

大阪府 正会員 ○小野一義  
 神戸大学工学部 正会員 宮本文徳  
 神戸大学工学部 正会員 高田至郎

1.はじめに 宮城県沖地震(1978年), 浦河沖地震(1982年), 釧路沖地震(1993年)において液状化などの地盤の崩壊を伴わない橋脚自身の損傷および被害が数多く報告された。中でも橋脚の中間部において主鉄筋を段落しする際、段落し鉄筋の定着長が十分でなかったために、段落し部において著しい損傷を受けた例が確認されている<sup>1)</sup>。このような現状をふまえ、本研究では、わが国における既存橋梁の橋脚の段落し部に着目

した橋脚の地震被害形態を調査し、これを参考に解析モデルとなる鉄筋コンクリート(RC)橋脚の設計を行った後、橋脚の地震時弾塑性挙動を解析するための有限要素プログラムを開発を行い、その解析結果をもとに経年劣化を伴う橋脚自身に対する地震時の安全性評価を行うものである。本研究の全体フローを図1に示す。

2.地震によるRC橋脚の被害例の調査と分類 1993年1月までに日本において発生した地震によって、橋脚の受けた被害及び損傷を調査した結果、前述の3つの地震において主鉄筋の段落し位置に曲げ破壊からせん断破壊に至る損傷を生じる被害が確認できた。これはRC橋脚に特徴的な被害であり、橋脚基部における曲げ破壊と異なり粘りのない脆性的な破壊となりやすい。また、RC橋脚躯体の主鉄筋段落し部に損傷を受けた橋脚には以下に示す3つの共通する要因が挙げられることが分かった。①すべての損傷橋脚は昭和55年に道路橋示方書の改訂が行われる以前の示方書に従って設計されていた。②損傷が生じた橋脚は、いずれも比較的小断面を絞ったスリットな円形あるいは四角形断面であり、壁式橋脚等のようなコンクリート断面に余裕のある橋脚においては損傷は確認できなかった。③地震力の作用方向は共通して橋軸直角方向の場合に大きな損傷が生じている。また、本研究の解析においては、まだ考慮するに至らなかったが、宮城県沖地震における千代大橋の損傷状況を調査した結果、同じ断面および同じ配筋にも関わらず主鉄筋段落し部に損傷が生じたものと、生じなかったものとが確認できたが、これは橋脚周辺の地盤の影響、すなわち土被りによる橋脚基部の拘束が影響したためと考えられる。

3.解析対象モデル橋脚の設計 本研究で解析対象とする橋脚モデルは、上部構造を総幅員19.5mの7主桁RC単純T桁道路橋と仮定し、橋脚躯体を350(cm)×350(cm)の正方形断面とし、設計水平震度0.3で設計を行った。仮定した橋脚の橋軸方向正面図と有限要素解析における要素分割を図2に、橋脚躯体の軸方向主鉄筋の段落し部の詳細を図3に示す。

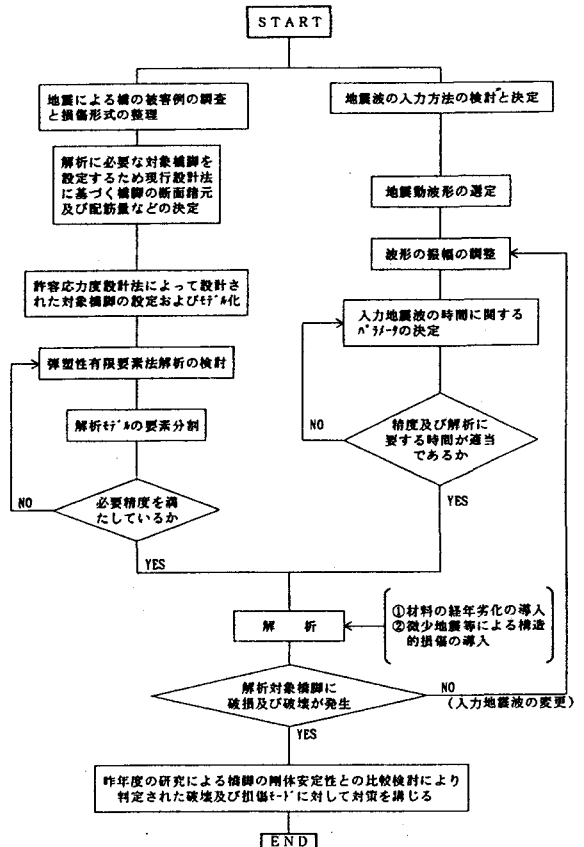


図1 本研究の全体フロー

4. 経年劣化を考慮したRC橋脚の弾塑性有限要素解析

入力する地震波形として、CORRALITOS-EUREKA CANYON RDにおいて観測されたロソフリア地震(1989年)のE-W方向の地震波形を用いた。本解析

