

五日市駅周辺地盤の地震時挙動

西日本高速道路エンジニアリング中国(株)

船木 一宏*

西日本高速道路エンジニアリング四国(株)

横山 智紀*

元 広島工業大学 フェロー会員 ○熊本 直樹

(* : 研究当時は広島工業大学の学生)

1. はじめに

本研究は卒業研究の一環として実施したものである。2015 年度の卒業研究でも当時の学生が同様の研究を行い、2016 年の土木学会中国支部研究発表会でその概要を発表している¹⁾。2015 年度の研究では簡易予測法(道路橋示方書²⁾及び建築基礎構造設計指針の方法³⁾を用いて FL 値を求め、沈下量は建築基礎構造設計指針の方法(補正 N 値及びせん断応力比を用いる方法(後述の内閣府の方法⁹⁾)及び下水道施設の耐震対策指針の方法(沈下率を用いる方法)⁴⁾を用いた。ところがその後精査したところ、2015 年度研究の沈下量¹⁾には沈下量算定層厚に誤りがあることが判明したので、2016 年度の卒業研究で沈下量を再計算した。その結果、五日市駅近辺ではレベル 2 地震時に 68cm~95cm という沈下量が予想された。

95cm という沈下量は沈下率を用いる方法による計算値であるので大きな値になるのは当然である。しかし建築基礎構造設計指針が採用している補正 N 値及びせん断応力比から繰返しせん断ひずみを推定する方法で算定した沈下量 68cm が大きすぎるのではないかと、さらには算定しているせん断応力比は正しいか、ということが研究室内で議論になった。そこで 2017 年度の卒業研究では、五日市駅周辺地盤の地震応答解析を行って地震時せん断応力比などを検討した。

2. 簡易予測法が用いているせん断応力比算定法

簡易予測法では地震時のせん断応力比 L を次式で計算している。

$$L = (\text{地表面設計震度}) \times (\text{鉛直全応力} / \text{鉛直有効応力}) \times r_d \quad (1)$$

地表面設計震度は、道路橋示方書では地域係数、地盤種別、地震のレベル・タイプを考慮して決定され、建築基礎構造設計では、地表面設計加速度、重力加速度、

等価繰返し回数に関する補正係数を用いて決定される。

r_d は地震時せん断応力比の低減係数で、式(2)で与えられる。

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (2)$$

ところが、芸予地震の際に広島西飛行場(当時)内の消防航空隊基地での鉛直アレー観測記録の分析結果は式(2)と大きく異なっている(図 1⁵⁾)。

簡易予測法でレベル 2 地震時に大きな沈下量が予測された五日市駅付近において、簡易予測法が採用している式(1)及び式(2)が成立しているかどうかを確認したいということが本研究の動機である。

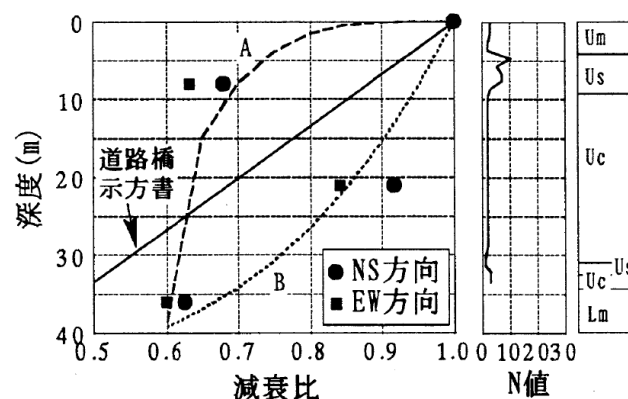


図 1 地中での地震動の減衰⁵⁾

3. 解析方法

(1) 検討対象場所及び地盤特性

検討対象場所は五日駅南側(51324239 地点)及び五日市駅北側(51324249 地点)である(図 2)。その柱状図を図 3 に示す⁶⁾。51324239 地点では沖積砂は GL-23m まであり、地下水位は GL-0.5m である。51324249 地点では沖積土は GL-32m まであり、地下水位は GL-1.0m で、途中に粘土と有機土がある。4239 地点は GL-25m 以深を、4249 地点は GL-32m 以深を

