	0.855	0.781
H34	1.39	0.720	0.848	0.720	0.812	0.720
H36	1.39	0.720	0.948	0.720	0.812	0.720
H40	1.43	0.700	0.836	0.700	0.798	0.700

1) $X \cdot 1/C + (1-X) \cdot f/C$

2) $Y \cdot 1/C + (1-Y) \cdot f/C$

GEREKEND MET:

$f = 1.00$

$X = 72\%$

$Y = 20\%$

Voorlichtingsdag over de voordelen van het gebruik van staalsoorten met hoge rekgrens

4 BEPERKENDE FAKTOREN

VOORGAANDE GEWICHTSREDUKTIES WORDEN NOOIT GEREALISEERD, DOORDAT:

- **HS STAAL UITSLUITEND OP VOLGENDE PLAATSEN:**
 - * **HOOGST BELASTE UITERSTE VEZELS VAN HET LANGSVERBAND**
 - * **ZWAARST BELASTE DEEL VAN HET DWARSVERBAND**
- **MINIMUM PLAATDIKTE KAN OVERHEERSEN: KLEINE SCHEPEN**
- **STIJFHEIDS EIS KAN MAATGEVEND ZIJN**
- **GEVAAR VAN KNIK EN PLOOIEN**
- **GEVAAR VAN VERMOEIING**

DE LAATSTE TWEE FAKTOREN WORDEN NADER BEKEKEN.

5. HS STAAL EN KNIK

KNIK IS EEN INSTABILITEITSVERSCHIJNSEL DAT SAMENHANGT MET DE STIJFHEID VAN DE CONSTRUCTIE.

BELANGRIJKSTE PARAMETERS BIJ KNIK:

- ELASTICITEITSMODULUS VAN HET MATERIAAL,
- SLANKHEID VAN DE CONSTRUCTIE.

DE ELASTICITEITSMODULUS VAN HS STAAL EN NS STAAL IS GELIJK.

MEER GEVAAR VAN KNIK EN PLOOIEN BIJ HS STAAL OMDAT:

- DE KRITISCHE KNIKSPANNING IS LAGER DOOR DE KLEINERE PLAATDIKTES,
- DE SPANNINGEN ZIJN HOGER.

DIT WERKT DUS DUBBEL NADELIG

VOORBEELD:**PLAATVELD UIT BOVENDEK: $l \cdot b = 2400 \cdot 700$ mm****NS staal:** **$t = 15$ mm (GEBASEERD OP LANGSSCHEEPSE STERKTE)****EULERSE KNIKSPANNING: $\sigma_c = 344.4$ N/mm²****WERKELIJKE KRITISCHE SPANNING: $\sigma_{ac} = 194.9$ N/mm²****EIS (LR; BINNEN 0.4L MIDSCHIEPS): $\sigma_{ac} > 176.6$ N/mm²****nb: $\sigma_{LS} < 175$ N/mm² (golf + vlakwater buiging samen, NS staal)****HS staal; neem H36:****DIKTE WAS GEBASEERD OP LANGSSCHEEPSE STERKTE, ZODAT:** **$t' = t/C = 15/1.39 = 1.08 \Rightarrow t' = 11$ mm****EULERSE KNIKSPANNING: $\sigma'_c = 185.2$ N/mm²****WERKELIJKE KRITISCHE SPANNING: $\sigma'_{ac} = 184.9$ N/mm²****EIS (LR; BINNEN 0.4L MIDSCHIEPS): $\sigma'_{ac} > 245.5$ N/mm²****nb: $\sigma_{LS} < 243$ N/mm² (golf + vlakwater buiging samen, H36 staal)****KONKLUSIE:** **$t' = 11$ mm IS NIET ACCEPTABEL.****TENEINDE DE GEEISTE WAARDE VAN DE KRITISCHE KNIKSPANNING $\sigma'_{ac} > 245.5$ N/mm² TE REALISEREN MOET DE PLAATDIKTE WORDEN VERGROOT TOT:** **$t' = 14$ mm !**

6 HS STAAL EN VERMOEIING

6.1 BASISPRINCIPES BIJ VERMOEIING:

- * **DE VERMOEIINGSSTERKTE VAN GELASTE CONSTRUCTIES IN HS STAAL IS NIET SIGNIFICANT BETER DAN VOOR DEZELFDE CONSTRUCTIE UITGEVOERD IN NS STAAL.**

- * **DE LEVENSDUUR VAN GELASTE CONSTRUCTIES IS ONDER WISSELENDE BELASTING OMGEKEERD EVENREDIG MET DE DERDE MACHT VAN HET SPANNINGSNIVO:**
 - 10% HOGERE SPANNING GEEFT EEN AFNAME VAN DE LEVENSDUUR TOT 75%**

- * **VOORAL BIJ SPANNINGSCONCENTRATIES TREEDT VERMOEIING OP, DUS T.P.V:**
 - **OVERGANGEN,**
 - **SLECHTE DETAILS,**
 - **(LAS)VERBINDINGEN.**

6.2 AANDACHTSPUNTEN

DOOR DE HOGERE SPANNINGEN BIJ HS STAAL IS DE LEVENSDUUR ONDER WISSELENDE BELASTING AANZIENLIJK KORTER DAN BIJ NS STAAL;

DE LEVENSDUUR KAN AFNEMEN TOT SLECHTS 37% BIJ H36 INDIEN DE SPANNINGEN MET FAKTOR 1.39 ZIJN TOEGENOMEN

BIJ TOEPASSING VAN HS STAAL MOET VEEL ZORG BESTEED WORDEN AAN DE CONSTRUCTIEVE VORMGEVING EN DE UITVOERING VAN DE DETAILS EN LASVERBINDINGEN OM SPANNINGSCONCENTRATIES TE VERMINDEREN.

BELANGRIJKE AANDACHTSPUNTEN:

- **ALGHEELE GEOMETRIE (GEZOND CONCEPT),**
- **DETAIL ONTWERP,**
- **AANBOUW TOLERANTIES**
- **GEOMETRIE VAN DE LAS**
- **GEZONDE LAS (ZIE § 7)**

Table 20.3 Catalogue of Details (Continued)[†]

Type No.	Joint configuration showing mode of fatigue cracking and stress considered	Description of joint	Detail category $\Delta\sigma_R$
14		<p>Gusset with smooth transition (sniped end or radius) welded to the flange of a beam</p> <p>$r \geq 0,5 h$ $r < 0,5 h$ or $\varphi \leq 20^\circ$ $\varphi > 20^\circ$ see joint type 13 $c \leq 2 t$, max. 25 mm</p>	71 63
16		<p>Gusset with smooth transition (sniped end or radius) welded on plate edge</p> <p>$r \geq 0,5 h$ $r < 0,5 h$ or $\varphi \leq 20^\circ$ $\varphi > 20^\circ$ see joint type 13 $c \leq 2 t_2$, max. 25 mm</p> <p>For $t_2 \leq 0,7 t_1$, $\Delta\sigma_R$ may be increased by one category.</p>	50 45

