

地盤物性のばらつきに伴う地中構造物の最大変位応答の変動傾向について

(株)ニュージェック	正会員	○松本敏克	坂田 勉
(財)電力中央研究所	正会員	大鳥靖樹	
京都大学防災研究所	正会員	澤田純男	

1. はじめに 耐震設計手法の高度化を背景として、地中構造物についても確率的評価が必要とされる機会も多くなりつつある。しかし、実務上必要とされる精度の解析は、大規模、大容量、長時間となる場合が多く、モンテカルロ解析等の多数の試行を要する解析は敬遠されているのが実情である。したがって、多数の解析を伴う地中構造物の詳細な動的挙動の把握は十分ではないと考えられる。そこで本報では、地盤物性が連続的に変化する場合の地中構造物の応答特性を観察することを目的として、地盤・構造物連成系の多数の非線形地震応答解析を実施し、物性変化に対する最大変位応答の変動傾向に着目した検討を行った。

2. 解析概要 阪神・淡路大震災で被災した神戸高速鉄道大開駅を対象として、非線形地震応答解析を実施した⁽¹⁾。解析モデルを図-1に示す。簡単のため2層地盤とし、地盤を平面ひずみ要素、構造物をファイバー要素で表現した。GL-39.4m以深にせん断波速度 $V_s=500\text{m/sec}$ の洪積層が存在し、この上面を工学的基盤と考えモデル底面とした。表層の土質材料の非線形性はR-Oモデル、構造材料の非線形性はコンクリート標準示方書[構造性能照査編]の応力-ひずみ曲線に基づいた。そして、基盤条件を考慮して、ポートアイランドの地中観測波(GL-83.0m)に基づいて設定された地震動を用いた⁽²⁾。また、系のばらつきは V_s について考慮した。 V_s は原位置の N 値を換算して統計処理し、変動係数を0.2とした(図-2)。解析ケースは、層別サンプリングにより等確率で発生する100ケースとした(図-3)。

3. 解析結果および考察 平均物性の場合の最大変位図を図-4に示す。地盤のせん断変形に構造物変形が追従しているのがわかる。また、周波数分析によると共振に近い状況であることが確認された。このときの損傷状況は図-5のとおりであり、中柱のせん断破壊や隅角部の降伏が観察された。次に、すべての解析ケースについて、左右方向別の構造物の最大層間変位を無次元化したせん断波速度 V_s/V_{sm} (V_{sm} は V_s の平均値)ごとに整理した(図-6)。概ねのところは、 V_s が大きくなれば層間変位は小さくなっており、妥当な傾向を示していると考えられる。しかし、詳細には、 V_s と最大変位との相関は非線形関係にあり、不自然に屈曲して傾向の異なるいくつかのグループに区分することができる。図-7は層間変位が最大となった時刻を方向別にすべてのケースについて示したものである。これについても、傾向の異なるいくつかのグループに明確に区分でき、図-6のグループとの整合も良い。図-8には、主要なケースの層間変位の時刻歴を示している。最大変位発生時刻に着目すると、グループBに属する $V_s/V_{sm}=0.6$ と 0.8 では、最大変位発生時刻はほぼ同一で対象とするピークは一致している。また、グループが異なれば対象とするピークも異なっている。このような状況は、図-8に示すすべてのケースについて確認できた。地盤震動の時刻歴応答における特定のピークの挙動は、地盤の初期剛性や非線形特性、剛性やひずみの分布状況、入力地震動の強度、周波数特性、位相特性等に密接に関連しており、個々のピークの発達過程は非常に複雑である。そのため、特定のピーク挙動が一定の傾向を示すケース群においては、地盤の動力学的な特性が類似しているものと考えられる。

4. おわりに 地盤のせん断波速度 V_s のばらつきに伴って最大変位応答の変動傾向は非線形性を有していた。また、この傾向は時刻歴応答上の最大応答を示す着目すべきピークの応答特性に依存し、傾向が変化するの、着目すべきピークの発生時刻が異なった場合に生ずることがわかった。

〔参考文献〕(1) 松本敏克, 大鳥靖樹, 澤田純男, 坂田 勉, 渡邊英一: 実用的評価法による地震時損傷確率分布の推定精度 ~被災した地中構造物での検証事例~, 構造工学論文集 Vol.53A, 2007.3. (2) 酒井久和, 澤田純男, 土岐憲三: ポートアイランドにおける時間領域での基盤入力地震動の推定, 土木学会論文集, No.612, pp.373-378, 1999.1.

キーワード: 地中構造物, 地震応答解析, ばらつき, モンテカルロ解析, 感度分析

連絡先: 〒531-0074 大阪市北区本庄東2丁目3-20 Tel:06-6374-4021(代) Fax:06-6374-5108

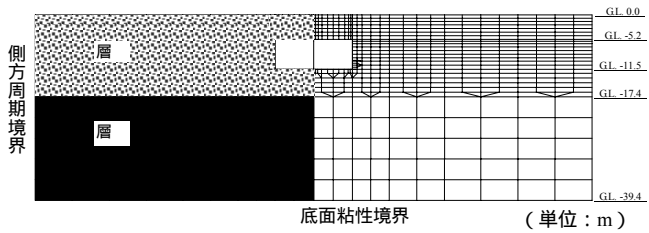


図-1 解析モデル図（大開駅）

表-1 地盤の初期物性（平均値）

地層区分	深度 (GL.m)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断波速度 V_s (m/sec)	せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	ポアソン比 ν
層	17.4	19.0	200	77.0	0.494
層	39.4	20.0	330	222.0	0.487
基盤	-	21.0	500	535.0	0.470

