曲げをうける鋼 I 形断面の塑性限界 幅厚比に関する研究

永藤 壽宮*・羽田政浩** (平成8年10月31日受理)

A Analytic Study Of Plastic Limiting Width-Thickness Ratios Of Steel I-Sections In Bending

Toshimiya NAGATO, Masahiro HANEDA

The definition and classification of cross-sectional strength concerning width-thickness ratio of plate element are required in the development of advanced limit state design code of steel structures.

In this paper the limiting width-thickness ratios for plastic strength of steel I-section in bending are investigated by the analysis of F.E.M. Comparison of the numerical results and current design codes are discussed.

1. はじめに

現在の道路橋示方書を力学条項の拠り所としている『鋼構造物設計指針』¹⁾は、鋼構造一般 の設計に用いるので、道路橋以外の構造物には安全側に偏ってしまう傾向にありいかに述べる 規定については修正を必要としている。

1) 断面構造板要素の幅厚比に関しては、塑性設計限界幅厚比、塑性限界幅厚比及び、降伏 限界幅厚比の規定。

2) 部材座屈に関する細長比に対しては、塑性設計限界細長比とそ制限かい細長比の規定た だし塑性限界細長比は、中厚肉断面部材にたいしては、降伏限界細長比とする。

そこで、本研究では、3次元弾性有限変位プログラムを用いた数値解析により現行の許容応 力度設計法において強度の基準となっている初期降伏強度から終局強度までの挙動特性を明 らかにし、各種の部材が終局強度にたいして、一様な安全性を確保できるように力学条項を整 えるとともに必要な板要素の幅厚比の塑性限界について検討することにした。

2. 解析モデルの選定

(1)構造区分⁵⁾

骨組構造物の構造区分は部材断面の局部座屈に関する幅厚比パラメーターと部材の細長比 パラメーターに応じて分けられる。図-1では最も詳細な構造区分を模式的に表している。各 区分にたいして適用される構造解析法及び強度照査法をまとめると以下の通りである。

*環境都市工学科 助教授

**東日本鉄工株式会社

- 領域1:極厚肉断面のストッキーな部材によ り構成された構造で、塑性解析(塑 性設計法)の適用が可能な領域。
- 領域2:厚肉断面のストッキーな部材により 構成された構造で、構造解析は弾性、 解析によるが断面の塑性強度につい て照査する。
- 領域3:厚肉断面のスレンダーな部材に構成 された構造で、安定照査式と塑性断 面強度について照査する。構造解析 は弾性解析による。
- 領域4:中厚肉断面のストッキーな部材で構 成された構造物で、断面強度は降伏 強度にとる。構造解析は弾性解析に よる。
- 領域5:中厚肉断面のスレンダーな部材で構 成された構造物で、部材の強度につ いては安定照査式と降伏強度で照査 する。構造解析は弾性解析による。 ⁴
- 領域6:薄肉断面のストッキーな部材で構成 ~ 0.4 された構造物で、局部座屈強度を照 0.3 査する。構造解析は弾性解析による。 0.2
- 領域7:薄肉部材のスレンダーな部材で構成 された構造物で、部材座屈と局部座 屈の連成強度を照査する。構造解析 は弾性強度による。
- (2)供試体

断面構成板要素の限界幅厚比として塑性設 計限界幅厚比、塑性限界幅厚比及び降伏限界 幅厚比の3種類を規定することになる。その 際に本研究では板要素間の相互拘束効果を考 慮して断面としての限界幅厚比を与えると考 えた。まげをうけるΙ形断面の限界幅厚比は 代表的設計基準では、表-1のように与えら れている。その基準の塑性限界のフランジの 幅厚比パラメータ入pfウェブの幅厚比パラ メータ入pwを平面上に描くと図ー2のように なる。板要素の個々に限界幅厚比を与えると 長方形の領域で断面強度の区分が表せる。





図-2 代用的設計基準の塑性限界

Specification	Limiting Slenderness Ratio				
Specification	フランジλ _{op}	ウェブλερ			
AISC	0.613	0.809			
LRFD	0.613	0.809			
AIJ PR	*	*			
AASHTO	0.476	0.531			
CSA	0.603	0.657			
BS5400	0.466	0.5			
DIN18800	0.597	0.742			
SIA161	0.722	0.645			

表-1	各国ス	ペック	の限界	帽厚	比
-----	-----	-----	-----	----	---

* interaction formura of F.L.B. and W.L.B.

