

# テーパ鋼板を有する鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究(その2)

## ～補剛材剛比とテーパリブの影響～

愛知工業大学 学生員 山本 亮明, 正会員 青木 徹彦  
川崎製鉄(株) 正会員 熊野拓志 東海鋼材工業(株) 塚本 芳正

**1. はじめに** 従来の単柱式鋼製橋脚に関するほとんどの研究は一定板厚を用いたものであり、十分な変形能力がない点が問題であった。本研究ではテーパ鋼板を鋼製橋脚<sup>1)2)</sup>に用いてこれを改善し、一定板厚補剛材剛比とテーパ補剛材剛比をパラメータに選んで、耐震性能に及ぼす影響を繰返し載荷実験により明らかにする。

### 2. 実験計画および方法

供試体は板厚 6mm、一辺 450mm のリブ付正方形断面を基準とし、テーパ鋼板は長さ 900mm、上下端板厚をそれぞれ 6mm, 10mm として橋脚基部の 4 辺に設ける。使用鋼材は材質 SM490A, 実測降伏強度は 423N/mm<sup>2</sup>, テーパ部 416N/mm<sup>2</sup>。供試体の概略寸法を表 1, 図 1 に示す( $R_f=0.19 \sim 0.26$ ,  $R_r=0.34$ )。細長比パラメータは  $\lambda=0.34$ 。

**(1) 補剛材剛比の影響 (GAM シリーズ);** 補剛材の板厚は 6mm 一定とし、幅  $b_s$  を変化させることにより補剛材剛比  $\gamma$  と必要最小剛比  $\gamma^*$  の比  $\gamma/\gamma^*$  を変化させる。繰返し荷重を受ける補剛板の場合,  $\gamma/\gamma^*$  は 3 程度が推奨されている。本研究では第 1 パネルの中央高さ(基部から 225mm( $=h_{TP}/4$ )の位置)を代表断面として計算した  $\gamma/\gamma^*$  の値が 2.2, 3.2, 4.3 となるように  $b_s$  を設定した。これらを GAM22, GAM32, GAM43 と名づける。

**(2) テーパーリブ剛比の影響 (RBTP シリーズ);** 補剛板はテーパ鋼板で、補剛材が一定板厚の場合、長さ方向に  $\gamma/\gamma^*$  の値が異なってくるから、補剛板は  $\gamma/\gamma^*$  の小さいところで全体座屈、大きいところで局部座屈を生じ、塑性領域の様な伸展がないかもしれない。そこで補剛材も補剛板と同じテーパ板から切り出した一定幅のものを用い、ほぼ様な座屈モードを期待して耐震性能を調べる。補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  は前項(1)GAM シリーズと同じ値を設定し、第 1 パネルの中央高さで 3 種設定した。これらを RBTP22, RBTP32, RBTP43 と名づける。始めに RBTP22 と RBTP43 の実験を行ったところ、いずれもテーパ鋼板と一定板厚鋼板の境界付近で予期せぬ座屈が生じ、テーパ鋼板上ではほとんど変形を生じなかった。そこで中間の  $\gamma/\gamma^*$  の値を持つ RBTP32 では板継ぎ付近で座屈が生じないように、写真 1 に示すように、リブ補強(写真 1(a):RBTP32-R)とフランジ補強(写真 1(b):RBTP32-F)を行った。板継ぎに関しては、降伏強度の違いや残留応力が耐荷力に影響を与えないように、板厚変化開始付近には板継ぎを設けないのが良い。

漸増繰返し載荷の基準となる降伏水平変位  $\delta_y$  は、圧縮フランジ側テーパ部の補剛材上位置におけるひずみの計測平均値が、材料試験の降伏ひずみ  $\epsilon_y$  に達したときの水平変位と定義する。一定鉛直力は 0.15Py とする。