キーワード 土砂災害, 提言案, 土砂災害発生規準線, クリティカルライン

連絡先 n.kumamoto.wr@theia.ocn.ne.jp



図 2 検討対象位置

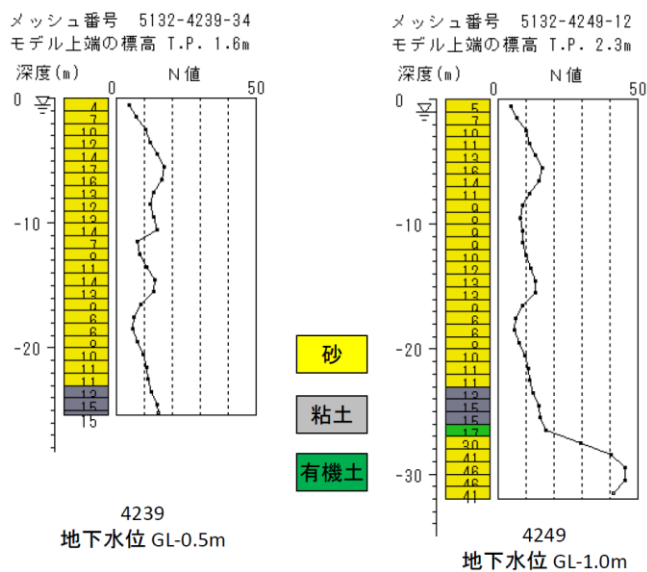


図 3 検討対象位置の柱状図⁶⁾

工学基盤とした。

(2) 解析方法

全応力時刻歴解析法で解析した。解析には地盤の動的応力解析コード UWLC (FORUM8) を使用し、数値積分法は Newmark の β 法、構成則には H-D モデル (Hardin-Drnevich モデル) を採用した。H-D モデルで使用する G_0 (v_s), c , ϕ は N 値から推定した。

工学基盤に入力した地震波は表 1 に示す 4 種類である。この研究の目的は簡易予測法と地震応答解析法の比較であるので、両者の地表面加速度が一致するように、地震波の入力レベルを調整した。簡易予測法の地表面下速度としては道路橋示方書の方法のものをを用いた。

4. 地震時せん断応力比の検討

(1) レベル 1 地震動の場合

2 地点×4 地震波=8 ケースについてレベル 1 地震動時の簡易予測法と地震応答解析のせん断応力比を比較し

表 1 入力した地震波

地震波	出典
八戸波	東京工業大学翠川研究室 ⁷⁾
東南海地震波 (井口)	G空間情報センター ⁸⁾
神戸ポートアイランド波	(株)フォーラム8
芸予地震・広島西飛行場波	広島市地震情報ネットワークシステム検討委員会

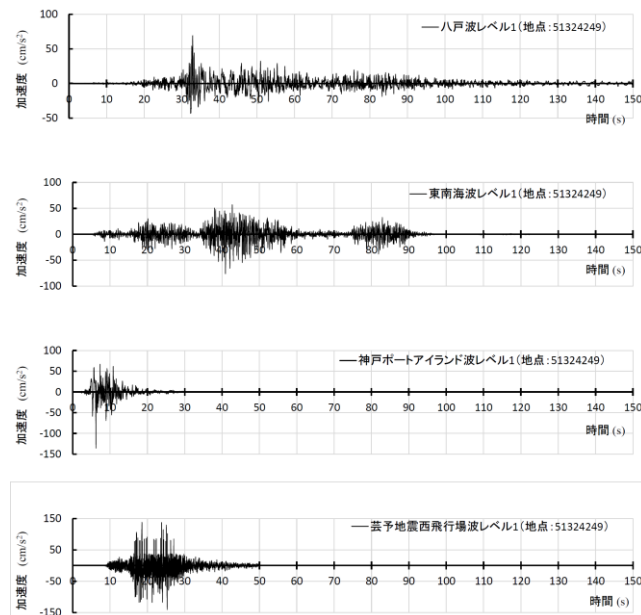


図 4 入力した地震波の例 (地点 4249, レベル 1)