表-2 供試体寸法と力学パラメータ

$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Nodel	10,1	10.2	Fo. 3	80.4	34.5	¥0.6	80.7	10.1	10.9	80.10
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	2 pt	1.45	0.50	0.50	0.55	0.55	0.60	0.55	0.80	0.60	0.65
	λpv	1.11	8.18	0, 15	0.15	8.20	.0.50	0.25	0.25	0.30	0.30
b (a) 35.410 35.410 35.410 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.110 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 (1) 10.111 <th1< td=""><td>1# (cm)</td><td>2. 8</td><td>2, 1</td><td>2.0</td><td>2. 1</td><td>2, 1</td><td>2, 0</td><td>2, 1</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td></th1<>	1# (cm)	2. 8	2, 1	2.0	2. 1	2, 1	2, 0	2, 1	2.0	2.0	2.0
$ \begin{array}{c} 11 (16) \\ 1.6 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ 1.6 \\ 1.5 \\ $	b (cn)	35.6143	32.2826	39.0120	35. 6413	42.3768	39.0120	42.3768	39.0120	45.1415	42.3768
L(m) 26,2322 17,1103 37,1103 37,1104 37,1104 1	tf (cm)	2.0	2.0	2.1	2.0	2. 1	2.0	2.0	2.1	2.0	2, 0
Ar/A 6. 1011 6. 1012 6. 1013 6. 1010 1. 2010 <th1. 2010<="" th=""> <th1. 2010<="" th=""> <th1. 2<="" td=""><td>L (cm)</td><td>25. 2322</td><td>25. 2322</td><td>37.8483</td><td>31. 8483</td><td>50.4644</td><td>50,4844</td><td>63.0804</td><td>63.0104</td><td>75.6965</td><td>15.6985</td></th1.></th1.></th1.>	L (cm)	25. 2322	25. 2322	37.8483	31. 8483	50.4644	50,4844	63.0804	63.0104	75.6965	15.6985
i 1. (11) 1. (11) 1. (13) 1. (13) 1. (13) 1. (13) 1. (14) 1. (14) 1. (14) 1. (14) i 1. (13) 1. (13) 1. (13) 1. (13) 1. (14) 1. (14) 1. (14) iii 51. (14) 51. (15) 51. (54) 153. (14) 151. (15) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16) 151. (16)	AT/A1	0. 1018	0. 1816	0. 9702	1.0617	1. 1908	1. 7936	1. 4886	1. 6169	1. 65 69	1. 1865
L L <thl< th=""> L <thl< th=""> <thl< th=""></thl<></thl<></thl<>		1.4120	1. 2114	1.0307	0. 9418	0. 8391	0. 1131	1. 1118	0. 0104	0.0043	0. 5598
10 31. 1110 11. 1110 11. 1110 11. 11111 11. 1111 11. 1111 <th< td=""><td></td><td>1. 1361</td><td>1. 1</td><td>1, 1600</td><td>1. 1331</td><td>1. 1478</td><td>1, 1346</td><td>1. 1371.</td><td>1. 1993</td><td>1. 1404</td><td>1. 1478</td></th<>		1. 1361	1. 1	1, 1600	1. 1331	1. 1478	1, 1346	1. 1371.	1. 1993	1. 1404	1. 1478
D 01.001		30.0000 61.0000	31. 3803	30. 1040	141 144	149. 5453	134. 8310	919 8494	383. 1930	249.2300	368 3361
NA E. 2011 I. 2013 I. 2014 I. 2014 <thi. 2014<="" th=""> <thi. 2014<="" th=""> <thi. 20<="" td=""><td>N/NP</td><td>0 0000</td><td>33. 1026</td><td>132. 8340</td><td>101.3803</td><td>1 103. 0100</td><td>136. 3310</td><td>8 9888</td><td>1 8851</td><td>8 8071</td><td>1 4423</td></thi.></thi.></thi.>	N/NP	0 0000	33. 1026	132. 8340	101.3803	1 103. 0100	136. 3310	8 9888	1 8851	8 8071	1 4423
Refe1 Fe, 11 Fe, 12 Fe, 14 Fe, 15 Fe, 15 Fe, 11 Fe, 11 Fe, 13 Fe, 14 λ pr F, 35 F, 45 F, 45 Fe, 44 Fe, 45 Fe, 45 Fe, 15 Fe, 15 Fe, 16					1.0010	1	1. 0013		[
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Nedel	1 0.11	80.12	¥e. 13	80.14	10.15	80.16	10.17	B 0.18	80.19	80.28
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	λpf	1.65	0. 69	8.85	0.50	0.65	8.60	0.55	0.15	0.10	0.60
iw (tw) 2.8 2.4 2.6 <th2.6< th=""> <th2.6<< td=""><td>λpv</td><td>1.35</td><td>0.35</td><td>1. 19</td><td>0.40</td><td>0.45</td><td>1.45</td><td>0.15</td><td>1. 15</td><td>1.15</td><td>0.50</td></th2.6<<></th2.6<>	λpv	1.35	0.35	1. 19	0.40	0.45	1.45	0.15	1. 15	1.15	0.50
b (em) 45.7415 42.7145 42.7145 42.7145 42.7145 42.7144 12.8424 12.8444 <th12.8444< th=""> <th12.8444<< td=""><td>tv (cm)</td><td>2.0</td><td>2.1</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>2.1</td></th12.8444<<></th12.8444<>	tv (cm)	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1
If (rm) 2.8 1.8 2.8 1.8 2.8 1.8 2.8 1.8 2.	b (em)	45.7415	42.3168	45.7415	42.3788	45.7415	42.3768	39.0128	12.0942	8. 7285	42.3768
L(cm) HL, 3124 HB, 3124 HB, 3124 HB, 3227 101, 5441 113, 5441 113, 5445 113, 5446 113, 5447 113, 54441 113, 5444 113,	· 1f (cm)	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Ar/At 1.9207 2.9110 2.4023 2.4193 2.4195 9.3184 13.0211 2.9771 # 0.5179 0.4120 0.4322 0.4122 0.4123 0.4165 9.3184 13.0211 2.9771 # 0.5179 0.4121 0.4522 0.4122 0.3722 0.3133 0.1065 0.0761 0.3356 K 1.1544 1.1544 1.1544 1.1534 1.1333 1.13356 1.3777 1.3137 N7 244.6344 323.254 413.221 323.7566 444.9723 412.126 446.6323 285.3766 241.3397 536.3866 N/W 0.9334 1.0447 1.4173 1.6113 1.0117 1.0143 1.0143 1.0147 1.0113 1.0113 1.0143 1.0137 1.0143 1.0143 1.0137 1.0143 1.0143 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0137 1.0133 1.0133 1.0133 <td>L (em)</td> <td>88.3128</td> <td>88.3126</td> <td>100.9287</td> <td>108.9287</td> <td>113. 5448</td> <td>113. 5448</td> <td>113, 5448</td> <td>113. \$448</td> <td>113, 5448</td> <td>126, 1609</td>	L (em)	88.3128	88.3126	100.9287	108.9287	113. 5448	113. 5448	113, 5448	113. \$448	113, 5448	126, 1609
π 0.5119 0.4121 0.4522 0.4129 0.4021 0.3122 0.3123 0.1065 0.0165	A¥/A1	1,9307	2.0110	2. 2085	2. 3817	2. 4823	2. 6194	2, \$105	8. 3884	13,0071	2, 9171
k 1.1564 1.1614 1.1683 1.1781 1.1881 1.3355 1.3771 1.1813 HT 201.2862 284.3377 356.3641 238.3973 414.4680 322.6844 370.499 186.6151 174.3302 451.3982 HT 201.2663 222.3154 413.5163 433.7169 414.4721 412.126 446.6533 213.3769 444.372 HT 0.9394 1.0417 1.0113 1.0117 1.0113 1.0117 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.518 0.519 0	B	0.5119	8.4198	0.4532	0.4199	0.4028	0. 3732	0.3436	0.1065	0, 0763	0, 3359
NT 201, 2002 284, 3377 356, 3641 236, 3973 414, 4698 392, 6844 370, 699 166, 6155 174, 5302 451, 3982 N7 246, 6084 232, 2154 413, 5214 233, 7609 444, 6723 462, 6124 416, 6533 215, 3764 241, 2597 536, 3846 N/MP 0, 3934 1, 0447 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0447 1, 0113 1, 0557 536, 3846 N/MP 0, 5934 1, 0447 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0443 1, 0447 1, 0113 1, 0457 536, 3846 N/MP 0, 593 0, 510 0, 510 0, 513 0, 216 10, 053 0, 22 10, 03 0.24 10, 0237 15, 616 10, 023 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03 10, 03, 03	k	1.1504	1. 1581	1.1804	1.1685	1,1701 -	1. 1786	1.1881	1. 3395	1, 3197	1, 1883
NP 346,6064 223,2154 413,5216 333,7809 (44,972) 412,1126 (40,6523) 213,3700 241,2097 (35,380) N/NP 0.9994 1.0447 0.9399 1.0403 0.8979 1.0413 1.0447 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 0.0113 0.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 1.0113 0.0113 <td0< td=""><td><u>IN T</u></td><td>301.2862</td><td>284.3371</td><td>356. 3641</td><td>336. 9973</td><td>414, 4698</td><td>332. 1814</td><td>370.899</td><td>106. 6156</td><td>174. \$302</td><td>451.3982</td></td0<>	<u>IN T</u>	301.2862	284.3371	356. 3641	336. 9973	414, 4698	332. 1814	370.899	106. 6156	174. \$302	451.3982
N/AP 0.9934 1.0047 0.999 1.0043 0.9979 1.0017 1.0047 1.0017 0.9901 Nedel 10.21 10.22 T0.23 10.23 10.25 T0.28 10.27 No.28 No.29	<u> </u>	346. 6064	329.2154	413. 5216	393. 1809	(84. 972)	482.8126	410.6523	263.3708	241, 2097	\$36.3806
No.del No. 21 No. 22 To. 23 Fo. 24 No. 25 Fo. 26 To. 27 To. 28 No. 25 Fo. 20 A.p.7 0. 55 0. 56 0. 40 0. 35 0. 30 0. 25 0. 20 0. 15 0. 10 λ pr 0. 50	N/NP	0. 9994	1,0047	1. 11 11	1 1. 0843	1. 1179	1.0010	1.0047	1.0113	1,0007	0,9961
Apf 0.55 0.56 0.46 0.55 0.10 0.25 0.26 0.15 0.16 Àpr 0.55 0.56 0.59 0.55 0.50 0.55											
Å.pr 6.56 0.58 6.50 0.58 6.50 0.58 6.50 0.58 0.58 0.50 0.50 0.54 0.54 0.54 0.53 <th0.53< th=""> 0.53 0.53 <th0< td=""><td></td><td>10.21</td><td>10.22</td><td>Fo. 23</td><td>To. 21</td><td>10.25</td><td>10.26</td><td>10.27</td><td>11.28</td><td>11.23</td><td>10.30</td></th0<></th0.53<>		10.21	10.22	Fo. 23	To. 21	10.25	10.26	10.27	11.28	11.23	10.30
1 w (cm) 2.0 2	Nodel Apt	No. 21 0. 55	Bo. 22 B. 50	10.23	Jo. 21	Jo. 25	Fo. 28	10.27	II.28	10.29	10.30
b (cm) 33.8120 35.4412 32.3226 21.8118 25.5531 22.1884 18.8237 15.4518 12.6124 1.7295 tf (cm) 2.0 2.8 2.0 2.8 2.0	Hedel Apt Apr	No. 21 0. 55 0. 50	No. 22 6. 50 0. 50	Fo. 23 0. 45 0. 50	Fo. 24 0. 48 0. 50	80,25 8,35 8,50	Fo. 28 0. 30 0. 58	I 0. 27 0. 25 9. 50	10.28 0.28	80.29 \$.15 0.50	¥0.30 8.18 9.50
Lf (cm) 2.0	Nodel Apt Apr 1v (cm)	No. 21 0. 55 0. 50 2. 0	80.22 8.58 0.58 2.0	10.23 0.45 0.50 2.8	Fo. 24 0. 48 0. 50 2. 0	80.25 8.35 8.50 2.0	Fo. 26 0. 30 0. 50 - 2. 0	10.27 0.25 0.50 2.8	0.28 0.50 2.0	Re. 29 C. 15 O. 50 2. 0	J e. 30 0. 18 0. 50 2. 6