表 1 供試体寸法

標準寸法			
鋼種	SM490A		
補剛板幅 $b$ (mm)	450 ~ 458		
補剛板板厚 $t$ (mm)	6 ~ 10		
補剛材幅 $b_s$ (mm)	75		
補剛材板厚 $t_s$ (mm)	9		
供試体高さ $h$ (mm)	2343		
補剛材剛比の影響			
供試体名	GAM22	GAM32	GAM43
分類	$\gamma/\gamma^*=2.2$	$\gamma/\gamma^*=3.2$	$\gamma/\gamma^*=4.3$
リブ寸法	$b_s=65$	$b_s=75$	$b_s=84$
テーパリブの影響			
供試体名	RBTP22	RBTP32-R RBTP32-F	RBTP43
分類	$\gamma/\gamma^*=2.2$	$\gamma/\gamma^*=3.2$	$\gamma/\gamma^*=4.3$
リブ寸法 (mm)	$b_s=65$ $t_s=6 \sim 10$	$b_s=75$ $t_s=6 \sim 10$	$b_s=84$ $t_s=6 \sim 10$

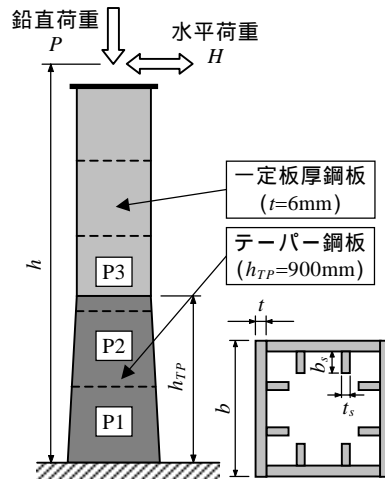
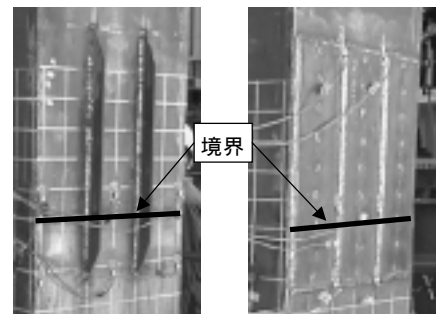


図 1 供試体図



(a) リブ補強 (RBTP32-R) (b) フランジ補強 (RBTP32-F)

写真 1 テーパーリブ供試体の補強方法

キーワード テーパー鋼板, 補剛材剛比, テーパーリブ

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL 0565-48-8121 FAX 0565-48-3749

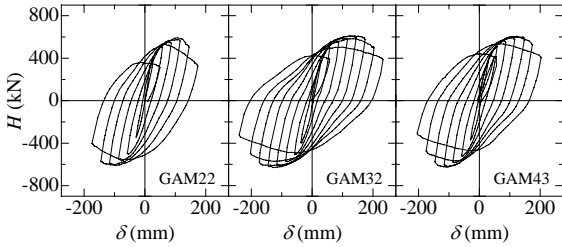


図2 水平荷重 - 水平変位履歴曲線(GAMシリーズ)

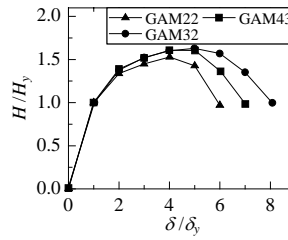


図3 包絡線(GAM)

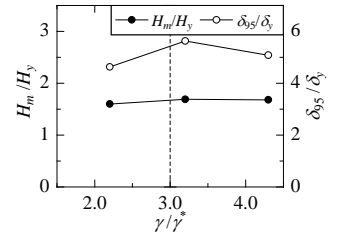


図4 最大荷重・塑性率(GAM)

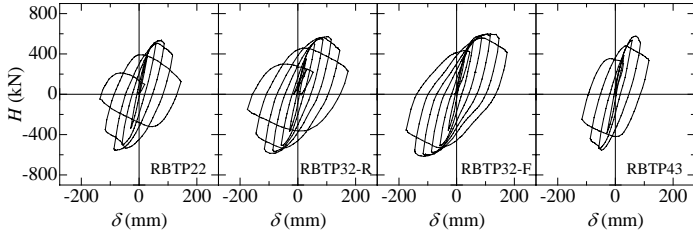


図5 水平荷重 - 水平変位履歴曲線(RBTPシリーズ)

