

地盤の影響を考慮した鋼製橋脚の地震時動的応答挙動

岐阜大学工学部

正会員 奈良 敬

岐阜大学工学部

正会員 村上 茂之

国土交通省中部地方整備局

正会員 ○岡田 豊

1. 緒言

橋脚の動的応答解析に用いる入力地震動は、一般的に、過去に観測された代表的な強震記録や、それらを修正・調整されたものである。しかしながら、既往の強震記録は、一般的に地表面での記録であり、観測地点での地盤の影響を受けて得られたものである。そのため、本来ランダムである各橋脚建設地点の地盤特性を十分に反映できる入力地震動ではない。

本研究では、上述の事柄を考慮して、より実際の、地盤を考慮した橋脚の耐震性能を評価するための動的応答解析に用いる入力地震動の取り扱いに関する一つのアプローチを示した。その後、地盤の連成を考慮した補剛断面を有する単柱式鋼製橋脚を対象として弾塑性動的応答解析を行い、地盤の特性と鋼製橋脚の地震時動的挙動について考察した。これらの結果を報告する。

2. 解析手法および解析モデル

地盤の連成を考慮した鋼製橋脚の動的応答解析には、本研究室で開発された地盤をばねで考慮し、骨組要素、板要素、ばね要素の結合モデルを用いた弾塑性動的応答解析手法¹⁾を用いる。その解析モデルの概略図を図1に示す。数値解析を行う上で定めた橋脚、および地盤の諸元を表1、2に示す。ここで、モデル R3G3L2N10 は、フランジの幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p = 0.3$ 、補剛材剛比 $\gamma/\gamma^* = 3.0$ 、柱の細長比パラメータ $\bar{\lambda} = 0.2$ 、地盤の N 値 = 10 であることを示す。鋼種は SM490Y とし、それぞれの細長比パラメータに対して、地盤を考慮せず橋脚基部で固定と仮定したものも合わせ、合計 12 タイプ準備した。地盤に関しては、その N 値を特性としてとらえ、名古屋市東山配水池周辺地盤で仮定した工学的基盤上に層厚 21.5m の N 値が一樣な 1 表層が堆積しているものと仮定し、その N 値を 10、30、50 とし、各ばね定数は道路橋示方書・同解説（以下、同示）、IV 下部構造編²⁾に基づき決定した。また、地盤の諸元より、地盤の振動特性を把握するため周波数応答関数を求め、図3に示すような増幅スペクトルを作成した。

3. 入力地震動

鋼製橋脚の動的解析に用いる入力地震動は、橋脚建設地点の地盤の特性を反映していることが望ましい。本研究では、濃尾地震が発生し

表 1 構造諸元

モデル	$\bar{\lambda}$	N 値	K_V (GN/m)	K_H (GN/m)	K_θ (GN・m/rad)	T_1 (sec)	T_2 (sec)
R3G3L2N10	0.2	10	1.66	1.37	19.9	0.442	0.003
R3G3L2N30		30	3.81	3.14	29.9		
R3G3L2N50		50	4.99	3.66	26.6		
R3G3L4N10	0.4	10	1.49	1.28	15.0	0.938	0.014
R3G3L4N30		30	3.66	3.06	27.0		
R3G3L4N50		50	5.23	3.78	30.0		
R3G3L8N10	0.8	10	1.54	1.31	16.4	2.070	0.055
R3G3L8N30		30	4.26	3.38	39.9		
R3G3L8N50		50	7.35	5.12	72.8		

K_V : 鉛直地盤ばね定数, K_H : 水平地盤ばね定数, K_θ : 回転地盤ばね定数

T_1, T_2 : 1 次, 2 次固有周期

表 2 地盤のデータ

名古屋市東山配水池周辺地盤データ				解析用地盤			
地層の種類	層厚 (m)	単位体積 重量 (kN/m ³)	せん断波 速度 (m/s)	層厚 (m)	単位体積 重量 (kN/m ³)	N 値	せん断波 速度 (m/s)
砂礫層	8.7	19.6	250	21.5	17.6	10	215
粘土層	12.8	17.7	320			30	311
砂層 (工学的基盤)	—	19.6	400			50	368
				—	19.6	—	400