L (cm) 128, 1609 128, 1601 128, 1601 128, 17, 160 128, 17, 160 128, 17, 160 128, 17, 160 128, 17, 160 <td>Nedel Apt Apu iu (cm) b (cm)</td> <td>No, 21 0.55 0.50 2.0 39.0120</td> <td>No. 22 0. 50 0. 50 2. 0 35. 6413</td> <td>Ho. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2926</td> <td>F0.24 0.48 0.50 2.0 28.9178</td> <td>0.25 0.35 0.50 2.0 25.5531</td> <td>Fp. 26 6. 30 0. 50 - 2. 9 22. 1884</td> <td>10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237</td> <td>10.28 0.28 0.50 2.0 15.4589</td> <td>x 2 9 e 15 0. 50 2. 0 12. 0 24</td> <td>X0.30 0.18 0.50 2.6 8,7295</td>	Nedel Apt Apu iu (cm) b (cm)	No, 21 0.55 0.50 2.0 39.0120	No. 22 0. 50 0. 50 2. 0 35. 6413	Ho. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2926	F0.24 0.48 0.50 2.0 28.9178	0.25 0.35 0.50 2.0 25.5531	Fp. 26 6. 30 0. 50 - 2. 9 22. 1884	10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237	10.28 0.28 0.50 2.0 15.4589	x 2 9 e 15 0. 50 2. 0 12. 0 24	X 0.30 0.18 0.50 2.6 8,7295
Av/Ar 3.2338 3.5391 3.9880 4.3627 4.8772 5.6859 5.7623 8.1818 10.4315 14.4523 s 0.2828 0.2828 0.2825 0.2825 0.1759 0.1492 0.1225 0.8959 0.6892 k 1.1811 1.2499 1.2214 1.2314 1.2315 1.2211 1.3188 1.3484 1.3880 NT 427.194 462.8897 378.7854 354.4813 336.3771 306.1723 281.8897 281.7545 233.5803 209.3561 NP 611.6007 417.2208 42.6408 506.4865 413.4810 388.901 364.311 334.7112 315.1813 230.5613 230.5613 N/MP 61.16007 417.2208 42.6408 506.4865 413.4810 388.901 364.311 314.7412 315.1813 230.5813 N/MP 61.9806 1.6028 1.6034 1.6035 1.6033 1.6031 1.6031 1.6031 0.9122 N/MP 6.355 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55	Nedel Apt Apr iw (cm) b (cm) if (cm)	No. 21 0. 55 0. 59 2. 0 39. 0120 2. 0	0.50 0.50 2.0 35.6413 2.0	Ite. 23 0.45 0.50 2.0 32.2326 2.0	F0.24 0.40 0.50 2.0 20.9170 2.0	J 0, 25 0 , 35 0 , 50 2 , 0 25 , 5531 2 , 0	Fp. 26 0. 30 0. 50 2. 0 22. 1884 2. 0	10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237 2.6	II	1+.29 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0	I 0.30 0.10 2.0 1.7295 2.0
s 0.3032 0.2225 0.2225 0.1759 0.1432 0.1225 0.8692 k 1.1801 1.2288 1.2214 1.2354 1.2515 1.2702 1.2211 1.3188 1.3484 1.3880 KT 427.194 422.897 378.7856 354.4813 338.371 308.1729 281.6857 257.7845 233.5602 209.3581 NP 511.6007 417.2208 462.6485 586.4865 413.4810 384.9018 364.3211 334.7412 315.1813 230.5802 209.3581 N/M 6.9986 1.6022 1.0034 1.0038 1.0038 1.0031 1.0017 0.5885 0.513 230.5802 209.3581 N/MP 6.9986 1.6022 1.0034 1.0038 1.0038 1.0031 1.0017 0.5885 0.5985 0.9922 N/MP 0.5 0.45 6.40 6.35 0.30 0.25 0.20 N/MP 0.5 0.45 6.40 3.35 0.30 0.25	Nødel À pr iv (cm) b (cm) if (cm) L (cm)	No. 21 0. 55 0. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 128. 1609	80.22 8.50 0.50 2.0 35.6413 2.8 126.1609	80.23 8.45 0.50 2.8 32.2826 2.0 128.1689 1	#0.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.8 125.1609	10, 25 0, 35 0, 50 2, 0 25, 5531 2, 8 128, 1609	Fo. 26 0. 30 0. 50 22. 1884 2. 0 128. 1600	10.27 0.25 0.50 2.8 18.8237 2.8 126.1509	10.28 0.20 0.50 2.0 15.4589 2.0 128.1083	R 0, 25 0 , 15 0 , 50 2 , 0 12 , 0924 2 , 0 126 , 1609	10.30 0.10 0.50 2.0 1.7295 2.0 126.1609
k 1,1881 1.2890 1.2214 1.2354 1.2515 1.2702 1.2821 1.3188 1.3484 1.3880 NT 427,184 402.8837 378,7854 354,4113 318,3771 306,1720 281,8877 281,7645 233,5603 208,3561 NP 611.6007 487,2208 462,8485 686,4865 413,410 388,9010 264,3211 324,7412 315,1813 280,6813 NP 610.6007 487,2208 462,8485 686,4865 413,410 388,9010 264,3211 324,7412 315,183 280,6813 N/MP 0.9986 1.0008 1.0022 1.0034 1.0035 1.0036 1.0031 1.0011 0.5885 0.9922 Node1 No.31 70.5 0.45 0.40 1.35 0.30 0.25 0.20 0.9923 Node1 No.55 0.55 <td>Nødel Åpt Åpv iv (em) b (em) tf (em) L (em) Åv/Af</td> <td>No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 128, 1009 3. 2339</td> <td>80,22 6,50 0,50 2,0 35,6413 2,5 126,1609 3,5391</td> <td>10.23 0.45 0.50 2.0 32.2326 2.0 128.1689 3.9080</td> <td>F0.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.8 125.1609 4.3627</td> <td>10.25 1.35 6.50 25.5531 2.8 126.1609 4.9372</td> <td>Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 128.1609 5.6059</td> <td>10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237 2.0 126.1509 5.7023</td> <td>No. 28 0. 28 0. 59 2. 0 15. 4588 2. 0 126. 1063 8. 1518</td> <td>Ro. 25 0. 15 0. 50 2. 0 12.0924 2.0 126.1809 10.4315</td> <td>10.30 0.10 0.50 2.0 126.1609 14.4523</td>	Nødel Åpt Åpv iv (em) b (em) tf (em) L (em) Åv/Af	No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 128, 1009 3. 2339	80,22 6,50 0,50 2,0 35,6413 2,5 126,1609 3,5391	10.23 0.45 0.50 2.0 32.2326 2.0 128.1689 3.9080	F 0.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.8 125.1609 4.3627	10.25 1.35 6.50 25.5531 2.8 126.1609 4.9372	Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 128.1609 5.6059	10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237 2.0 126.1509 5.7023	No. 28 0. 28 0. 59 2. 0 15. 4588 2. 0 126. 1063 8. 1518	Ro. 25 0. 15 0. 50 2. 0 12.0924 2.0 126.1809 10.4315	10.30 0.10 0.50 2.0 126.1609 14.4523
NT 427.184 432.887 378.7854 354.413 316.371 306.1729 251.687 257.7645 233.5803 208.3511 NP 611.8007 487.2208 462.608 506.4865 413.4810 388.9018 364.3211 334.712 315.1813 230.5813 N/MP 6.9386 1.0003 1.0033 1.0034 1.0033 1.0031 1.0031 0.0117 0.3385 0.9322 N/MP 6.9386 1.0022 1.0034 1.0033 1.0034 1.0031 1.0031 1.0031 1.0017 0.3385 0.9322 N/MP 6.9386 1.0022 1.0034 1.0035 1.0034 1.0031 1.0031 1.0031 0.9385 0.9322 N/MP 0.55 0.455 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020 1.0020	Nedel Apt Apv iv (cm) b (cm) tf (cm) L (cm) Av/Af s	No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 2. 0 128, 1809 3. 2333 0. 3052	80.22 8.50 0.50 2.0 35.6413 2.0 126.1609 3.5391 0.2826	10.23 0.45 0.50 2.0 32.2026 2.0 128.1009 3.9080 9.2559	#0.24 0.40 0.50 2.0 20.9110 2.0 125.1609 4.3627 0.2292	10.25 1.35 0.50 25.5531 2.0 128.1609 4.8372 0.2025	Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 128.1600 5.6859 0.1759	10.27 0.25 0.50 2.0 18.8237 2.0 126.1509 5.7023 0.1492	II0.28 0.28 0.59 2.0 15.4589 2.0 128.1089 8.1611 0.1225	xo. 29 0. 15 0. 50 2.0 12.0924 2.0 126.1809 10.4315 0.0959	10.30 0.10 0.50 2.0 125.100 126.1009 14.4523 0.0692
NP 511.6007 487.2208 462.6408 505.4855 413.4810 388.9010 364.3211 334.7412 315.1813 230.5813 N/MP 0.9986 1.0008 1.0022 1.0034 1.0039 1.0036 1.0031 1.0031 1.0031 1.0031 1.0031 1.0031 1.0017 0.5985 0.9322 Nedel No.31 Je.32 Je.33 No.34 Je.35 No.36 To.37 Apf 0.5 0.45 0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 Apr 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 tr(cm) 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 b (cm) 35.6473 32.2826 28.9174 25.5531 22.0 2.0 2.0 2.0 L(cm) 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.71710 138.7171 138.7171	Nudel Åpf Åpv iv (cm) b (cm) tf (cm) L (cm) Åv/Af s k	No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 2. 0 120 2. 0 128, 1609 3. 2339 0. 3092 1, 1981	80.22 5.58 0.58 2.0 35.6413 2.8 126.1609 3.5391 0.2026 1.2090	II0.23 0.45 0.50 2.0 32.2826 2.0 128.1689 3.9080 9.2559 1.2214	80.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.4 125.1609 4.3627 0.2292 1.2354	10.25 0.35 0.50 25.5531 2.0 128.1609 4.9372 0.2025 1.2515	Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 126.1601 5.6151 0.1759 1.2702	10.27 0.25 0.50 2.8 18.8237 2.0 126.1609 5.7023 0.1492 1.2921	II0.28 0.20 0.50 2.0 15.4589 2.0 126.1003 8.1510 0.1225 1.3180	No. 25 0. 15 0. 50 2. 0 12, 0924 2. 0 126, 1809 10. 4315 0, 0959 1, 3484	Te. 30 0. 18 0. 50 2. 0 2. 0 126. 1809 14. 4523 0. 0692 1. 3880
