

コンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚の正負交番载荷実験

第一復建株式会社 正 員 ○ 李 重 桓

九州大学大学院 片 渕 和 啓

九州大学大学院 正 員 日 野 伸 一

九州大学大学院 フェロー 太 田 俊 昭

1. はじめに

近年の耐震設計では、構造物のじん性および耐力の確保が重要であることを認識し、耐震性能を向上させることを大きな課題としている。このような背景から、高い耐震性能を保有し、かつ、施工性に優れた合理的な構造の開発を目指した研究が盛んに行われるようになった。こうした観点から、筆者らは橋梁の下部工に着目し、施工の省力化および耐震性能の向上を目的とする新しい構造形式として図-1 に示すようなコンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚を提案している。50m または 100m 以上の高橋脚を想定した場合の多柱式合成橋脚の耐震性能に関する検討を含め、これまでに終局耐力や変形性能に関する解析的な検討を試みてきた⁽¹⁾。本論文は、正負交番载荷を受ける多柱式合成橋脚の変形特性や、破壊メカニズムを把握するために、模型供試体を用いた载荷実験を行ない、その結果について取りまとめたものである。

2. 実験供試体および载荷方法

- (1) 供試体の寸法：実験供試体の寸法決定は 50m 橋脚を対象とし、1/20 の基本スケールを用いて調整を行った。図-2 および図-3 に実験供試体の寸法を、表-1 に 50m 橋脚と実験供試体の主要な寸法の比較を示す。供試体製作の問題や溶接による残留応力の問題を極力避けるために、径厚比を 25.4 に、補剛材の組数を 3 組とし、主部材と斜め補剛材は高力ボルトによる結合とした。主部材と補剛材の材質は STK490、全充填したコンクリートの強度は 25N/mm² とした。
- (2) 载荷方法：载荷は一定の軸力を载荷した後、その軸力を保持した状態で、橋脚頂部から 20cm 上の载荷点に水平変位制御による正負の繰返し载荷を行った。圧縮耐力(N_u)は式(1)により算出し、その圧縮耐力の 15% である

表-1 寸法比較(単位：cm)

	50m 橋脚	供試体
高さ(H)	5000	250
幅(B)	600	30
主部材の直径(D)	180	11.43
主部材の肉厚(t)	2.0	0.45
補剛材の組数	5 組	3 組
補剛材の面積(A)	433.7cm ²	4.8 cm ²

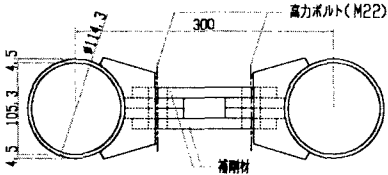
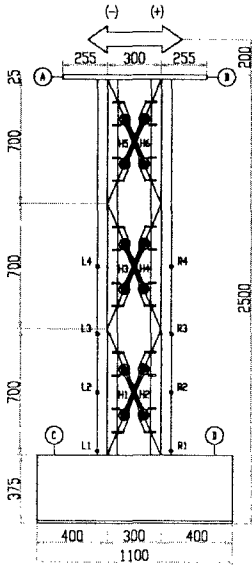
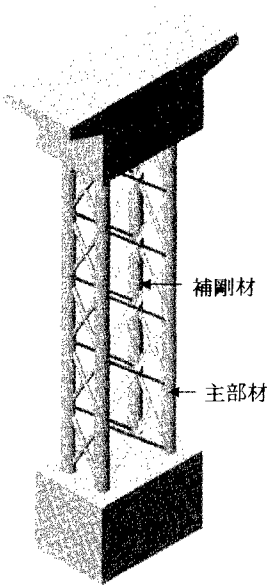


図-1 多柱式合成橋脚(50m)の概念図 図-2 実験供試体(単位：mm) 図-3 実験供試体の断面(単位：mm)

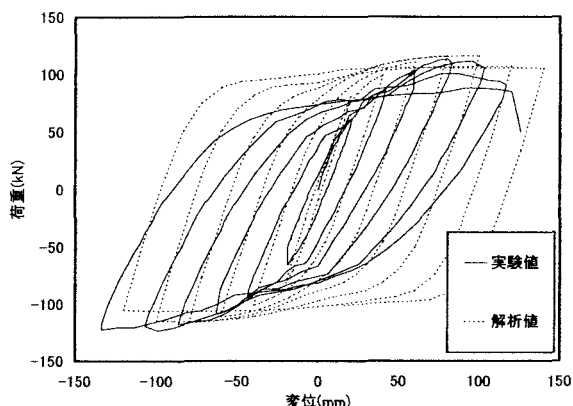


図-4 水平荷重と水平変位の履歴曲線

200kNを載荷軸力とした。

$$N_u = \sigma_y A_s + 0.85 \sigma_{ck} A_c \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

