

I-543

ロマブリータ地震・サイプレス高架橋橋脚の地盤基礎相互作用を
考慮した応答解析について

大林組技術研究所 正員○松田 隆・後藤洋三

1. まえがき

ロマブリータ地震でのサイプレス高架橋崩壊に関しては、既に多方面からの検討結果が報告されており、その破壊過程のメカニズムも明らかになりつつある。ここでは、落橋等の甚大な被害が集中した軟弱地盤側と軽微な被害しか見られなかった硬質(砂質)地盤側とを対象に、それぞれの地域における高架橋橋脚の地震応答解析を実施し、高架橋崩壊に関連する基礎および橋脚の動的応答特性を比較検討した。

2. 検討方法

検討は図-1に示すフローの①～④の項目で構成される。上部構が任意形式でモデル化が可能なことから、最終的には、地盤を相互作用を考慮した単純なバネ⑩で表現した。このとき、地盤の動的定数はカリフォルニア州交通局によって実施されたサイプレス地区の詳細な地盤調査結果②を基にした。また、地盤の材料非線形性を1次元の等価線形解析で考慮し評価した(⑤～⑥)。基盤から入射させる地震波③は、サイプレスから約7km離れた露頭岩盤の観測記録①から評価した。このとき、1次元等価線形解析⑤および基礎の有効入力動を算定する軸対称FEM⑦は入射波解析とした。今回の解析では橋脚の基本的な地震応答特性を把握するため、上部構の応答解析⑧は線形とした。質点モデルの減衰定数は、地盤(相互作用系での各共振振動数における図-7に示す値)の減衰と上部構の減衰(3%一律)とをひずみエネルギー比例形式で算定した。

解析の対象とした橋脚は4点ヒンジのRC構造で、検討ケースは北側サイプレス地区の軟弱地盤と南側の硬質地盤の2種類である(図-2、表-1)。ただし、基盤入射波は同一の波形を使用した(図-3)。

3. 解析結果

図-3に基盤入射波と自由地盤での地表面応答波形を示す(検討フロー⑤～⑥)。最大応答加速度は軟弱地盤側において193gal(卓越振動数0.60Hz)、硬質地盤側において135gal(卓越振動数0.71Hz)である。このとき生じる最大せん断ひずみは軟弱地盤側第2層で 1.1×10^{-3} 、硬質地盤側第6層で 4.4×10^{-4} である。

軸対称FEM⑦(図-2)を用い算定した基礎部の応答波形を図-4に示す。基礎部の最大応答加速度と自由地盤の最大応答加速度に対する比率 β は、それぞれ軟弱地盤側で173gal($\beta=0.90$)、硬質地盤側で89gal($\beta=0.66$)である(検討フロー⑨)。この比率 β は言うまでもなく基礎と地盤の相互作用の一つである有効入力動の効果を表している。図-6は基礎部応答の同深度地盤応答に対する倍率 α を各振動数毎に示したもので、振動数の上昇と共に倍率 α が低下していることがわかる。有効入力動の加速度応答スペクトルを図-5に示す。応答スペクトルの最大値は軟弱地盤側において567gal(0.6秒)、硬質地盤側において275gal(0.6秒)であり、高い固有周期の構造物を除き軟弱地盤側では硬質地盤側の約2倍の応答が生じることが分かる。

図-7に軸対称FEM⑦点加振解から算定した単一フチングの振動数に依存した地盤ばね値と減衰定数を示す。最終的な橋脚の質点モデルに接合する地盤ばねは振動数が0(静的)のときの値を用いた。図-8に、このばねで地盤を、線形せん断型で橋脚をモデル化(1次固有周期2.4Hz)したときの橋脚頂部の応答波形を示す。最大応答加速度は軟弱地盤側399gal、硬質地盤側188galである。

4. まとめ

サイプレス地区の詳細な地盤調査結果を用い、甚大な震害が見られた地域とそうでない地域での橋脚基礎に作用する有効入力動を評価した。その結果、軟弱地盤側では硬質地盤側の約2倍の地震動が推定された。このような差異が橋脚の崩壊の有無の一因と思われるが、定量的な判断には橋脚の非線形応答特性を考慮したより詳細な検討が必要と思われる。このとき、本報告で示した地盤ばねと有効入力動は非線形上部構モデルにも適用が可能である。

