

多径間連続高架橋の地震応答に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
 鳥取大学大学院 学生員 ○能瀬 正憲

1. まえがき

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震において多くの鋼製橋脚が崩壊し、橋梁システム全体に多大な被害を及ぼした。震災後、橋梁の耐震性検討には動的応答解析を行うことが一般的となった。動的応答解析においては、より実物に近い地震時の橋梁全体系の応答解析を行うことが最善であるが、かなりの時間を要し、経済性にも大きな負担となる。しかし、仮に橋梁全体系における着目橋脚の地震時挙動が、その着目橋脚のみを取り出して応答解析を行った場合の地震時挙動と同等あるいはそれに近い挙動が示されれば、着目橋脚のみを取り出したモデルの地震時挙動から、橋梁全体系の着目橋脚の地震時挙動を推定することが可能ではないかと考えられる。そこで本研究では繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成則を導入した弾塑性動的応答解析によって、円形断面鋼製橋脚を有する3径間連続高架橋の全体系モデルとその着目橋脚のみを取り出したモデルの地震応答特性を3次元骨組はり要素を用いて比較検討を行う。

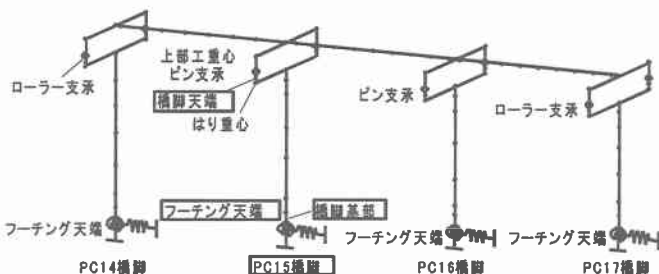


図-1 3次元骨組要素による対象橋梁のモデル化

2. 対象橋梁及び解析モデル

2.1 橋梁全体系モデル

本研究の対象とする橋梁は首都高速足立三郷線三郷インターチェンジ付近の4本の円形断面鋼製橋脚を有する3径間連続桁橋である。図-1に対象橋梁全体系を3次元骨組要素によってモデル化した図を示す。全節点数110、全要素数105に分割し、支承は2重節点でモデル化している。各支承はPC14、PC17橋脚がローラー支承、PC15、PC16橋脚がピン支承であり、上部工はりに生じる橋軸方向の水平反力をPC15、PC16橋脚が受け持つ構造となっている。4本の橋脚のうち橋脚基部で最も大きなモーメントが作用すると予想されるPC15橋脚に着目し、PC15橋脚のみを取り出し、単柱としてモデル化した場合の地震応答特性と橋梁全体系におけるPC15橋脚の地震応答特性の比較検討を行う。

2.2 単柱モデル

図-2はPC15橋脚のみを取り出し、単柱としてモデル化したものである。単柱モデルの解析を行うにあたりPC15橋脚を平面骨素のはり柱要素を用い、全節点数16、全要素数15に分け、橋脚の張り出し部にあたる要素番号15の要素は剛体と見なしている。対象橋脚であるPC15橋脚の鋼種はすべてSM400で板厚が変化している。また、上部工の鉛直荷重として503.7tfを載荷するものとする。

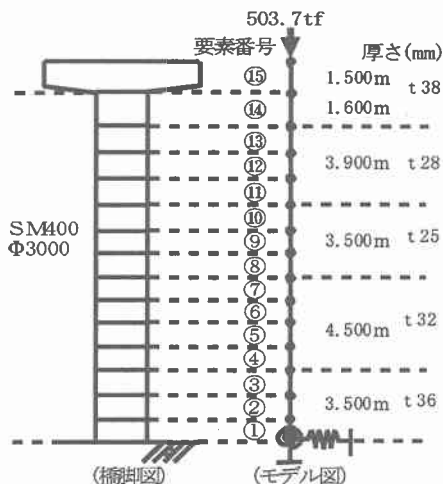


図-2 PC15橋脚単柱モデル

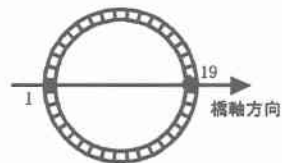


図-3 セグメント分割断面図

解析結果については2つのモデルにおいて、各断面が図-3のように36のセグメントに分割してあるため、橋脚基部（図-2の要素①）のセグメント1（橋軸負方向側）およびセ

グメント 19 (橋軸正方向側) における直応力-ひずみ関係と橋脚天端の応答変位の時刻歴を調べる。また、表-1 は橋梁全体系モデル、単柱モデルの各モデルの解析条件である。地盤を考慮する場合、各橋脚基礎の地盤バネ定数を表-2 に示す。地盤バネ定数は各橋脚の基礎地盤のN値をもとに、地盤を薄層要素法¹⁾でモデル化し地盤の荷重-変位関係から算出している。本解析では地震力を受ける鋼材の塑性履歴構成則として図-4 に示す単調載荷曲線に基づいた繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成則²⁾を用いた。