H/AP 0.9986 1.0078 1.0072 1.0034 1.0039 1.0031 <td>Nudel \$\lambda pr\$ \$\lambda pr\$ \$\vee (cm)\$ \$\vee (cm)\$</td> <td>No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 128. 1009 3. 2333 0. 3052 1. 1581 427. 194</td> <td>80.22 8.58 0.58 2.0 35.6413 2.8 126.1669 3.5391 0.2826 1.2690 452.857</td> <td>II. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2.826 2. 0 128. 168.9 3.9080 9.2559 1.2214 378.7854</td> <td>80.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.4 0.28.9178 2.8 125.1609 4.3627 0.2292 1.2354 354.4813</td> <td>B0.25 0.35 0.50 25.5531 2.0 128.1609 4.9372 0.2025 1.2515 330.371</td> <td>Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 126.1601 5.6151 0.1759 1.2702 306.1729</td> <td>10.27 0.25 0.50 2.8 18.8237 2.0 126.1509 5.7023 0.1492 1.2921 281.9687</td> <td>II0.28 0.20 0.50 2.0 15.4589 2.0 126.1003 8.1518 0.1225 1.3180 287.7645</td> <td>10.25 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 126.1809 10.4315 0.0959 1.3484 23.5603</td> <td>Te. 30 0. 18 0. 50 2. 0 2. 0 126. 1609 14. 4523 0. 6692 1. 3880 209. 3561</td>	Nudel \$\lambda pr\$ \$\lambda pr\$ \$\vee (cm)\$	No. 21 0. 55 0. 55 0. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 128. 1009 3. 2333 0. 3052 1. 1581 427. 194	80.22 8.58 0.58 2.0 35.6413 2.8 126.1669 3.5391 0.2826 1.2690 452.857	II. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2.826 2. 0 128. 168.9 3.9080 9.2559 1.2214 378.7854	80.24 0.48 0.50 2.0 28.9178 2.4 0.28.9178 2.8 125.1609 4.3627 0.2292 1.2354 354.4813	B0.25 0.35 0.50 25.5531 2.0 128.1609 4.9372 0.2025 1.2515 330.371	Fo. 26 0.30 0.50 22.1884 2.0 126.1601 5.6151 0.1759 1.2702 306.1729	10.27 0.25 0.50 2.8 18.8237 2.0 126.1509 5.7023 0.1492 1.2921 281.9687	II0.28 0.20 0.50 2.0 15.4589 2.0 126.1003 8.1518 0.1225 1.3180 287.7645	10.25 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 126.1809 10.4315 0.0959 1.3484 23.5603	Te. 30 0. 18 0. 50 2. 0 2. 0 126. 1609 14. 4523 0. 6692 1. 3880 209. 3561
No.de1 No. 31 No. 32 No. 33 No. 34 No. 35 No. 38 No. 37 A.p.1 0.5 0.45 0.40 0.35 0.36 0.25 0.20 A.p.7 0.55 0.45 0.40 0.35 0.35 0.25 0.20 A.p.7 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 im(em) 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 b (em) 35.6473 32.2828 28.0178 25.5531 32.1894 18.8237 15.4583 if (em) 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 L(em) 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 138.7170 A#/Aft 3.0231 4.2808 4.7090 5.4308 6.2545 7.3725 8.971 m 8.2549 6.2208 0.2044 6.1141 6.1599 6.1355 6.1114 k 1.24167 1.2813 1.24555<	Nudel \$\lambda pr\$ \$\lambda pr\$ \$\vee (cm)\$	No. 21 0. 55 9. 50 2. 0 128, 1609 3. 2333 0. 3092 1. 1981 427, 194 511, 8007	8+.22 5.50 2.0 35.6413 2.0 128.1609 3.5391 0.2028 1.2090 492.8897 417.2208	8.23 8.45 0.50 2.0 32.2826 2.0 128.1689 3.9080 8.2559 1.2214 378.7854 462.6488	80.24 0.48 0.50 2.6 2.8 125.1609 4.3627 0.2292 1.2354 354.4813 596.4855	8	Fo. 26 0. 30 0. 50 2. 0 22. 1884 2.0 128. 1609 5. 6859 0. 1759 1. 2702 306. 1729 388. 9010	10.27 0.25 0.50 2.6 18.8237 2.6 126.1509 5.7023 0.1492 1.2021 281.9687 364.3211	No. 28 0. 20 0. 50 2. 0 15. 4589 8. 1618 0. 1225 1. 3188 257. 7645 334. 7412	8.29 0.15 0.50 2.0 126.1809 10.4315 0.0959 1.3494 23.5603 315.1813	Fe. 30 6. 10 0. 50 2. 0 126. 1609 14. 4523 0. 0692 1. 3880 209. 3561 290. 5813
Avgr Avgr B. 33 B. 34 B. 34 <thb< td=""><td>No de l À pf À pv iv (cm) b (cm) tf (cm) L (cm) Å v / Af s k HT NP X/MP</td><td>80.21 0.55 8.59 2.0 126.1609 3.2338 8.3092 1.1881 427.184 611.6007 8.3356</td><td>80,22 6,50 2,6 35,4413 2,8 126,1609 3,5391 0,2028 1,2690 402,409 403,200 1,0008</td><td>Fe, 23 é, 45 0, 50 2, 0 12, 1080 3, 9880 6, 2550 1, 2214 379, 7854 462, 6408 1, 0022</td><td>Jo. 24 0.40 0.50 2.6 2.8 125.1600 4.3627 0.2292 1.2354 354.4813 505.4855 1.0034</td><td>J., 25 I, 35 I, 35 I, 50 I, 2, 0 I<td>Fo. 26 0.30 0.51 22.1884 20.1120 126.11601 5.6858 0.1759 1.2702 306.1723 301.9010 1.0036</td><td>10.27 0.25 0.50 2.6 126,1509 0.1492 1.2021 281.6687 364.3211 1.833</td><td>8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 122,1083 3.1818 257,7645 334,7412 1.017</td><td>30.29 0.15 0.50 2.0 12.0315 10.4315 10.4315 13.5803 315.1813 0.8985</td><td>10.30 0.13 0.50 2.0 126.1809 14.4523 0.0692 1.3880 209.3561 290.5813 0.9323</td></td></thb<>	No de l À pf À pv iv (cm) b (cm) tf (cm) L (cm) Å v / Af s k HT NP X/MP	80.21 0.55 8.59 2.0 126.1609 3.2338 8.3092 1.1881 427.184 611.6007 8.3356	80,22 6,50 2,6 35,4413 2,8 126,1609 3,5391 0,2028 1,2690 402,409 403,200 1,0008	Fe, 23 é, 45 0, 50 2, 0 12, 1080 3, 9880 6, 2550 1, 2214 379, 7854 462, 6408 1, 0022	Jo. 24 0.40 0.50 2.6 2.8 125.1600 4.3627 0.2292 1.2354 354.4813 505.4855 1.0034	J., 25 I, 35 I, 35 I, 50 I, 2, 0 I <td>Fo. 26 0.30 0.51 22.1884 20.1120 126.11601 5.6858 0.1759 1.2702 306.1723 301.9010 1.0036</td> <td>10.27 0.25 0.50 2.6 126,1509 0.1492 1.2021 281.6687 364.3211 1.833</td> <td>8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 122,1083 3.1818 257,7645 334,7412 1.017</td> <td>30.29 0.15 0.50 2.0 12.0315 10.4315 10.4315 13.5803 315.1813 0.8985</td> <td>10.30 0.13 0.50 2.0 126.1809 14.4523 0.0692 1.3880 209.3561 290.5813 0.9323</td>	Fo. 26 0.30 0.51 22.1884 20.1120 126.11601 5.6858 0.1759 1.2702 306.1723 301.9010 1.0036	10.27 0.25 0.50 2.6 126,1509 0.1492 1.2021 281.6687 364.3211 1.833	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 122,1083 3.1818 257,7645 334,7412 1.017	30.29 0.15 0.50 2.0 12.0315 10.4315 10.4315 13.5803 315.1813 0.8985	10.30 0.13 0.50 2.0 126.1809 14.4523 0.0692 1.3880 209.3561 290.5813 0.9323
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Nudel À pf À pr iv (ca) b (ca) if (ca) Åv/Af s k HT RP W/MP	8,21 0,55 1,56 2,0 3,0129 2,0 126,1609 3,2338 0,3032 1,1831 427,184 511,6007 0,9916 8,015 1,007 1,0	8, 22 6, 48 7, 6 8, 64 7, 6 8, 64 12, 6 12, 7 12, 6 12, 7 12, 7 12	Fe. 23 8, 45 6, 50 2, 8 32, 2826 2, 0 126, 1889 3, 9880 8, 2555 1, 2214 371, 7854 462, 6488 1, 0922	80.24 0.49 2.0	8, 25 8, 35 7, 0 25, 5531 2, 0 126, 1609 4, 372 6, 2025 126, 1609 1, 2015 130, 3771 413, 4819 1, 0039 8, 25	Fe, 26 8, 30 0, 53 22, 1884 2, 0 126, 1809 5, 0858 0, 1756 1, 2702 306, 1723 308, 9018 1, 6036	8.27 0.25 0.50 2.0 18.8237 2.0 126.1609 6.7023 0.1482 1.2821 281.8887 364.2211 1.8831	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4589 2.0 126,1089 8.1618 0.125,1089 8.1518 1.3188 237,1545 334,7412 1.0817	8.29 8.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 126,1809 10.4315 0.335 1.3484 233,5603 315.1813 0.9985 3985	8,30 8,18 0,50 2,4 1,7295 2,0 126,1609 14,4523 1,3880 208,3561 200,5613 0,9823
ir (cm) 2.0	Nudel À pf À pr iv (cm) b (cm) if (cm) Av/Af s k NT NZ Av/Af	8,21 0,55 1,59 2,0 33,0129 2,0 125,1009 3,2335 1,3931 1,3931 427,194 511,8097 0,9856 F0,31 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	80.22 0.33 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 128.1609 3.5381 0.2020 1.2030 1.2030 1.2031 0.0038 80.32 0.45	Fe. 23 6. 45 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 7. 8 8. 33 8. 43	Fo. 24 0. 49 0. 50 2. 0 2.	Ja. 25 0. 35 0. 35 2. 0 25. 55 31 2. 0 25. 55 31 2. 0 25. 1609 4. 3372 6. 2025 1. 2515 330. 3711 413. 4819 1. 0039	Fo. 26 0. 30 0. 6 2. 0 22. 1884 2. 0 128. 1893 5. 6858 0. 1728 300. 1728 301. 9018 1. 6036	8.27 0.25 0.50 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2921 2.81.3687 364.3211 1.0031 7.03 7.50	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 128.1085 3.1618 3.34, 7412 1.0017	8.29 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 125.1009 10.4315 0.0535 1.3444 235.5603 315.1013 0.5985	30 8, 13 0, 15 2, 0 2, 0 1, 7295 2, 0 126, 1609 14, 4523 1, 3880 1, 3880 201, 3561 200, 3561 290, 6613 0, 8922 1
Lice Lice <thlice< th=""> Lice Lice <thl< td=""><td>Nudel Apf Apr iv(cm) b(cm) if(cm) L(cm) Av/At B k NY HP Hedel Apt</td><td>8,21 0,55 1,59 2,0 33,0129 2,0 125,1009 3,2338 0,3932 1,1881 477,184 511,8007 0,5986 Fe,31 0,5</td><td>8, 22 6, 58 7, 6 35, 6413 2, 6 35, 6413 2, 8 126, 1609 3, 5391 0, 2028 1, 2008 1, 2008 1, 0008 8, 322 6, 45</td><td>Fe. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2026 2. 0 128. 1689 3.9080 0.2551 1.221. 370. 7854 462. 6483 1.0022 8e. 33 8.0 0.55</td><td>Fo. 24 0.48 9.50 2.0 354.4813 506.4855 3.034 Fo.34 8.35</td><td>J., 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 128, 1809 4, 3372 0, 2025 1, 2025 1, 2025 1, 2025 1, 2039 1, 0039 8, 35 9, 30 8, 35 0, 35</td><td>Fo. 26 0. 30 0. 5 22. 1884 2. 0 126. 1801 126. 1801 1. 3759 1. 300. 9010 1. 6038 #0. 38 80. 9010 1. 8038</td><td>8.27 0.25 0.50 18.6237 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2021 281.6037 364.3211 1.0031 8.37 0.201 201,005</td><td>8.28 0.28 0.58 2.0 15.4589 2.0 128.1069 8.1510 6.1225 1.3180 334.7412 1.0017</td><td>8,29 0,15 0,50 12,024 2,0 126,1009 10,4315 0,0959 1,346 233,5603 0,3385</td><td>Je. 30 0.18 0.18 50 2.0 7295 2.0 126, 1609 14,4533 0.6092 1,3886 200, 3561 200, 3561 200, 5513 0,6923 3923</td></thl<></thlice<>	Nudel Apf Apr iv(cm) b(cm) if(cm) L(cm) Av/At B k NY HP Hedel Apt	8,21 0,55 1,59 2,0 33,0129 2,0 125,1009 3,2338 0,3932 1,1881 477,184 511,8007 0,5986 Fe,31 0,5	8, 22 6, 58 7, 6 35, 6413 2, 6 35, 6413 2, 8 126, 1609 3, 5391 0, 2028 1, 2008 1, 2008 1, 0008 8, 322 6, 45	Fe. 23 0. 45 0. 50 2. 0 32. 2026 2. 0 128. 1689 3.9080 0.2551 1.221. 370. 7854 462. 6483 1.0022 8e. 33 8.0 0.55	Fo. 24 0.48 9.50 2.0 354.4813 506.4855 3.034 Fo.34 8.35	J., 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 128, 1809 4, 3372 0, 2025 1, 2025 1, 2025 1, 2025 1, 2039 1, 0039 8, 35 9, 30 8, 35 0, 35	Fo. 26 0. 30 0. 5 22. 1884 2. 0 126. 1801 126. 1801 1. 3759 1. 300. 9010 1. 6038 #0. 38 80. 9010 1. 8038	8.27 0.25 0.50 18.6237 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2021 281.6037 364.3211 1.0031 8.37 0.201 201,005	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4589 2.0 128.1069 8.1510 6.1225 1.3180 334.7412 1.0017	8,29 0,15 0,50 12,024 2,0 126,1009 10,4315 0,0959 1,346 233,5603 0,3385	Je. 30 0.18 0.18 50 2.0 7295 2.0 126, 1609 14,4533 0.6092 1,3886 200, 3561 200, 3561 200, 5513 0,6923 3923
