

補剛板の圧縮強度に関する一考察

名古屋大学 正員 福本 孝士

名古屋大学 学生員 山口 康一

1 まえがき

本論文は、初期たわみと溶接残留応力を有する補剛材つき板に一樣圧縮が作用するときを対象にこりあげ、Beam-columnに基づく解析手法を提示し、これによる結果と前回発表の実験結果¹⁾とを比較したものである。

2 解析モデル

補剛板(Fig.1-a)を補剛材およびこれと共同作用する有効フランジ幅からなるT形部材(Fig.1-b)に区分し、それぞれT形部材を初期たわみと残留応力を持つ柱として解析した。このモデル柱においては、以下の理想化を行う。

- (1) 材料の応力-ひずみ関係は理想弾塑性とし、ひずみ硬化を無視する。
- (2) 部材は変形後も平面保持の法則が成り立つ。
- (3) 部材の変形は微小である。
- (4) 溶接残留応力は、Fig.2の分布形とし、板厚方向に一定
- (5) 部材軸方向の初期たわみは $\sin$ 波形で、補剛板中央で最大たわみ δ_0 を持つ。(Fig.1)
- (6) 初期たわみおよび載荷による板中央断面(A-A断面)の付加たわみは板幅方向にも $\sin$ 波形でたわむものとする。(Fig.1-b)
- (7) T形部材柱は、面外方向の曲がりみを考える。

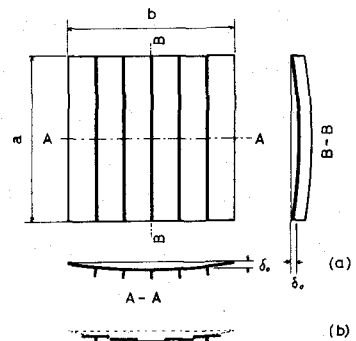


Fig. 1

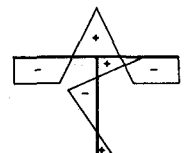


Fig. 2

3 解析方法

T形部材断面を微小長方形要素に分割し、数値積分により断面力 P 、 M を求め、

$$P = \sum \sigma_y dA \quad \sigma_y = \begin{cases} E \epsilon_i & (\epsilon_i < \epsilon_y) \\ \sigma_y & (\epsilon_i \geq \epsilon_y) \end{cases} \quad \epsilon_i = \epsilon_{pi} + \epsilon_{ri} + \epsilon_{ni}$$

$$M = \sum \sigma_y y_i dA$$

(ϵ_{ni} : 曲がりひずみ, ϵ_{ri} : 残留ひずみ, ϵ_{pi} : 軸方向ひずみ)

圧縮力と力のつり合条件から断面の曲げモーメント-曲率-軸力関係(以下 $M-\phi-P$)を得る。次に、T形部材を部材軸方向に分割し、分割要素内では、曲げモーメント、曲率は一定とする。中央点 i の任意のたわみ量 δ_i に対し、軸力 P による付加モーメント M から上述の $M-\phi-P$ 関係を使用して中央分割要素の曲率が求められる。これより分割要素の変形量が既知となり、同様の操作を各要素で順次行えば、柱の最大変位量が求まる。この変位量が所定のたわみ量 δ_0 に等しくなるような P を求め $P-\delta$ 関係を得る。

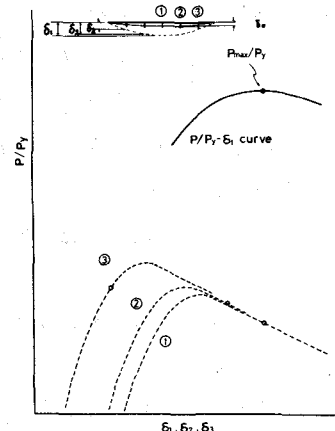


Fig. 3

4 補剛板の極限強度の算定

Fig. 3 は、補剛材側に初期たわみをもち板をとり上げ、計算例を示したものである。補剛板の中央断面における丁形柱D、②、③のたわみをそれぞれ δ_1 、 δ_2 、 δ_3 とし、 $P_1 - \delta_1$ 、 $P_2 - \delta_2$ 、 $P_3 - \delta_3$ 曲線（破線①、②、③）を描く。変形の適合条件を満足するような各柱の荷重 P_1 、 P_2 、 P_3 を用いて $P/P_y = (P_1 + 2P_2 + 2P_3) / 5P_y$ を板中央のたわみ δ_1 に対してプロットする。（Fig. 3の実線）この P/P_y の最大値をもって補剛板の極限強度とする。図中○印は、補剛板が P_{max} を示す際、各柱の分担する荷重およびたわみ量を示している。

