

I-539

実物のRC橋脚を対象とした水平耐荷力試験と解析

(財)阪神高速道路管理技術センター 正員 林 秀侃
 阪 神 高 速 道 路 公 団 正員 浜田 信彦
 (株)建設技術研究所 正員○吉澤 義夫

1. まえがき 最近のRC橋脚の耐震設計では、構造物の塑性領域での安全性、すなわち終局耐力だけでなく変形性能に対する配慮が要求されるようになってきており、じん性に富んだ構造物の構築を図ることが切実な課題となっている。この背景の下で、「道路橋示方書・V耐震設計編」^[1]においても「地震時保有水平耐力の照査」規定が盛り込まれている。しかしながら、その照査手法の妥当性を実橋レベルで検証した事例は数少ない。

本稿では、 $\phi 2.0\text{m}$ の円形断面をもつ既存の実橋脚での水平載荷実験を通じてRC橋脚の終局耐荷性状・弾塑性変形特性を調査し、既往の評価式の実橋脚に対する適用性について考察を行ったのでその概要について報告する。

2. 実験概要 水平載荷実験は、対象橋脚であるURP4橋脚と反力橋脚であるURP3橋脚をPC鋼材で連結し、相互に引き合う形式で実施された(図-1)。表-1に各橋脚の基本諸元を示す。なお実験に先立ちコンクリートコア、鉄筋の採取を行い材料強度試験を行っている。

3. 塑性領域での曲げ変形特性 ひびわれ発生時～鉄筋降伏時～試験最大荷重に至るまでの載荷荷重-水平変位関係を、「道示」に示される通常の設計式のほか、帯鉄筋による横拘束効果を反映し得るコンクリートの応力(σ)-ひずみ(ε)特性モデル、鉄筋のひずみ硬化を考慮した σ - ε 特性モデルを用いた解析値と比較し、実橋脚への解析手法の適用性について考察する。また柱の変形特性に及ぼす軸方向鉄筋のフーチングからの拔出の影響は一般に大きいといわれながら、その実験の検証は室内供試体レベルに留まっており、このような実橋脚レベルでの検証例は数少ない。ここでは解析手法の一例として、尾坂ら^[2]の研究に基づき

軸方向鉄筋拔出しに関する解析をあわせて行う。解析に用いた材料特性値を表-2に示す。

4. 解析結果と実測値の比較

(1) 鉄筋拔出の影響 軸方向鉄筋拔出し量の計測は、引張鉄筋のフーチング上方45mmの位置に変位計を取り付け測定した。鉄筋拔出し量の解析結果を実測値と比較して図-2に示す。

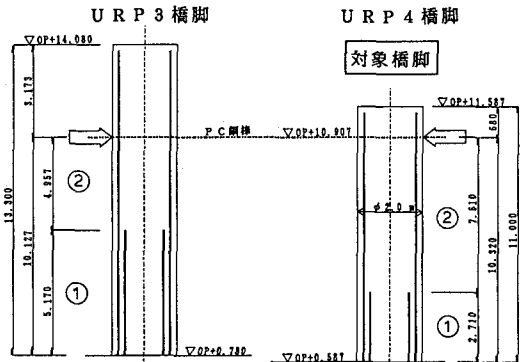


図-1 水平載荷試験概要図

表-1 実験橋脚の基本諸元

橋 脚	断面形状	径(mm)	断 面	配 筋
URP 3 (単柱式)	円 形	2000	①	D32-53 本
			②	D32-53 本
URP 4 (単柱式)	円 形	2000	①	D29-53 本
			②	D29-26 本

コンクリート $\sigma_{cs} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

鉄 筋 (材質 SSD49)

許容応力度 $\sigma_{as} = 1600 \text{ kgf/cm}^2$ 降伏応力度 $\sigma_{ys} = 2800 \text{ kgf/cm}^2$

鉄筋かぶり 10 cm (1段目)/20 cm (2段目)

表-2 材料特性

コンクリート				鉄 筋			
項目	単 位		備 考	項目	単 位		備 考
f_{cs}	kgf/cm ²	355	材料試験値	σ_{as}	kgf/cm ²	3800	材料試験値
f_{ts}	"	33.91		σ_{as}	"	5700	"
E_c	"	296500		E_s	"	2100000	
ε_{cs}		0.002000		ε_{as}		0.001810	
ε_{cs}		0.003500		ε_{as}		0.009048	5 × ε_{ys}
				ε_{as}		0.270000	材料試験値

(帯鉄筋)

体積比 $\rho_s = 0.001390$ 断面最小寸法 $B_s = 186.040$ [cm]軸方向間隔 $S_s = 30.000$ [cm]降伏応力度 $\sigma_{ys,s} = 3400$ [kgf/cm²]

