

等価線形解析手法を用いたセメント安定処理地盤の地震応答解析

—安定処理地盤に発生するひずみの検討—

Seismic Response Analysis of Cement-Treated Ground using Equivalent Linear Analysis Method

Examination of Strain Generated in Cement-Treated Ground

○近藤壮一郎<sup>1</sup>, 山田雅一<sup>2</sup>, 道明裕毅<sup>2</sup>

\*Soichiro Kondo<sup>1</sup>, Masaichi Yamada<sup>2</sup>, Yuki Domyo<sup>2</sup>

Abstract: The objective of this study is to obtain the strain range generated in the cement-treated grounds by seismic response analysis. In this paper, Equivalent linear analysis was performed on the cement-treated grounds model using the test results of retrospective 1). Investigate the compatibility of the maximum shear strain generated in the cement-treated ground with the strain range obtained by cyclic triaxial tests.

1. はじめに

セメント安定処理工法を広く活用するためには、セメント安定処理地盤の地震時応答特性を適切に評価する必要がある。一般にセメント安定処理地盤の地震応答解析では等価線形解析が用いられることが多い。しかし、等価線形解析に必要な地盤材料の動的変形特性(せん断弾性係数のひずみ依存性( $G\sim\gamma$  関係)と減衰定数のひずみ依存性( $h\sim\gamma$  関係))は、一般に繰返し三軸試験により求められるが、この試験は安定処理土の力学特性および装置の機構上の制約によって、得られる試験データのひずみ範囲は制限されてしまう。一方、中空ねじりせん断試験では広範囲のひずみ領域における  $G\sim\gamma$  関係、  $h\sim\gamma$  関係を得ることができる。

本報告では、既報 1)で報告した中空ねじりせん断試験によるセメント安定処理粘土の試験結果から求めた  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係を用いて等価線形解析を行い、対象とする安定処理地盤に地震時に発生する最大せん断ひずみと繰返し三軸試験で得られるひずみ範囲との適合性について検討する。

2. 安定処理地盤の地震応答解析

本報告では、セメント安定処理地盤の等価線形解析を FDEL<sup>2)</sup>により行った。

2. 1. 地盤モデル

Table1. Ground Model

Geological Number	Layer	Bottom Depth	Unit Weight $\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	Shear Wave Velocity $V_s$ (m/s)	Before Improvement $G_{max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Before Improvement $\gamma_r$	Before Improvement $h_{max}$ (%)
1	Bank	3.0	17.652	120	25920	0.0016	24
2	U	5.5	14.906	130	25688	0.0010	22
3	Yue	7.5	14.906	140	29792	0.0014	23
4		13.5	14.710	170	43350	0.0014	23
5	Tos	17.5	16.671	240	97920	0.0009	27
6		28.1	17.652	240	103680		25
7		32.5	20.104	310	197005		25
Bedrock	Eds	-	18.044	400	294400	-	-

上層が軟弱な沖積粘土層、下層が硬質な洪積礫層で構成された地盤 (安定処理前の地盤モデルは東京都港区台場地区の臨海部軟弱地盤<sup>3)</sup>を参考にした。) に対して、杭形式で改良した安定処理地盤を想定した。改良範囲は支持力不足と圧密沈下が懸念される軟弱粘土層までの深さ 13.5m までとした。Table1 に地盤モデルの各パラメータを、Fig.1 に改良体の諸元を示す。また、安定処理地盤の設計基準強度は、既報 1)の強度レベルに合わせて  $F_c=150,200,400$  kN/m<sup>2</sup> の 3 パターンとした。

基盤に入力する地震波には Hachinohe EW 成分(最大加速度 180.2gal 継続時間 51s)を用い、地表面最大加速度をレベル 1 地震動で 350gal, レベル 2 地震動で 800gal に調整した地震波を改良前の地盤モデルで引戻し計算した基盤波(レベル 1 地震動で 163gal, レベル 2 地震動で 351gal)を用いた。Fig.2, Fig.3 にそれぞれの基盤波を示す。

2. 2.  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係

本解析に用いた  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係は既報 1)の試験結果から得られた等価な初期せん断弾性係数  $G_{eq}$  と基準ひずみ  $\gamma_r$ , 最大減衰定数  $h_{max}$  を用いて求めた。なお、改良地盤の等価な初期せん断弾性係数  $G_{eq}$  は既報 4)を参考に等価な改良体に置き換える(1)式を用いて求めた。

