

橋梁架橋地点の表層地盤特性を考慮した耐震設計に関する一考察

耐震設計・表層地盤特性・地震時応答

中央復建コンサルタンツ 正会員 勝川 藤太
中央復建コンサルタンツ 正会員 鈴木 猛康

1. はじめに

橋梁の設計は、地盤種別毎に設定された加速度応答スペクトルに基づいて行われる。この加速度応答スペクトルは、多くの強震記録の加速度応答スペクトルを統計解析した結果に基づいて設定されたものである。一般的な橋梁の固有周期の範囲内においては、周期によらずほぼ一定の応答値を与えるため概ね安全側の結果を与えるが、不経済的な設計となる可能性もある。また、設計対象橋梁架設地点の表層地盤特性によっては、橋梁と地盤が共振し、設定された加速度応答を上回る可能性もあり、この場合は危険側の結果を与えることとなる。本稿は、橋梁架設地点の表層地盤特性を考慮した橋梁の地震時応答に関する検討の結果について報告するものである。はじめに、表層地盤特性を考慮した耐震設計上の地盤面における地震動の算出方法についてまとめ、つぎに、この地震動を用いた橋梁の地震時応答の結果についてまとめる。

2. 検討対象地盤

対象地盤は、表層地盤の影響が顕著となる軟弱地盤とした。図-1に橋脚周辺の対象地盤の断面図を、表-1に対象地盤の物性値を示す。表層厚は30.0m、地盤の特性値は0.7秒であり種地盤に分類される。耐震設計上の地盤面は、図-1のフーチング底面位置である。

表-1 対象地盤の物性値

層 No.	土質分類	層厚(m)	N 値	V_s (m/sec)	γ (kN/m ³)
1	河床堆積物	5.0	5~10	150	17.64
2	砂質土	3.0	5	130	17.64
3	砂質土	12.0	20~40	240	16.17
4	砂質土	10.0	5~10	150	14.70
	基盤	-	-	300	18.62

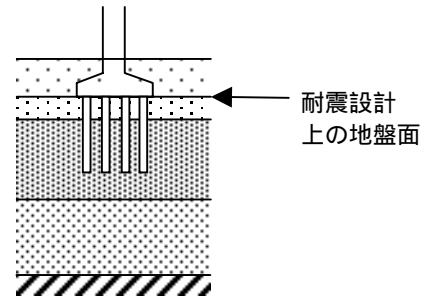


図-1 対象地盤

3. 表層地盤の地震応答解析

(1) 解析概要

耐震設計上の地盤面における地震動を求めるために、等価線形化手法を用いたSHAKEによる一次元地震応答解析および履歴モデルをR-0モデルとした1次元非線形地震応答解析の2方法を実施した。入力地震動は、道路橋方書・タイプ地震動・種地盤用・No.1とした。入力地震動を図-2に示す。地盤の非線形性を表現する地盤のせん断弾性係数ならびに減衰定数のひずみ依存曲線としては、建設省土木研究所により提案されている沖積砂質土の代表的なひずみ依存曲線を用いた。図-3にひずみ依存曲線を示す。

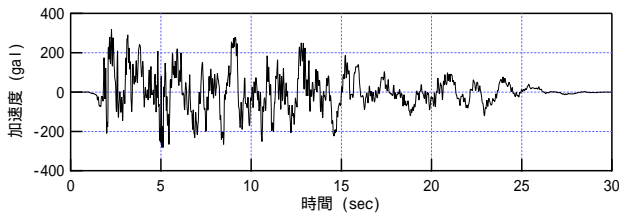


図-2 入力地震動(タイプ地震動・種地盤用・No.1)

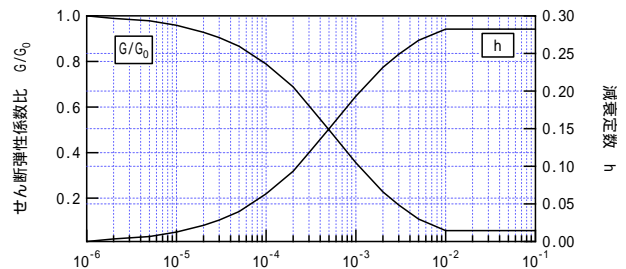


図-3 $G/G_0, h \sim \gamma$ 曲線(沖積砂質土)

(2) 解析結果

図-4に上記入力地震動を入力とした場合の解析結果を示す。SHAKEでは等価線形化を行っており、短周期成分の応答が適切に評価できないが、R-0モデルによる非線形地震応答解析結果には、SHAKEの結果に比べて短周期成分が顕著に現れている。しかし、地盤の主たる振動モードである長周期成分に関しては、いずれのケースもほぼ同様の時刻歴応答を示しており、地震動の主要動の卓越周期は約2秒程度に長周期化していることが分かる。

Study on seismic design considering effect of characteristic of soil deposit on which a bridge constructed. ,

Chuo Fukken Consultants Co.,Ltd. ,Touta KATSUKAWA, Takeyasu SUZUKI

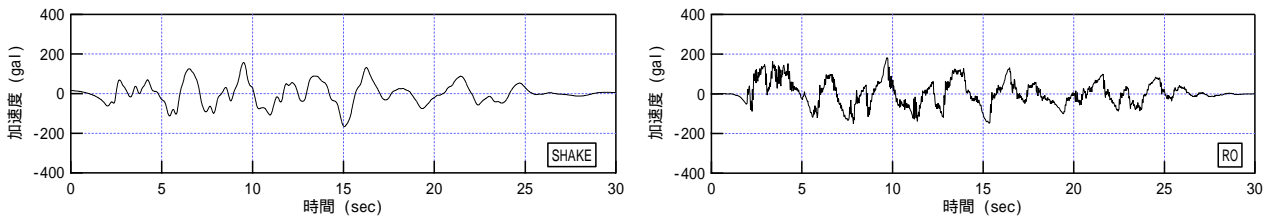


図-4 フーチング底面位置における地盤の応答加速度波形

フーチング底面位置での地盤の応答が比較的小さい要因として、基盤上面にある砂質土層がエネルギー吸収を行っていることが挙げられる。この層で振動エネルギーの吸収が大きくなった結果、それより上方に伝播される振動エネルギーが低減されたものと考えられるが、この層で発生しているせん断ひずみは1%を少し上回る程度であり、地盤動的物性試験における測定制度からも、R-0 モデルによるせん断履歴のモデル化の制度からも、解析の信頼性は高い範囲にあると言える。