Lf (cm) 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 Lf (cm) 138.7170	Nudel Jpf Jpr ir (ca) b (ca) if (ca) L(ca) k NT Ntdel JpT JpT JpT	8, 21 0, 55 1, 56 2, 0 33, 0129 2, 0 128, 1009 3, 2338 0, 3092 1, 1084 511, 8007 0, 5986 8, 55 2, 0	8, 22 6, 58 0, 58 2, 6 35, 6413 2, 8 12, 6, 1689 3, 5391 0, 2828 1, 2689 487, 2208 1, 0608 8, 32 0, 43 0, 53 2, 1	Fe. 23 6, 45 6, 50 32, 3926 2, 0 128, 1689 3, 9880 6, 2559 1, 2214 378, 78546 1, 0022 8, 33 8, 40 0, 55 2, 0	Jo. 24 0.40 0.50 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 125.1600 4.3627 0.2292 1.2354.413 354.413 355.4655 1.0034 Po.34 Po.34 9.35	J., 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 8 128, 1609 4, 3372 0, 2025 1, 2025 1, 2025 1, 2015 318, 3772 413, 4810 1, 0038 8, 35 6, 30 6, 35 9, 30	Fo. 26 0. 30 2. 0 22. 1884 2. 0 126. 1809 5. 6859 0. 1759 1. 2702 306. 1729 308. 8010 1. 0038 80. 35 0. 25 0. 25	8.27 0.25 0.50 2.0 18.6237 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2021 281.0817 1.0031 8.031 8.37 0.20 0.55 2.0	8.28 0.28 0.59 2.0 15.4589 2.0 128.1989 2.1510 2.257.7545 334.7412 1.0017	8,29 0,15 0,50 2,0 12,024 2,0 126,1809 10,4315 0,0359 1,3484 233,5695 315,1813 0,5385	Je, 30 0, 18 0, 18 50 2, 0 1 1, 7295 2, 0 126, 1809 14, 4533 1, 0892 1, 3869 1, 3295, 5601 280, 5613 0, 0922 0
L (cm) 138.7170 <	Nudel Jpf Jpr ir (ca) b (ca) if (ca) L(ca) Ar/Af B k NT NP X/MP Nedel Jpf L(ca) b (ca)	89, 21 0, 55 8, 59 2, 0 39, 9129 2, 0 126, 1609 3, 2339 427, 184 411, 8007 9, 986 80, 31 0, 5 4, 55 2, 31 35, 6413	8, 22 6, 58 0, 58 35, 6413 2, 0 12, 6, 168 1, 268 1, 26	8.23 0.45 0.50 2.0 32.226 2.0 126.1600 3.9080 0.2550 1.2214 378.7354 462.6602 1.0022 39.33 6.40 0.55 2.0	Jo. 24 0.40 0.50 2.0 3.00	30, 25 1, 35 0, 50 2, 0 25, 5531 2, 0 126, 1609 4, 1372 0, 2025 1, 2515 330, 3711 413, 4810 1, 0039 8, 35 8, 30 8, 35 9, 35 2, 6	Fo. 26 0. 30 0. 5 22. 1884 2. 0 128. 1809 5. 6159 0. 1759 1. 2702 306. 1729 308. 9010 1. 0038 80. 361 0. 25 0. 55 2. 0	827 0.25 0.50 20 180237 20 1261809 67023 01492 1033 849211 10031 8037 030 055 2688	8.28 0.28 0.59 2.0 15.4589 2.0 126.1803 8.1518 0.1225 1.3188 257.7545 334.7412 1.0117	8,29 0,15 0,50 2,0 12,0324 2,0 126,1809 10,4315 0,9358 1,3484 233,5603 315,1813 0,9385	74, 30 0, 18 0, 50 2, 0 124, 1603 14, 4533 0, 6092 1, 3880 200, 5541 290, 6912 0, 9922
A#/AT 3. 89 31 4. 29 89 4. 7890 5. 4310 5. 2545 7. 3725 8. 9771 s 6. 2549 6. 2328 6. 2084 0. 1841 8. 1599 8. 1356 0. 1114 k 1. 2187 1. 2313 1. 2455 1. 2617 1. 3204 1. 3226 NT 459. 9117 433. 2483 406. 4454 380. 922 353. 3986 336. 7756 388. 1527	Nudel Åpf Åpf Åpr ir (ca) if (ca) År/Åf B k Nr/Åf Nr/Åf Nr/Åf År/Åf Nr/Åf Nr/Åf År/Åf År (ca)	80, 21 0, 55 2, 0 39, 0120 2, 0 128, 1809 3, 2338 427, 194 511, 8007 6, 3936 70, 555 8, 55 2, 0 35, 6473 2, 0	80, 22 0, 40 35, 6473 2, 0 35, 6473 2, 0 126, 1601 3, 5391 0, 2126 1, 2000 2, 1 2, 2000	Fe. 23 6. 45 0. 50 2. 0 32. 7826 2. 0 124. 1689 3. 9826 2. 0 124. 1689 3. 9356 1. 2214 378. 7854 462. 6408 1. 0022 84. 33 8. 33 8. 40 0. 55 2. 0 28. 9178 2. 18	Fo. 24 0. 49 0. 50 2. 0 2. 1170 2. 0 125. 1600 4. 3627 1. 2354 354. 4113 505. 4855 1. 0034 Fo. 34 Fo. 34 5. 55 2. 0 2. 222 2. 2354 3. 54. 4113 5. 0 3. 4 5. 0 2. 0	30, 25 1, 35 0, 50 26, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 126, 1603 4, 3372 0, 2025 1, 2515 338, 3771 413, 4810 1, 0039 8, 35 9, 30 8, 35 9, 30 9, 55 2, 6 22, 1634 2, 0	Fe, 24 0, 30 22, 1884 2, 0 124, 1899 5, 655 0, 1759 1, 2702 306, 9010 1, 0030 #e, 36 0, 25 0, 55 2, 0 10, 855 2, 0	Be, 27 0, 25 0, 56 2, 0 12, 0 126, 1509 6, 7021 281, 9807 364, 3211 1, 0031 Fe, 37 0, 20 0, 55 2, 0 15, 4589 2, 0	8.28 0.28 0.56 2.0 15.4588 2.0 126,1009 0.125 1.3188 257,7545 334,7412 1.0017	8,29 8,15 9,50 2,6 12,6924 2,0 126,1809 10,4315 8,0859 1,3494 235,5803 315,1813 0,8385	76,30 8,18 8,50 2.6 7,7255 2.8 2,0 126,1009 14,4523 6,652 2,0800 206,5613 200,5613 0,9323
B 0.2589 0.2328 0.2084 0.1841 0.1599 0.1356 0.1114 k 1.2187 1.2313 1.2455 1.2617 1.2804 1.3021 1.3276 NT 459.9117 433.2683 406.4454 380.922 353.3988 338.7756 388.1527	Nudel Åpf Åpr iv(ca) b(ca) if(ca) Åv/Ar	80, 21 0, 55 38, 0129 2, 0 128, 1809 3, 2350 0, 3022 1, 1881 427, 184 611, 6007 0, 3936 80, 310 0, 5 8, 55 2, 0 35, 6413 2, 10	80, 22 0, 40 35, 6473 2, 0 35, 6473 2, 0 35, 5391 0, 2026 1, 2010 2, 1 2, 2, 1 1, 2, 1, 1710	Fe, 23 8, 45 0, 55 2, 0 32, 3226 2, 0 124, 1689 3, 9184 2, 0 124, 1689 3, 9184 455 1, 2214 378, 7854 462, 5408 1, 0022 8+, 33 8, 40 0, 55 2, 0 28, 9174 28, 9174 134, 7770	F0. 24 0. 48 0. 59 2.0 28. 1178 2.0 126. 1609 4.362 0. 2292 1.2354 354. 4813 505. 4855 1.0034 F0. 34 8. 35 2.6 25. 5531 138, 1710	30, 25 1, 35 0, 50 20, 5501 2, 6 126, 1609 4, 8372 0, 2025 126, 1509 1, 2515 136, 3771 413, 4810 1, 0039 80, 35 2, 6 2, 7 2, 6 2, 1884 1, 7710	Fo. 24 0. 30 0. 59 22. 1884 2. 0 128. 1899 5. 6859 0. 1759 304. 1729 304. 1729 304. 1729 304. 9019 1. 0038 Fo. 35 0. 25 0. 55 2. 0 18. 8237 2. 0	Be, 27 0, 25 0, 50 2, 0 126, 1509 6, 7023 0, 1492 1261, 5609 1262, 1509 1263, 1509 1264, 3211 1, 0031 Fe, 37 0, 20 0, 55 2, 0 13, 4589 2, 0 13, 4589 2, 0 13, 4589 13, 4589 14, 4589 15, 4589 15	0.28 0.28 0.28 0.56 2.0 15.4588 2.0 15.4588 0.125,1083 0.1255 0.1255 1.3188 257,7545 334,7412 1.0017 1.0017	8.29 8.15 9.56 2.6 12.0924 2.0 12.1315 8.0929 10.4315 8.0955 315.1613 0.9985	76,30 8,18 9,56 2,6 1,7295 2,1 126,1809 14,4523 2,6 8,6822 209,5561 290,5613 0,9922
k 1. 2187 1. 2313 1. 2455 1. 2617 1. 2804 1. 3021 1. 3278 NT 459. 5117 433. 2683 496. 6454 386. 6222 355. 3988 338. 7756 386. 1527	Nudel À pf À pr ir (ca) b (ca) if (ca) År/Af B k NT NF N/NP Nedel Å pr ir (ca) b (ca) if (ca) b (ca) if (ca) b (ca) if (ca) kr/Af	No. 21 0. 55 1. 50 2. 0 12. 0 12. 0 12. 0 1.1801 427, 194 511. 8007 0. 3932 1. 1981 427, 194 511. 8007 0. 5936 8. 55 2. 0 35. 6473 2. 0 35. 710 3. 8331	80, 22 0, 48 0, 58 2, 0 35, 4413 2, 1 126, 1609 3, 5391 0, 2028 126, 1609 127, 128 128, 1609 128, 1609 128, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018	Fe. 23 8. 45 9. 20 2. 8 32. 3826 2. 0 124. 1689 3.988 8. 355 1.2214 318. 7854 462. 5408 1.0022 39. 33 6. 40 0. 55 2. 0 28. 8178 2. 4 138. 7178 4. 7880	F0. 24 0. 49 2. 6 28. 8178 2. 8 125. 1609 4. 3627 0. 2282 1. 2354 354. 4813 505. 4865 1. 0034 F0. 34 6. 35 2. 6 2. 7. 8 138. 7178 2. 8 35. 4319	Je, 25 0, 35 0, 50 2, 6 2, 5551 2, 6 124, 1609 4, 3372 0, 3025 1, 2515 336, 3771 113, 410 1, 0039 Je, 35 6, 30 6, 55 2, 6 22, 1884 2, 0 131, 7710 6, 2645	Fo. 28 0.30 0.5 22.1884 2.0 126.1600 5.6859 0.1759 306.1729 308.9010 1.0036 80.36 0.55 2.0 138.7124	8.27 0.25 0.50 2.4 18.8237 2.6 126.1509 0.1482 1.2821 281.9687 364.3211 1.8031 8.37 0.50 0.55 2.6 135.4589 2.0 135.771	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 125,1088 0.125 0.125 1318 2.3188 237,7545 334,7412 1.0017	8.29 8.15 0.56 2.6 12.0924 2.0 124.1809 10.4315 1.3414 233.5803 315.1813 0.8985	76.30 8.18 9.50 2.4 1.7295 2.1 128.1609 14.4523 1.3880 209.3561 290.5613 0.8922