Verschil in levensduur

- tussen 71 en 45 is factor 5!
- tussen 71 en 63 } is factor 1,5!
 { 50 en 45 }

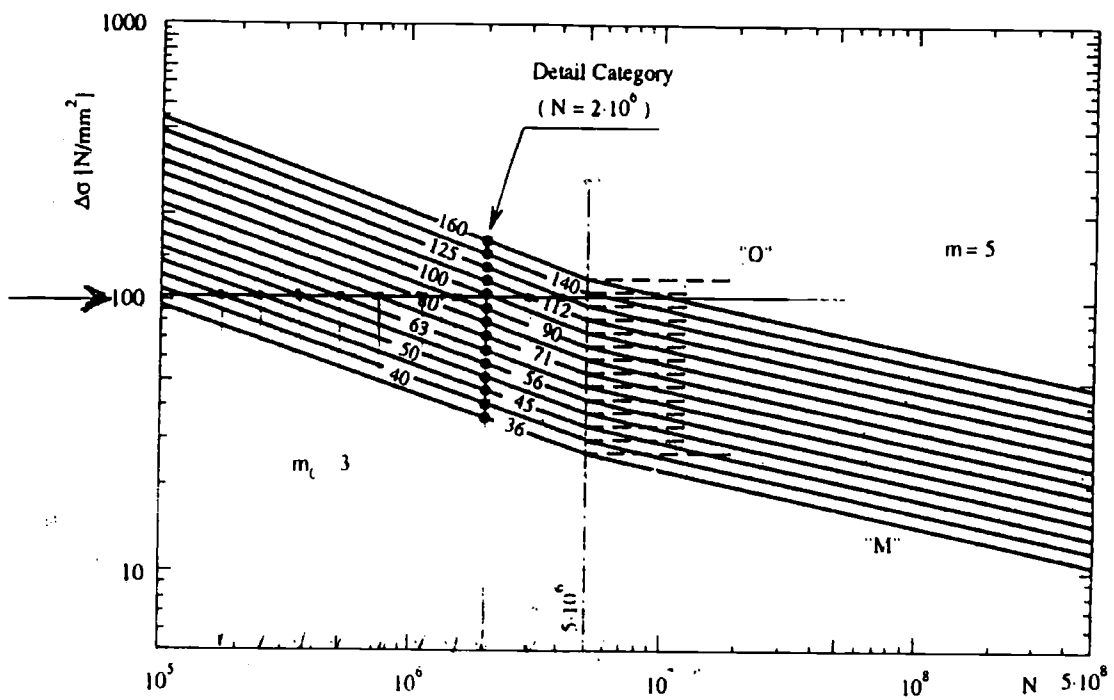
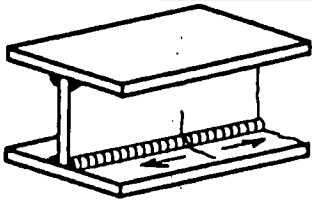
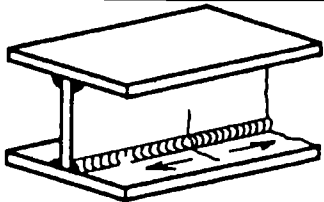
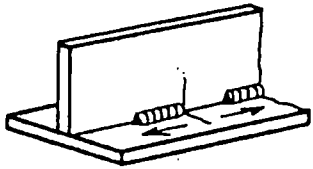
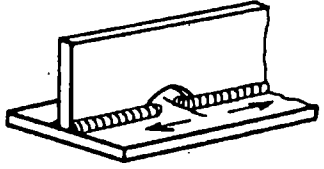


Fig. 20.3

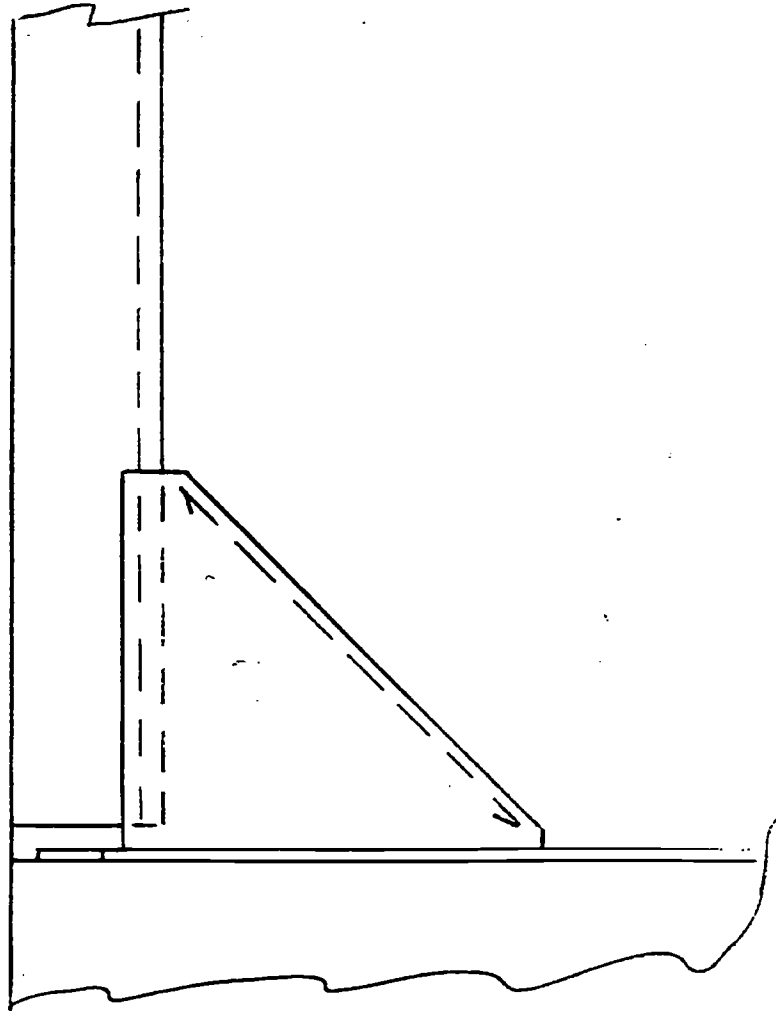
Levensduur afh. van Category
 bij gelijke $\Delta\sigma$

Table 20.3 Catalogue of Details (Continued)

