

鋼材特性と圧縮板の極限強度に関する研究

J R東海 正 員○梅村哲男
 岐阜大学工学部 正 員 森脇良一
 岐阜大学工学部 正 員 奈良 敬

1. まえがき 極限強度に基づいて強度評価を行うには、材料の非弾性領域での挙動、すなわち非弾性領域での応力-ひずみ関係が重要になってくる。鋼材特性を変化させたはりの曲げ耐力実験¹⁾が行われているが、一様伸び(以下「 ϵ_u 」と呼ぶ)の変化は高々2%であった。しかし近年のわが国の製鋼技術の発達により、鋼材の機械的性質を幅広く操作できること事がある程度可能となってきた。本研究は、従来型の高張力鋼および軟鋼を用いた圧縮板の極限強度特性²⁾を踏まえた上で、鋼材の機械的性質を変化させた場合、その極限強度がどのように変化するかを、数値計算例に基づいて報告するものである。

2. 解析法 弾塑性有限変位解析法をひずみ硬化についても考慮できるように拡張したものをを用いる³⁾。弾塑性応力-ひずみマトリックス D_{EP} は文献³⁾の記号を使って次式のように与えられる。

$$D_{EP} = D_E - \frac{D_E \{ \partial f / \partial \sigma \} \{ \partial f / \partial \sigma \}^T D_E}{\{ \partial f / \partial \sigma \}^T D_E \{ \partial f / \partial \sigma \} + H} \quad (1)$$

3. 解析モデル 一般に縦軸に σ / σ_y 、横軸に ϵ / ϵ_y をとった真応力-ひずみ関係では、ひずみ硬化領域における応力-ひずみ関係は曲線で表される。それをさらに両対数目盛りのグラフに示すと直線で表される³⁾。従って、ひずみ硬化領域まで考慮した応力-ひずみモデルを次式のようにおく。

$$0 \leq \epsilon \leq \epsilon_y \quad \text{の時} \quad \sigma / \sigma_y = \epsilon / \epsilon_y \quad (2)$$

$$\epsilon_y \leq \epsilon \leq \epsilon_H \quad \text{の時} \quad \sigma / \sigma_y = 1.0 \quad (3)$$

$$\epsilon_H \leq \epsilon \quad \text{の時} \quad \sigma / \sigma_y = B(C + \epsilon / \epsilon_y)^n \quad (4)$$

ただし σ_y , ϵ_y , および ϵ_H はそれぞれ降伏応力度、降伏ひずみおよびひずみ硬化開始ひずみである。

境界条件は、周辺単純支持とし、非載荷辺 ($Y=0, b/2$) では面内平行横変位とする。また圧縮荷重については $X=a/2$ において一様圧縮変位を導入することにより与えた。図-1に示すように変形の対称性から、圧縮板の1/4を取り出し解析モデルとした。縦横比 a/b については、0.5と1.0の場合を比較すると W_0 が等しい場合、1.0に比べて0.5の方が極限強度が低下する³⁾ので、縦横比は0.5とする。また幅厚比は幅厚比パラメータ(以下「 R 」と呼ぶ)が0.3, 0.5になるようにした。初期たわみは道路橋示方書の許容値である $b/150$ とする。残留応力は、板の縦方向のみに自己平衡となるように矩形分布として導入し、 $\sigma_{rt} = 0.9 \sigma_y$, $\sigma_{rc} = -0.2 \sigma_y$ とする⁴⁾。鋼材の機械的性質は表-1のように定める。ここで $Y.R.$ は降伏比である。

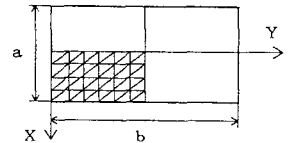


図-1 解析モデルの要素分割

表-1 鋼材の機械的性質

鋼材	Y.R.	σ_u	σ_y	ϵ_y	ϵ_H	ϵ_u
		(kgf/mm ²)		(× 10 ⁻³)		
LY1	0.7	60	—	2000	2000	100000
LY2	0.7	60	—	2000	2000	200000
L11	0.7	60	42	2000	10000	100000
L12	0.7	60	42	2000	10000	200000
L21	0.7	60	42	2000	20000	100000
L22	0.7	60	42	2000	20000	200000
QY1	0.9	60	—	2571	2571	100000
QY2	0.9	60	—	2571	2571	200000
Q11	0.9	60	54	2571	10000	100000
Q12	0.9	60	54	2571	10000	200000
Q21	0.9	60	54	2571	20000	100000
Q22	0.9	60	54	2571	20000	200000

4. 結果および考察 Y.R. による影響を調べた結果の一例として、 $R=0.3$ の圧縮荷重-たわみ曲線を図-2に示す。Y.R. の低いLY1 およびL12 は、降伏荷重を越えてからのかなりの圧縮荷重の増加が期待できる。一方Y.R. の高いQY1 およびQ12 においても、降伏荷重を越えてからの圧縮荷重の増加が期待できるものの、その増加量はLシリーズに比べて少ない。図-3に示すように $R=0.5$ の場合では、L11 とQ11 を比較するとL11 が降伏荷重を越える極限強度を有するのに対し、Q11 は降伏荷重に達する前に圧縮荷重が低下する。L22 とQ22 を比較すると、共に降伏荷重付近から圧縮荷重が低下するが、L22 は降下曲線の勾配が小さい。