NT 459. 8917 433. 2883 496. 6454 388. 8222 353. 3988 326. 7756 388. 1527	$\label{eq:constraint} \begin{array}{c} \textbf{Wudel} \\ \lambda pf \\ \lambda pr \\ \textbf{iv}(ca) \\ b (ca) \\ \textbf{if}(ca) \\ \lambda r/Af \\ \textbf{s} \\ \textbf{k} \\ \textbf{R} \\ \textbf{k} \\ \textbf{k}$	No. 21 0. 55 1. 50 2. 0 33. 0120 2. 0 126. 1800 3. 2338 6. 352 1. 1931 427, 194 111. 8007 8. 3535 8. 3516 8. 351 2. 0 135. 6473 2. 0 135. 6473 2. 0 3. 8531 2. 0 13. 8716 3. 8531 2. 2. 0 3. 8531 2. 2. 0 3. 8531 2. 2. 0 3. 8531 2. 2. 0	80, 22 0, 48 2, 0 35, 6413 2, 8 126, 1608 3, 5391 0, 2026 126, 1608 3, 5391 0, 2026 402, 8891 1, 2080 1	Fe. 23 8. 45 6. 58 2. 8 32. 2826 2. 8 32. 8826 2. 8 32. 8827 3. 9850 8. 2555 1. 2214 378.7854 462.6468 1. 0022 8. 33 8. 40 0. 55 2. 0 2. 8 138.7176 4.78864 0. 2084	80.24 0.49 2.6 2.8 2.8 125.1609 4.3627 9.2627 1.2354 354.4813 505.4815 1.0034 80.34 8.35 2.6 2.7 1.2354 354.4813 505.4885 1.0034 80.34 8.35 2.6 2.7 2.8 138.1710 5.43141	Je, 25 0, 35 0, 35 2, 6 25, 5531 2, 6 124, 1609 4, 3372 6, 3025 1, 2515 336, 3771 413, 419 1, 0039 8e, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 35 9, 30 9, 30 130, 777 9, 255 2, 0 131, 777 9, 259 9, 159	Fo. 28 0.30 2.0 22.1884 2.0 126.1601 127.1884 2.0 128.1601 1.2702 308.7723 308.8010 1.0036 80.36 0.25 0.655 2.0 138.7174 7.3125 0.1356	8.27 0.25 0.50 2.0 126,1509 6.7023 0.1423 1.2821 2.81,9897 3.64,2211 1.0831 8.37 0.20 0.55 2.0 138,7770 8.071 0.1114	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4589 2.0 126,1089 0.125,1089 0.125,1089 1.111 1.111 1.111 1.111 1.0111	8.29 8.15 6.50 7.6 12.024 7.0 126.1809 10.4315 8.0526 1.3444 233.5603 315.1813 0.5985	76,30 8,18 0,50 2,4 1,7295 2,7 7,0 128,1809 14,4523 1,3880 208,3561 230,3561 208,5613 0,9923
	Nudel À pf À pr iv (ca) b (ca) if (ca) k N/MF Nedel À pf iv (ca) iv (ca) iv (ca) iv (ca) iv (ca) iv (ca) it (ca) it (ca) it (ca) it (ca) k it (ca) it (ca) it (ca) it (ca) it (ca)	No. 21 0. 55 0. 65 2.0 33.0129 2.0 126.1609 3.2338 0.3021 1381 427.194 111.6007 0.9986 80.31 0.5 4.55 2.0 138.6473 2.0 138.7176 8.2589 4.2187	80.22 0.43 2.0 35.6412 2.8 126.1603 35.911 0.200 126.1603 127.000 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1603 128.1710 138.17170 1.2313	8.23 8.45 9.52 2.0 32.2826 2.0 126.1689 3.9880 8.255 1.2214 370.7854 462.6403 1.0022 8.33 8.40 0.55 2.0 2.8 131.7770 4.7890 0.2084 1.2455	F0.24 0.49 0.50 2.0 3.135 0.1441 1.2417	Je, 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 124, 1609 0, 2075 330, 3771 413, 4819 1, 0039 8, 35 2, 0 22, 1884 2, 0 131, 17710 1, 2804	Fe, 28 0, 30 0, 5 22, 1884 2, 0 22, 1884 2, 0 128, 1809 3, 0858 0, 1758 1, 2702 308, 9019 1, 0038 80, 38 0, 35 2, 0 18, 8237 2, 0 133, 7774 7, 3125 1, 3321	8.27 0.25 6.50 2.0 126,1609 6.7023 0.1492 1.2821 1.	8.28 0,28 0,20 2.0 15,4589 2.0 126,1009 8.1818 0.1251 1.318 2.37,1545 334,7412 1,0017	8.29 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 126,1809 10.4315 0.055 0.055 0.151 0.555 0.555	30 8, 18 0, 50 2, 0 1, 7295 2, 0 126, 1609 14, 4523 1, 3880 200, 3501 200, 5613 0, 9923
N7 580. 4857 533. 4881 508. 4885 479. 4870 452. 4875 425. 4875 398. 4883	Nudel À pf À pr iv (ca) b (ca) if (ca) k Nr/Af s k HT Nrdail Åpf Åpr if (ca) b (ca) if (ca) b (ca) if (ca) L (ca) Av/Af s N/MT	No. 21 0. 55 0. 65 2. 0 33. 0129 2. 0 125. 1009 3. 2333 0. 3233 0. 3233 1. 1981 427. 194 511. 0007 0. 3986 8. 55 2. 0 35. 6473 2. 0 135. 7770 3. 2387 4. 2589 1. 2187	80, 22 6, 53 2, 0 35, 6412 2, 0 35, 6413 2, 0 35, 6412 2, 0 35, 6413 2, 0 35, 6412 2, 0 35, 6413 126, 1609 102, 1837 147, 2209 1, 0098 80, 32 6, 45 2, 0 138, 1770 4, 2318 2, 2313 1, 2313 433, 2483	8.23 8.45 9.828 2.0 32.226 2.0 32.226 2.0 32.2214 370.7854 462.6409 1.0022 39.33 8.43 0.55 2.0 23.9178 131.7779 4.2455 408.4454	F0.24 0.41 0.50 20.0110 2.0 20.0110 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 125.1609 0.3627 0.2522 1.2354 350.4805 1.0034 F0.34	Ja, 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 126, 1609 4, 1372 0, 2025 1, 2315 30, 3771 413, 4819 1, 0039 8, 35 9, 30 9, 30 9, 30 9, 30 9, 30 9, 55 2, 0 133, 7770 9, 2545 9, 1594 1, 2804 353, 3984	Fo. 26 0. 30 0. 6 2. 0 22. 1884 2. 0 126. 1809 5. 6858 0. 128 128. 1809 306. 1723 308. 9019 1. 8702 308. 9019 1. 8036 80. 38 0. 55 2. 0 13. 7776 7. 3125 9. 1322 1. 3021 338. 1758	8.27 0.25 0.50 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2821 281.4509 6.7023 0.1492 1.2821 281.4503 364.3211 1.0031 70.20 0.55 2.0 138.7770 8.9771 0.1138.7770 8.9771 0.13276 3386.1527	8.28 0.28 0.56 2.0 15.4588 2.0 126.1009 8.1618 0.1251 1.318 237.7545 334.7412 1.0011	8,29 0,15 0,50 2,0 12,0924 2,0 124,1009 10,4315 0,0525 315,1613 0,5985	36, 30 8, 18 0, 50 2, 0 1, 7295 2, 0 126, 1609 14, 4523 1, 0, 0592 1, 3880 1, 3880 200, 3561 29, 0, 6013 0, 9923
	Nudel Åpf Åpr iv (ca) b (ca) if (ca) Åv/Af B Åv/Af N/MP Nedel Åpf Åpf Åv/Af B b (ca) iv (ca) b (ca) if (ca) if (ca) if (ca) if (ca) Nv/Af N	80, 21 0, 55 0, 55 0, 50 2, 0 126, 1609 3, 2339 0, 3092 1, 1881 427, 184 111, 8007 8, 388 7, 184 11, 8007 8, 3886 80, 31 0, 5 4, 53 2, 0 135, 6443 2, 0 135, 7116 3, 8331 453, 8311 530, 4457	80.22 0.33 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 2.0 35.0412 1.2000 1.2000 1.2001 1.0008 80.32 0.455 2.0 35.7770 4.2018 2.2013 1.2013 1.2013 1.2013	8.23 8.45 9.828 2.0 32.828 2.0 32.828 2.0 32.828 2.0 32.828 2.0 3.900 8.231 3.2214 3.2214 3.2214 3.2214 3.2214 3.2214 3.231 8.33	F0.24 0.49 0.50 20.8118 2.6 21.8118 2.6 22.8 125.1809 4.3627 5.292 1.2354 1.2354 505.4805 505.4805 505.4805 505.4805 5034 7.0 25.5531 2.0 25.5531 2.0 30.1827 0.1841 1.2411 1.2411 1.2417	Ja, 25 0, 35 0, 35 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 5531 2, 0 25, 1609 4, 1372 6, 2025 1, 2515 1, 2515 330, 3771 413, 4819 1, 0039 8, 35 2, 0 134, 1770 8, 254 7, 0 134, 1770 8, 2545 1, 2804 355, 3984 452, 4835	Fo. 26 0. 30 0. 6 2. 0 22. 1884 2. 0 128. 1893 5. 6858 0. 1729 300. 1729 301. 2702 301. 7729 301. 7729 301. 7729 301. 7729 1. 8036 7. 355 2. 0 131. 7776 7. 3725 0. 1356 1.336 1.336 1.336	8.27 0.25 0.50 2.0 126.1509 6.7023 0.1492 1.2921 0.2921 0.2921 1.2921 1.2921 1.2921 1.0031 70.20 0.55 2.0 138.7770 8.9771 0.1114 1.3276 300.1527 398.483	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 128,1005 3.1618 3.3181 257,1545 334,7412 1,0011	8.29 0.15 0.50 2.0 12.0924 2.0 125.1009 10.4315 0.0535 1.3444 235.5603 315.1013 0.5985	30 8, 13 0, 13 7, 23 2, 0 1, 7295 2, 0 126, 1509 14, 4523 1, 0892 1, 3880 201, 3561 290, 3561 290, 5613 0, 8922 1
	Nudel Àpf Àpf it (ca) b (ca) it (ca) År/Af B k NF N/AF N/AF Nodel Åpr it (ca) b (ca)	No. 21 0. 55 2.0 39.0120 2.0 126.1800 3.2332 1.1981 427,194 511.8007 8.3932 1.3816 8.31 0.5 8.55 2.0 35.6473 3.8331 9.2588 1.2871 453.8317 580.4857 4.857	80, 22 0, 48 0, 58 2, 0 35, 6413 2, 1 126, 1609 3, 5391 0, 2028 1, 2018 102, 1609 102, 2028 1, 2018 10, 2028 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 1, 2018 2, 1 32, 2128 2, 0 138, 7718 138, 718 133, 2183 533, 2081 4, 2013	Fe. 23 B. 45 B. 55 2.0 32.328 2.0 124.1689 3.988 3.988 1.2214 318.7551 1.2214 318.7554 462.6408 1.0022 39.33 6.40 0.55 2.0 2.8.9178 2.4 138.77770 4.7980 4.024 1.2455 606.6454 508.6858	F0. 24 0. 49 0. 50 20. 8178 2. 8 125. 1609 0. 2292 1. 2354 1. 2354 354. 4813 505. 4865 1. 0034 F0. 34 6. 35 2. 6 25. 5531 2. 8 138. 7179 5. 4309 5. 4310 1. 2417 314. 6221 479. 4874	Je, 25 0, 35 0, 50 20, 5531 2, 6 126, 1609 4, 1372 0, 3025 1, 2515 330, 3771 113, 4110 1, 0039 Je, 35 6, 30 6, 55 2, 6 22, 1884 2, 6 138, 7184 2, 7 139, 719 141, 4819 1, 0039 14, 2, 1884 2, 6 138, 718 2, 1884 2, 6 138, 718 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719 138, 719	Fe, 24 0, 30 0, 5 22, 1884 2, 0 122, 1884 2, 0 122, 1884 2, 0 122, 1884 2, 0 124, 1801 1, 2702 306, 1723 308, 9018 1, 6036 80, 36 80, 36 1, 6036 80, 36 9, 55 2, 0 138, 7774 7, 3725 1, 356 1, 356 1, 3221 318, 1754 4, 25, 4875	8.27 0.25 0.55 2.0 126,1509 0.1692 0.1692 126,1509 0.1692 1281,9697 364,3211 1.2821 281,9687 364,3211 1.0031 70,37 0.30 0.55 2.0 138,7770 8,9771 30,1114 1,3276 318,1537 338,1683 4,4021 4,4021 1,276 1,277 1,277 1,276 1,276 1,276 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,277 1,276 1,277 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,276 1,277 1,277 1,277 1,276 1,277 1,277 1,276 1,277	8.28 0.28 0.58 2.0 15.4588 2.0 125,1088 0.125,1088 3.1818 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188 2.3188	8.29 8.15 0.50 2.6 12.024 2.0 124.1009 10.4315 1.3414 233.5803 315.113 0.8985	76.30 8.18 9.50 2.4 1.7295 2.1 128.1609 14.4523 1.3880 209.3561 290.3561 290.5613 0.8923

