

ひずみ硬化を考慮した圧縮板の極限強度特性に関する研究

大阪大学工学部 正員 小松定夫 大阪大学工学部 正員 奈良 敬
 大阪大学大学院 学生員 出口恭司 大阪大学工学部 学生員 〇鳥牧昭夫

1. まえがき 塑性領域で崩壊する幅厚比の小さい圧縮板では、極限強度が降伏荷重を越えることが実験的に知られている。この原因としては、ひずみ硬化の影響が考えられる。本研究では、比較的幅厚比の小さい圧縮板について、ひずみ硬化を考慮した極限強度を算定し、理論的立場からこの事実を明らかにした。1) 今回は、鋼材の圧縮試験よりえられたデータに基づき、ひずみ硬化が極限強度に与える影響について考慮したので報告する。

2. 解析法 解析には、有限要素法を適用した、ひずみ硬化を考慮した弾塑性有限変位解析プログラムを用いた。本解析法は、von-Mises の降伏条件、Prandtl-Ruess の塑性流れ則、Pragerの等方性ひずみ硬化則に従うものとする。

3. 材料試験 式(1)に示されるように、ひずみ硬化に関するパラメータであるひずみ硬化係数Bおよびひずみ硬化指数nを求めにあたり、鋼材の材料試験を実施した。材料試験については、圧縮試験と引張試験の両方を行った。供試体については、引張試験の場合はJIS1号試験片、圧縮試験片の場合は高さと同径の比が3の円柱とし、7鋼種より、1鋼種につきそれぞれ3本、合計42本制作した。試験結果を表-1に示す。これより、圧縮試験と引張試験の結果を比較すると、ヤング係数Eと降伏応力度 σ_y に差異が少し認められる。他のパラメータについては、明確な差異は認められない。圧縮試験より得られた真応力-真ひずみ曲線を図-1に示す。この曲線は、 $\sigma/\sigma_y = B(\epsilon/\epsilon_y)^n$ - (1) の両辺を自然対数で表現したものである。図中

表-1 材料試験結果

| 鋼材 記号 | 引張試験 | | | | | | | | |
|----------|------|------------|------------|------------|-------|--------|----------|--------|--------|
| | t | σ_y | σ_t | σ_b | E | ν | δ | B | n |
| A | 16.0 | 2545 | 4255 | 3344 | 2.113 | 0.2870 | 30.0 | 0.5017 | 0.3100 |
| B | 16.0 | 3608 | 5086 | 3870 | 2.096 | 0.2755 | 26.1 | 0.6162 | 0.2546 |
| C | 31.7 | 3908 | 5448 | 3789 | 2.117 | 0.2774 | 30.3 | 0.6424 | 0.2619 |
| D | 15.7 | 3862 | 5539 | 4064 | 2.119 | 0.2739 | 26.7 | 0.5780 | 0.2744 |
| E | 31.7 | 3974 | 5579 | 3780 | 2.091 | 0.2834 | 29.5 | 0.7596 | 0.2035 |
| F | 15.9 | 5191 | 6053 | 4065 | 2.133 | 0.2837 | 21.6 | 0.8134 | 0.1576 |
| G | 29.8 | 5252 | 6183 | 3602 | 2.120 | 0.2826 | 24.6 | 0.8910 | 0.1376 |

| 鋼材 記号 | 圧縮試験 | | | | | | |
|----------|------|------|------------|-------|--------|--------|--------|
| | l | d | σ_y | E | ν | B | n |
| A | 45.0 | 15.0 | 2595 | 2.116 | 0.2819 | 0.5004 | 0.3160 |
| B | 45.0 | 15.0 | 3789 | 2.130 | 0.2795 | 0.6818 | 0.2388 |
| C | 93.0 | 31.0 | 4084 | 2.130 | 0.2861 | 0.6668 | 0.2600 |
| D | 45.0 | 15.0 | 4102 | 2.135 | 0.2747 | 0.6251 | 0.2625 |
| E | 93.0 | 31.0 | 4106 | 2.119 | 0.2845 | 0.7125 | 0.2313 |
| F | 45.0 | 15.0 | 5401 | 2.148 | 0.2827 | 0.8482 | 0.1632 |
| G | 87.0 | 29.0 | 5407 | 2.143 | 0.2812 | 0.9036 | 0.1498 |

l: 高さ(mm), d: 直径(mm), t: 板厚(mm), σ_y : 降伏応力度(kg/cm²)
 E: ヤング係数(10⁴kg/cm²), ν : ポアソン比, δ : 伸び(%)
 σ_t : 引張強さ(kg/cm²), σ_b : 破断強さ(kg/cm²)
 B: ひずみ硬化係数, n: ひずみ硬化指数
 鋼材記号 A: SS41 B: SM50A C: SM50B D: SM50YA
 E: SM50YB F: SM58 G: SM58