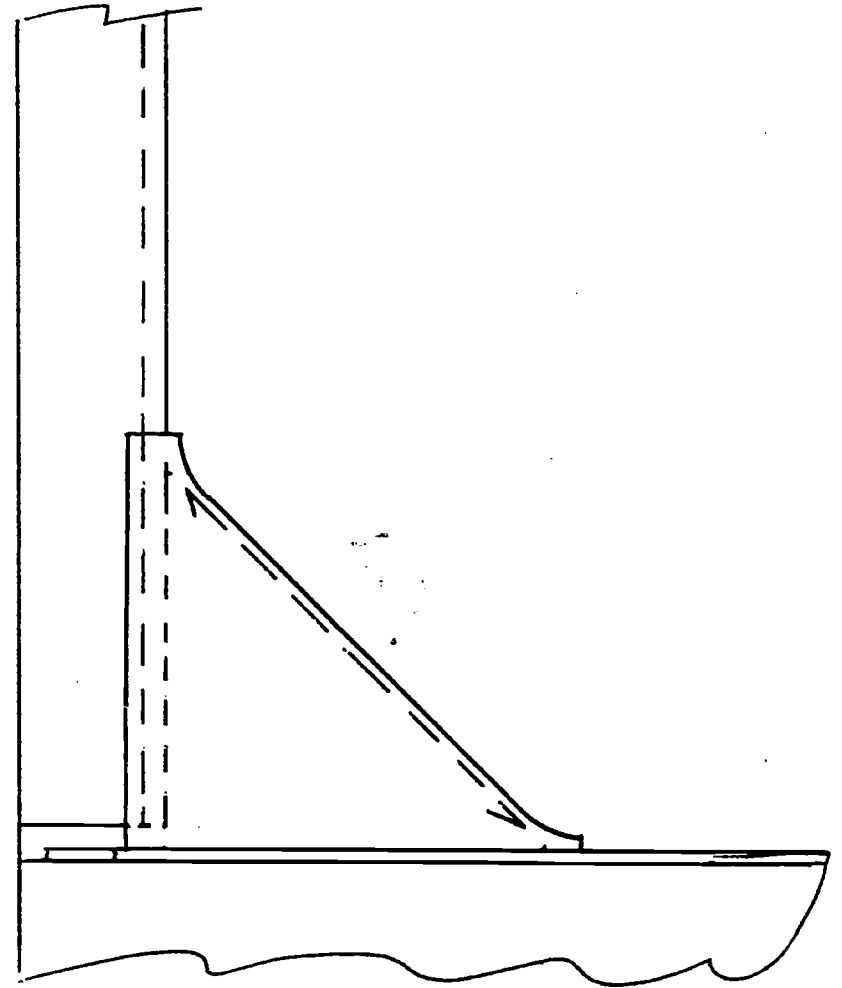
Type No.	Joint configuration showing mode of fatigue cracking and stress considered	Description of joint	Detail category $\Delta\sigma_R$
9		Continuous automatic longitudinal fillet weld without stop/start positions (based on stress range in flange adjacent to weld)	112
10		Continuous manual longitudinal fillet or butt weld (based on stress range in flange adjacent to weld)	100
11		Intermittent longitudinal fillet weld (based on stress range in flange at weld ends)	80
12		Longitudinal butt weld, fillet weld or intermittent fillet weld with cut outs (based on stress range in flange at weld ends) If cut out is higher than 40 % of web height	71 63

Het verschil in levensduur tussen
112 en 63 is factor 7.5!!

Knie Constructie

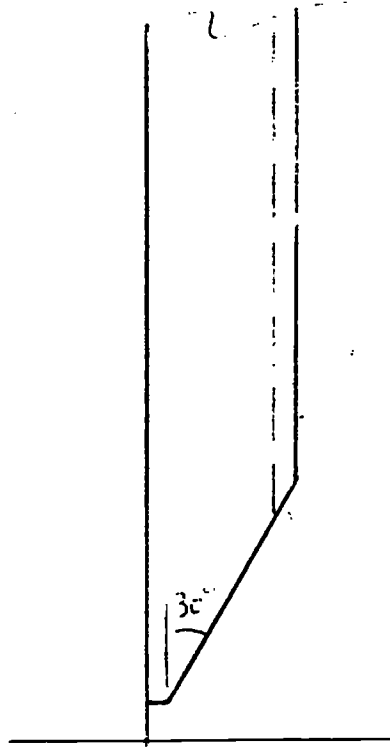


Conventionele knie

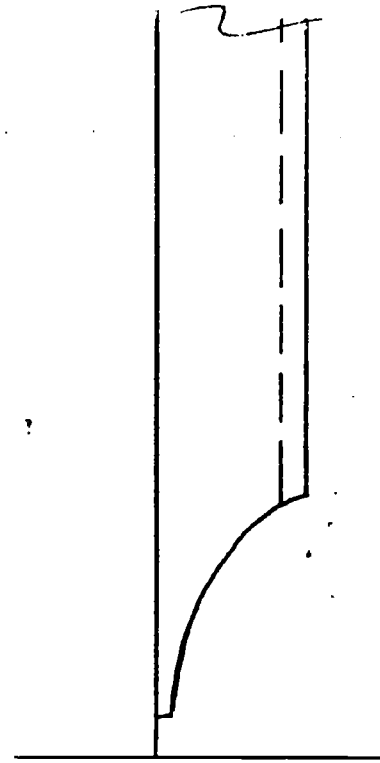


- Knie met 'soepele boenen'

