

高張力鋼を用いた圧縮補剛板の弾塑性有限変位解析の結果と実験結果との比較

明石工業高等専門学校 正 員 越智内士

大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行

明石工業高等専門学校 正 員 向山寿孝

1. まえがき

現行の道路橋示方書には、圧縮力を受ける高張力鋼板の設計法に関して規定がない。それゆえに、圧縮力を受ける高張力鋼板について、パラメトリックな弾塑性有限変位解析を行い、その解析結果によって、その板の耐荷力および設計法について検討する必要がある。そのためには、まず、高張力鋼板の弾塑性有限変位解析法について検討する必要がある。それは、高張力鋼には、明確な降伏棚がないなど特有な機械的性質を有しているためである。そこで本研究では、高張力鋼を用いた圧縮補剛板について弾塑性有限変位解析を行い、その解析結果と文献 1) による実験結果とを比較・検討を行っている。

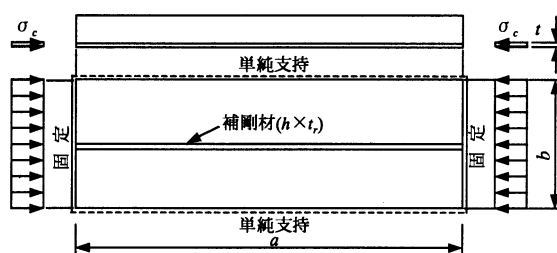


図-1 供試体の概要

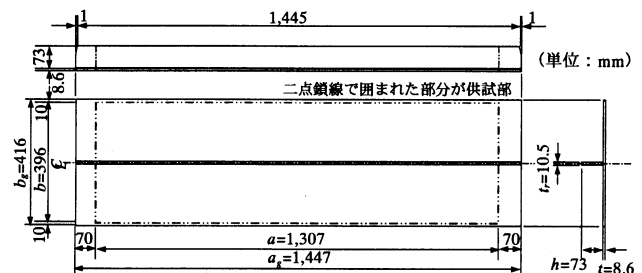


図-2 供試体の形状および寸法

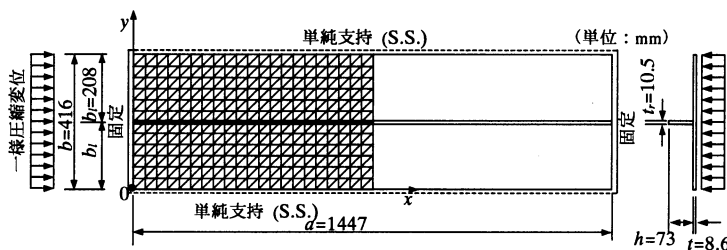


図-3 解析モデル

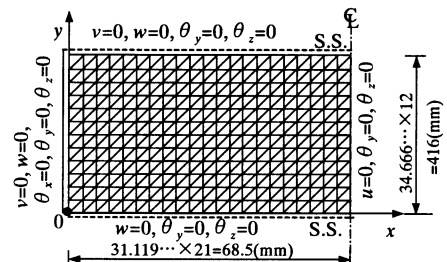


図-4 要素分割および境界条件

2. 補剛板の圧縮耐荷力実験概要

文献 1) で行われた耐荷力実験の概要は、以下のものである。すなわち載荷装置を試作し、図-1 に示すように、載荷辺は固定、側辺は単純支持の境界条件のもとに、純圧縮を作用させた補剛板の耐荷力実験を行っている。供試体の製作には HT785 の鋼板を使用しており、その寸法は図-2 に示すようになっている。同図中の二点鎖線で囲まれた供試部は、補剛板の幅厚比パラメーター R が 0.7、縦横比 α が 3.3、および縦補剛材の剛比が最小必要剛比と等しくなるように設計されている。また、供試体の残留応力の測定、初期たわみの測定、および引張試験も行われている。

3. 補剛板の弾塑性有限変位解析

(1) 解析プログラム：高張力鋼の補剛板の解析には、板構造の弾塑性有限変位解析の専用プログラム USSP²⁾ を用いた。また、今回の解析では、ひずみ硬化現象は等方硬化則により考慮した。

(2) 解析モデル：図-2 の実験供試体の補剛板全体に着目して、図-3 に示すような縦補剛材 1 本を有する補剛板を解析の対象とし、対称性より、その 1/2 を取り出して解析モデルとした。また、解析モデルの境界条件は、実験供試体の支持条件をできるだけ再現できるように図-4 のように決定した。要素分割数を図-4 に示す。

(3) 残留応力：文献 3) を参考にして、残留応力分布を決定し、残留応力度の代表値として $\sigma_{rt}=0.8$ 、 $\sigma_{rc}=-0.15$ 、

Keywords：高張力鋼，補剛板，弾塑性有限変位解析，実験，圧縮，終局強度

$\sigma_{rc,r}=-0.12$, および $\sigma_{rr}=0.6$ を用いた.

