

初期不整をもつ補剛された圧縮板の極限強度解析について

大阪大学工学部 正員 小松 定夫  
 大阪大学工学部 正員 北田 俊行  
 大阪大学大学院 学生員 ○宮崎 清司

① まえがき 本研究の目的は、残留応力および初期にわみを同時に有する補剛板の圧縮極限強度に関して、実用性および計算の効率化の観点から、十分な精度をもつ近似計算法を提示することである。

② 解析法 有効幅の概念を用いて、補剛材と連成する板パネルの有効剛性を評価し、補剛材と板パネルの有効幅部分で形成された柱（以下有効補剛材という）を取り出して考える。そして、有効補剛材の圧縮強度を基にして、補剛材全体の圧縮極限強度を求める。補剛材間の板パネルを補剛材位置で単純支持された板とみれば、初期不整を有する圧縮板の有限要素法による耐荷力曲線によって、極限状態における有効幅係数  $K_{bs}$  を決定する。その際、側辺支持縁における応力は降伏点  $\sigma_Y$  に達するため、簡単に有効幅  $b'_e$  が求められる。しかし、補剛材位置での板パネルの応力は必ずしも降伏点に至らばい。このため、有効補剛材の圧縮強度  $\sigma_f$  を仮定の降伏点とみはして、補剛材近傍の有効幅  $b_e$  を決定する。この有効幅  $b_e$  を決定するために反復法を適用すればよい。

$$K_{bs} = \frac{b_e}{b} = \frac{\bar{\sigma}_{max}}{\sigma_f}, \quad K'_{bs} = \frac{b'_e}{b} = \frac{\sigma_{max,e}}{\sigma_Y} \quad (1)$$

有効補剛材を、初期不整を有する圧縮柱として有限要素法により解析し、その圧縮強度を求めた。ただし、補剛材全体の中立軸の位置と有効補剛材の中立軸の位置との食い違いは荷重の偏心量とみはす。

以上より、補剛板全体の極限荷重  $P_{max}$  は、

$$P_{max} = \sum_{i=1}^n \sigma_f A_{en} + \sigma_Y (b'_e + 2C) t$$

ここに

- $A_{en}$ : 有効補剛材の断面積
- $n$ : 補剛材本数
- $t$ : 板パネルの板厚
- $C$ : 周辺支持治具のたための余裕高(実構造物については  $C=0$ )

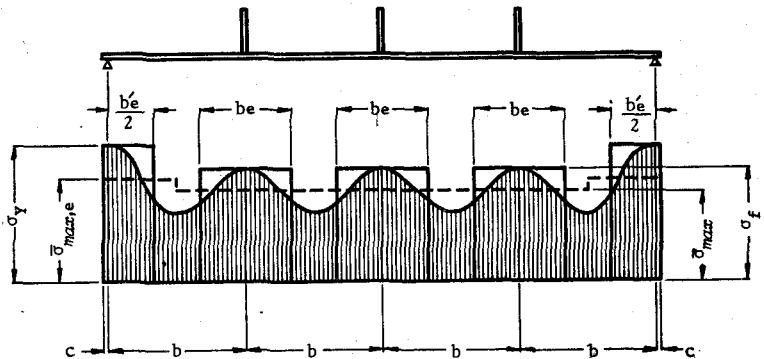


図-1. 補剛板の応力分布

③ 数値計算例 小松、牛尾、北田の実験<sup>1)</sup> および Horne, Narayanan の実験<sup>2)</sup> を用いた模型の諸元について、本法と他の近似計算法による数値計算を行ない比較した。その結果を表1および2に示す。

4) あとがき 詳細は当日発表します。なお、竹谷栄一君(大阪大学大学院前期課程1年次)に数値計算の一部を手伝、2 いにだいたことを付記し、ここに感謝の意を表します。

表-1 小松、牛尾、北田の実験結果との比較

供試体	実験値			本法		Yo		YAN		Mu		H.N.		YWT		P2		P3	
	Pm	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.
A1-1	225 (.82)	248 (.90)	10.2	482 (1.75)	114.2	251 (.93)	-11.6	249 (.91)	10.7	243 (.88)	8.0	234 (.85)	4.0	183 (.67)	-18.7	171 (.62)	-24.0		
A1-2	235 (.83)	254 (.90)	8.1	488 (1.73)	107.7	259 (.93)	-10.2	252 (.89)	7.2	246 (.87)	4.7	260 (.92)	10.6	197 (.70)	-16.2	185 (.65)	-21.3		
A0-1	280 (.78)	273 (.76)	-1.8	413 (1.15)	47.5	292 (.82)	4.2	291 (.81)	3.9	267 (.74)	-4.6	255 (.71)	-5.3	213 (.57)	-23.9	195 (.54)	-30.4		
A0-2	310 (.85)	315 (.86)	1.6	427 (1.22)	37.7	341 (.95)	10.0	321 (.88)	3.5	310 (.85)	0	326 (.89)	7.1	266 (.71)	-14.2	222 (.61)	-28.4		
A0-3	330 (.85)	345 (.89)	4.5	448 (1.15)	35.8	372 (.97)	12.7	343 (.88)	3.9	339 (.87)	2.7	475 (1.22)	43.9	278 (.72)	-15.8	237 (.61)	-28.2		
B0-1	210 (.73)	200 (.69)	-4.8	232 (.80)	10.5	239 (.84)	13.8	211 (.73)	0.5	186 (.64)	-11.4	204 (.71)	-2.9	137 (.48)	-34.8	154 (.53)	-26.7		
E0-1	95 (.57)	86 (.51)	-9.5	110 (.66)	15.8	114 (.69)	20.0	80 (.48)	-15.8	82 (.49)	-13.7	92 (.55)	-3.2	70 (.42)	-26.3	91 (.54)	-4.2		
E0-2	104 (.59)	101 (.57)	-2.9	125 (.70)	20.2	140 (.80)	34.6	112 (.63)	7.7	96 (.54)	-7.7	128 (.72)	23.1	89 (.50)	-14.4	91 (.51)	-12.5		
E0-3	125 (.65)	124 (.64)	-0.8	150 (.78)	20.0	171 (.90)	36.8	134 (.70)	7.2	117 (.61)	-6.4	173 (.90)	38.4	96 (.50)	-23.2	112 (.58)	-10.4		
C0-1	140 (.44)	131 (.41)	-6.4	174 (.55)	24.3	140 (.45)	0	132 (.42)	-5.7	*	*	136 (.43)	-2.9	121 (.38)	-13.6	128 (.40)	-8.6		
D0-1	75 (.33)	72 (.32)	-4.0	94 (.41)	-25.3	68 (.30)	-9.3	69 (.30)	-8.0	*	*	77 (.34)	2.7	71 (.31)	-5.3	66 (.29)	-12.0		
本計算例	自乗平均 平均 標準偏差		5.8 -0.5 5.8	53.9 37.1 39.0		18.5 9.2 15.8		7.9 1.4 7.7		7.7 -3.2 6.9		21.5 10.5 16.4		20.2 -18.8 7.6		20.8 -18.8 8.9			