また、基本とした水平変位は、解析結果および、実験において鋼管の基部が降伏ひずみに達したときの変位(2.0cm)とし、その整数倍の変位を片振幅とした両振りの交番載荷($\pm 1 \delta_0$, $\pm 2 \delta_0$, $\pm 3 \delta_0$, $\pm 4 \delta_0 \dots$)を行った。なお、主な変位とひずみの測定位置を図-2に示す。

3. 実験結果および考察

図-4に水平変位と水平荷重の履歴曲線を示す。水平変位は、図-2に示すAおよびBで測定した値を平均し、さらに、CおよびDで測定した値を用いて基部の回転による補正を行った値である。表-2に各個所で降伏に達した順番を示す。なお、その判断には公称降伏応力から計算したひずみ値(1524 μ)を用いた。

(1) 破壊メカニズムおよび履歴曲線： $+1 \delta_0$ で、左右の鋼管の基部(R1, L1)が降伏に達し、さらに下段補剛材の中間部に位置する鋼管(R2, L2)も降伏した。最初の降伏は基部ではなく、基部から35.0cmの高さ(R2)であり、その水平荷重と変位は、55.0kNと16.8mmであった。これは、基部には斜め補剛材の補強効果によって作用力が緩和されたことが原因であると考えられる。しかし、強制変位の増加とともにその影響は少なくなる傾向がみられた。 $-1 \delta_0$ では、圧縮側となる左側鋼管のL3位置で圧縮降伏に達した。 $\pm 2 \delta_0$ では、すでに降伏した個所の塑性化が進むとともに、基部から105.0cmところまで降伏に達する結果となった。斜め補剛材の降伏は、 $\pm 3 \delta_0 \sim +7 \delta_0$ にかけて降伏が起り、その順番は表-2に示すとおりである。また、 $+5 \delta_0$ から斜め補剛材の座屈がみられた。各方向の最大水平荷重は、正方向に113.7kN($+5 \delta_0$ 時)、負方向に123.5kN($-5 \delta_0$ 時)であり、最終的な破壊は、圧縮側鋼管の基部(R1)での局部座屈と、引張側鋼管の基部(L1)での引張破断が同時に起こる破壊形式であった。

(2) 解析結果との比較：図-4に解析結果と実験結果の比較を示す。解析は2次元骨組モデルとし、非線形特性にはファイバー要素を用いたものである。鋼管およびコンクリートの応力-ひずみ曲線は、道路橋示方書に規定しているものを用い、鋼管の復元力特性は単純パイレニアを用いている。図からわかるように、初期勾配および水平荷重はある程度追跡しているが、降伏後の性状や戻り勾配については精度よく表現できているとは言い難い。これは、ひずみ硬化や逆負荷時の降伏応力低下などを考慮していない応力-ひずみ関係を用いているためであり、今後、繰返し荷重下でのこれらの現象を精度よく表現できるモデルを用いて解析を行なっていく予定である。

最後に、本研究の遂行にあたり、貴重な資料のご提供ならびにご支援を頂いた日本鋼構造協会の「鋼橋の高性能化に関する研究部会(主査：中村俊一教授)」に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 日野伸一・李重桓・太田俊昭・松田泰治・唐嘉琳：コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式合成橋脚の耐震性能に関する解析的検討，土木学会構造工学論文集，Vol.47A(2001年3月)，pp. 1423-1432。

表-2 変位と降伏イベントの関係

水平変位	降伏イベント
$\pm 1 \delta_0$	右側鋼管(R2), 右側鋼管(R1) 左側鋼管(L2), 左側鋼管(L1) 左側鋼管(L3)
$\pm 2 \delta_0$	右側鋼管(R3), 左側鋼管(L4)
$\pm 3 \delta_0$	右側鋼管(R4) 補剛材(H4), 補剛材(H2)
$\pm 4 \delta_0$	補剛材(H3)
$\pm 5 \delta_0$	補剛材(H1)
$\pm 6 \delta_0$	補剛材(H6)
$+7 \delta_0$	補剛材(H5)