図-2に示す解析値は、鉄筋のひずみ硬化、帯鉄筋の横拘束効果を考慮した $\sigma - \varepsilon$ 特性モデル^[3]によるM- ϕ 解析により得られた柱下端部のひずみ量を用いて文献[2]に基づき拔出量を算定したものである。同図によると解析値は実測値をほぼ的確に捉えている。これまでの室内供試体実験においてすでに鉄筋拔出しの存在が指摘されているが、この結果により実橋脚においてもフーチングからの鉄筋の拔出しの存在が確認されたといえる。

(2) 橋脚の変形特性 荷重載荷位置での荷重-水平変位関係の解析結果を実測値と比較して図-3に示す。図-3の解析値1は「道示」に示されている $\sigma - \varepsilon$ 特性モデルを用いた解析結果であり、解析値2はひずみ硬化および横拘束効果を考慮した $\sigma - \varepsilon$ 特性モデルを用いた解析結果である。また実測値2としたのは実測値より鉄筋拔出しによる橋脚柱の剛体変位量を除いた値（正味の曲げ変形）である。解析値1は鉄筋降伏時までは実測値とほぼ一致しており、実測値2とはさらによく適合している。しかし鉄筋降伏時から最大荷重時に至るまではやや差異を生じている。解析値2は実測値2と比較すると解析値1と同様に鉄筋降伏時まではよく適合している。鉄筋降伏時から最大荷重時に至っても定量的にわずかな差はあるが、性状的にはほぼ一致している。これは鉄筋のひずみ硬化および帯鉄筋の横拘束効果を考慮していることによると考えられる。つぎに鉄筋拔出しによる剛体変位の橋脚水平変位に及ぼす影響度についてみると、最大荷重時で全変位は約125mm、剛体変位は約11mmと剛体変位の占める割合はせいぜい1割程度である。供試体レベルでの実験では5～8割程度^[2]と全変位に及ぼす剛体変位の影響度は大きいといわれているが、実橋脚レベルでの剛体変位の影響度は大きくないようである。

5. まとめ 今回の検討により、①実橋脚でも軸方向鉄筋のフーチングからの拔出しが存在し、橋脚水平変位をより正確に推定するには鉄筋拔出しによる剛体変位量を考慮する必要があること、②ただし、橋脚水平変位に及ぼす剛体変位の影響度は供試体レベルほど大きくないこと、③鉄筋のひずみ硬化および帯鉄筋の横拘束効果を考慮し曲げ変形解析を行うことが、橋脚水平変位を正確に推定するには有効であること、が確認された。

謝 辞：本研究は(財)阪神高速道路管理技術センターの”RC橋脚の変形性能に関する調査研究会（主査：小林和夫大阪工業大学教授）”での研究成果をまとめたものである。ここに本論文をまとめるにあたり、ご指導ご協力をいただいた小林和夫教授ならびに調査研究会各委員の方々に深く感謝いたします。

【参考文献】

- [1] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，平成2年2月。
- [2] 尾坂，鈴木，桑澤，石橋：静的交番繰返し荷重下でのRC柱の履歴復元力特性に関する研究，土木学会論文集，第372号/V-5，pp.45～54，1986年8月。
- [3] 井上他：横拘束筋のコンクリートはり部材への適用，セメント・コンクリート論文集，No.43，1989。

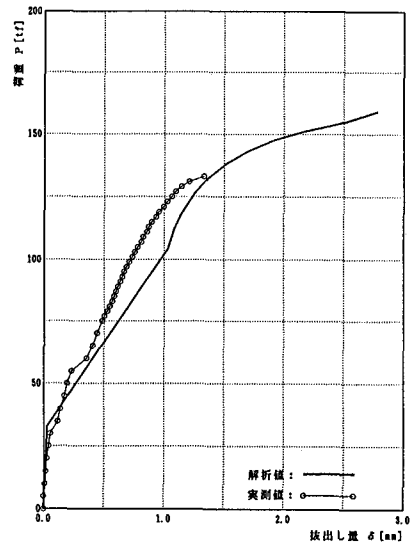


図-2 軸方向鉄筋拔出し量

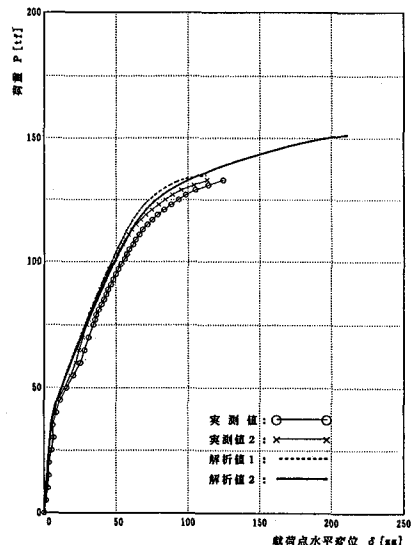


図-3 荷重-水平変位曲線