

I-88

ねじりを含む組合せ断面力下の薄肉箱形短柱の終局強度に関する実験的研究

大阪府 正員 松下孝文 川崎重工業㈱ 正員 國廣昌史
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博 川崎重工業㈱ 正員 大南亮一
 大阪市立大学工学部 正員 北田俊行 清水建設㈱ 正員 大槻正彦

1. まえがき

組合せ断面力を受ける薄肉箱形短柱の終局強度特性を明らかにするため、短柱模型に圧縮、曲げ、および、ねじり荷重を同時に載荷できるN-M-T崩壊実験装置を試作し、この装置を用いて崩壊実験を行った。さらに、圧縮、曲げ、および、ねじりを受ける薄肉箱形断面の全塑性相関曲面を誘導し、実験結果の整理・考察を行ったので、これらの結果を本文で報告する。

2. 実験概要

今回試作したN-M-T崩壊実験装置を、図-1に示す。実験供試体は、実績調査結果¹⁾から幅厚比パラメータ $R (= \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}})$ がフランジ・プレートで0.59、ウェブ・プレートで0.7となる断面に製作した。図-2には、供試体の断面寸法を示す。崩壊実験は、供試体に作用させる圧縮、曲げ、および、ねじり荷重を種々に組み合わせ、それらが比例的に漸増する载荷の条件の下で行った。

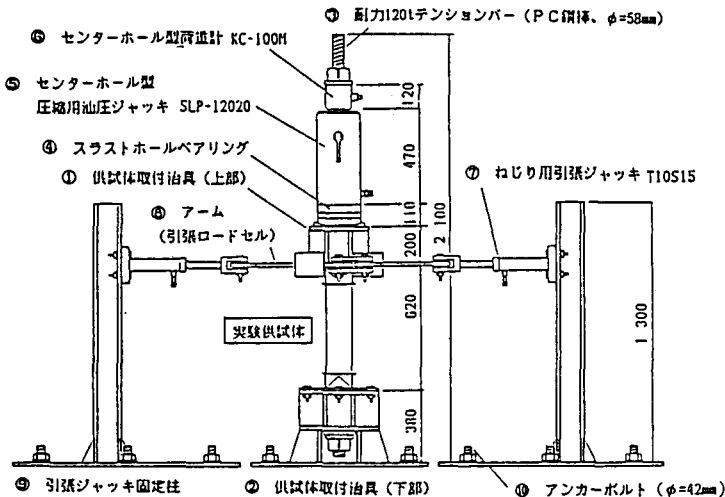
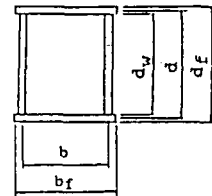


図-1 N-M-T崩壊実験装置



$b_f = 133.03 \text{ mm}$
 $b = 118.85 \text{ mm}$
 $d_f = 162.18 \text{ mm}$
 $d = 158.14 \text{ mm}$
 $d_w = 153.71 \text{ mm}$
 $t = 4.434 \text{ mm}$
 $\sigma_y = 2946 \text{ kg/cm}^2$

図-2 断面寸法

3. 実験結果

(1) N-M-T全塑性相関曲面

全塑性状態における軸力 N 、一軸曲げモーメント M 、および、ねじりモーメント T に関する相関曲面を考える。まず、作用ねじりモーメント T による応力低減係数 K は、次式で表される。

$$K = \sqrt{1 - T^2} \quad \dots(1)$$

このとき、軸力 N と一軸曲げモーメント M との相関関係は、次のとおりとなる。

① 中立軸がフランジ・プレート内にある場合 ($N \leq K \cdot A_w \cdot \sigma_y$):

$$\bar{M} = K - \frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{A_r \cdot d}{A_w \cdot d_w}} \cdot \left(1 + \frac{A_w}{A_r}\right)^2 \cdot \frac{1}{K} \cdot \bar{N}^2 \quad \dots(2)$$

② 中立軸がフランジ・プレート内にある場合 ($N > K \cdot A_w \cdot \sigma_y$):

$$\bar{M} = \frac{K}{1 + 2 \cdot \frac{A_r \cdot d}{A_w \cdot d_w}} \cdot \frac{A_r}{A_w} \left\{ \frac{d_r}{d_w} \cdot (1 - \alpha^2) + (1 + \alpha)^2 \right\} \quad \dots(3)a$$