Knieleze Styl

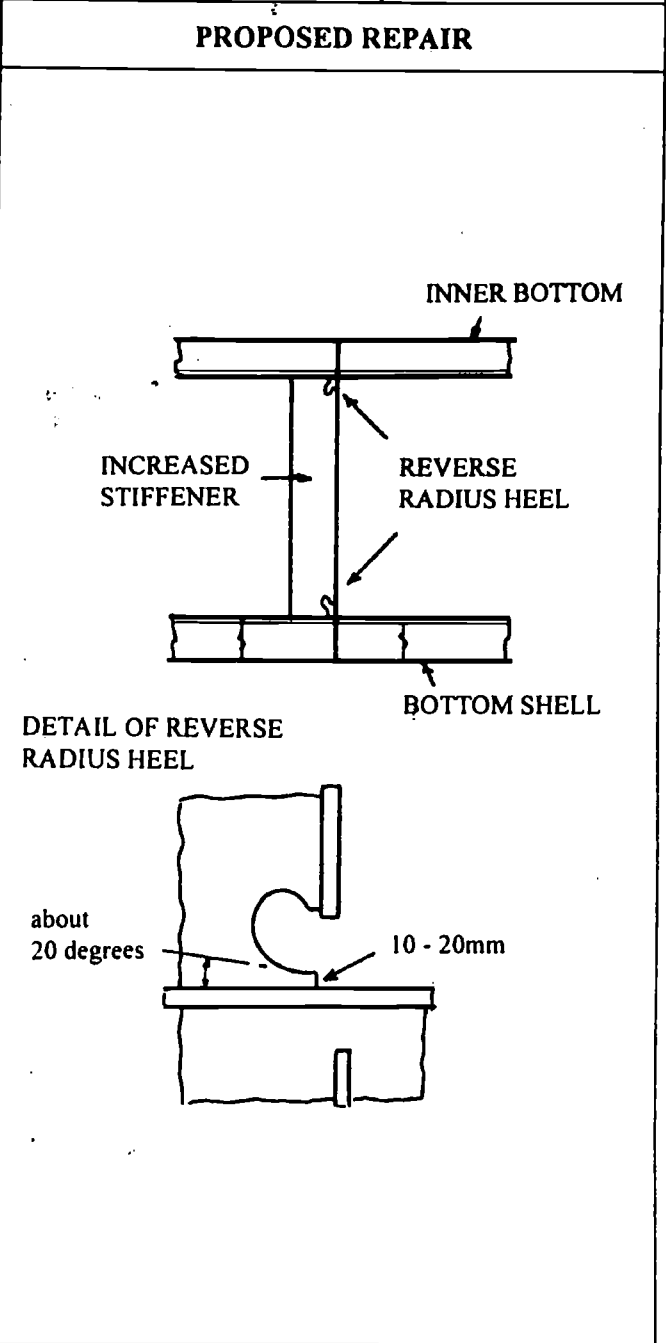
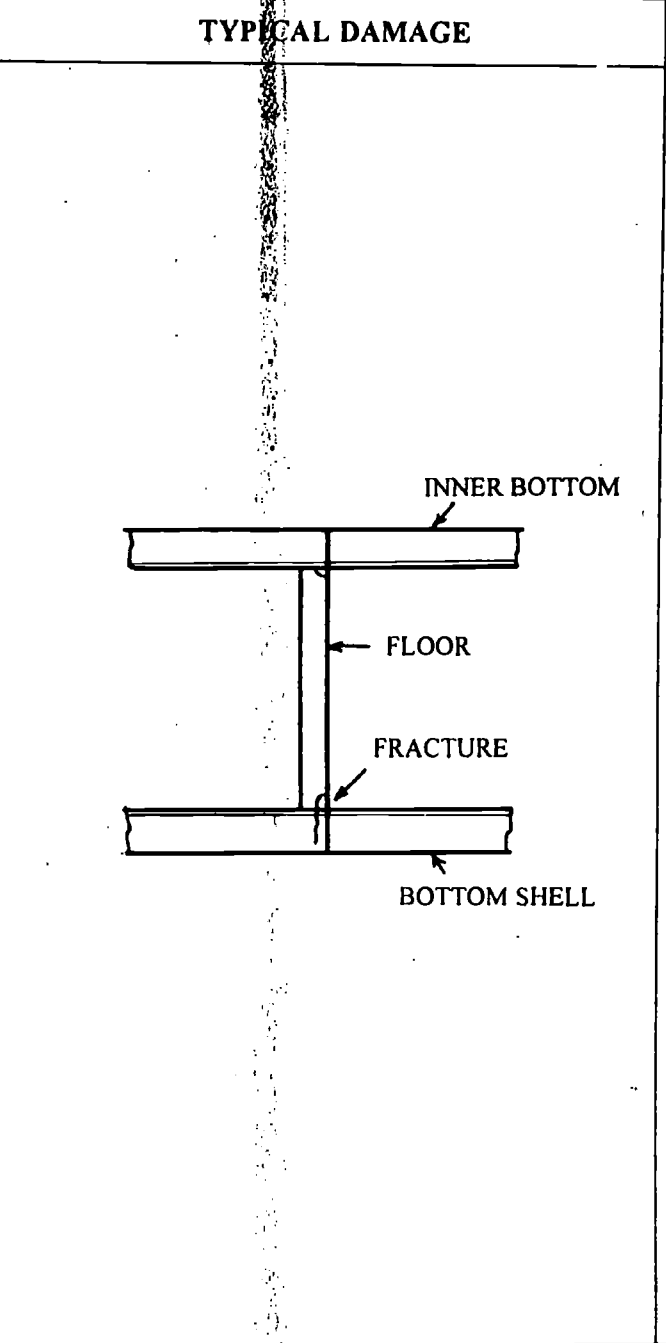


Conventioneel



Alternatief

LOCATION :	BOTTOM BALLAST TANK	GROUP NO 4
EXAMPLE NO 2	CONNECTION OF LONGITUDINALS TO ORDINARY FLOORS	



FACTORS CONTRIBUTING TO DAMAGE

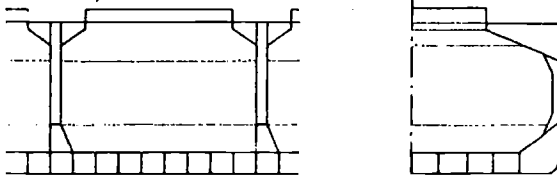
1. Asymmetrical connection .
2. Relative deflection of adjacent floor to transverse bulkhead.

FIGURE 22	TANKER STRUCTURE CO-OPERATIVE FORUM	FIGURE 22
	SUBJECT: CATALOGUE OF STRUCTURAL DETAILS	



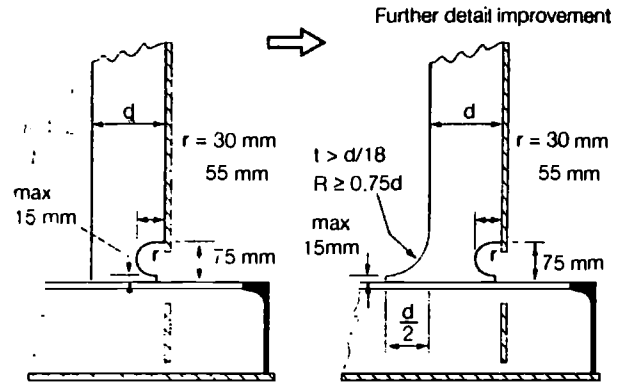
AREA: Double bottom
EXAMPLE No. 1: Floor vertical flat bar stiffener connection to inner bottom and bottom longitudinals.