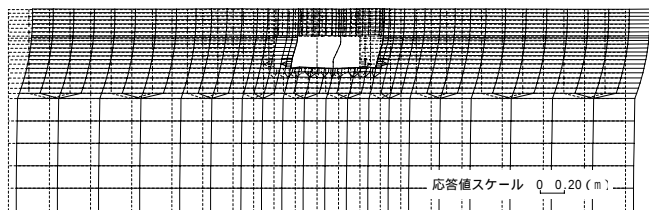


図-4 最大変形図（平均物性）

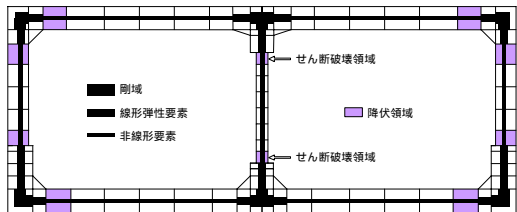


図-5 構造物の損傷状況（平均物性）

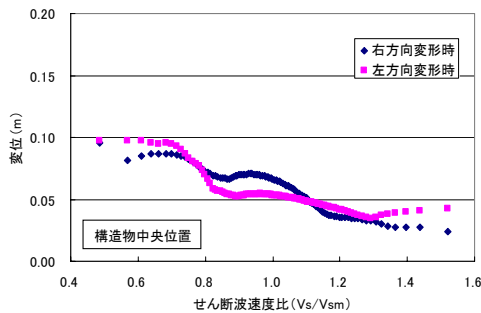


図-6 層間変位の最大値

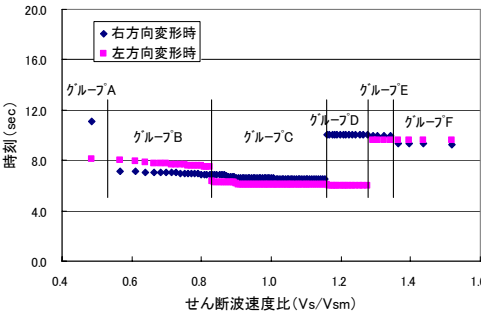


図-7 層間変位最大時刻

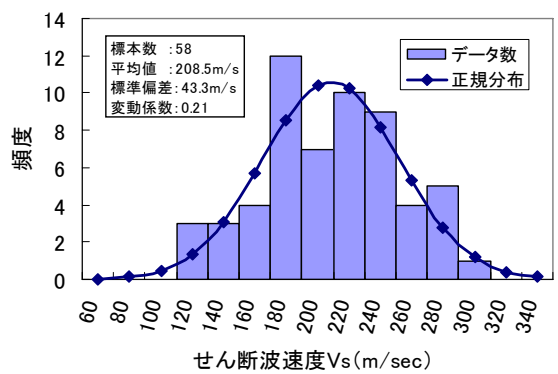


図-2 N 値より換算したせん断波速度 V_s の統計量

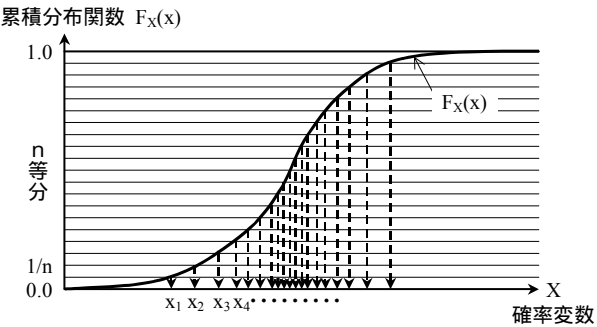


図-3 層別サンプリングの概念

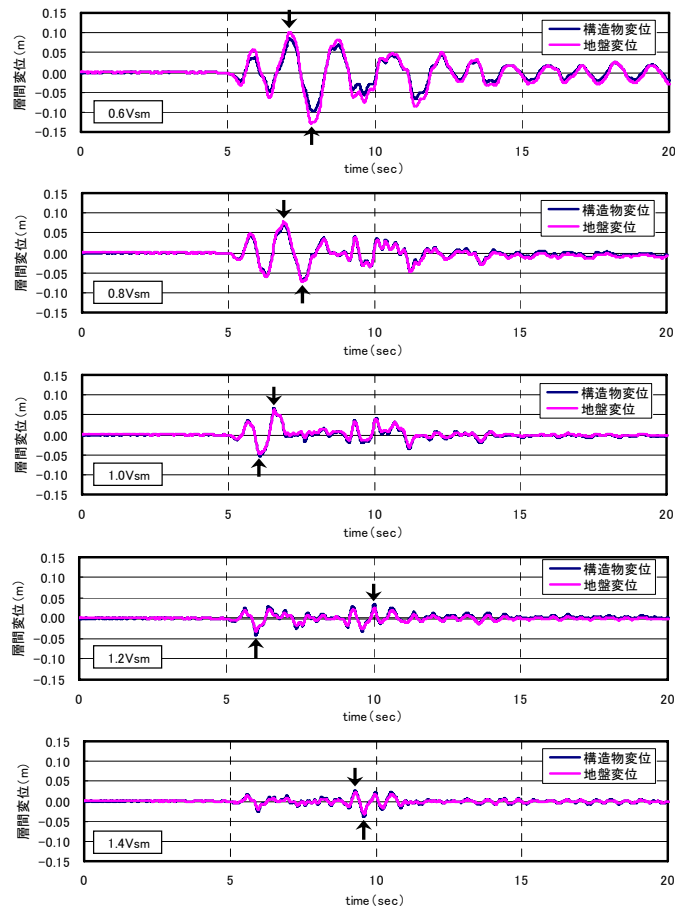


図-8 層間変位の時刻歴