

I-635

埋立て地盤中の地震動の増幅特性に関する解析的検討

建設省土木研究所	正員	田村敬一
建設省土木研究所	“	常田賢一
建設省関東地方建設局	“	相沢 興
豊橋技術科学大学	学員	鈴木 剛

1. はじめに 埋立て地盤を初めとする軟弱地盤における地震動特性については従来から種々の研究が為されているが、地震動の地盤内増幅に限ってもいまだに多くの議論がある(例えば、参考文献1))。本小文は、埋立て地を対象として、地震応答解析(SHAKE)により地盤内の最大加速度、最大変位、並びに加速度応答スペクトルの増幅特性、およびそれらに及ぼす地盤条件の影響について報告するものである。

2. 解析対象地点および入力地震動 解析対象地点は、東京湾沿岸の埋立て地11地点である。表1は各地点の基盤深度および地盤の特性値 T_g ²⁾を示したものである。ここで、基盤面はせん断波速度300m/s以上、もしくは、N値50以上の地層の上面とした。解析対象地点の大部分は、道路橋示方書耐震設計編の地盤種別では $T_g \geq 0.6$ 秒のⅢ種地盤に相当する。地震応答解析では基盤面から地震動波形を入力することとし、入力地震動としては、表2に示す5種類の強震記録を用いた。土木研究所の2記録は、せん断波速度約400m/sの洪積砂礫層中の地中地震記録であり、他の3記録は岩盤上で観測されたものである。地震応答解析においては、いずれの記録についても主要動部分の20秒間を使用するものとし、また、最大加速度を50、100 および150galの3種類に変化させた。地盤の非線形性は等価線形化手法により考慮し、土の動的変形特性は、砂質土については参考文献3)、粘性土については4)によるものとした。

3. 最大加速度および最大変位の増幅特性 地盤の地震応答解析より求めた地表面における最大加速度 a_s を基盤面における最大加速度 a_b で除し、最大加速度の増幅率 $\alpha_a (=a_s/a_b)$ を定義した。図1に地盤の特性値 T_g と増幅率 α_a の関係を入力地震動レベルごとに示す。ただし、ここでは紙面の都合上、50galおよび150gal入力の場合の結果を示す。同一地点でも入力地震動の種類により α_a は若干変動するが、全体としては、同一の入力地震動レベルの場合には T_g が長いほど、 α_a は低下する。すなわち、基盤面での加速度レベルが同じであっても、軟弱な地盤ほど地表面での最大加速度は小さいことになる。また、同じ地点でも入力地震動レベルが高くなるにしたがい、増幅率は低下する。これは、地盤の非線形性に起因するものであると考えられる。次に、応答解析から得られた加速度波形より数値積分により算出した変位波形をもとに、基盤面における最大変位 d_b に対する地表面における最大加変位 d_s の比として、最大変位の増幅率 $\alpha_d (=d_s/d_b)$ を定義した。図2は T_g と α_d の関係を示したものである。 $T_g = 0.4 \sim 0.7$ 秒におけるPWRI-80記録(Δ 印)を除けば、最大変位の増幅率は、最大加速度の場合とは反対に T_g が長いほど増加することがわかる。 $T_g = 0.4 \sim 0.7$ 秒においてPWRI-80記録の増幅率が高い理由としては、当該変位記録が1.5~3Hz(0.33~0.67秒)において比較的優勢なパワーを有し、この範囲の成分の増幅が最大変位の増幅に寄与しているためであると考えられる。また、最大変位の増幅率は、入力地震動レベルが大きくなっても最大加速度の場合ほどは低下しない。

4. 加速度応答スペクトルの増幅特性 地表面および基盤面における加速度波形のそれぞれから減衰定数0.05の加速度応答スペクトルを算出し、各固有周期 T ごとに基盤面での応答スペクトル値 $S_b(T, 0.05)$ に対する地表面での応答スペクトル値 $S_s(T, 0.05)$ の比を加速度応答スペクトルの増幅率 $\gamma(T) (=S_s(T, 0.05)/S_b(T, 0.05))$ と定義した。さらに、各地点および各入力レベルごとに5種類の入力地震波に対する $\gamma(T)$ の平均値および標準偏差を求めた。算出結果の一例として、No.1地点100gal入力の場合を図3に示す。No.1地点の T_g は1.64秒であり、 T_g 付近の固有周期で $\gamma(T)$ の値が大きいことがわかる。図4は T_g と $\gamma(T)$ の平均値がピークを示す固有周期 T_p との関係を示したものである。入力加速度レベルが50galの場合には T_p は概ね T_g と一致するが、入力加速度レベルが100, 150galと高くなるにしたがい、 T_p は T_g よりも長周期側に移行する。これは、地震動のレベルが高い場合には地盤の非線形性により地盤が長周期化することによるものと考えられる。図5は T_g と $\gamma(T)$ の平均値のピーク値 M_p との関係を示したものである。両者の間には明確な関係は認め

難いが、入力加速度レベルが 50gal では $M_p = 4 \sim 6$ 、100gal では $M_p = 3.5 \sim 5$ 、150gal では $M_p = 3 \sim 4.5$ と、入力レベルが高くなるにつれて加速度応答スペクトルの増幅率が低下することがわかる。この傾向は、最大加速度の増幅特性と整合するものである。

