モデル載荷試験による鋼管集成橋脚の力学的特性の検証

阪神高速道路公団	正会員	金治英貞	林訁	川裕
新日本製鐵(株)	正会員	西海健二	豊島	径

1.はじめに

兵庫県南部地震以降,鋼製橋脚の設計において建設コスト増大の課題に直面している.さらなる合理化設計 が求められる中で,筆者らは履歴型ダンパー機能を有する鋼管集成橋脚を提案している¹⁾が,その力学的特性 を把握するべく縮小モデルによる載荷試験を実施し,設計の妥当性を検討した.

2.鋼管集成橋脚の構造および実験概要

鋼管集成橋脚は,既製鋼管複数本組を基本単位に利用し,これら鋼管 複数本を履歴型ダンパー機能を有する横つなぎ材(せん断パネル)によ リーつの柱とした構造である.図1にその概略図を示す.安価な材料, 鋼材履歴減衰の有効利用,アンカーフレーム省略等のコンセプトのもと, 鉛直荷重を受持つ主部材(鋼管)と地震力等の横力対応の二次部材(横 つなぎ材)とに差別化を図る「損傷制御設計」を適用したものである.

実験には,実橋脚を 1/5 程度に縮小したモデルを 2 体作成した.図 2 に試験体を,図 3 に横つなぎ材ならびに基部の定着を,また試験体の諸 元を表1に示す.試験は 2 つのジャッキ(500kN 水平ジャッキ,1500kN 鉛直ジャッキ)を用いて,反力床・壁に反力を確保した状態で実施した. 載荷は一定の軸力(鋼管断面の軸降伏荷重の 10%(0.1Py=337.7kN))を

> ・シアリンク BH 159×70

図2 試験体概要(左:No.1,右:No.2)

載荷した状態で,水 平荷重を正負交番に 負荷した.なお水平 荷重はせん断パネル が降伏する荷重(Py, 規格値)の頭頂部の 水平変位を降伏変位 (1 y)と定義し, 各 yにて3サイク ルを載荷し,正負漸 増繰返し載荷を最大

17 yまで実施した.

3.構造実験の結果

試験体 No.1 および2の水平荷重と水平変位との関係を 図4に,包絡線とイベントとの関係を図5に示す.

試験体 No.1 について,1 y=7.8mm に対し,10 yとなったとき最大荷重(+側207.1kN)を確認し,それ以降は荷重低下している.なお試験終了時の試験体の残留変位は145.6mm であった.損傷状況は9 y時に目視にて下段のせん断パネルのせん断座屈を,13 y時に同パネルに亀裂が生じていることを確認した.また鋼管基部には,16 y時に局部座屈を確認したものの,せん断パネルの損傷の進展度が大きいことから,試験体全体の挙動に与える影響は小さいものと考える.

キーワード 鋼管集成橋脚,損傷制御,せん断パネル 連絡先 〒559-0034 大阪市住之江区南港北1-14-16 WTC ビル 阪神高速道路公団大阪建設局 TEL06-6615-7443



図1 鋼管集成橋脚概略図

フランジ t=9 (SM490) ウェブ t=4.5 (LY225) スチフナー t=9 (SM490)

A 部 詳 編 図

シアリンク all 150y 70



図3 横つなぎ材ならびに基部の定着 (試験体 No.1,2)

試験体	横つなぎ 材の材数	鋼管	試験体 高さ	試験体 重量	
No.1	2	216.3,	4 15 mg	C 2+	
No.2	3	l=3.0m	4.15111	0.31	

試験体 No.2 は,1 y =9.5mm に対し11 y 時に 最大荷重(+側236.9kN) を確認し,以降はNo.1同 様,荷重低下している. 試験終了時の試験体の残 留変位量は 147.4mm であ った.損傷状況は9 y時 に目視にて下段のせん断 パネルのせん断座屈を確 認し、その後同パネルに 亀裂が生じ,中段のパネ ルについてもせん断座屈 その後に亀裂が生じてい ることを確認した.鋼管 基部は 12 y 時に局部座 屈を生じ,載荷サイクル の進展に伴い、耐力低下



が大きくなることから,試験体の最大耐力は,鋼管の局部座屈が支配的と考える.

以上の結果より,両試験体の耐荷性能・変形性能について,損傷過程は損傷制御設計で想定する過程と概ね 同じであることを確認した.また試験体の履歴吸収エネルギーについては,水平変位40mm(5 y程度,レベ ル2地震動相当)までは,試験体No.1,2とも概ね横つなぎ材において,橋脚全体が吸収するエネルギーの大 半(No.1:約81%,No.2:約89%)を吸収していることが分かった.

さらに本実験の妥当性を 検証するため,実験と並行し て数値実験を,ファイバーモ デルを用いた Pushover 解析 およびシェル要素を用いた Pushover 解析(3次元弾塑性 FEM 解析)の2つの手法によ り計算した.その結果を図6 に示す.両試験体とも水平変



位 30mm 程度まではほぼ一致しており,設計レベルが水平変位 40mm (レベル2地震動相当)であることを考慮 すると 3次元弾塑性 FEM 解析結果については実験結果と最大荷重程度まで精度よく一致している.これより, 3次元弾塑性 FEM 解析によって実挙動を推定できるものと考える.ファイバーモデルにおける荷重が実験結果 より大きいのは,横つなぎ材の降伏後に,比較的剛な上梁に応力が再分配された等によるものと考えられる.

4.まとめ

実橋脚の縮小モデルによる載荷試験により,鋼管集成橋脚の力学的特性を確認し,設計の妥当性を検証できた.今後は横つなぎ材と鋼管との接合方法の検討,接合構造等の要素実験による挙動の検証が必要と考える. 参考文献

 1) 金治他:履歴型ダンパー付き鋼管集成橋脚の損傷制御構造に関する基礎的研究 構造工学論文集 Vol.50A pp559-566 2004.3