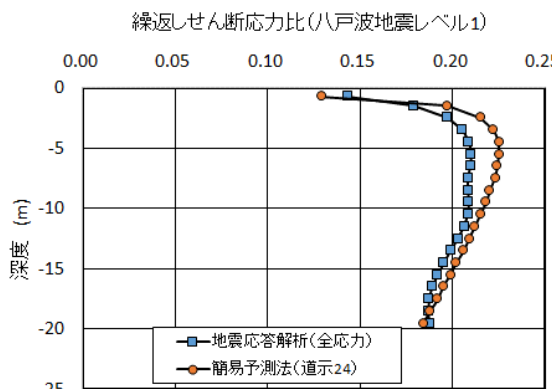


図 5 地震時せん断応力比 (地点 4239, レベル 1)

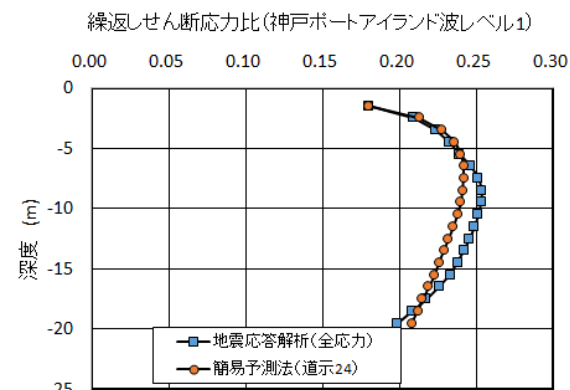


図 6 地震時せん断応力比 (地点 4249, レベル 1)

たところ、深度方向の分布形状やレベルにわずかな差はあったが、大局的には大きな違いはなかった。その例を図5及び図6に示す。

(2) レベル2地震動の場合

レベル2地震動の場合は、2地点×4地震波=8ケースについて、簡易予測法と地震応答解析のせん断応力比を比較した。レベル1地震動の時と同様に両者の間に大きな差がない場合もあったが、深度方向の分布形状やせん断応力比のレベルが大きく異なるケースもあった。図7及び図8に簡易予測法と地震応答解析とで大きな差がなかった例を示す。

図9と図11はせん断応力比の大きさの差が大きかった例で、図10と図12は深度方向の分布形状が異なった例である。このように地震応答解析で得られた地震時せん断応力比は簡易予測法が仮定しているものと大きく異なる場合もあった。

なお地震応答解析の地表面加速度（震度）は八戸波及び東南海波はタイプIの、神戸ポートアイランド波及び芸予地震広島西飛行場波はタイプIIの設計地表面震度（加速度）に近くなるよう、入力地震動の大きさを調整した。しかし地震応答解析の地表面加速度と簡