CRITICAL AREAS

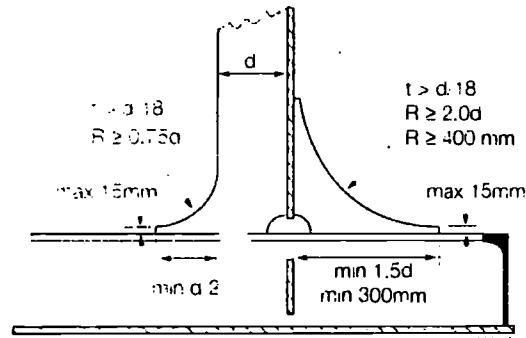


DETAIL DESIGN IMPROVEMENT

a) Soft heel detail improvement



b) Symmetrical soft toe and soft backing bracket improvement

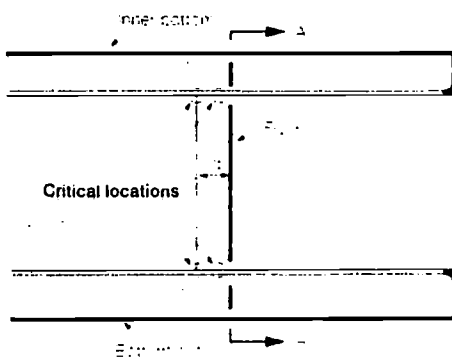


Note:

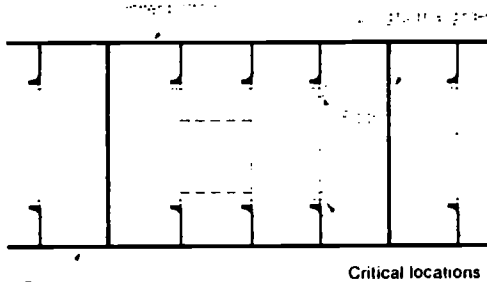
Where higher tensile asymmetrical steel longitudinals are used and double bottom and topside tanks are interconnected a soft heel detail is required as a minimum improvement to the floor stiffener.

CRITICAL LOCATIONS

Longitudinal section



Transverse section A A



NOTES

Critical Location

1. Heel and toe connection of the floor stiffeners to the bottom shell longitudinals.
2. Heel and toe connection of the floor stiffeners to the inner bottom longitudinals.

Detail Design Improvement

1. Soft heel or soft toe and soft heel or symmetrical soft toe with soft backing bracket, can be used to reduce peak and range of resultant stresses from cyclic external hydrodynamic pressures and hull girder longitudinal loading.
2. Soft heel or soft toe and soft heel or symmetrical soft toe with soft backing bracket, can be used to reduce peak and range of resultant stresses from cyclic cargo inertia loads and hull girder global loading.

Building Tolerances

Ensure good alignment between longitudinal stiffener web and floor stiffener and backing bracket, if fitted. For recommended stiffener and bracket alignment, see Chapter 3. Fig. 3.2.2.

Welding Requirements

Ensure start and stop of welding is as far away as practicable from the stiffener/bracket heel and toe. A wrap around weld, free of notches or undercut or notches around the heel and toe connections of the stiffener and backing bracket connection to longitudinal. Also, see LR's *Rules and Regulations for the Classification of Ships Pt 3, Ch 10*.

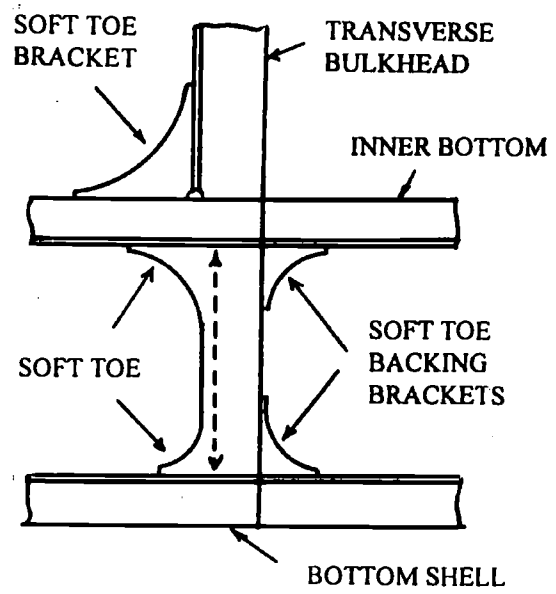
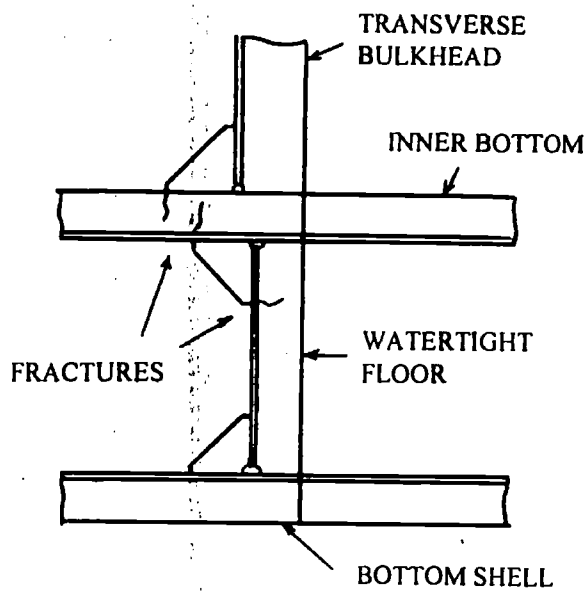
GROUP
1

DETAIL DESIGN GUIDELINES FOR BULK CARRIER
STRUCTURAL DETAILS

FIGURE
1

LOCATION :	BOTTOM BALLAST TANK	GROUP NO 4
EXAMPLE NO 1 :	CONNECTION OF LONGITUDINALS TO WATERTIGHT FLOORS	

TYPICAL DAMAGE	PROPOSED REPAIR
-----------------------	------------------------



FACTORS CONTRIBUTING TO DAMAGE

1. Asymmetrical connection of bracket in association with a backing bracket which is too small.
2. Relative deflection between adjacent floor and transverse bulkhead.
3. Inadequate shape of the brackets.
4. High stresses in the inner bottom longitudinal and the floor stiffener.

FIGURE 20	TANKER STRUCTURE CO-OPERATIVE FORUM	FIGURE 20
	SUBJECT: CATALOGUE OF STRUCTURAL DETAILS	

Double Hull Oil Tankers

Chapter 4
SECTION 2

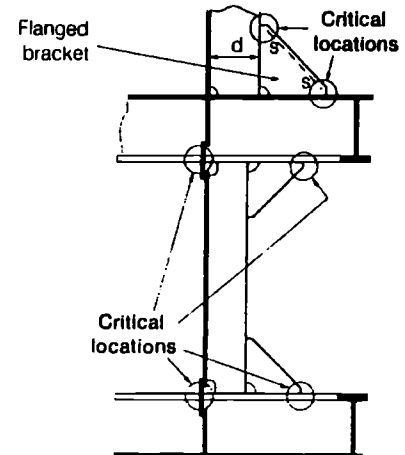
AREA: Connection of bottom shell and inner bottom longitudinals to transverse bulkheads

EXAMPLE No. 1: Plane transverse oiltight bulkheads, Higher tensile steel bottom shell and inner bottom longitudinals to watertight floor stiffeners

