

表層地盤の応答を考慮した地表面最大加速度に関する検討

長岡技術科学大学 学生員 高柳 圭伺
 独立行政法人土木研究所 正員 小林 寛
 独立行政法人土木研究所 正員 田村 敬一

1. はじめに

表層地盤の応答は地震動特性および表層地盤の地盤特性により異なることが知られており、それを踏まえ、最近では工学的基盤面において地震動を規定する耐震設計基準^{例えは^{1), 2)}}が提案されている。これに対し、例えば、液状化判定に用いる設計震度は地盤種別ごとに地表面で一律に規定されている。そこで、本研究では、地表面最大加速度に着目し、各種基盤地震動を用いた地震応答解析を行った。具体的には、688箇所^の地盤ボーリングデータを対象にレベル1地震動、レベル2地震動プレート境界型地震および内陸直下型地震に相当する基盤地震動を入力とする等価線形化法による地震応答解析を行い、地表面最大加速度について整理した。この結果より地震動レベルおよび地盤種別の違いが地表面最大加速度に及ぼす影響について明らかにした。

表-1 解析に用いた基盤地震動

地震動レベル	基盤入力地震動	最大加速度	出典
レベル1地震動	JR基盤地震動波形(L1地震動適合波) (以下、JRL1)	93.9gal	鉄道構造物等設計標準 ²⁾
レベル2地震動 プレート境界型地震	宮城県沖地震大船渡基盤入射波形(S-1210E41S) (以下、大船渡)	275.1gal	港湾の施設の技術上の基準 ³⁾
	JR基盤地震動波形(スペクトルI適合波) (以下、JRL2Sp1)	446.1gal	鉄道構造物等設計標準 ²⁾
レベル2地震動 内陸直下型地震	兵庫県南部地震神戸ポートアイランド基盤入射波形 (PI-79NSBase)(以下、ポートアイランド)	817.0gal	港湾の施設の技術上の基準 ³⁾
	JR基盤地震動波形(スペクトルII適合波) (以下、JRL2Sp2)	749.6gal	鉄道構造物等設計標準 ²⁾
	JMA神戸基盤地震動波形(スペクトル適合波) (以下、JMA)	706.5gal	

2. 解析の概要

(1) 解析対象地盤

国土交通省関東地方整備局管内の直轄道路におけるボーリングデータをもとに、688箇所の地盤を解析対象とした。内訳はI種地盤が169箇所、II種地盤が201箇所、III種地盤が318箇所である。ここで、地盤種別は道路橋示方書³⁾の分類による。

(2) 基盤入力地震動

解析対象地盤に対して表-1に示す基盤地震動を入力し、等価線形化法により地震応答解析を行った。なお、表1のJMA基盤地震動波形については、次のように設定したものである。すなわち、兵庫県南部地震で記録された種々の地表面強震記録をそれぞれの地点における工学的な基盤面位置まで一次元の重複反射理論による地震応答解析により引き戻し、解放基盤面における地震動から加速度応答スペクトルを算出した。この加速度応答スペクトルを平滑化した上で、当該加速度応答スペクトルに合致するように、神戸海洋気象台で観測された地表面記録を解放基盤面位置に引き戻した波形を振動数領域で振幅調整したものである。

(3) 土の動的変形特性

土の動的変形特性については、土質区分、有効上載圧を考慮し、沖積粘性土は文献4)、洪積粘性土は文献5)、砂質土は文献6)に示す $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線を用いた。等価線形化法による応答解析ではせん断ひずみが1%を超える場合には、1%ひずみ時の G/G_0 および h を用いた。

表-2 地表面最大加速度の平均値と標準偏差 (単位: gal)

地震動レベル	基盤入力地震動	I種	II種	III種	
レベル1地震動	JR L1	地表面最大加速度の平均	156.3	162.1	152.2
		標準偏差 σ	15.8	16.3	23.4
レベル2地震動 プレート境界型地震	大船渡	地表面最大加速度の平均	346.9	254.5	173.5
		標準偏差 σ	87.4	80.5	44.5
	JR L2 Sp1	地表面最大加速度の平均	470.3	452.5	286.6
		標準偏差 σ	102.4	108.9	89.5
レベル2地震動 内陸直下型地震	ポートアイランド	地表面最大加速度の平均	768.8	560.3	310.6
		標準偏差 σ	130.8	165.4	93.3
	JR L2 Sp2	地表面最大加速度の平均	944.6	819.3	470.8
		標準偏差 σ	117.9	184.2	184.3
	JMA	地表面最大加速度の平均	848.6	755.4	409.6
		標準偏差 σ	106.1	223.4	149.0

キーワード：等価線形化解析、L2地震動、地表面加速度、基盤地震動

〒940-2135 新潟県長岡市深沢町 3142-4

3. 解析結果

表-2に基盤入力地震動ごとの地表面最大加速度の平均値と標準偏差、図-1に地盤の特性値 T_G と地表面最大加速度 α_{max} の関係を示す。以下に考察を記す。

(1) レベル1地震動の基盤地震動入力

地表面最大加速度の平均値は約 150gal~160gal で、地盤の特性値 T_G によらず、同様の最大加速度を示している。また、表-2に示した標準偏差によれば、ばらつきが少ないことがわかる。

