

I-60 鋼材特性を考慮した鋼板の 極限圧縮強度に関する研究

岐阜大学大学院 学生員○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

現行の道路橋示方書(以下「道示」と呼ぶ)においては、鋼材の特性値として、軟鋼の場合は降伏点を用い、高張力鋼の場合には0.2%耐力を用いて、これらの特性値に約1.7の安全率を見込む許容応力度設計を採用している。しかし、道示には次のような2つの問題点が生じる。①材料特性の影響が評価できない¹⁾。②極限強度に基づいて強度評価を行うことができない²⁾。

現在、鋼橋の薄肉軽量化、長大化が推進されるにつれ、鋼板構造の合理的設計の重要性がますます認識されつつある。さらに、構造物の設計基準を許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しようとする世界のすう勢がある。このような状況を踏まえて、鋼板構造の構成要素である圧縮板、さしあたってここでは周辺単純支持板を対象として、その極限強度と鋼材特性の関係について解明し、極限強度に有利となる鋼材特性について検討を行ったので報告する。

2. 研究方法

一般に縦軸に σ/σ_Y 、横軸に $\varepsilon/\varepsilon_Y$ 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²⁾。従って、ひずみ硬化領域における応力-ひずみモデルを次式のようにおいた。

$$\sigma/\sigma_Y = B(a + \varepsilon/\varepsilon_Y)^n \quad (1)$$

以下、弾性領域と踊り場における取扱いについて述べる。

- 弾性領域については原点から、 $\sigma/\sigma_Y=1.0$ 、 $\varepsilon/\varepsilon_Y=1.0$ の点まで直線で表す。
- 踊り場については踊り場の最終点はひずみ硬化の開始点である。つまり、式(1)において $\sigma/\sigma_Y=1.0$ となる $\varepsilon/\varepsilon_Y$ 、すなわち $\varepsilon_H/\varepsilon_Y$ が踊り場の最終点となる。

よって、応力-ひずみモデルを弾性領域、踊り場、ひずみ硬化領域に分けることにより、その関係を示すことができる。

3. 解析モデル

境界条件は周辺単純支持で、メッシュ分割は 3×4 、つまりX方向には3分割、Y方向には4分割とした。幅厚比 b/t については、ひずみ硬化を考慮することによって極限強度の上昇が期待できる幅厚比パラメータ R の範囲は、どの鋼種についても0.5付近より小さい領域である。また、 $R=0.3$ の場合降伏応力度が小さい鋼材ほどひずみ硬化の影響が顕著である²⁾。したがって、ここでは $R=0.3$ および0.5とし、それらに対応する b/t を表-1に示す。また、縦横比 a/b については、0.5と1.0の場合を比較すると初期たわみの最大値 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²⁾ので、縦横比は0.5とした。

初期たわみの最大値 W_0 は道示の許容値 $b/150$ とした。

表-1 幅厚比 b/t の値

また残留応力については、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た。残留引張応力度 σ_{rt} 、残留圧縮応力度 σ_{rc} は文献3)より以下のように与えた。

$$\sigma_{rt} = 0.9\sigma_Y \quad \sigma_{rc} = -0.2\sigma_Y \quad (2)$$

引張強さ σ_u は 60 kgf/mm^2 とした。 σ_u のときのひずみは ε_u である。また、降伏比と部材変形能力との関係

降伏比 R	Y. R. = 0. 7 (周辺単純支持板)	Y. R. = 0. 9 (周辺単純支持板)
R = 0. 3	1 2. 7 5 5	1 1. 2 4 9
R = 0. 5	2 1. 2 5 8	1 8. 7 4 8

を調べるために、Y. R. = 0.7 および 0.9 を対象とする。なお、解析モデルの機械的性質については、表-2 に示すとおりである。これは、例えば文献4) の鋼材の機械的性質に若干の修正を加えたものである。

4. 結果及びその考察

解析結果の考察を行うに当たり、鋼材特性に関する 3 つの指標、すなわち降伏比 Y. R. とひずみ硬化開始ひずみ ε_H 、および極限ひずみ ε_U に着目した。この時、解析モデルは、幅厚比パラメータ R が 0.3 と 0.5 の 2 通りとなる。