(4)初期たわみ：補剛板の板パネルの初期たわみ波形は，実測値の初期たわみの最大値を用いて，式(1)で与えた．補剛材の初期たわみについては，無視した．

$$w_0 = \delta_0/2 (1-\cos(2\pi x/a)) \sin(\pi y/b) + w_{10}/2 (1-\cos(14\pi x/a))\sin(\pi y/b_1) \quad (1)$$

ここで， $\delta_0=0.7\text{mm}$ （実測値）， $w_{10}=0.5\text{mm}$ （実測値）

(3)機械的性質：機械的性質および応力—ひずみ曲線は，文献 1)の引張試験で得られた結果（表-1）を用いて決定した．また，解析で用いた応力—ひずみ曲線を図-5 に示している．

表-1 HT785 材の引張試験結果（1号試験片）

板厚 t (mm)	弾性係数 E ($\times 10^5 \text{N/mm}^2$)	ポアソン比 ν	降伏点 σ_y (N/mm^2)	引張強さ σ_B (N/mm^2)	一様伸び (%)
8	2.07	0.262	775	825	4.9

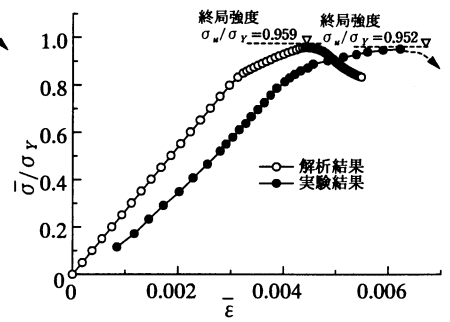
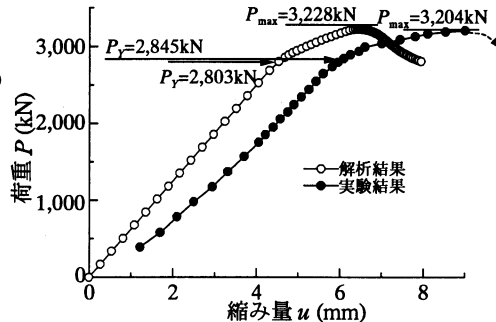
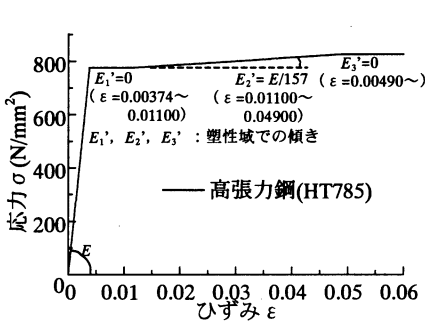


図-5 解析に用いた応力—ひずみ曲線

図-6 荷重と縮み量との関係

図-7 平均圧縮応力と平均圧縮ひずみとの関係

4. 実験結果と解析結果との比較

図-6 には，圧縮荷重と補剛板の圧縮軸方向の縮み量との関係を表している．この図より，実験結果の方が解析結果より，全体的に縮み量が大きくなっていることがわかる．これは，供試体の上下両載荷辺における隙間の存在に起因すると考えられる．このことは，荷重 P が大きく約 $1,200\text{kN}$ 以上になると，上下両載荷辺の隙間がなくなり，実験結果による荷重—縮み量曲線の傾きが一定となり，解析結果の傾きと近い値となってくることからもうなずける．また，最大荷重 $P_{\max}$ および弾性限界荷重 P_y は，解析結果と実験結果とでほぼ等しい値が得られている．しかし，弾性限界荷重を超えてからの挙動は，解析結果および実験結果とでは，若干異なっているようである．これは，解析モデルと実験供試体との初期たわみ波形や残留応力分布の違いなどによると考えられる．図-7 は，図-6 の荷重 P を断面積で割り，降伏点 σ_y で無次元化した平均圧縮応力 $\bar{\sigma}/\sigma_y$ を縦軸に，図-6 の縮み量 u を補剛板の長さ a_g あるいは a で割った平均圧縮ひずみ $\bar{\epsilon}$ を横軸にとっている．この図より，解析結果および実験結果の終局強度 σ_u は，降伏点 σ_y に近い値であるが，降伏点に達していないことがわかる．また，解析結果の終局強度時の平均圧縮ひずみの値 $\bar{\epsilon}_u (=0.00445)$ は，図-5 の応力—ひずみ曲線上では，曲線の傾きが $E_1'=0$ の領域にあることがわかる．さらに，最大荷重後の挙動に関しては，実験結果が示されていないので，不明である．

5. まとめ

- 高張力鋼からなる圧縮補剛板の弾塑性有限変位解析の結果と実験結果との荷重—縮み量曲線を比較すると，両者の挙動に若干異なる点が見られたが，最大荷重の値は，両者でほぼ等しくなった．
- 今後，さらに幅厚比が小さい場合などの解析結果についても実験結果と比較を行う必要がある．

参考文献

- 小松定夫・吉川 紀・牛尾正之：80 キロ鋼の補剛板の極限強度に関する実験，土木学会論文報告集，第 218 号，pp.31~37，1973 年 10 月．
- USSP 研究会：ユーザーズ・マニュアル、理論編、Ver. 3.0、日本構研情報(株)、平成 8 年 10 月．
- 小松定夫・牛尾正之・北田俊行：補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集，第 265 号，pp.25~35，1977 年 9 月．