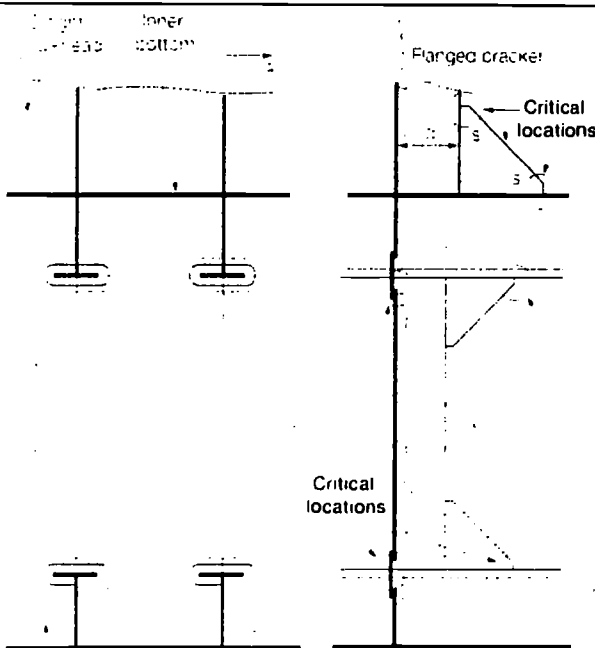
CRITICAL AREAS



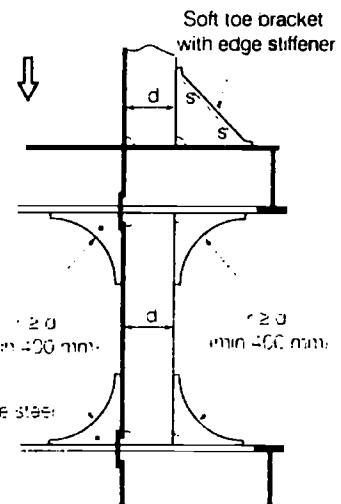
DETAIL DESIGN IMPROVEMENT



CRITICAL LOCATIONS



Increased web depth
and symmetrical soft
toe brackets



Note:
Bracket material - Higher tensile steel
Bracket thickness = 1.5t
Minimum thickness = 12 mm
t = see 1.1.10 below

NOTES

- Critical Location** Higher tensile steel bottom shell and inner bottom longitudinal face plate connections at the toe of the end brackets and the heel of the watertight floor stiffeners.
- Detail Design Improvement** Increased web depth of the watertight floor stiffeners up to the depth of the oiltight bulkhead vertical stiffeners above and provision of higher tensile steel symmetrical soft toe brackets to reduce peak and resultant range arising from cyclic external hydrodynamic pressure, cargo inertia pressure and hull girder loading.
- Building Tolerances** Ensure good alignment of the floor stiffeners, the soft toe brackets and the web of the longitudinals.
- Welding Requirements** Filler welding having minimum weld factor of 0.34 (Connection of soft toe brackets to face plates of bottom and inner bottom longitudinals and to face plates of watertight floor stiffeners). A wrap around weld, free of undercut or notches, around the floor stiffener heel and the heel and toe of bracket connections to longitudinals. Also, see LR's *Rules and Regulations for the Classification of Ships Pt 3, Ch 10*.

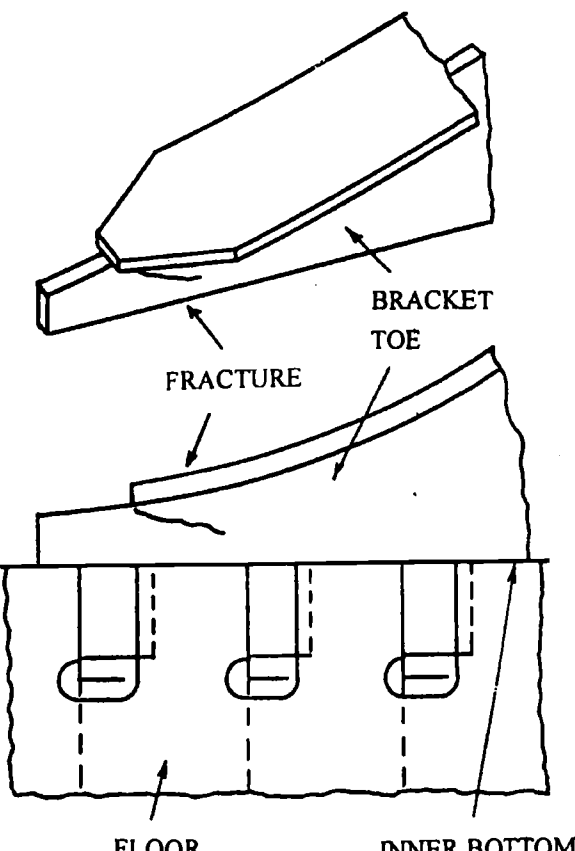
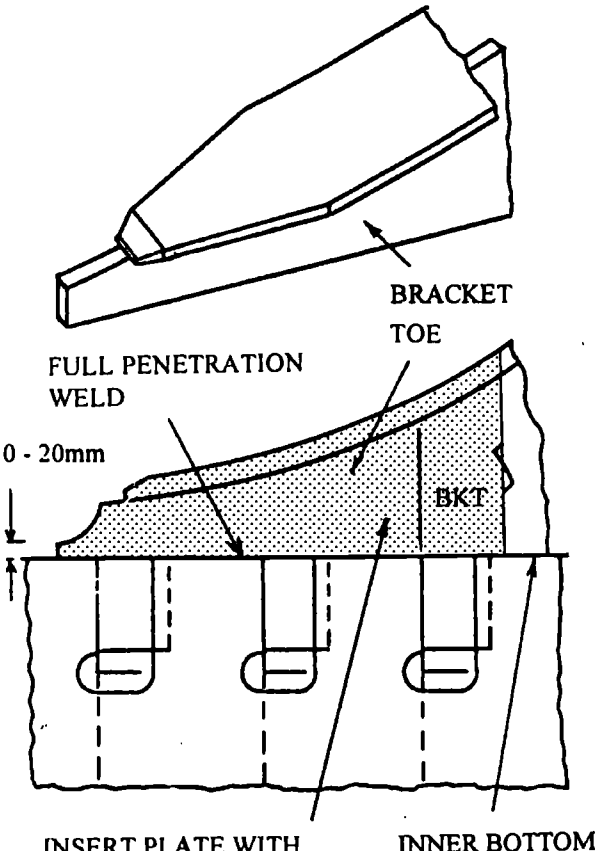
- 1) Brackets marked * may be omitted if relative deflection between transverse bulkheads and adjacent floors is within LR criteria given in the ShipRight SDA Direct Calculations Guidance Notes.