(2) レベル2地震動プレート境界型の基盤地震動入力

地表面最大加速度の平均値は、約 170gal~470gal であり、 T_G が長くなるにしたがい、地表面最大加速度が低減している。また、表-1に示すように基盤地震動の最大加速度が異なるため、大船渡に比べ JRL2Sp1 のケースの方が大きめの値を示すが、 T_G が長くなると α_{max} が低減する傾向は同様である。

(3) レベル2地震動内陸直下型の基盤地震動入力

地表面最大加速度の平均値のレベルは、いずれの地盤種別においても、JRL2Sp2>JMA>ポートアイランドの順に大きい。これは、表-1に示す基盤地震動の最大加速度の大小と異なるが、JRL2Sp2は、広範な周期帯域において卓越する波形であるため、 T_G によらず地震動の増幅が大きかったことによるものと考えられる。地盤種別の違いによる地表面最大加速度の傾向は(2)と同様で、 T_G が長くなるにしたがい、地表面最大加速度が低減する。この理由としては、地盤が軟質になると、地盤に発生するひずみが大きくなり地盤の非線形の影響が顕著に現れたものと考えられる。また、I、II種地盤に相当する T_G では、地表面付近にしか 1~2% を超えるような大きなひずみは発生しなかったが、 T_G が長くなるにしたがい、1~2% を超える地盤のひずみが深部にまで発生する傾向が見られたことも一因である。さらに、地表面最大加速度のばらつきに着目すると、表-2に示すように地盤種別によらず地震動のレベルが大きくなるにしたがい、標準偏差が大きくなる傾向が見られた。

3. まとめ

本稿では、地震動特性、地震動レベルおよび地盤特性の違いにおける地表面最大加速度の違いを示した。この結果、レベル1地震動とレベル2地震動では地盤の特性値 T_G と地表面最大加速度 α_{max} の関係が異なること、また、地震動のレベルが大きくなると、 α_{max} のばらつきが大きくなることが分かった。

参考文献：1)鉄道構造物等設計標準・同解説-耐震設計編，運輸省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所，1999

2)港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人日本港湾協会，1999

3)道路橋示方書・同解説V耐震設計編，社団法人日本道路協会，1996

4)岩崎、龍岡：共振法・振動三軸両試験による沖積粘土の動的変形係数，第13回土質工学発表会講演集，1978

5)岩崎、龍岡：不攪乱粘性土についての室内実験結果，第12回土質工学発表会講演集，1977

6)岩崎、龍岡：砂のせん断変形係数と減衰のひずみ依存性について，第12回土質工学発表会講演集，1977

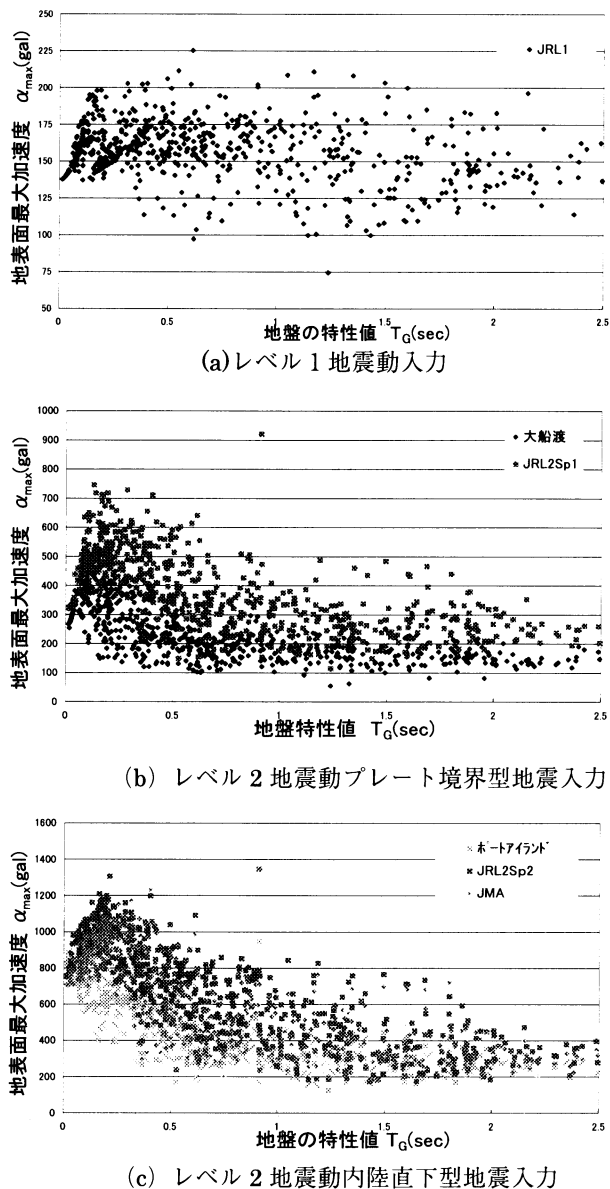


図-1 地盤の特性値と地表面最大加速度の関係