3. 解析結果

橋梁全体系モデル、単柱モデルに道路橋示方書標準波の1つである神戸海洋気象台で観測されたNS成分の地震波を入力した時の各モデルにおける PC15 橋脚の応答特性を調べた。図-5 より橋梁全体系モデルと単柱モデルの応答変位について、最大変位はほぼ等しいが、残留変位に差が生じている。図-6 の橋脚基部での直応力-ひずみ関係の比較より橋梁全体系モデル、単柱モデル共に橋脚基部では 1、19 の両セグメントにおいて降伏しており、橋脚基部が塑性変形を起こしていると考えられる。また、履歴曲線の後半部においては橋梁全体系モデルの場合の残留ひずみが単柱モデルの場合よりも小さく生じている。これは、単柱モデルでは、橋脚基部での塑性化が生じると、ひずみが橋脚基部に集中するのに対し、橋梁全体系モデルでは上部工はりを受け持つ PC15 橋脚、PC16 橋脚の 2 本の橋脚で桁にかかる水平荷重を分担することにより塑性化の集中を防いでいるためと思われる。

4. あとがき

単柱モデルから橋梁全体系モデルの最大変位をほぼ推定できる。ただし、残留変位については単柱モデルで解析を行うと橋梁全体系モデルに比べ、過大に評価してしまう可能性がある。

参考文献：1) Tajimi, H. and Y. Shimomura: Dynamic Analysis of Soil-Structure Interaction by the Thin Layered Element Method, *Transactions of the Architectural Institute of Japan*, 243, pp. 41-51, 1976

2) 西村宣男・小野 潔・池内智行：単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式，*上木学会論文集*，No. 513/I-31, pp. 27-38, 1995 年 4 月

表-1 各モデルの解析条件

入力地震波	単柱モデル		橋梁全体系モデル	
	神戸海洋気象台NS成分			
減衰 (Rayleigh減衰)	入力方向	橋軸方向		
	固有振動数 (Hz)	1次	0.952	0.9755
		2次	39.23	1.7336
	減衰定数	1次	0.05	
	2次	0.05		
Rayleigh減衰係数	α_1	0.58398	0.39223	
	α_2	0.0004	0.00587	
応力-ひずみ関係	ヤング率 (kgf/cm ²)	2.1 × 10 ⁶		
	ポアソン比	0.3		
	降伏応力 (kgf/cm ²)	SM400	2400	SS400 SM400 SM490Y SM520
			2400 3600	

表-2 各橋脚基礎の地盤バネ定数

	N値	水平バネ (tf/m)	回転バネ (tf/rad)
PC14橋脚	14	橋軸方向	4.16 × 10 ⁶
		橋軸直角方向	3.03 × 10 ⁶
PC15橋脚	23	橋軸方向	4.99 × 10 ⁶
		橋軸直角方向	5.47 × 10 ⁶
PC16橋脚	23	橋軸方向	4.99 × 10 ⁶
		橋軸直角方向	5.47 × 10 ⁶
PC17橋脚	12	橋軸方向	4.05 × 10 ⁶
		橋軸直角方向	2.39 × 10 ⁶

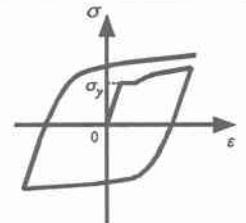
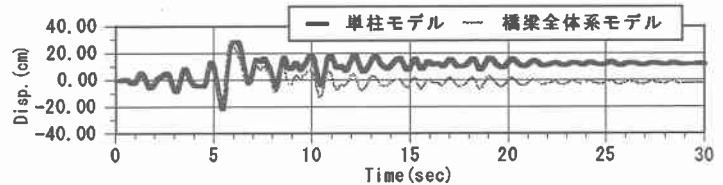


図-4 鋼材の塑性履歴構成則の応力-ひずみ関係



単柱モデル	最大変位 28.9cm	残留変位 12.4cm
橋梁全体系モデル	最大変位 28.4cm	残留変位 -2.0cm

図-5 PC15 橋脚天端の応答変位の比較

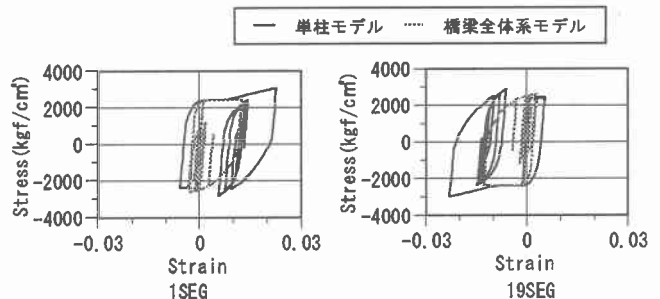


図-6 PC15 橋脚基部の応力-ひずみ関係の比較