<参考文献>後藤ほか：地盤と高架橋の応答のシミュレーション解析、土と基礎No. 394, pp33-38, 1990

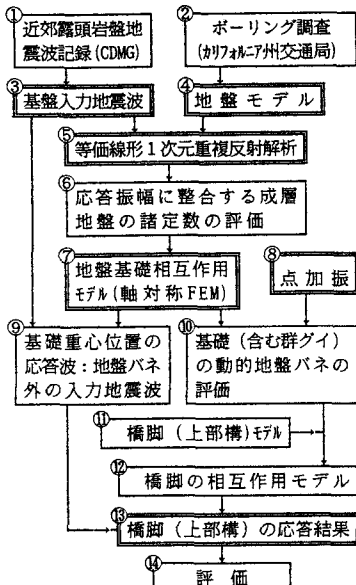


図-1 検討フロー

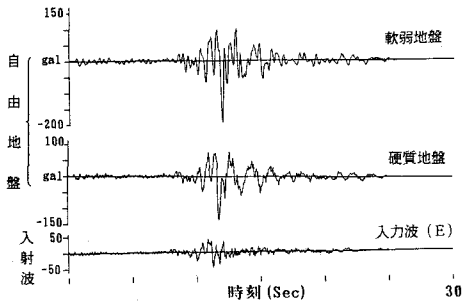


図-3 自由地盤地表面応答

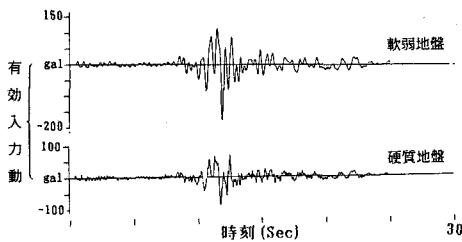


図-4 基礎部応答

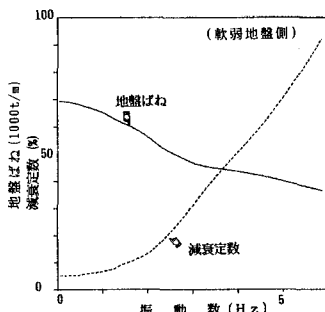


図-7 地盤ばねと減衰定数

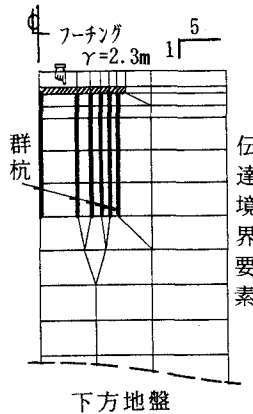


図-2 軸対称 FEMモデル

表-1 地盤の物性値

	軟 弱 地 盤			硬 質 地 盤		
層	層厚 m	S波 速度 m/s	収束時*1 t/m ²	層厚 m	S波 速度 m/s	収束時*1 t/m ²
1	2.1	150	3947.9	4.0	200	7181.0
2	4.2	80	870.2	2.9	250	10796.6
3	8.7	229	9902.8	7.6	350	21191.0
4	9.0	229	9715.2	8.0	350	20009.0
5	9.5	229	9451.2	10.0	226	9713.1
6	9.5	229	11123.4	10.0	226	10702.6
7	12.5	350	21200.3	15.5	372	23888.2
8	12.5	350	20585.2	16.5	372	23567.2
9	14.0	350	20098.1	17.0	372	22695.5
10	13.5	512	47487.4	19.0	518	47551.7
11	14.0	512	47280.4	20.5	518	47464.8
12	9.5	300	12731.9	21.5	604	67008.1
13	18.0	543	53516.1	18.0	604	66173.0
14	18.0	543	52913.7	—	—	—
15	18.5	543	52640.1	—	—	—

*1 等価線形化解析終了時の値

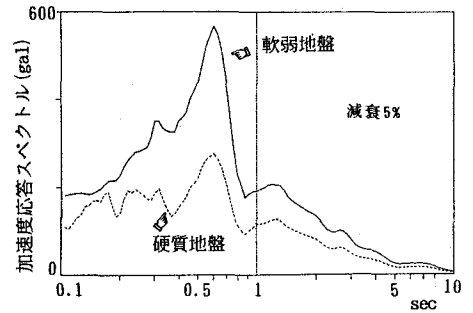


図-5 加速度応答スペクトル

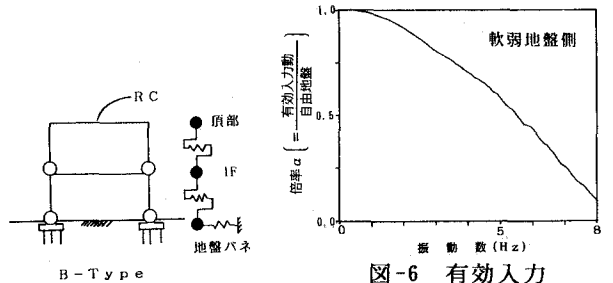


図-6 有効入力

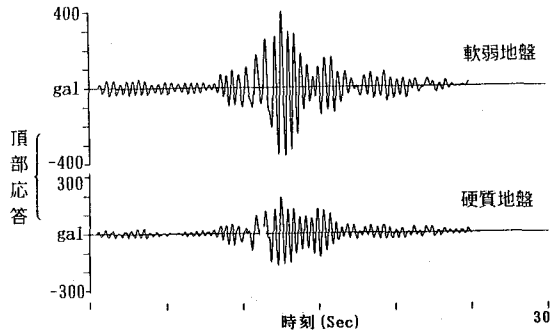


図-8 橋脚の応答