GROUP
4

DETAIL DESIGN GUIDELINES FOR DOUBLE HULL TANKER
STRUCTURAL DETAILS

FIGURE
9

LOCATION :	TRANSVERSE WEB FRAME END BRACKETS	GROUP NO 5
EXAMPLE :	FRACTURE AT TOE OF WEB FRAME BRACKET	
NO 1	CONNECTION TO INNER BOTTOM	

TYPICAL DAMAGE	PROPOSED REPAIR
	<p>MODIFY FACE TAPER</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breadth taper 20 degrees. 2. Breadth at toe as small as practicable. 3. Thickness taper 1 in 3 to 10mm. 

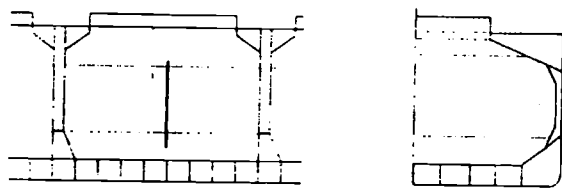
FACTORS CONTRIBUTING TO DAMAGE

1. Inadequate tapering the toe end.
2. Insufficient tapering of flange.
3. Lateral flexing of the bracket.



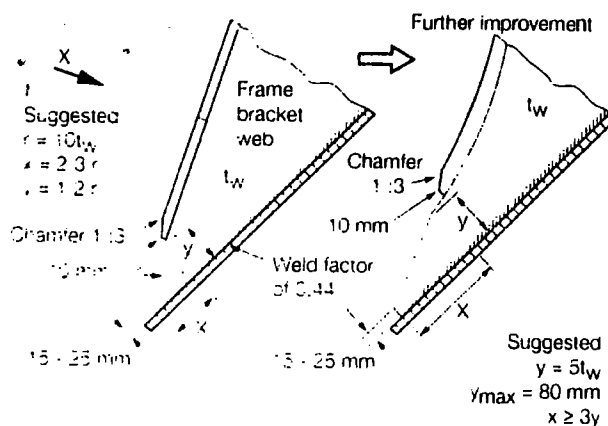
AREA: Hold frames
EXAMPLE No. 1: Connection of side shell frames to hopper and topside tank plating.

CRITICAL AREAS



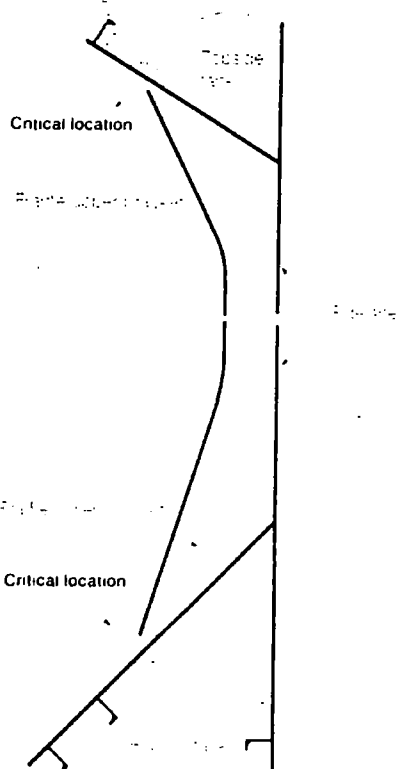
DETAIL DESIGN IMPROVEMENT

Transverse section through side shell

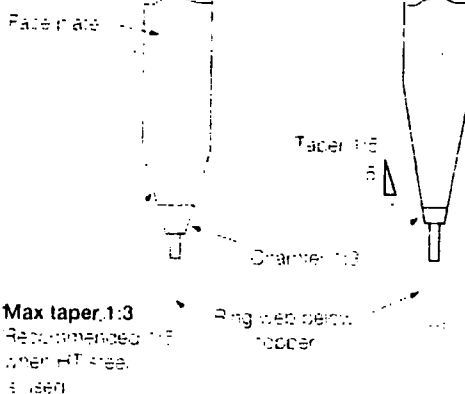


CRITICAL LOCATIONS

Transverse section through side shell



View X



NOTES

- Critical Location** Toe connection of side shell frame lower and upper brackets to the hopper and topside sloping plates.
- Detail Design Improvement** Ensure that a long enough leg length is used to allow adequate tapering down to the toe end of the frame end brackets. This will ensure a smooth change of section, which will reduce the peak and range of stresses resulting from side shell differential of pressures and relative rotation between hopper and topside tanks.
- Building Tolerances** Ensure good alignment between side shell frame lower and upper bracket and transverse ring webs or supporting brackets. Maximum misalignment is to be not greater than $(t/3)$ where t is the thinner of the webs to be aligned and misalignment is the overhang of the thinner thickness, see Chapter 3, Fig. 3.2.1.
- Welding Requirements** Use fillet welding with a weld factor of 0.44 and ensure start and stop of welding is as far away as practicable from the toe of the frame brackets. A wrap around weld, free from undercut and notches, around the toe of the end bracket connections to hopper plating. Also, see LR's *Rules and Regulations for the Classification of Ships* Pt 3, Ch 10 and Pt 4 Ch 7.6.2.

GROUP
3

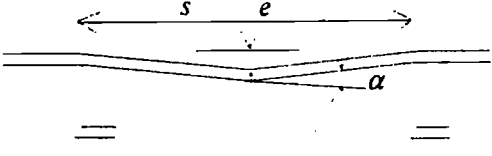
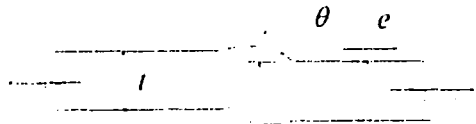
DETAIL DESIGN GUIDELINES FOR BULK CARRIER
STRUCTURAL DETAILS

FIGURE
7

7.2.5 K-factors for butt welds.

K-factors for butt welds are given in Table 7.4. For some geometries, default values have been established for normal design fabrication of the connections and should be used if not otherwise documented. See also 7.3.1.

Table 7.4 K-factors for butt-welds

Geometry	K-factor
<p>7.4.a</p>  <p>Default: $e = 6 \text{ mm}$</p>	<p>Angular mismatch in joints between flat plates results in additional stresses at the butt weld and the stiffener</p> $K_{\alpha} = 1 + \frac{\lambda}{4} \alpha \frac{s}{t}$ <p>where:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\lambda = 6$ for pinned ends $\lambda = 3$ for fixed ends $\alpha =$ angular mismatch in radians $s =$ plate width $t =$ plate thickness
<p>7.4.b Welding from both sides</p>  <p>Default: $e = 0.15 t$</p>	<p>$K_r = 1.0$</p> <p>$K_w = 1.0 + 0.5(\tan \theta)^{1/4}$</p> <p>Default value $K_w = 1.5$ for $\theta = 45 \text{ deg.}$</p> <p>K_{α} from 7.4.a</p> $K_{ic} = 1 + \frac{3e}{t}$

6.3 SAMENVATTING:

KLEINE VERBETERINGEN EN GOEDE AFWERKING HEBBEN GROTE INVLOED OP DE LEVENSDUUR, TERWIJL ZE VAAK NIET EENS VEEL HOEVEN TE KOSTEN.