表-2 Home, Narayanan の実験結果との比較

供試体	実験値			本法		Yo		YAN		Mu		H.N.		YWT		P2		P3	
	Pm	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.	Pm	err.
A23	350 (.62)	356 (.63)	1.7	332 (.59)	-5.1	394 (.70)	12.6	313 (.55)	-10.6	344 (.61)	-1.7	411 (.73)	11.1	164 (.29)	-53.1	339 (.60)	-3.1		
A21	361 (.64)	357 (.63)	-1.1	332 (.59)	-8.0	389 (.69)	7.8	310 (.57)	-14.1	322 (.57)	-10.8	411 (.73)	13.9	164 (.29)	-54.6	344 (.61)	-5.0		
E23	222 (.45)	209 (.42)	-5.9	270 (.55)	21.6	290 (.59)	30.6	255 (.52)	14.9	217 (.44)	1.6	282 (.57)	27.0	158 (.32)	-28.8	246 (.50)	10.8		
E21	220 (.44)	207 (.42)	-5.9	270 (.54)	22.7	274 (.55)	24.5	246 (.49)	11.8	210 (.42)	-4.8	285 (.57)	29.5	160 (.32)	-27.2	245 (.49)	11.4		
D22	307 (.60)	339 (.66)	10.4	563 (1.1)	83.4	407 (.80)	32.6	385 (.75)	25.4	348 (.68)	13.4	311 (.61)	1.3	251 (.49)	-18.2	266 (.52)	-13.4		
D21	290 (.57)	312 (.61)	7.6	563 (1.1)	94.1	411 (.81)	41.7	391 (.77)	25.8	285 (.56)	-1.7	310 (.61)	6.9	249 (.49)	-14.1	275 (.54)	5.2		
7	500 (.79)	485 (.77)	-3.0	670 (1.0)	34.0	604 (.96)	20.8	473 (.75)	-5.7	494 (.78)	-1.2	624 (.99)	24.8	279 (.44)	-44.2	361 (.57)	-27.8		
14	525 (.83)	482 (.76)	-8.2	670 (1.1)	27.6	616 (.97)	17.3	479 (.76)	-8.8	430 (.68)	-18.9	624 (.99)	18.9	279 (.44)	-46.9	380 (.60)	-27.6		
12	500 (.79)	464 (.73)	-7.2	670 (1.1)	34.0	561 (.89)	12.2	446 (.70)	-10.8	456 (.72)	-8.8	624 (.99)	24.8	279 (.44)	-44.2	342 (.54)	-31.6		
本計算例	自乗平均 平均 標準偏差		6.4 -1.3 6.2	47.0 33.8 32.8		53.1 22.2 10.5		15.7 3.1 15.4		9.0 -3.6 6.9		19.9 17.6 9.3		39.5 -36.2 11.8		18.3 -9.0 16.0			
両計算例	自乗平均 平均 標準偏差		6.1 -0.9 6.0	51.0 35.6 36.9		38.2 15.6 14.9		12.0 2.2 11.8		8.4 -3.4 7.6		19.7 13.7 14.1		30.4 -26.9 14.2		19.7 -14.4 13.5			

Pm: 極限荷重 (t) Yo: Yoshiki, YAN: Yoshiki, Akita, Nagasawa, Mu: Murry  
 err.: 誤差 (%) H.N.: Home, Narayanan, YWT: Yamada, Watanabe, Toyota  
 \*: 適応不可能 P2: I.D.R. Part2, P3: I.D.R. Part3

[参考文献] 1) 小松, 牛尾, 北田: 昭和50年度関西支部年講I-42, 1975 2) Home, Narayanan: Proc. Instn. Civ. Eng. Part 2, 59, Sept. 1975 3) 吉識: 造船協会会報第75号, 1953 4) 吉識, 秋田, 長次: 造船協会論文集第104号, 1958 5) Murray: The Structural Engineer, Vol. 53, No. 3, 1975 6) 山田, 渡辺, 豊田: 第30回年講I-65, 1975