まず、 ε_H と ε_U が共通で Y. R. が異なる場合について考えてみる。モデルは、D7N1 と D9N1、D7X1 と D9X1 との比較になる。

R = 0.3 の場合、図-1 において、Y. R. の小さい D7N1 はひずみ硬化領域で、ひずみ硬化による耐荷力の上昇がかなり期待できる。一方、Y. R. が大きい D9N1 は、ひずみ硬化領域での耐荷力の上昇は余り期待できない。同じように D7X1 は耐荷力の上昇がかなり期待できるのに対し、D9X1 はあまり期待できないということが分かった。

つまり、Y. R. が変化することによって影響を受けるのは、ひずみ硬化による耐荷力の増加量であると言える。解析結果から分かることは、Y. R. = 0.7 のモデルはかなり耐荷力の上昇が期待できるのに対し、Y. R. = 0.9 のモデルとなるとそれ程期待できないと言える。

その他、 ε_H と Y. R. が共通で ε_U が異なる場合、さらに ε_U と Y. R. が共通で ε_H が異なる場合について考察を行った結果以下のようになる。

ε_U が変化する事によって影響を受けるのは、ひずみ硬化による耐荷力の上昇の度合であると思われる。 ε_U の小さいモデルは急激に耐荷力が上昇し、大きいモデルは緩やかに上昇する。すなわち、 ε_U はひずみ硬化領域での耐荷力の上昇率に関係し、 ε_U が小さくなる事によって耐荷力の上昇率は大きくなる傾向を示す。 ε_H が変化する事によって影響を受けるのは、降伏した後ひずみ硬化によって耐荷力が上昇し始めるまでに生ずるひずみの増加量であると思われる。降伏後に生ずる塑性流れは、 ε_H が大きくなるに従い大きくなる傾向を示す。

5. 鋼材特性に関する考察

極限強度と鋼材特性の関係について解明し、極限強度に有利となる鋼材特性について考察を行った。降伏比 Y. R.、極限ひずみ ε_U の鋼材特性についてそれぞれ考えてみると次の 2 つの事が言える。

- ① 降伏比 (Y. R.) は、ひずみ硬化による耐荷力の増加量に影響を与える。
- ② 極限ひずみ (ε_U) は、ひずみ硬化による耐荷力の上昇率に影響を与える。

参考文献 1) 加藤 勉：建築用鋼材の降伏比について、鉄と鋼，第74巻，第6号，pp. 11-21，1988年6月。
2) 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，土木学会構造工学論文集，Vol. 33A，pp. 141-150，1987年3月。3) 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。4) 青木博文・加藤 勉・丁 峰：高炉厚板鋼板の機械的性質と応力-ひずみ関係の数式表示，日本建築学会構造系論文報告集，第398号，pp. 73-85，1989年4月。

表-2 解析モデルにおける
鋼材の機械的性質

モデル	Y. R.	σ_U	σ_Y	ε_Y	ε_H	ε_U
		(kgf/mm ²)		(× 10 ⁻³)		
D7N1	0.7	60	42	2000	11000	120000
D7X1	0.7	60	42	2000	21000	120000
D9N1	0.9	60	54	2571	11000	120000
D9X1	0.9	60	54	2571	21000	120000
S7NN	0.7	60	42	2000	9000	120000
S7NX	0.7	60	42	2000	9000	220000
S7XN	0.7	60	42	2000	28000	120000
S7XX	0.7	60	42	2000	28000	220000
S9NN	0.9	60	54	2571	11000	80000
S9XN	0.9	60	54	2571	21000	80000

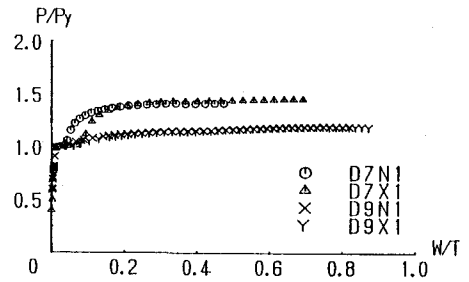


図-1 R=0.3 荷重-たわみ曲線