5. まとめ 埋立て地盤における最大加速度、最大変位、並びに加速度応答スペクトルの増幅特性について、地盤の特性値、入力加速度レベル等と関連付けて検討した。その結果、例えば、最大加速度の増幅率は地盤の特性値が長くなると低下するが、最大変位の場合には反対に増加すること、入力加速度レベルに応じて増幅率が変化することなどの知見が系統的に得られた。

【参考文献】1)山崎：軟弱地盤は…、土木学会第45回年次学術講演会 2)道路橋示方書・耐震設計編 3)岩崎他：地盤の動的変形特性…、土研報告 153号 4)岩崎他：沖積粘性土の…、第15回土質工学研究発表会

表1 解析対象地点の地盤条件

地点	基礎深度 [m]	特性値 [s]
Nq 1	53.0	1.64
Nq 2	55.5	1.77
Nq 3	33.0	1.23
Nq 4	17.0	0.46
Nq 5	32.5	0.69
Nq 6	18.5	0.60
Nq 7	21.5	0.81
Nq 8	18.5	0.43
Nq 9	26.5	0.55
Nq10	18.0	0.49
Nq11	23.0	0.61

表2 入力地震動記録

Nq	観測地点	地震名	M
1	土木研究所 PWRI-28	茨城県南部 (1983. 2. 27)	6.0
2	土木研究所 PWRI-80	茨城県南西部 (1987. 6. 30)	4.9
3	開北橋 KAIHOKU	宮城県沖 (1978. 6. 12)	7.4
4	観音崎 KANNONZAKI	千葉県東方沖 (1987. 12. 17)	6.7
5	リソ・ソ・ヒ RINCON	ロマ・ブ・リータ (1989. 10. 17)	7.1

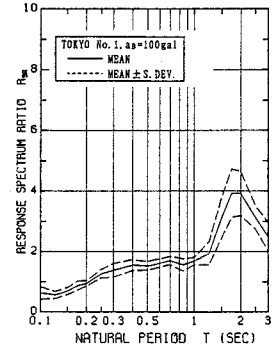
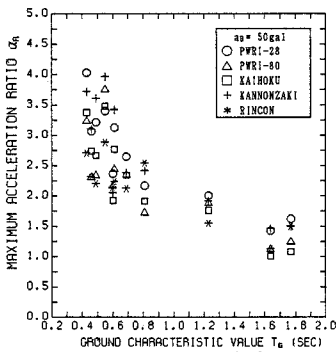
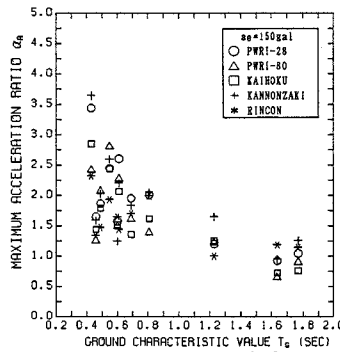


図3 応答スペクトルの増幅率

No. 1 地点、100gal 入力



(a) 50gal 入力



(b) 150gal 入力

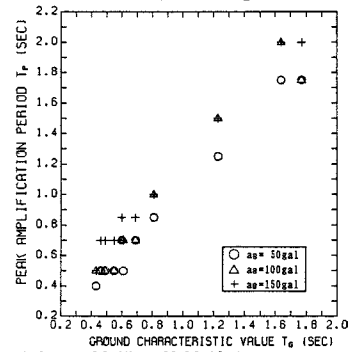
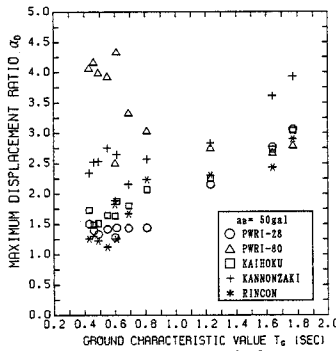
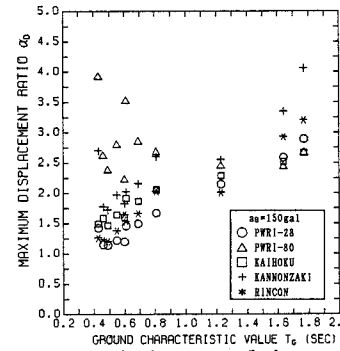


図4 地盤の特性値とスペクトル増幅のピーク固有周期

図1 地盤の特性値と最大加速度の増幅率の関係



(a) 50gal 入力



(b) 150gal 入力

図2 地盤の特性値と最大変位の増幅率の関係

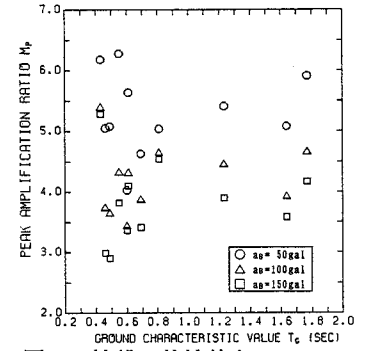


図5 地盤の特性値とスペクトル増幅のピーク値