本ケースのように地盤ひずみが1%程度であれば、簡易な解析手法であるSHAKEを用いた等価線形化解析により、表層地盤の特性を考慮した耐震設計上の地盤面における地震動が算出可能と考えられる。

4. 表層地盤特性を考慮した橋梁の地震応答解析

(1) 解析概要

表層地盤特性の橋梁の地震時応答への影響を検討するために、上記方法により算出したフーチング底面位置における地震動(地震動1)および、道路橋示方書・タイプ 地震動・種地盤用・No.1(地震動2)を入力とした線形の地震応答解析を実施し、比較検討した。図-5に地震動2を示す。橋梁は1質点系のバネ-マス系でモデル化し、基部は固定の条件とした。解析パラメータは、橋梁の固有周期 T および減衰定数 h とし、それぞれ $T=0.5, 1.0, 1.5$ 秒、 $h=0.05, 0.10, 0.20$ を用いた。

(2) 解析結果

図-6に橋梁の固有周期 $T=0.5$ 秒 減衰定数 $h=0.05$ として、地震動1および地震動2を入力とした各解析ケースの橋梁の応答加速度波形を示す。表層地盤特性を考慮した場合の最大応答加速度は、考慮しない場合の約20%であり、表層地盤特性を考慮することで橋梁の応答が大幅に低減されることが分かる。

図-7は、橋梁の固有周期、減衰定数と最大加速度応答の関係を示したものである。地震動1を入力としたケースの応答値はすべて、地震動2を入力としたケースの応答値を下回っている。これは、地震動1に含まれる橋梁の固有周期付近の振動数成分の振幅が、地震動2に比べて小さいためと考えられる。また、 $h=0.05$ のケースに着目すると、地震動2では、橋梁の固有周期によらずほぼ一定の応答値であるのに対して、地震動1では、固有周期が大きくなるに従い応答値も大きくなっており、地震動2の振動数成分の振幅が、この周期帯においてほぼ同じ大きさであることが分かる。

5. まとめ

今回対象とした表層地盤においては、表層地盤特性を考慮することで、橋梁の地震時応答が50~80%程度低減されることが確認された。このように表層地盤の影響を考慮することで、設計断面の縮小等、より経済的な耐震設計を行うことが可能となると考えられる。

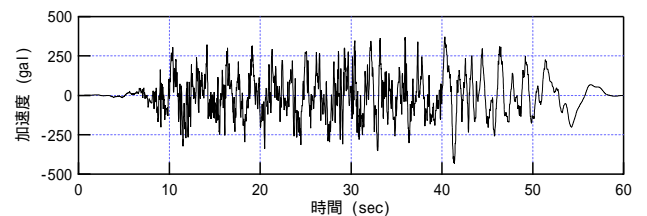


図-5 入力地震動2(タイプ 地震動・種地盤用・No.1)

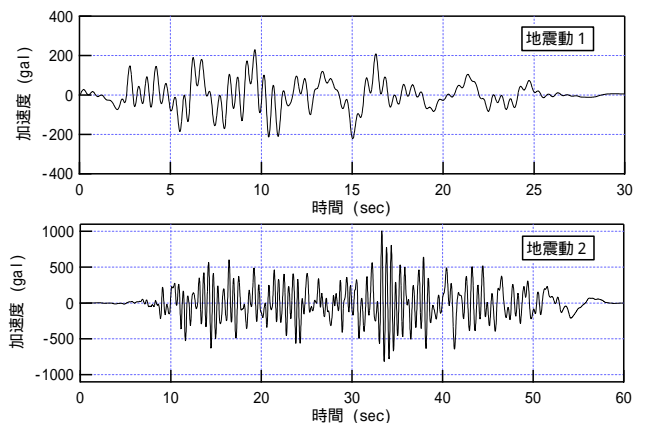


図-6 橋梁の応答加速度波形

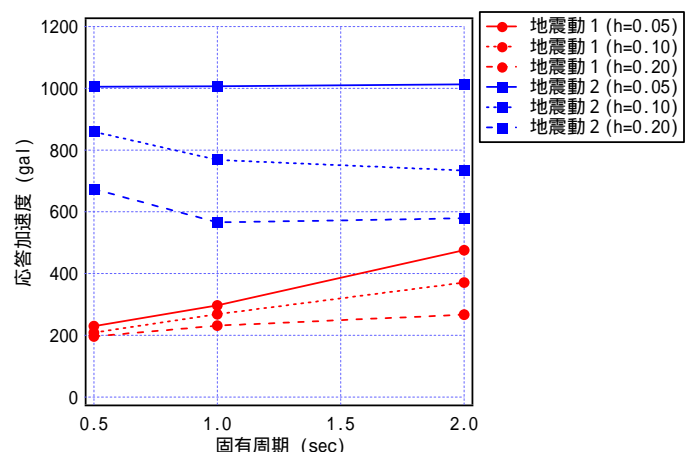


図-7 橋梁の固有周期、減衰定数と最大応答加速度