

鋼製橋脚の大型模型を用いた繰り返し水平載荷実験

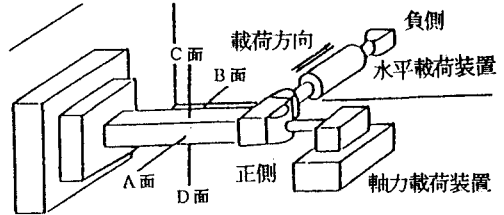
○(株)ニュージェック	正会員	陵城 成樹	建設省土木研究所	正会員	川島 一彦
阪神高速道路公団	正会員	前川 義男	(株)ニュージェック	正会員	福本 靖彦
石川島播磨重工業(株)	正会員	吉田 裕			

1 まえがき

都市内高速道路高架橋に多用される鋼製橋脚の地震時保有水平耐力の研究が近年、多くの研究機関で盛んに行われている。^{1), 2)}

関東大震災級の大地震に対する鋼製橋脚の地震時保有水平耐力の照査法は確立されていない。このような現状から、阪神公団では建設省土木研究所との共同研究として既往の研究成果の調査研究および大型実験供試体を用いた実験的検討を行っている。³⁾

本実験は、平成4年度の実験結果をふまえ、对新設鋼製橋脚を意識した大型模型実験を行い、鋼製橋脚の地震時保有水平耐力の照査法確立のための基礎データの収集を目的とする。



図一 1 荷重載荷方法

2 実験概要

既存の鋼製橋脚(NP41)を忠実に再現した基本モデル(阪公-1~3)を用いた繰り返し載荷実験の結果をふまえて、変形性能を改善するための理論的考察を行った上、これを確認するために、実橋脚の改良案について試設計を行い、その縮尺1/3モデル(阪公-4)を用いた実験を行った。すなわち基部の局部座屈による急激な耐力低下を防ぐためフランジウェブおよび垂直補剛材の幅厚比パラメータ⁴を制限し、補剛材剛比も弾性座屈に対する必要剛比の5倍としている。なお、中埋めコンクリートは打設していない。

実験は軸圧縮力(131tf)を載荷しながら、変位制御で行った(図-1)。図-2に平成5年度実験供試体を示し、表-1に実験供試体と着目点の関係を平成4年度の実験供試体、平成5年度土木研究所実験供試体を含めて示す。

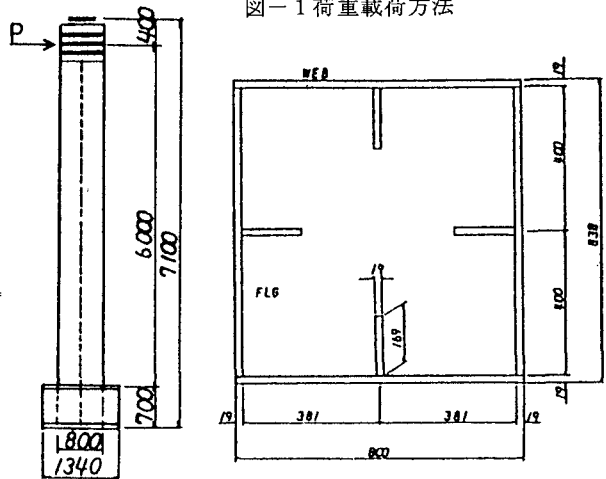


図-2 平成5年度阪神高速道路公団
実験供試体

3 実験結果および考察

図-3に阪公-4の頂部水平荷重と変位の関係を示す。実験は降伏荷重以降も10回ずつ両振り載荷を行ったが、載荷サイクル $\delta=80\text{mm}$ (2 δ y)載荷中基部溶接コーナー部に微小なクラックが確認され、載荷サイクル $\delta=120\text{mm}$ (3 δ y)載荷中にウェブとベースプレートの溶接コーナー部のクラックが進展したことから、その後は各載荷サイクルを1回とした。

実験は最大耐力 $P_{\max}$ (102.4tf) に達したのち、次の載荷サイクル途中において引張り側フランジ (B 面) に突然脆

表-1 実験供試体と着目点

実施年月 供試体	平成5年4月 版公-1	平成5年4月 版-2	平成5年4月 版公-3	平成5年12月 版公-4	参考 S29(土研)
荷重載荷方法	片振り載荷	両振り 4回載荷	両振り 4回載荷	両振り 10回載荷	両振り 3回載荷
着目点 基礎データ 既設橋脚	○131t 中埋めコンクリート無 $\sigma c / \sigma y = 0.104$				
基礎データ 既設橋脚		○131t 中埋めコンクリート無 $\sigma c / \sigma y = 0.104$			
基礎データ 既設橋脚			○131t 中埋めコンクリート有 $\sigma c / \sigma y = 0.104$		
・对新設橋脚 提案寸法制限値 による断面構成 「1本リ」 荷重載荷回数				○131t $\gamma \text{ratio} = 5.03$ $Rp = Rv = 0.37$ $Rh = 0.48$ $\sigma c / \sigma y = 0.074$	
・对新設橋脚 過去の実験結果 に基づいて橋厚 比「1本リ」を改善 「2本リ」					○102t $\gamma \text{ratio} = 4.11$ $Rp = Rv = 0.4$ $Rh = 0.45$ $\sigma c / \sigma y = 0.063$