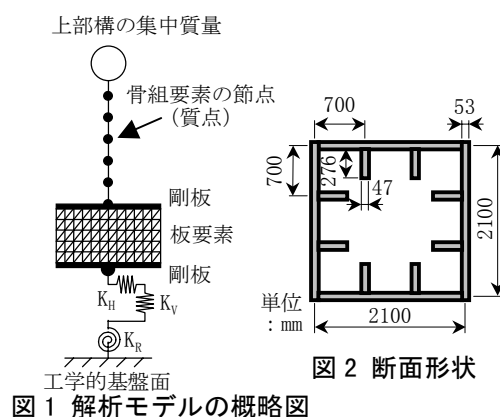


図 1 解析モデルの概略図

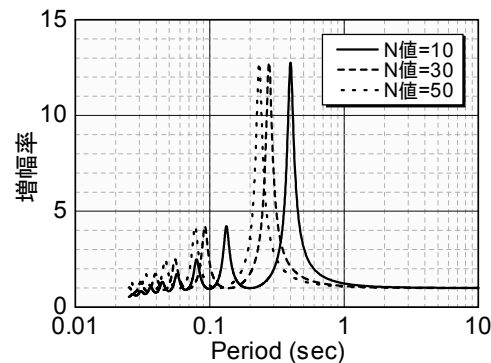


図 3 増幅スペクトル

キーワード 動的応答解析, 入力地震動, 地盤, 工学的基盤, 耐震性能

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 TEL 058-293-2405 FAX 058-293-2425

た場合に、亀田・杉戸の方法³⁾を用いた地震動作成・処理システム D-WAVE を用いて作成された名古屋市東山配水池周辺地盤の工学的基盤に発生する地震動を入力地震動とした。そして、Ⅱ種地盤に分類されるこの解析対象地盤の地表面での地震加速度を求め、その加速度応答スペクトルと道示、Ⅴ耐震設計編⁴⁾で規定されるレベル2、タイプⅡの標準加速度応答スペクトル比較し、その違いを調べた結果、図5に示すように、卓越周期の領域に大きな違いがみられた。

4. 動的解析結果

得られた解析結果のうち、橋脚頭頂部の変位応答時刻歴、およびフランジの最大初期たわみを与えている節点を有する着目要素の板曲げひずみ応答時刻歴をそれぞれ図6、図7に示す。なお、変位応答は、頭頂部に静的な水平力を受けて、柱基部が降伏するときの変位で除して無次元化している。設定した解析モデルのうち R3G3L4 のモデルにおいて、地盤の N 値を考慮したばね定数の差による応答の違いが他のモデルよりも大きく見られ、地盤の影響を受けたことが分かる。橋脚基部で固定としたモデルが最も大きな応答振幅および残留変位を示し、次に N 値が 10、30、50 と大きくなるにつれて最大変位応答や残留変位の減少が見られる。このことは、入力地震動の振動特性が地盤を考慮しないモデルに対して最も不利となり、地盤を考慮した場合、図5を参考にすれば、地盤の N 値が大きくなるにしたがって、その卓越周期が橋脚の固有周期の 0.9 秒程度から外れて行くためであると考えられる。一方、R3G3L8 のモデルでは、地盤の変化による各変位応答やひずみ応答に大きな差は認められない。このモデルの橋脚の固有周期は 2 秒程度であり、仮定した各地盤、および入力地震動の卓越周期から大きく外れているためであると考えられる。R3G3L2 のモデルにおいては、地盤の N 値の変化により若干の応答の違いが見られるがわずかである。

