

首都高速道路公団 正会員 ○山田 実
鯨井裕嗣

1. まえがき

本論は、河川の中堤に沿って堤体の中に橋脚と基礎が建設される高架橋の地震時における堤体と高架橋構造物との相互作用について、上部構造を橋脚天端の1質点に集中させて、有限要素法を用いた動的解析および上部構造形式を3タイプ選んで全体系を考慮した動的解析を行ない検討したので、その結果について報告するものである。なお、地震時に高架橋が無い、堤体のみの動的解析も行なった。

2. 有限要素法による動的解析

地震時に堤体と高架橋とがどのような挙動をするかを検討するために、有限要素法による解析を行なった。基礎形式は、鋼管矢板井筒基礎、橋脚は門型ラーメン鋼橋脚、上部工は3径間連続箱桁である。

(1) 解析方法

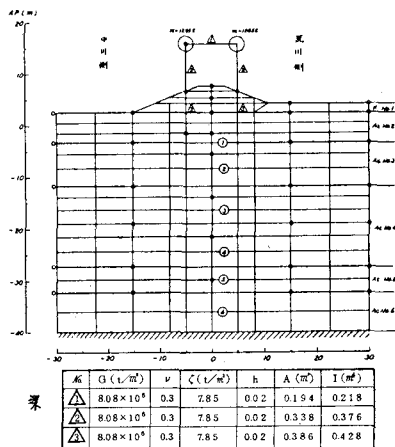
有限要素法による地盤と構造物との連成振動解析プログラムを使用した。その特徴は、複素応答による有限要素プログラムで、地盤と構造物の相互作用を次のように解析できるようにしてある。① 深さを考慮した土の特性の変動を考慮できる。② 土の持つ非線形性とエネルギー吸収性を考慮した解析ができる。③ 地盤中の構造物に対して、深さ方向の地盤の変動を考慮した解析ができる。④ 3次元の考慮をとり入れた2次元解析ができる。⑤ 互に隣接している構造物の影響を考慮に入れた解析ができる。

図-1 橋軸直角方向計算モデル

(2) 解析モデル

解析は、橋軸直角方向と橋軸方向について行なった。

図-1に橋軸直角方向のみのモデルを示す。同図に地盤の諸定数を示す。橋脚については、脚の部分はすべて梁部材としてモデル化し、上部工および橋脚横梁による負荷重量は、橋脚上部の1質点に集中させて作用させた。橋脚の地中にある部分は地盤と分離している。基礎は、頂版の部分は剛体と考えて、下の部分の剛性率 μ については、鋼管矢板井筒の換算曲げ剛性EIの梁と剛性率 μ の有限要素に分割したモデルの各々上端に1mの力を加えた時の変位がそれぞれ等しくなるようにして求めた値である。入力波形は、ハブNS成分の波形を用いた重複反射理論による応答解析で得られた基盤での加速度波形を用いた。



鋼管のモデル

層	厚さ (m)	G (t/m^2)	ν	ρ (t/m^3)	h
①	27	27×10^5	0.17	2.35	0.05
②	1.904	1.904×10^5	0.3	1.89	0.05
③	1.56			1.56	
④	1.47			1.47	
⑤	1.73			1.73	

地盤

層	厚さ (m)	G (t/m^2)	ν	ρ (t/m^3)	依存係数
1	4.250	0.49	1.85	①	④
2	2.700	0.49	2.00	①	④
3	5.220	0.49	2.00	①	④
4	2.850	0.49	1.65	③	③
5	3.800	0.49	1.55	③	③
6	1.2760	0.49	1.85	③	③

3. 上部構造形式を考慮した全体系モデルによる動的解析

上部構造については、次の3タイプを選び、全体系を考慮して動的解析を行なった。① 3径間連続鋼箱桁橋(桁と橋脚はヒンジ構造)、② 6径間連続鋼箱桁橋(桁と橋脚はヒンジ構造) ③ 6径間連続鋼箱桁橋(桁と橋脚は剛結)。

(1) 解析方法

堤体は、2質点のせん断振動系モデルに置き換える。堤体重量 M_1 、 M_2 は図-2に示す実際に置き換えて算出する。地盤諸元は、前述の有限要素

法の解析結果を参考に決定し、上部工も含めた動的解析は全体系モデルで行ない、解析方法は集中質点系骨組構造物の地震応答解析とする。

(2) 解析モデル

解析は、橋軸直角方向と橋軸方向について行ない、図-3に6径間連続ヒンジ構造の橋軸直角方向のみのモデルを示す。地盤の諸定数は図-2,3に示す。なお、せん断バネ定数 K_1 、 K_2 は、増幅率と変位比、