ここに、 $\alpha = \left\{ \frac{\bar{N}}{K} \cdot \left(1 - \frac{A_r}{A_w} \right) - 1 \right\} \cdot \frac{A_w}{A_r} \dots (3)b$

また、

$$\bar{N} = N/N_p, \bar{M} = M/M_p, \bar{T} = T/T_p \dots (4)a-c$$

N_p ：全塑性軸力， M_p ：全塑性曲げモーメント

T_p ：全塑性ねじりモーメント

A_r, A_w ：それぞれフランジおよびウェブ

・プレートの断面積

(2) 終局強度の実験結果と考察

図-3は全塑性相関曲面を示し、また図中で終局強度の実験結果と全塑性相関曲面の計算による終局強度とを比較した。この図より、実験結果と計算結果とはほぼ一致する傾向にあることがわかった。また、表-1に示した弾塑性解析結果と実験結果との比較により、供試体はすべて全塑性状態に達した後、崩壊に至ったことが確認された。

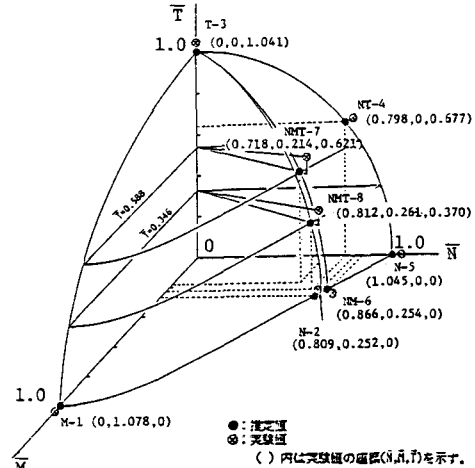


図-3 全塑性相関曲面

表-1 弾塑性解析結果と実験結果

実験供試体 荷重 番号	解析結果				実験結果			
	$\bar{N}_a$	$\bar{M}_a$	$\bar{T}_a$	$\bar{I}_a$	$\bar{N}_u$	$\bar{M}_u$	$\bar{T}_u$	$\bar{I}_u$
M 1	0	1.003	0	1.003	0	1.078	0	1.078
NMM 2	0.834	0.275	0	0.878	0.809	0.279	0	0.856
T 3	0	0	0.990	0.990	0	0	1.041	1.041
NT 4	0.764	0	0.622	1.011	0.798	0	0.577	1.046
N 5	1.000	0	0	1.000	1.045	0	0	1.045
NM 6	0.820	0.240	0	0.854	0.866	0.254	0	0.902
NMT 7	0.661	0.197	0.580	0.901	0.718	0.214	0.621	0.973
NMT 8	0.748	0.240	0.335	0.854	0.812	0.261	0.370	0.930

図-4には、崩壊実験より得られた荷重-ひずみ曲線の一例を示す。各供試体の荷重-ひずみ曲線から、それぞれの供試体の静力学的挙動について考察した結果、圧縮、あるいは曲げを受けた供試体では、すべて局部座屈が発生していたことがわかった。

4. まとめ

(1) 実橋の上限値に近い幅厚比パラメータ $R_w=0.7$ を有する板パネルからなる薄肉箱形短柱においては、その終局状態以降において局部座屈の影響を受けるが、強度に関しては全塑性状態に支配される終局強度を確保できることがわかった。

(2) 実績調査結果によると、既設の斜張橋のタワーやアーチのリブ断面の板要素は、 $R>0.7$ の供試体を用いた崩壊実験も行い、本文で述べたような各種の組合せ断面力を受ける薄肉箱形短柱の局部座屈に起因する終局強度の実験データを収集することが、今後、必要であると考えられる。

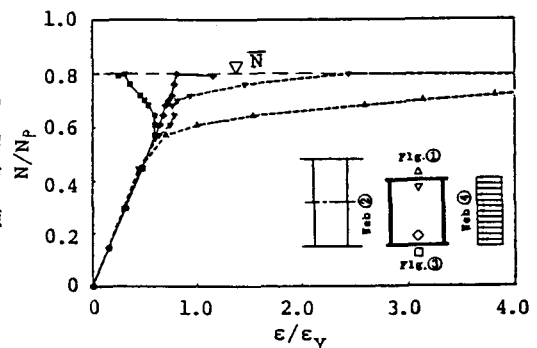


図-4 荷重-ひずみ曲線(NT-4)

参考文献：1) (社)建設コンサルタンツ協会近畿支部
：斜張橋の実績調査報告，昭和57年5月