ER MOET EEN COMPROMIS GEVONDEN WORDEN TUSSEN WAT GOED GENOEG IS EN TOCH NIET TEVEEL EXTRA KOST.

OMDAT EEN GROOT DEEL VAN DE VERMOEIINGSPROBLEMEN AL OP DE TEKENKAMER KUNNEN WORDEN VOORKOMEN MOET MEN VERMOEIINGSVRIENDELIJK CONSTRUEREN.

HET IS BELANGRIJK OM TE WETEN WAAR AANDACHT AAN BE-STEED MOET WORDEN.

VERMOEIINGSBEWUST PRODUCEREN IS OOK UITERST BELANGRIJK; EEN GOEDE KWALITEITSCONTROLE IS ESSENTIEEL.

DUS:

MET EXTRA AANDACHT KAN VEEL WORDEN BEREIKT !

7 HS STAAL EN LASVERBINDINGEN

NAAST DE GROTE INVLOED VAN DE GEOMETRIE VAN DE DETAILS HEEFT OOK DE LAS EEN UITERMATE GROTE INVLOED OP DE VERMOEIINGSEIGENSCHAPPEN VAN EEN CONSTRUCTIE.

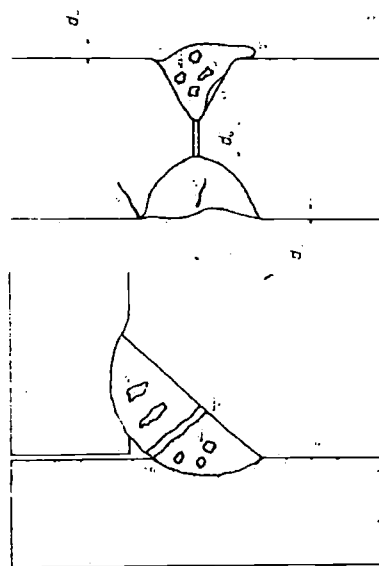
HET BELANG VAN DE LASUITVOERING IS TOEGENOMEN BIJ GEBRUIK VAN HS STAAL, OMDAT DE SPANNINGEN IN DE LASVERBINDINGEN HOGER ZIJN.

BELANGRIJKE AANDACHTSPUNTEN IN DIT OPZICHT ZIJN:

- **AFWIJKINGEN IN LASVORM EN AFMETINGEN, ZOALS:**
 - * **TE KLEINE LAS,**
 - * **OVERDIKTE,**
 - * **OVERBLOEZING,**
 - * **ONVOLKOMEN DOORLASSING/INBRANDING,**
 - * **ONVOLLEDIGE LASNAADVULLING,**
 - * **NEGATIEVE HOEKINBRANDING.**

- **INTERNE LASFOUTEN, ZOALS:**
 - * **INWENDIGE (KRIMP)SCHEUR,**
 - * **BINDINGSFOUTEN,**
 - * **GASHOLTEN EN KANALEN,**
 - * **SLAKINSLUITSELS.**

- **TEMPERATUURSEFFECTEN:**
 - * **LASSPANNINGEN,**
 - * **STRUCTUUR IN DE H.A.Z.,**
 - * **VOORWARMEN,**

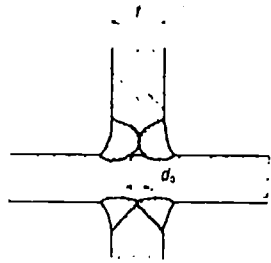


- s = scheur
- b = bindingsfout
- g = gasholten
- gk = gaskanaal
- sl = slakinsluitels
- nh = negatieve hoekinbranding
- d_n = onvolledige lasnaadvulling
- d_o = onvolkomen doorlassing
- d_r = overdikte
- ov = overbloezing
- r = randinkarteling

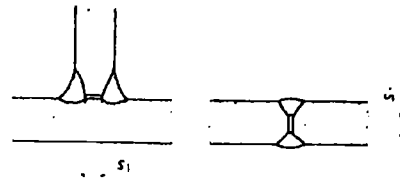
Figuur 18 - Lasonvolkomenheden

Lasonvolkomenheden -1-

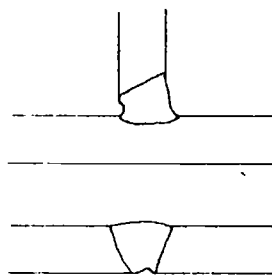
NEN 2063



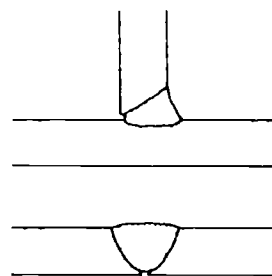
Figuur 19 - Onvolkomen doorlassing



Figuur 20 - Onvoldoende inbranding

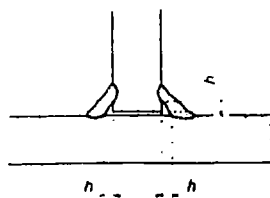


Toegestaan over
een lengte van 10 mm



Niet toegestaan

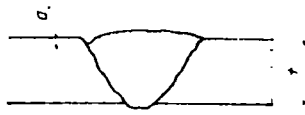
Figuur 21 - Onvolkomen doorlassing



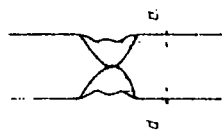
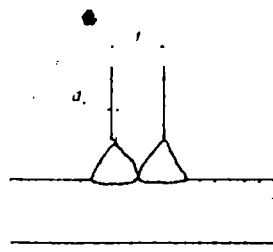
Figuur 23 - Negatieve hoekinbranding

Las onvolkomenheden -2-

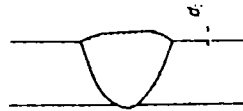
NEN 2063



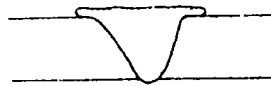
Figuur 24 - Randinkarteling bij lassen zonder spleet



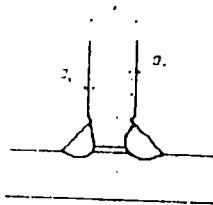
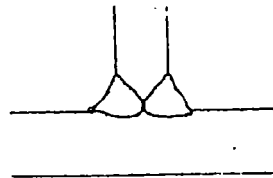
Figuur 25 - Onvolledige lasnaadvulling



Figuur 26 - Overdikte

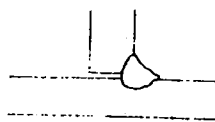


Figuur 27 - Overbloezing



Figuur 28 - Randinkarteling

Overbloezing is niet toegestaan.



Figuur 29 - Overbloezing

Las onvolkomenheden -3-

NEN 2063