フランジ幅厚比パラメータ:

ウェブ幅厚比パラメータ:

 $\frac{12(1-v^2)\sigma_r}{k_r\pi^2 E}$ $\overline{\lambda}_{pf} = \frac{b'}{t_f}$ $\overline{\lambda}_{\mu\nu\nu} = \frac{h}{t_{\nu\nu}} \sqrt{\frac{12(1-v^2)\sigma_{\nu\nu}}{k_{\nu\nu}\pi^2 E}}$

h:ウェブ高, b:フランジ高, b':フランジ突出幅, tw:ウェブ高, tf:フランジ高, σy:降伏応力度,L:垂直補剛材,Aw:ウェブ断面積,Af:フランジ断面積, S:フランジ幅・ウェブ高比, k:形状係数, My:降伏モーメント, Mp:全塑性モーメ ント

本建築学会の基準のみ楕円状の断面強度区分となっている。

計画したモデルの幅厚比パラメータの範囲は、ほぼ全ての設計基準の塑性限界幅厚比の範 囲を包含するように決定した。表-2に供試体の寸法及び力学パラメータを掲げる。表中の 記号は以下に示された通りである。また、表中の記号におけるLは道路橋示方書で規定され ている横倒れ座屈強度限界の1/2の長さ(L=2.25b)またはウェブ高(L=H)とし 断面強度の低いほうを用いた。

3. 解析における仮定

(1) 材料特性

材料特性はSS41を使用し、表-3に示すデータを用いる。このデータは、種々の材料 試験結果をもとに実測値に近いデータを用いた。

(2) 応力-ひずみ関係

ひずみ硬化を考慮した3次元有限変位プログラムを用いる際、ひずみ硬化域での応力-ひ ずみ関係をどの様に考えるかが問題である。本研究では既存の研究を参考にして次式および

表-3	人刀材科デーダ	

E	G	ע.	бy	Β.	n	Eh	Et	k,	k,
2.119E06	8.100E05	0.287	3.141E03	0.488	0.268	0.0211	0.211	0.425	23.9

図-3に示すような指数関数をひずみ硬化域 での応カーひずみ関係に用いた。 踊り場 $(\varepsilon, \leq \epsilon < \epsilon)$ ······ σ/σ = 1.0 ひずみ硬化域 ($\epsilon \ge \epsilon_h$)

$$\sigma/\sigma_{\rm Y} = B (\varepsilon/\varepsilon_{\rm Y})^{+}$$

ここに、

σ:降伏応力 (kg f/cm²)

ε:降伏ひずみ

ε:ひずみ硬化開始ひずみ

B:ひずみ硬化係数、n:ひずみ硬化指数

(3) 初期不整

図-4、図-5に示すように、残留応力および初期たわみの最大値は溶接Ⅰ形断面の実測



図-3 応力ひずみ関係図

データの平均値³⁾を用いた。また初期たわみの波形は、圧縮フランジは直線に、引張りフランジは初期たわみを無しとし、ウェブは一端固定、他端単純指示のはりの座屈モードと同じ 波形とした。



(1) メッシュ分割

本研究では、解析モデルを弾塑性解析を行うためのデータ作成には、オートメッシュ(自動分割)プログラムを作成し、利用した。その分割の結果は図-6に示す。その際サブ要素として、板厚方向に5分割してそれぞれの要素の断面の応力状態も明確にした。