加速度比を考慮して求め、地盤と橋脚と結ぶバネ定数は、ケーソン指針、杭指針、受働土圧と許容水平力等を比較検討して求めた。また、頂版と基礎とのバネ定数 K は鋼管矢板井筒基礎における外力と変位との関係より求め、頂版は小判形を長方形の剛体と考えた。橋脚と上部構造の節点重量と各命次の断面性能は、概略設計より求めた。入力波形は、有限要素法解析で得られた頂版直下の波(図-4)

を入力する。

4. 結果と考察

それぞれの動的解析の結果を要約すると次のとおりであり、主要応答値を表-1に示す。

① 橋脚と堤体の相対変位については、橋軸直角方向では有限要素法と全体系モデルによる解析とで大きな結果が得られ、橋軸方向では全体系モデルが有限要素法のと程度となった。有限要素法による解析は、橋軸方向に対し1本の脚を対象に解析したのに対し、全体系モデルは60m間隔に橋脚を設けて解析しているのて、橋脚間の相互作用が生じ全体系モデルの方が堤体との橋軸方向の相対変位が小さくなったものと思われる。一方、橋軸直角方向の相対変位差に対しては、この相互作用による影響があまり生じなかったものと思われる。② 高架橋がある場合の堤体の変位は、橋軸方向では一致しているが、橋軸直角方向では有限要素法による応答値の方が大きくなった。これは、隣接する橋脚の剛性が影響して全体系モデルの方が小さくなったものと思われる。③ 上部工のタイプ別により堤体の変位とみると大差ないが、断面力には差が生じているのが表-1よりわかる。

5. あとがき

地盤と構造物との相互作用についての解析はまだ未解決な点も多い。今後、強度計算によるデータ収集し、比較検討を行なって、さらに解析手法を発展させることが必要であろう。

図-2 橋軸直角方向モデルの場合



図-4 入力波形(橋軸直角方向)

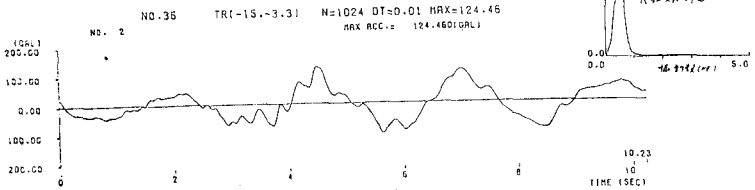


図-3 6径間ヒンジ構造(橋軸直角方向)

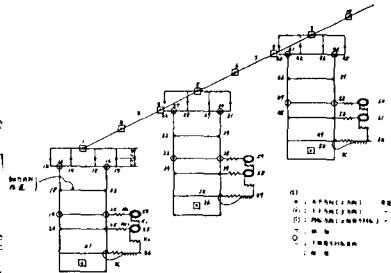


表-1 主要応答量の比較表

項目	単位	3径間ヒンジ			4径間ヒンジ			6径間連続ヒンジ		
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
橋脚										
変位	(mm)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	30 (30)
加速度	(g)	0.27	0.26	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
土圧	(kN/m ²)	119	124	135	124	124	127	124	127	124
土圧	(kN/m ²)	26	26	26	26	26	26	26	26	26
土圧	(kN/m ²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
橋脚と堤体の相対変位	(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
橋脚										
変位	(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
加速度	(g)	0.27	0.26	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
土圧	(kN/m ²)	119	124	135	124	124	127	124	127	124
土圧	(kN/m ²)	26	26	26	26	26	26	26	26	26
土圧	(kN/m ²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
橋脚と堤体の相対変位	(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
橋脚										
変位	(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
加速度	(g)	0.27	0.26	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
土圧	(kN/m ²)	119	124	135	124	124	127	124	127	124
土圧	(kN/m ²)	26	26	26	26	26	26	26	26	26
土圧	(kN/m ²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
橋脚と堤体の相対変位	(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10

(1) 上部工の
(2) 橋脚の
(3) 橋脚の中心線より両側10m以内の範囲
(4) 橋脚の中心線より両側10m以内の範囲
(5) 橋脚の中心線より両側10m以内の範囲