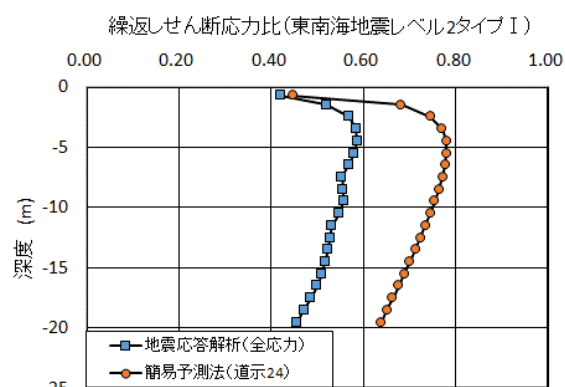


図9 地震時せん断応力比（地点 4239，レベルII）

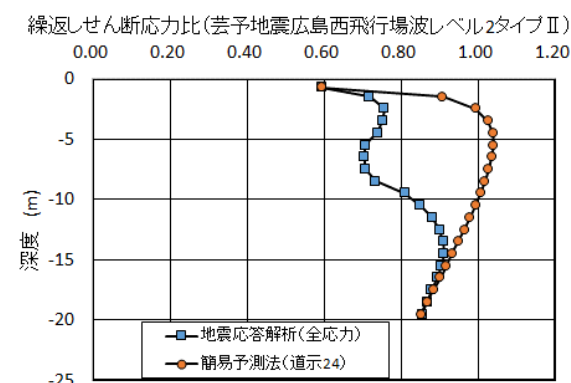


図10 地震時せん断応力比（地点 4239，レベルII）

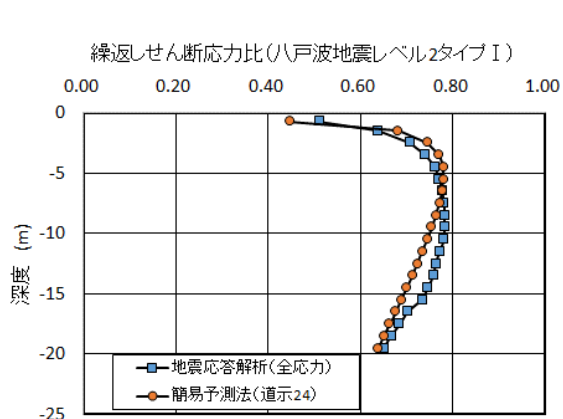


図7 地震時せん断応力比（地点 4239，レベル2）

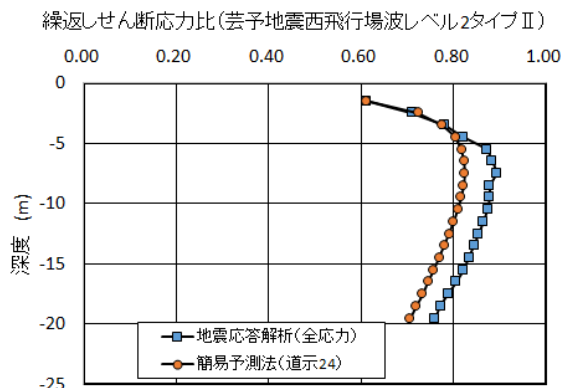


図8 地震時せん断応力比（地点 4249，レベル2）

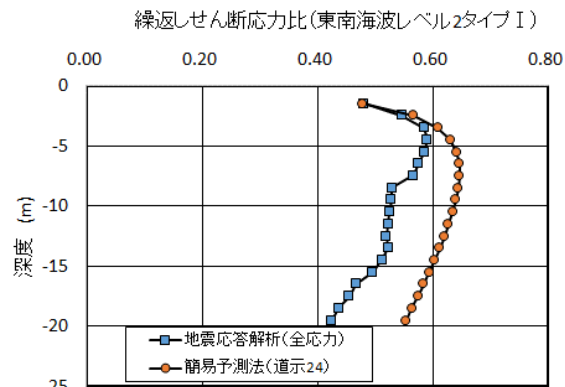


図11 地震時せん断応力比（地点 4249，レベルII）

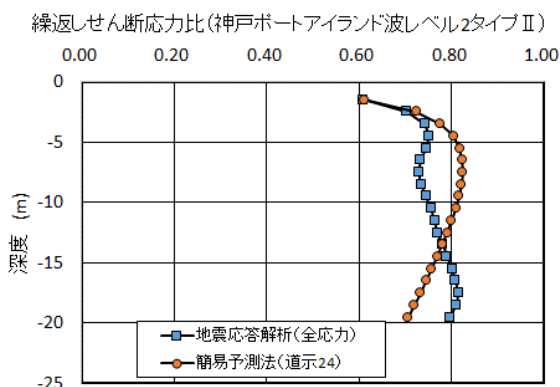


図12 地震時せん断応力比（地点 4249，レベルII）

易予測法の地表面加速度の関係は一義的には定まらず、両者が近くなる入力地震動はいくつもあったので、その中で小さい入力地震動による解析結果を用いて前述の図を作成した。

5. 沈下量について

繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を体積ひずみ ε_v として読み替える内閣府や自治体の地震対策検討会で用いられている手法^{3),9)}に準じて、沈下量を算定した。ただしせん断応力比と補正 N 値から γ_{cy} を求めるのではなく、 $FL < 1$ となる要素の最大せん断ひずみ γ_{max} を単純に γ_{cy} とした。沈下量算定例を図 13 及び図 14 に示す。 γ_{max} は等価な γ_{cy} ではないし、さらに ε_v ではないので単純に比較するには無理があるが、簡易予測法では 68cm 前後の沈下量であったのに対し、図 13 や図 14 はそれよりも小さく、また地震波によっても沈下量が異なる。

6. まとめ

広島工業大学近辺の地震時の液状化について検討を進めていく中で、通常の簡易予測法で算定された五日市駅付近の大きな沈下量に興味を抱き、さらには簡易予測法が仮定しているせん断応力比の深度方向分布の妥当性を確認する必要性を感じて、全応力地震応答解析を行ってこれらについて検討した。

