

## 交番载荷を受けるコンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚の構造特性

第一復建株式会社 正会員 ○ 李 重桓  
九州大学大学院 片渕 和啓  
九州大学大学院 正会員 日野 伸一  
九州大学大学院 フェロー 太田 俊昭

### 1. はじめに

兵庫県南部地震後、土木構造物は大きな地震動を受けても崩壊しないことが強く要求されるようになり、そのための構造と技術が開発されるようになった。また、技術基準も大幅に強化改訂されることになり、許容応力度設計から地震時保有水平耐力法による設計へ移行され、さらに、現在の道路橋示方書は性能型設計を導入している。この研究では、高橋脚を対象として、自重の軽減とじん性の向上を図ることによって、優れた耐震性を保有する、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、その力学特性について解析的な検討を試みてきた。本論文では、多柱式合成橋脚の耐荷力および変形性能を実験によって検討するとともに、ファイバーモデルを用いた弾塑性解析によって実験結果の妥当性について検討を行ったものである。

### 2. 多柱式合成橋脚の载荷実験

図-1に供試体の正面図と側面図を、図-2に断面図を示す。寸法決定にあたっては、これまで検討してきた50m橋脚を対象とし、1/20のスケールを基本とした。なお、スケール調整が困難であったものについては、解析によって多柱式合成橋脚特有の破壊過程を表現できるような寸法調整を行った。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 $25\text{N/mm}^2$ である。

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、供試体頂部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。鉛直方向は荷重制御で200kNまで、水平方向は基本変位( $\delta_0$ )を20mmとする変位制御で、その整数倍の変位量を片振幅とした両振りの繰返し载荷( $\pm 1\delta_0$ ,  $\pm 2\delta_0$ ,  $\pm 3\delta_0$ , ……)とした。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 主部材の合成効果

鉛直および水平の载荷時における鋼管のひずみ分布を求めて、主部材が合成構造として挙動しているかどうかを調べた。表-1に $1\delta_0 \sim 4\delta_0$ での主部材の縦方向(高さ方向)および横方向(幅方向)のひずみ量を、図-3には $+4\delta_0$ 時のひずみ分布を示す。表-1からわかるように、圧縮側と引張側の挙動が異なっている。圧縮主部材の縦および横のひずみ関係は、一般的なポアソン比より大きくなっているが、引張主部材は逆に小さくなる結果となった。これにより、コ

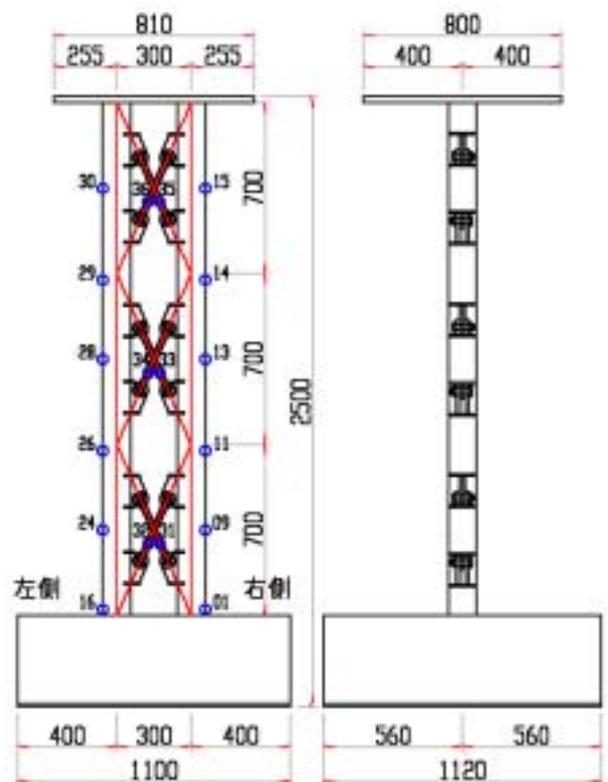


図-1 供試体の正面図および側面図(単位: mm)

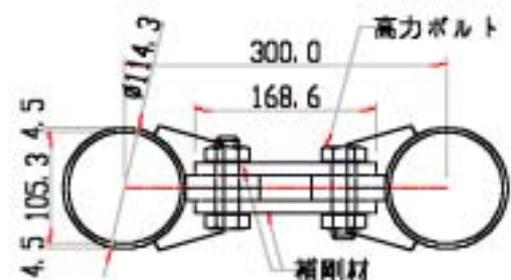


図-2 供試体の断面図(単位: mm)

キーワード:コンクリート充填鋼管, 交番载荷, 合成効果, 吸収エネルギー量, 破壊過程, ファイバーモデル

連絡先 \*: 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3丁目5-28 Tel:092-431-9181 Fax:092-461-2293

表-1 各サイクル最大時でのひずみ

	圧縮主部材			引張主部材		
	縦方向	横方向	横/縦	縦方向	横方向	横/縦
1 $\delta_0$	-1571	566	0.36	1650	-117	0.07
2 $\delta_0$	-4649	1920	0.41	3016	-601	0.20
3 $\delta_0$	-13034	6779	0.52	14400	-3117	0.22
4 $\delta_0$	-24021	12446	0.52	25295	-5095	0.20