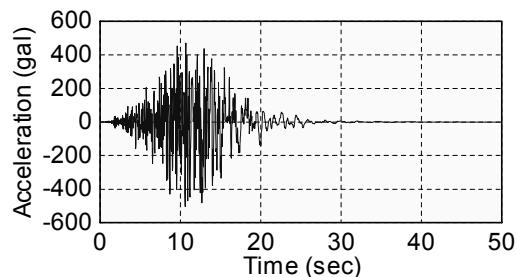


図4 入力地震波形

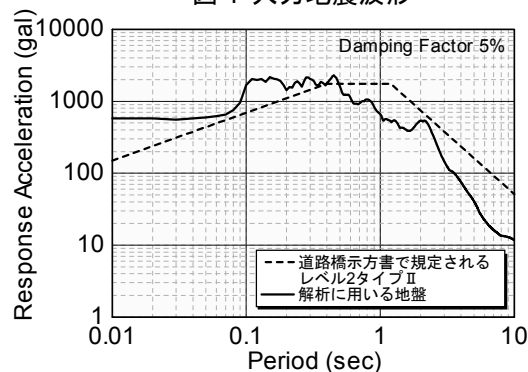
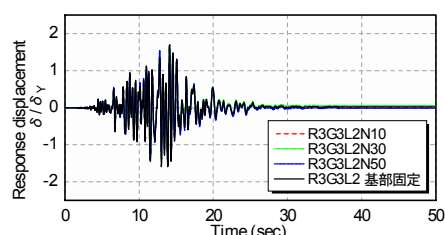
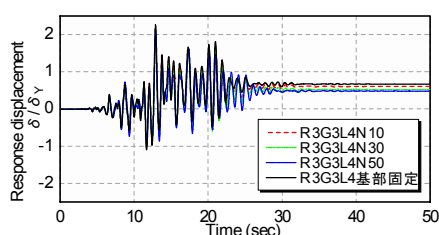


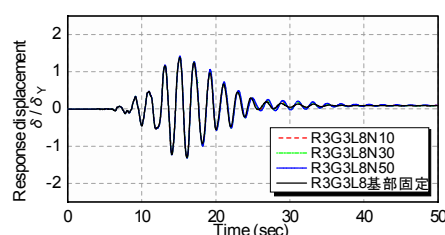
図5 加速度応答スペクトルの比較



(a) R3G3L2

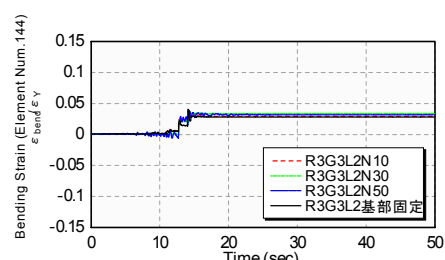


(b) R3G3L4

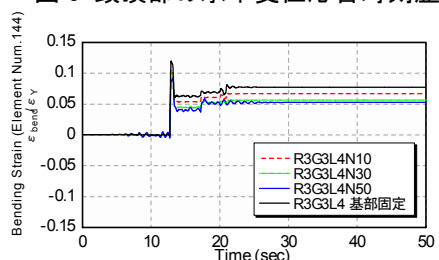


(c) R3G3L8

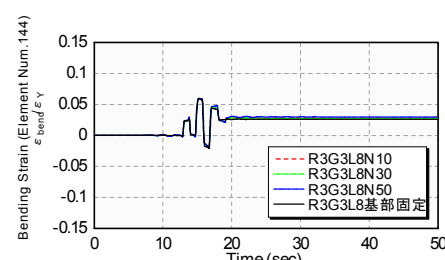
図6 頭頂部の水平変位応答時刻歴



(a) R3G3L2



(b) R3G3L4



(c) R3G3L8

図7 着目要素の板曲げひずみ応答時刻歴

5. 結言

本研究では、動的解析に用いる入力地震動は、地盤の特性を反映した地震動が望ましいという観点から、工学的基盤での地震動とした。その結果、仮定した実際の地盤と道示Ⅴの示す加速度応答スペクトルは卓越周期の領域にずれがみられた。次に、その地震動を用いて鋼製橋脚の動的解析を行った結果、地震動や地盤の卓越周期から大きく外れた固有周期を持つ橋脚は地盤の影響を受けにくく、固有周期が近い場合に地盤の影響がみられた。

参考文献

- 1) 奈良 敬, 村上茂之, 石田 剛: 地盤と局部座屈の影響を考慮した鋼製橋脚の地震動的応答解析手法, 第4回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集, 土木学会, pp. 55-60, 2002年1月.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IV下部構造編, 1996年12月.
- 3) 亀田弘行, 杉戸真太, 後藤尚男, 斎藤 弘, 大滝 健: 工学的基盤における地震動予測モデル, 京大防災研究所年報 第27号B-2, 1985年4月.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 1996年12月.