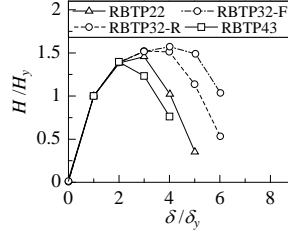


図6 包絡線(RBTP)

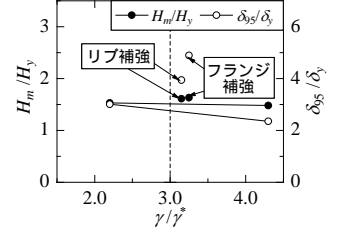


図7 最大荷重・塑性率(RBTP)

### 3. 実験結果

GAM シリーズの履歴曲線を図 2 に、その包絡線を図 3 に示す。図 2、3 より GAM32( $\gamma/\gamma^* = 3.2$ )と GAM43( $\gamma/\gamma^* = 4.3$ )を比較すると、強度が大きいと予想される GAM43 の方が最大荷重後、早期に荷重が低下している。これは、あるレベル以上の補剛材強度を用いても、局部座屈がかえって弱点に集中するためと思われる。

GAM シリーズの最大荷重・塑性率の関係を図 4 に示す。横軸は  $\gamma/\gamma^*$  を示す。同図より、GAM22( $\gamma/\gamma^* = 2.2$ )は GAM32 と比較して最大荷重で約 5%、塑性率で約 18% 小さい値を示し、3 体中最も低い値を示した。一方、GAM43 と GAM32 を比較すると、最大荷重はほぼ同等であるが、塑性率は GAM32 より約 10% 低下した。以上より  $\gamma/\gamma^*$  は 2~3 程度がテーパ鋼板に対して適当で、これ以上増加させても効果は減ずる。

RBTP シリーズの履歴曲線を図 5 に、その包絡線を図 6 に示す。図 5、6 より、RBTP22( $\gamma/\gamma^* = 2.2$ )と RBTP43 ( $\gamma/\gamma^* = 4.3$ )に関しては、最大荷重後の荷重低下が顕著である。これは前述のようにテーパ鋼板と一定板厚鋼板の境界付近で座屈が生じ、荷重とともにこの部分にのみ局部変形が集中してテーパ鋼板上でほとんど変形を生じず、塑性域の広がりが見られなかった。この理由として、文献 3) に述べられているように、テーパ鋼板の応力分布が適合勾配より負勾配（発生応力は上部で大きく、基部で小さい）になると、上部のテーパ鋼板境界部で最大応力となり、その部分に局部座屈が生じ、また荷重の繰り返しにともなって局部変形が集中的に増大するためである。

RBTP シリーズの最大荷重・塑性率の関係を図 7 に示す。横軸は  $\gamma/\gamma^*$  を示す。同図より、RBTP32-R(リブ補強)と RBTP32-F(フランジ補強)を比較すると、最大荷重はほぼ同等であるが、塑性率は RBTP32-F の方が約 24% 高い値を示した。補強した付近の  $\gamma/\gamma^*$  は 7 程度ともともと大きかったため、この位置をリブ補強しても変形性能の向上は期待できない。

### 4. まとめ

- (1) テーパ補剛板では  $\gamma/\gamma^*$  の値（第 1 パネル内の中央位置で計算）は 3 程度が適当であり、これより大きくしても効果は減少する。
- (2) 補剛材にもテーパを用いた場合、補剛板内の応力分布に注意が必要である。すなわち負勾配とならないようにしなければ変形能の増加は期待できない。負勾配の場合、テーパ鋼板と一定板厚鋼板の境界付近部で最大応力となり、繰り返し荷重によって変形がこの部分に集中し、塑性域の広がりが期待できない。

### 参考文献

- 1) 森下, 福本, 青木ら: 鋼製ラーメン橋脚の耐震性能実験と工事実態調査, 橋梁と基礎, pp.32-37, 2002.2.
- 2) 上野谷, 中村, 福本, 山本: 板厚テーパ型断面柱の繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究, 工構論文集, JSSC, pp.25-35, vol.9, 2002
- 3) 熊野, 塚本, 廣工, 青木: テーパ鋼板を有する鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究(その 1)~テーパ鋼板のセット位置とテーパ比の影響~, 第 58 回土木学会年次学術講演会, I