性的なクラックが発生し破断して終了した。しかし、この時のじん性率： $\mu = 3.29$ は実験前に行った検討より得られた必要じん性率 $\mu_p = 2.52$ を大きく上回っており十分に余裕のあるものであった。

図-4に各载荷サイクルにおける最大力と変位の関係（負側）を示す。図中の降伏荷重： P_y および降伏変位： δ_y は引張り試験より得られた降伏応力 $\sigma_y = 2876 \text{ kgf/cm}^2$ により算出したものである。

P_{max} に達するまで载荷回数の影響は見られず耐力は上昇している。これは重補剛および幅厚比パラメータの制限の効果により圧縮側のフランジパネルの座屈耐荷力が増加したためと考えられる。このときすでに圧縮側引張り側フランジパネル共に塑性化し歪硬化領域に達している。

本実験での総载荷回数は降伏点以降の変位振幅（ $\delta_y \sim 4\delta_y$ ）において40回以上である。これは大地震時の鋼製橋脚の動的応答変位に比べかなり厳しいものと考えられる。

図-5に荷重と歪の関係を示す。载荷ステップ $\delta = 80 \text{ mm}$ 以降、载荷回数に応じて歪は増加している。载荷ステップ $\delta = 120 \text{ mm}$ の途中（载荷回数8回目）において一気に歪は圧縮側にふれ、ゲージ近傍にクラックが発生し、引張り応力が開放され、圧縮側塑性歪だけが蓄積されていることがわかる。この時、供試体内部より破断音が確認された。

実験結果より、明かになったことをまとめると次のようになる。

- (1) 重補剛および幅厚比パラメータの制限によりフランジが歪硬化領域に達しても座屈は発生せず変形能は向上し、必要じん性率 $\mu_p = 2.52$ を十分満足した。模型取付部の変形を控除した最終的なじん性率 μ は3.29であり、形状係数 α は1.33であった。
- (2) 阪公-4は基部コーナー部に発生した微小なクラックが载荷ステップ3 δ_y のとき進展し、これが誘引となって引張り側フランジの脆性的破断により崩壊したが、このときの载荷状況は実地震に比較して厳しいものであると考えられる。またこのクラックを防ぐ方策を施すことにより、さらに変形能が向上する可能性がある。
- (3) 今後の課題として、中埋めコンクリートの定量的評価、軸圧縮力と変形能の関係、動的応答解析と実験結果との比較検討、弾塑性有限変位解析との比較検討等が考えられる。

4 あとがき

本研究は阪神高速道路公団と建設省土木研究所の共同研究であり、阪神高速道路管理技術センター「鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する研究会」（主査：北田俊行大阪市立大学助教授）での平成4年度～5年度の検討結果を反映したものである。最後に主査はじめ各委員のかたがたに深く謝意を表する。

参考文献 1) K. KAWASHIMA, G. A. MACRAE, and K. HASEGAWA: THE STRENGTH AND DUCTILITY OF STEEL BRIDGE PIERS BASED ON LOADING TESTS, 1992

2) 例えば宇佐美勉・坂野茂・是津文章・青木徹彦：鋼製橋脚の繰り返し弾塑性挙動におよぼす荷重履歴の影響、構造工学論文集、Vol. 39A、1993年3月

3) 川島一彦・南莊淳・富田謙・陵城成樹・吉田裕：鋼製橋脚の大型実験供試体を用いた繰り返し载荷実験、第22回地震工学研究発表会講演概要集、平成5年7月

4) 福本晴士 編：座屈設計ガイドライン第8章、土木学会、1987年

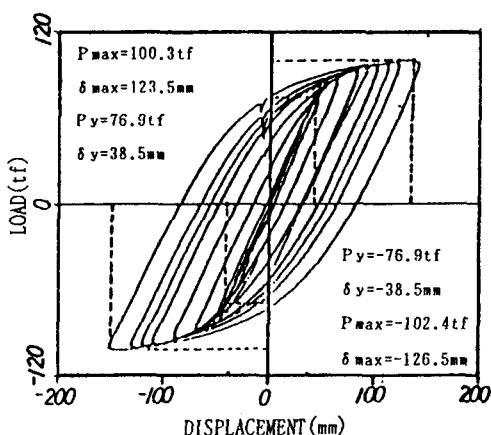


図-3 荷重と変位（ヒステリシスループ）

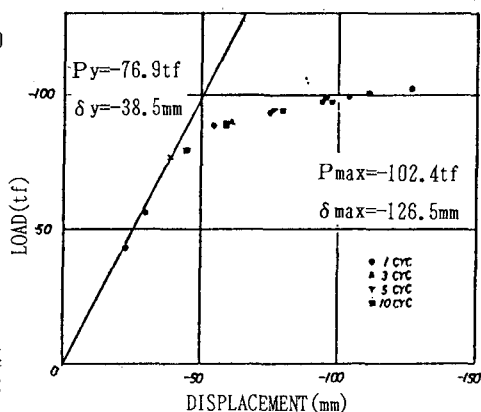


図-4 各载荷ステップにおける最大力と変位（負側）

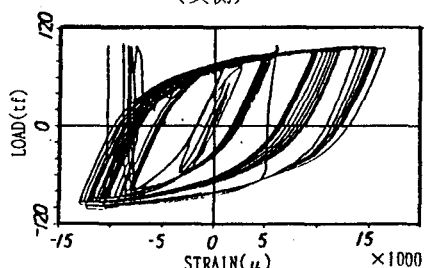


図-5 荷重と歪