ンクリートを充填することは、耐荷力の向上はもちろん、引張力によって鋼管の断面が変形することを抑制する効果が確認された。

(2)包絡線およびエネルギー吸収量

図-4 に水平荷重および水平変位の履歴曲線の最大点を結んだ包絡線を示す。解析は、全体モデルを2次元骨組構造とした弾塑性解析であり、すべて要素をファイバーでモデル化した。復元力特性は移動硬化則とし、材料非線形特性は道路橋示方書の規定に準拠した。負方向の最大耐力以降の剛性を除けば、解析値は精度よく実験値を評価する結果となった。最大荷重以降の剛性の違いは、最初に荷重を行う方向に起因するものと考えられる。最初の荷重方向は正方向であったので、その方向に対する主部材の降伏が先行し、交番荷重のサイクルが大きくなるに従ってその影響が徐々に現れる結果となったものと考えられる。

各サイクル時のエネルギー吸収量を図-5 に示す。エネルギー吸収量は、サイクルが大きくなるに応じて比例的に大きくなっていることから高い変形性能によるエネルギー吸収性能に優れていることがわかる。解析との比較は大きいサイクルで実験値との差が見られる。この原因は解析モデルの復元力特性の影響であり、とくに徐荷時の剛性評価が起因したものと考えられる。

(3)破壊過程

最初の降伏は、正方向荷重時に圧縮となる主部材であり、そのときの荷重および変位はそれぞれ 54.9kN および 16.7mm であった。その直後に引張主部材が降伏し、1  $\delta_0$  の荷重で両側の主部材基部が降伏する結果となった。その後、主部材の降伏が高さ方向へ徐々に進行している。+3  $\delta_0$  で補剛材が降伏しはじまり、+5  $\delta_0$  で補剛材の座屈が見られる結果となった。最終的な破壊は、引張主部材の破断と圧縮主部材の座屈によるものであった。

4. まとめ

本実験および解析により、多柱式合成橋脚の特有の破壊過程である、主部材が降伏したのち、補剛材の補強効果によって耐力を維持したまま、補剛材の降伏および座屈を経て、主部材が破壊にいたる過程を実験的に検証することができた。また、耐荷力および変形性能を弾塑性解析で把握できることが確認された。

最後に、本研究の遂行にあたり、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。

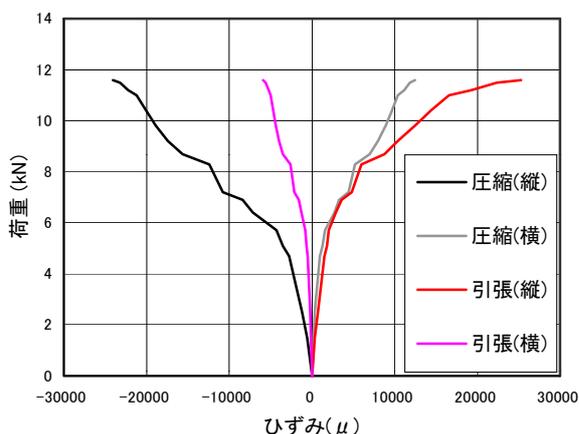


図-3 ひずみ分布(+4  $\delta_0$ )

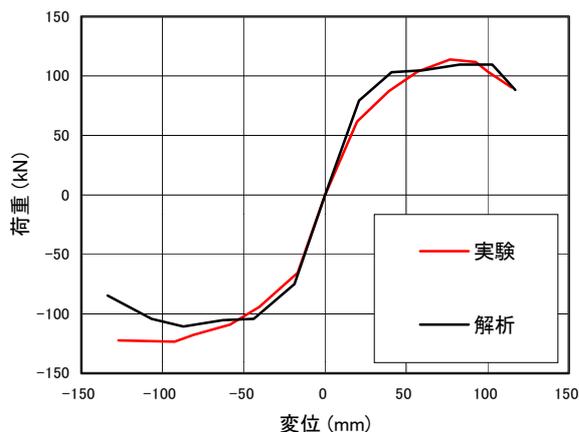


図-4 荷重と変位の関係の包絡線

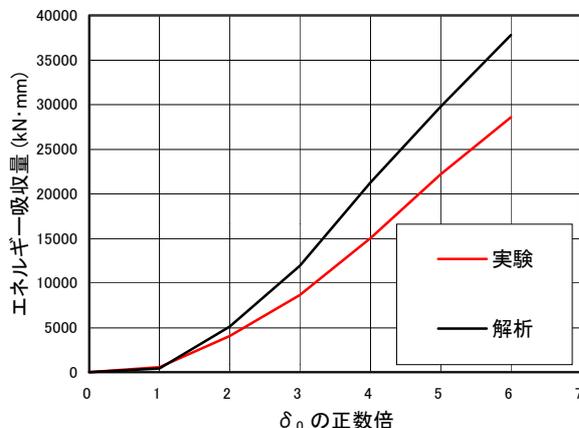


図-5 各サイクル時のエネルギー吸収量