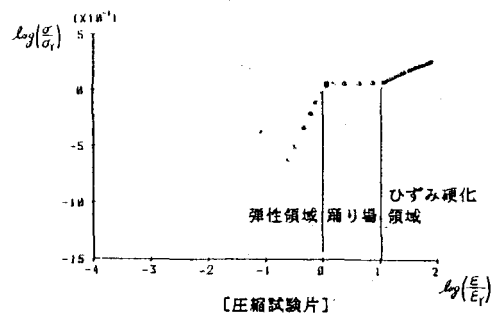


図-1 真応力-真ひずみ曲線

のひずみ硬化領域について、 B と n を最小自乗法により求めた結果は、表-1の右欄の通りである。 B 、 n と σ_Y の関係を図-2および3に示す。これより、 B については圧縮試験と引張試験とで殆ど違いが見られない。一方 n については、圧縮試験の場合の方が引張試験の場合に比して全体的に大きな値を示していることがわかる。また、 B および n と σ_Y の間には明確な相関関係が見られる。

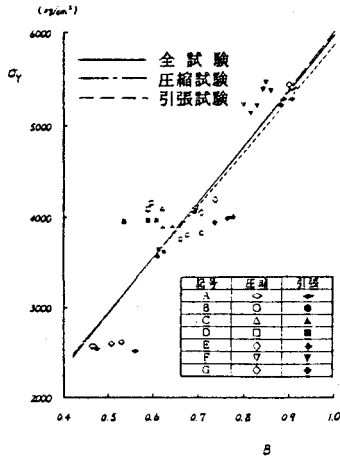


図-2 降伏応力度-ひずみ硬化係数曲線

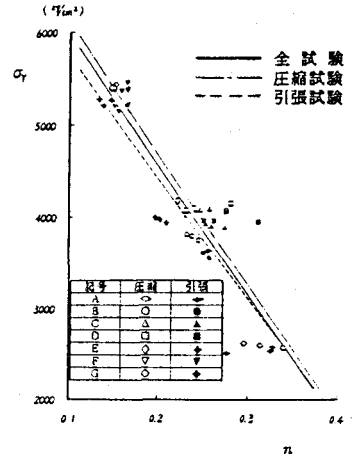


図-3 降伏応力度-ひずみ硬化指数曲線

4. 解析モデル 解析モデルの概略図を図-4に示す。境界条件は周辺単純支持とした。残留応力度については文献2)、初期たわみについては道路橋示方書の許用値 $b/150$ に基づいた。

5. 解析結果 初期不整を持つ圧縮板について数値計算を行った結果についてのべる。鋼種はSS41、縦横比 $a/b=0.5$ 、幅厚比パラメータ $R=0.3, 0.4, 0.5$ とした。図-4において、 X 方向に圧縮変位を加えるものとする。解析結果と過去に実施された実験結果および示方書との比較を図-5に示す。道示およびDAS tの基準耐荷力曲線を、それぞれ一点鎖線および二点鎖線で示す。破線にひずみ硬化を考慮しない場合の解析結果を破線で示す。この図より、本研究で得られた極限強度曲線は、実験結果の下限値を示していることがわかる。また、圧縮試験結果による極限強度曲線と引張試験による極限強度曲線との差はほとんどない。道示、DAS tとも $\sigma_{max}/\sigma_Y = 1$ となる最大幅厚比パラメータは $R_{cr} = 0.7$ である。ひずみ硬化を考慮しない場合、 $R=0.3$ においても $\sigma_{max}/\sigma_Y < 1$ である。ひずみ硬化を考慮したばあい、 $R=0.4$ 付近で $\sigma_{max}/\sigma_Y = 1$ となる。

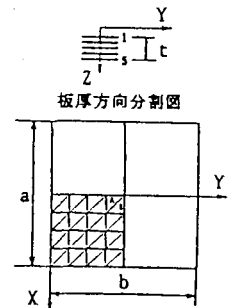


図-4 解析モデル

あとがき 図-2および3に示す B および n と σ_Y の関係を用いて、他の鋼種についても解析を進める予定である。

参考文献 1) 出口・小松・奈良：土木学会第40回年次学術講演会，I-80，1985年9月 2) 小松・牛尾・北田：土木学会論文報告集，第265号，1977

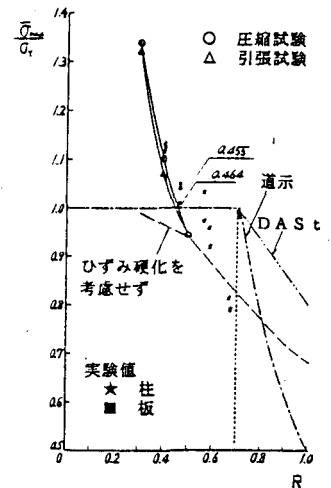


図-5 極限強度曲線