(2) 弹塑性解析

オートメッシュプログラムで得られたデータを用いて、3次元弾塑性有限変位プログラム (NAPLAT)を使用し、それにおいて表の各モデルを計算した。3次元弾塑性有限変位プログ ラムのフローチャートは図-7に示す。このプログラムは、非適合(C^o級適合)一定ひずみ 平面三角形要素による立体薄肉構造のための弾塑性有限変位解析プログラムであり、有限要 素法の基本3原則である。

①変位適合条件

②材料構成則

③力のつり合い条件

を考慮し、このプログラムにおいて種々の仮定を行った。

	(A用量単正とよる重型の計系) (単単用型マトリックス) (単本用型)
*7	安立場合の地支
	(用単成単なした数化す会) (単元マトリックスのHTE) (単元の広力) (単元和セットリックス)
フランダ	(ROBAD
	(#2982) 48082 12
図-6 メッシュ分割	図-7 フローチャート

①変位適合条件	
d=f(x,y) :変位関数	Ż
=Fa	(1)
このプログラムでは、	
u=a1+a2x+a3x	
v=a,ta,xta,y	
$w = a_{b1} + a_{b2}L_1 + a_{b3}L_2 + a_{b4}L_1L_2 + a_{b5}L_2L_3 + a_{b6}L_3L_1 + a_{b7}(L_1L_2^2 - L_2L_1^2) + a_{b6}(L_2L_3^2 - L_3L_2)$	²)+a ₁₁ (L ₁ L ₁ ² -
L ₁ L ₁ ²)	
ds=Fa	(2)
(1) (2)式より	
d=FFds	(3)
N:形状係数	
一方ひずみと変位の関係より	
ε=Cd ←Kirchhoff-Loveの仮定・・・・・平面保持	(4)
(3)(4)式より	
ε=Bd, →有限要素内でひずみは一定分布、即ち一定ひずみ要素	(5)
②材料構成則	
$\sigma=0 \varepsilon$	(6)
・平面応力状態における弾性の剛度マトリックス	
$D_{\mu} = E / (1 - \gamma^{2}) \begin{vmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1 - \nu) / 2 \end{vmatrix}$	
←平面応力問題	
板厚が平面の広がりに比して十分小さい場合には、板厚方向	の広力ガ面内
応力に対して無視できる。そこで、面内応力についてのみ考察	する。
←等質当方件で Hooke の法則を適用	
・降伏条件式	
Von Misesの降伏条件式	
$F(\sigma) = \sigma$	(8)
$F(\sigma) = \sigma_{i} = (\sigma_{i} - \sigma_{i} \sigma_{i} + \sigma_{i}^{2} + 3 \tau_{i}^{2})^{0.3}$	(9)
・塑性化要素の応力ーひずみ関係	
$d \varepsilon = d \varepsilon_0 + d \varepsilon_p$	(10)
【完全弾塑性体】	
図-8のとおり	
【Prandt1-Reuse の仮定に従う】	
$dE=d\lambda \cdot \partial F/\partial \sigma \qquad (11)$	
【Associated flowrule (関数流れ即) に従う1	
マトリックス Dを求める。 ($\sigma=0$ ょ) な	τ τ
F=G (12) 図-R 研相化された切	当広力度7トポン
	コルリノリスレックト

F: 負荷関数

G:塑性ポテンシャル関数

以上の仮定から塑性要素の剛度

・ひずみ反転の判定。

dんにて判定

③力のつり合い条件

・直接力のつり合い条件を用いて定式化するもの・・・・・・直接剛性法

・接点力を有限要素に作用する外力とみなして、仮想変位の原理等を用い、変分原理によ り定式化するもの

面外変形が無い場合の定式化例

(5) 式より

(13) $\delta \epsilon = B \cdot \delta ds$ 仮想変位の原理より (14) $\delta ds(fs+\Delta fs)= \int \delta \varepsilon (\sigma+\Delta \sigma) dV$

(5) (6) 式から

(15) $\Delta \sigma = \mathbf{B} \cdot \sigma \, \mathrm{ds}$ (13) (15) 式を(14) 式に代入し、これが任意の ods で

'¿ (ムᠮ₂₁)

fs=Kss $ds + \int_{A} B^{\dagger} \sigma dA$

ここに Kss=t S "B'DBdA



図-9 残留応力の取り扱い 図-10 要素座標系,接点変位増分及び接点力増分 変位増分ベクトルム ds が生じる以前においては、今考えている要素がつりあい状態にある とすると式(16)において、 △ ds および △ fs を 0 とおくと、次式が成立する。

 $fs=t S_B^{\dagger} \sigma dA$

(18)

(16) (17)

(18) 式を(16) 式に代入すると、次の関係式が成立する。

 \triangle fs=Kss \triangle d₁

ここに

 $\Delta fs = \{ \Delta F_{11}; \Delta F_{11}; \Delta F_{11}; \Delta F_{11}; \Delta F_{11}; \Delta F_{11}; \Delta F_{11} \}$

 $\Delta ds = \{ \Delta u_1; \Delta v_1; \Delta u_1; \Delta v_1; \Delta u_1; \Delta v_1 \}$

面外変形を含む場合の定式化も同様にして

④その他

- ・残留応力及び初期たわみを同時に有する板の場合には、図-9に示すように仮想外力を 接点に加えることによって、初期たわみに変化を与えないようにする。
- ・板厚方向への塑性化の広がりを考慮できるように、図-11に示すように層割し、各層 内では応力分布および剛度マトリックスは直線分布であると仮定する。
- ・各板要素は初期状態において、xy、yz、あるいは zx 平面上のいずれかにある必要がある。
 その他の平面上に要素がある場合には、少々の改良が必要である。
- ・非線型方程式の解法においては、本研究出は、修正ニュートン・ラブソン法を用いた。 また、このプログラムにおいての剛性マトリックスと不つり合い力の計算過程を抜き出 して図-12(a)(b)に示す。このプログラムの解析結果の信頼性については中沢・山口の 実験データを実際に計算しており、実測値に近いデータが得られている。



(3) 強制変位量

3次元有限変位プログラムを用いる際に断面 が曲げ圧縮を受ける場合の載荷方法を図-13に示 す。この時、計算結果がより正確に出力されるよ うに、回転変位を各々の供試体で変化させて行った。



図-13 載荷方法

5. 作用モーメントの増大に伴う各分割要素の塑性域の拡大 ウェブとフランジのそれぞれの無次元幅厚比の相違が、崩壊過程でどのような影響を与え るかを、ウェブとフランジの相対的な幅厚比が大きく異なる2つの数値モデル(($\lambda_{yf}=0.5$, $\lambda_{yg}=0.1$)($\lambda_{yf}=0.1$, $\lambda_{yg}=0.5$))を用いて考察してみる。(図-14,15)

前に述べた通り、各要素は板厚方向に5分割されているので、1つの要素において全てが塑 性域に違すれば ‱1つでも弾性域があれば ■で示す。

これらの図を見ても明らかなように、どちらの場合においても荷重載荷のステップが進む につれ塑性域がフランジ部分を最初に次第に拡大していくことが観察できる。

次に、図-14と図-15の(a)すなわち、同じ荷重載荷の Step 6 について比較してみる。さ てこの図-15(a)の数値計算モデルにおいては、ウェブに比較しフランジの方が無次元幅厚比 が大きくなっているが、これはフランジの曲げ剛性の効果が図-14の場合に比べ大きいとい うことであり、図-14 においてウェブが受け持っている力をフランジが負担しておりこの事 はウェブの弾性域の範囲が広く取れているということにつながっている。

またこの弾性域が広いということや、それに加えて Step6 の段階で上フランジの結合部に 弾性域がまだ残っているということから、当然のことであるが、フランジとウェブの幅厚比 においてはフランジの幅厚比が低い(すなわちフランジの幅厚が厚い)ほど、ウェブとの相 互拘束効果によりウェブの剛性低下を遅らせるという現象があることが観察できた。

6.考察

得られた各数値モデルにおける M/M,の値を図-16(a)に示す。これらの値より M/M,=1.0の 点を推定し結ぶことによって図-16(b)に示したような M/M,=1.0の近似線がえられる。

 $H/H_p=1.0$ の近似線を公称力より約 14.4%大きい降伏応力度を用いたことを考慮し、各国ス ペックと比較すると AASHTO 及び BS5400 が比較的近い形状を示しているのではないかと予想 できる。そこでこの近似線をほかの各国スペックと同じように 2 本の直線で近似してみる。 (図-16(c)近似線は、 $\lambda_{pf}=0.496$, $\lambda_{pp}=0.461$ の 2 直線となるがこれを各国スペックと比較 すると、 $\lambda_{pf} \leq 0.496$ の範囲では AASHTO がかなり近い値を示しまた、 $\lambda_{pp} \leq 0.46$ の範囲では BS5400 が比較的近い値を示している。



永藤壽宮・羽田政浩

図を見ても明らかなように他の全ての スペックにおいては大きなウェブの幅厚 比の使用を認めており、また、フランジ においても BS と AASHTO 以外は大きなフ ランジ幅厚比の使用を認めている。

塑性設計限界幅厚比及び塑性限界幅厚 比についてはまだ2~3の各国スペック しか規定しておらず、日本道路橋示方書 においても規定がないので、早急に規定 する必要がある。そこでこの本研究によ り得られた塑性限界幅厚比を更に確認し て提案する。

I







図-16(c) 塑性限界幅厚比 参考文献

1) 土木学会: 鋼構造物設計指針, 1987.

2) 奈良 敬:内面力を受ける鋼板及び補鋼板の極限強度に関する研究, P.69~78,1986,

3) 土木学会;座屈設計ガイドライン,1987.10

4) 中沢俊彦,山口 哲:曲げを受ける鋼型断面の降伏限界幅厚比に関する研究, 1993.3

5) 四村宣男,奈良 敬:鋼構造部材および要素の塑性強度の有効利用に関する研究,1991.3

終わりに本研究は、平成8年度教育先端設備費を受けて完成できました。関係者の方々に 深く感謝いたします。