5 計算結果および考察

Table-1 は、Beam-column approach による計算結果および実験値を示す。実験は、等間隔に補剛された板（B、C、Dシリーズは、それぞれ3、4、5本の補剛材を有する）を周辺単純支持条件で一様圧縮したものである（ δ_0/a の正値は補剛材側に最大たわみが生じていることを示す）。数値計算においては、全フランジ幅を有効と考へ、サブパネル中央で切断した丁形部材についておこなった。初期たわみは、実測した最大たわみ δ_0 を利用し、補剛板中央でパネル側（A-type）および補剛材側（B-type）に δ_0 を持つ場合について計算した。B-2-1など4体は、最大初期たわみを $a/500$ 、 $a/1000$ と変えて解析した。また残留応力の影響を調べるため、残留応力を無視した場合の計算値を付記する。

上述の理論値を実験値と比較したものがFig. 4である。ここに実測最大たわみの生じている方向にたわむと仮定した場合の値を理論値とした。

計算結果より、用いた供試体の寸法に対しては、

- (i) 補剛板が補剛材側にたわむか、あるいはパネル側にたわむかにより、強度はかなり異なる。
- (ii) 残留応力による強度の低下が著しい。
- (iii) 初期たわみの影響も大であると思われる。

また、実験結果と比較して、

- (iv) 一般に、補剛板の強度を低めに推定する傾向が認められる。

なお、現在種々の実験結果との比較検討を行なっている。

6 参考文献

- 1) 福本 宇佐美 山口 “リブ付き板の基本耐荷強度について” 土木学会年次学術講演会概要集 I-71, 1975

	Beam-column approach P_{max}/P_y				Test Results	
	with R.S.		without R.S.		P_{max}/P_y	λ
	A type	B type	A type	B type		
B-1-1r	0.734	0.863	0.830	0.954	0.835(+916)	0.711
B-1-2	0.751	0.897	0.805	0.947	0.903(+484)	0.619
B-2-1	0.650	0.841	0.752	0.922	0.841	0.608
B-2-2	0.730	0.864	0.827	0.958	0.841	0.608
B-2-3	0.906	0.951	0.926	0.975	1.061(+669)	0.593
C-3-1	0.668	0.850	0.745	0.928	0.997(+525)	0.459
C-1-2	0.792	0.906	0.846	0.955	0.770(+574)	0.541
C-1-3	0.857	0.921	0.851	0.951	0.889(+334)	0.766
C-2-1	0.660	0.836	0.732	0.920	0.803(+516)	0.695
C-2-2	0.787			0.952	0.853(+538)	0.694
C-2-4	0.996	0.940	0.920	0.970	0.927(+447)	0.697
C-3-2	0.869	0.925	0.920	0.980	0.827(+1274)	0.606
C-4-1	0.892	0.879	0.920	0.970	0.885(+640)	0.607
C-4-1	0.791	0.860	0.866	0.945	0.806(+1433)	0.543
C-4-2	0.878	0.927	0.934	0.980	1.004(+1255)	0.554
C-5-1	0.967	0.910	0.743	0.922	0.862(+526)	0.681
C-6-1	0.957	0.750	0.705	0.859	0.846	0.756
C-6-1	0.691	0.779	0.807	0.917	0.846	0.756
C-7-1	0.628	0.754	0.705	0.857	0.890	0.671
C-7-1	0.689	0.777	0.806	0.916	0.890	0.671
C-8-1	0.644	0.758	0.722	0.865	0.862	0.607
C-8-1	0.710	0.827	0.824	0.920	0.862	0.607
D-1-1	0.654	0.790	0.742	0.901	0.814(+598)	0.657
D-1-2	0.800	0.878	0.863	0.950	0.947(+667)	0.683
D-1-3	0.860	0.912	0.900	0.963	0.955(+661)	0.652
D-2-1	0.560	0.740	0.601	0.818	0.856(+243)	0.578
D-2-3	0.885	0.920	0.915	0.968	1.013(+734)	0.597
D-3-1	0.663	0.801	0.726	0.893	0.946(+443)	0.457

$$R = \frac{1}{E} \sqrt{\frac{P_y}{a^3}} \frac{(1-\nu^2)}{k} \quad (k=4\pi^2, n=95 \text{ (鉄鋼)})$$

$$\lambda = \frac{a}{\sqrt{R^2 E}}$$

※ $\lambda/500$, $\lambda/1000$ とし計算

Table 1

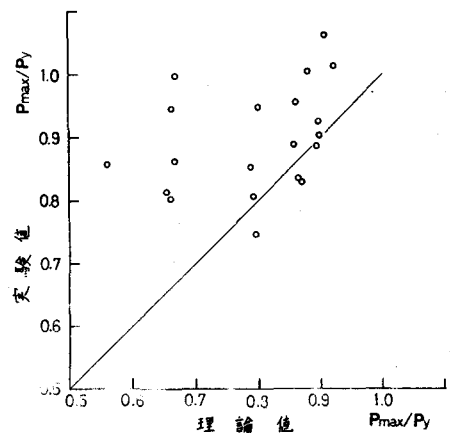


Fig. 4