における入力地震波では入力加速度の最大振幅を設計水平震度およびその2倍に調整し、建設当時の劣化の生じていない橋脚と、表1に示した経年劣化を考慮した橋脚に対して、合計12ケースの解析をおこなった。解析結果の一例としてここでは、CASE 2における橋脚天端(節点No.12)、張出し部下端(節点No.81)、段落し2段目(節点No.186)、段落し1段目(節点No.307)の各断面の中央節点の変位の時刻歴を

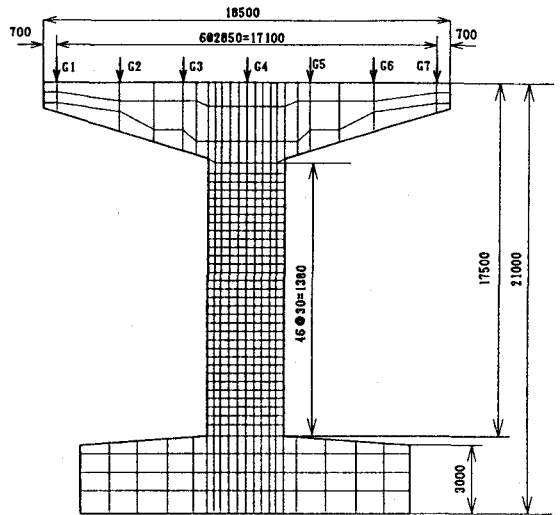
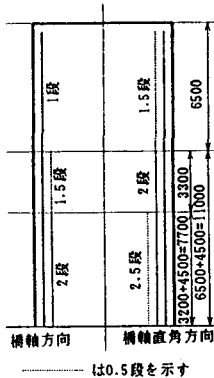


図3 主鉄筋段落し位置(単位:mm) 図2 橋脚方向正面図(単位:mm)

のひびわれの進展図を

表1 各CASEにおける導入経年劣化表

5に示す。以上の解析結果から明らかとなったことをまとめて以下に示す。①CASE 2では設計水平震度の2倍の入力であり、橋脚基部だけでなく段落し部においても

劣化状態 地震波形の最大加速度	劣化 なし	ヤング係数の低下: $E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )			鉄筋とコンクリートの断面の減少	
		1.56*10 <sup>8</sup>	1.24*10 <sup>8</sup>	0.91*10 <sup>8</sup>	コンクリートの剥離	鉄筋断面を1(%)削減する
294(gal)	CASE1	CASE7	CASE9	CASE11	CASE5	CASE3
588(gal)	CASE2	CASE8	CASE10	CASE12	CASE6	CASE4

ひびわれからコンクリートの圧壊現象まで見られた。②経年劣化として被りコンクリートの剥離を考慮した場合(CASE 5)では、地震力が作用してすぐに段落し部においてコンクリートの圧壊が生じている。

これより、主鉄筋段落し部においては、被りコンクリートの影響が破壊を支配していると言える。③鉄筋の断面減少を考慮した場合(CASE 3),劣化のない場合(CASE 1)とほぼ同一の挙動を示した。このことは、設計において鉄筋量が十分にとられている場合には経年劣化の要因としてはあまり影響を及ぼさないことがわかった。④コンクリートの圧縮強度を設計時の約1/3にした場合(CASE 11)では変位が全体的に小さく、ひびわれの発生は少ないが橋脚基部に集中していたため橋脚基部の帯鉄筋に一部降伏が見られた。これよりコンクリートのヤング係数の低下は、危険度の高い粘りのない脆性破壊につながる事がわかった。なお、橋脚の安全性評価結果の詳細は講演当日に発表する。

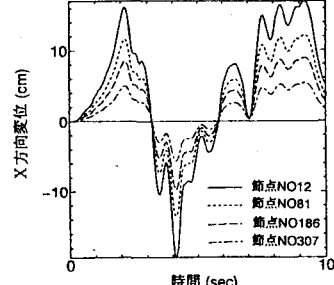


図4 CASE2における各節点の時刻歴変位

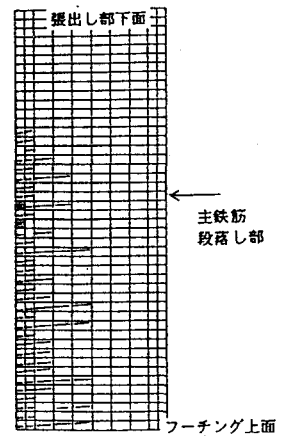


図5 CASE2におけるひびわれ進展図  
斜線部はコンクリートの圧壊が発生した要素を示す。

5.まとめ 本研究は既存RC橋脚地震時安全性評価の第一段階であり、次の段階では地盤の拘束条件を考慮した解析を考えており、最終的には橋脚の剛体安定性と橋脚自身の損傷の危険度の比較による安全性の評価を最終的な目的としている。

【参考文献】 1)川島, 運上, 飯田: 鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部における被害実態とその解析, 土木技術資料, Vol. 34, NO. 3, 1992. 3.