ϵ_H による影響を調べた結果の一例として、 $R=0.3$ の場合のLシリーズの極限強度と ϵ_H の関係を図-4に示す。

この図では ϵ_u が同じであれば、 ϵ_H の値にほとんど関係なく極限強度はほぼ同じである。図-5に示す $R=0.5$ の場合では ϵ_u の小さい領域において、 ϵ_H の差異による極限強度の低下が著しく、 ϵ_H の大きい鋼材程極限強度が低下している。また図-6, 7に示すQシリーズでは ϵ_H の差異による極限強度の変化は小さい。

次に ϵ_u による影響を調べてみる。 $R=0.3$ の場合、図-4では $\epsilon_u=0.1$ の極限強度が $\epsilon_u=0.2$ のそれを上回っている。Lシリーズにおける圧縮荷重-たわみ曲線の一例を図-8に示す。LY1とLY2、およびL21とL22はともに同等のたわみ量からひずみ硬化の影響によって圧縮荷重が増加している。しかし、LY2およびL22はLY1およびL21よりも圧縮荷重が緩やかに増加し、極限強度時のたわみ量がかなり大きくなっている。 $R=0.5$ の場合、図-5では $\epsilon_u=0.2$ の方が $\epsilon_u=0.1$ の場合に比べて極限強度が低下し ϵ_H が小さくなる程その低下が著しい。Y.R.=0.7、 $\epsilon_H=\epsilon_y$ の圧縮荷重-たわみ曲線を図-9に示す。LY1はLY2よりも極限強度が高めになっている。つまり $\epsilon_u=0.2$ では鋼材の一部がひずみ硬化領域に入ってもその影響の現れ方が緩やかなため、その間たわみが増大し圧縮荷重が増加しないと言える。また図-6, 7に示すQシリーズでは ϵ_u の差異による極限強度の変化は小さい。

5. 結論 本研究で得られた結果をまとめると以下の事が言える。①本解析では、Y.R.を0.7および0.9としたが、極限強度を N_u/N_y として評価した場合、Y.R.=0.7の方が極限強度が大きくなる。②Y.R.=0.9(Qシリーズ)の場合では極限強度は ϵ_H 、 ϵ_u といった鋼材の機械的性質を変化させてもその影響をほとんど受けない。③Y.R.=0.7(Lシリーズ)では $R=0.3$ の場合、 ϵ_H を変化させると降伏荷重付近で生ずる塑性流れが変化するものの、極限強度はあまり変化しない。一方 $R=0.5$ では ϵ_H が大きい程極限強度が低下する。④ N_u/N_y に最も有利となる鋼材特性は、Y.R.=0.7では ϵ_H 、 ϵ_u とも小さいもの(LY1)である。⑤極限強度の比較に用いる鋼材の指標としてY.R.、 ϵ_H および ϵ_u を挙げたがこれらの指標が極限強度に与える影響は R により大きく変化する。 参考文献 1)安藤良典; 限界状態設計法に向けての鋼材特性に関する実験的研究, 岐阜大学修士論文, 1991年2月。2)森脇良一・奈良 敬・梅村哲男; 高張力鋼を用いた圧縮板の極限強度, 平成3年度中部支部研究発表会講演概要集, 1992年3月。3)奈良 敬・出口恭司・小松定夫; ひずみ硬化を考慮した圧縮板の極限強度に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 33A, pp. 141-150, 1987年3月。4)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, pp25-35, 1977年9月。

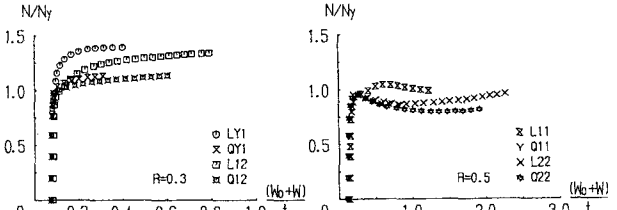


図-2 圧縮荷重-たわみ曲線 図-3 圧縮荷重-たわみ曲線

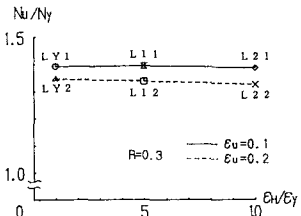


図-4 極限強度と ϵ_H

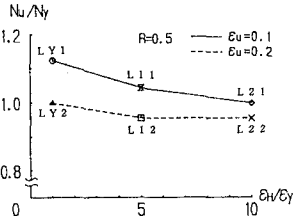


図-5 極限強度と ϵ_H

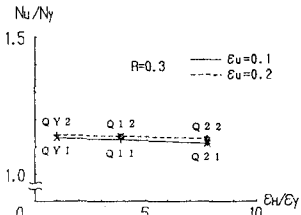


図-6 極限強度と ϵ_H

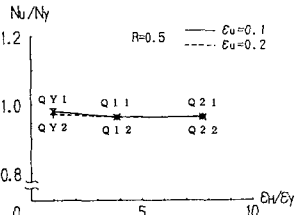


図-7 極限強度と ϵ_H

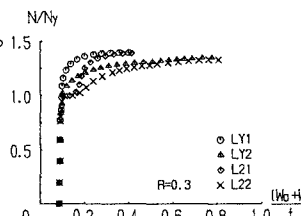


図-8 圧縮荷重-たわみ曲線

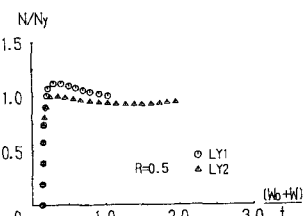


図-9 圧縮荷重-たわみ曲線