その結果、地盤条件や地震波によっては地震時せん断応力比が大ききだけでなく深度方向分布形状が簡易予測法と大きく異なる場合があることが示された。また、沈下量も地震波によって大きく異なる可能性があることが示された。

本研究の解析は多くの仮定に基づいており、特に沈下量は最大せん断ひずみを体積ひずみと仮定するなど量的には必ずしも正確ではない。しかし、簡易予測法は計算が容易でハザードマップ作成などの広域の検討に適しているが、地盤条件や地震波などによっては簡易予測法による推定値と実際が異なる可能性もあるので、重要な構造物については個別に詳細に検討する必要があることを本研究は示唆している。

謝辞

この研究だけでなく、3 年間にわたって卒業研究で地盤工学会の電子地盤図を使用させていただき、合計 7 名の学生が学窓から巣立っていきました。データを提

供して下さった地盤工学会の関係各位に心から謝意を表します。

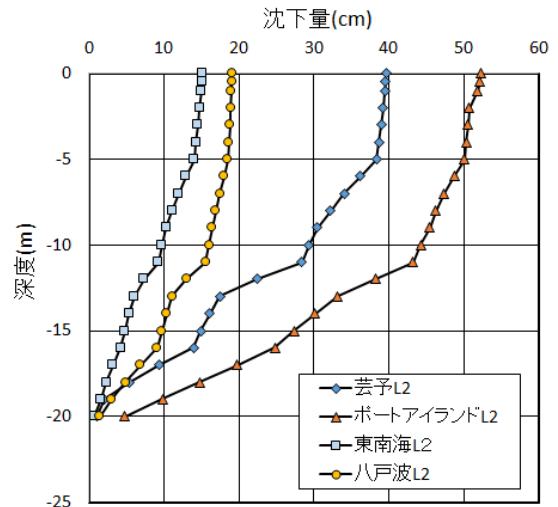


図 13 沈下量試算結果 (地点 4239, レベル II)

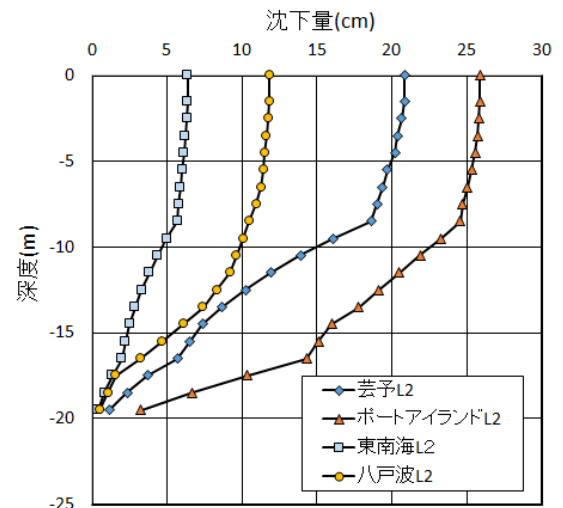


図 14 沈下量試算結果 (地点 4249, レベル II)

参考文献

- 1) 濱村俊輝, 三上雅人, 谷聖太, 熊本直樹: 広島工業大学近辺の地震時の液状化について, 土木学会中国支部第 68 回研究発表会 (平成 28 年度), III-25, 2016
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書, 耐震設計編, 平成 24 年版
- 3) 日本建築学会: 基礎構造設計指針, 2001 年版
- 4) 日本下水道協会: 施設の耐震対策指針と解説, 2014 年版
- 5) 佐々木康, 加納誠二: 平成 13 年芸予地震による広島県沿岸部の液状化, 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, pp.93-96, 2001
- 6) 地盤工学会: 全国電子地盤図, <http://www.denshi-jiban.jp/>
- 7) 東京工業大学翠川研究室: 1968 年十勝沖地震の八戸港湾での強震記録, <http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/>
- 8) G 空間情報センター: https://www.geospatial.jp/gp_front/
- 9) 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 液状化可能性、沈下量について, 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 第二次報告, 強震断層モデル編, 中央防災会議防災対策推進検討会議, 内閣府, 平成 24 年 8 月 29 日