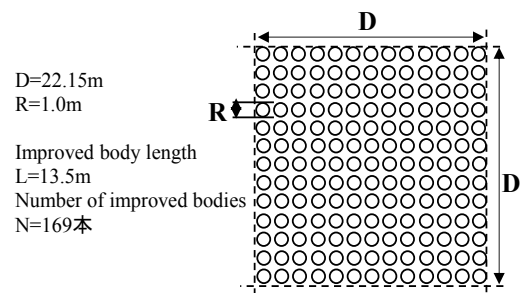


Fig.1 Specifications of the improved body

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

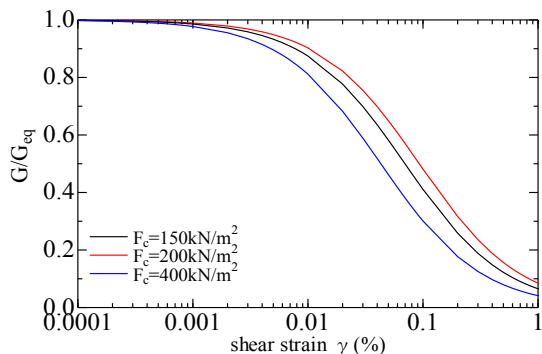


Fig.2 Variation of  $G/G_{eq}$  with  $\gamma$

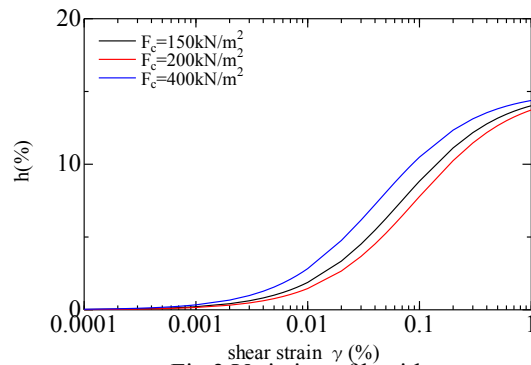


Fig.3 Variation of  $h$  with  $\gamma$

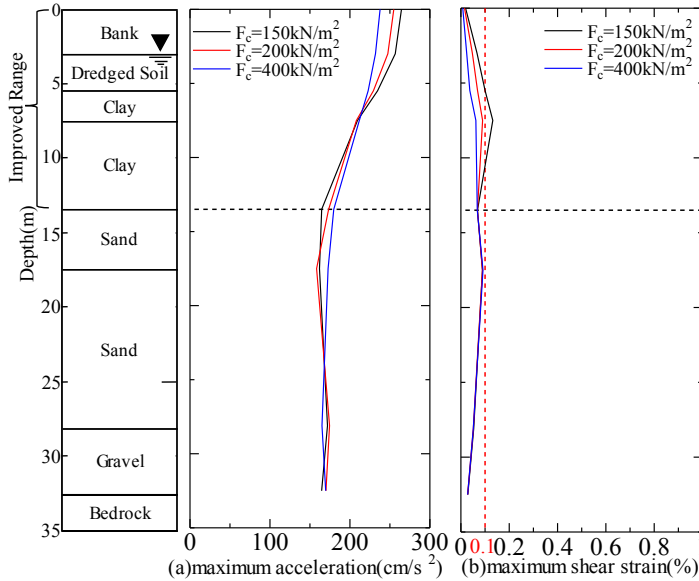


Fig.4 Results of Level1 Earthquake Response

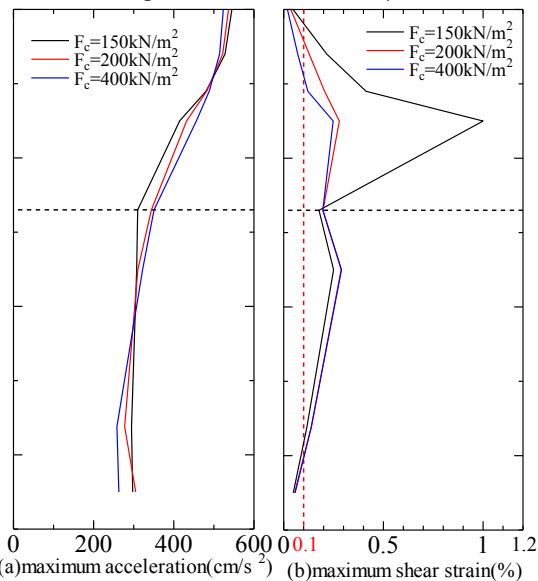


Fig.5 Results of Level2 Earthquake Response

$$G_{eq} = G_s + (G_p - G_s) \frac{A_p}{A_s} \quad (1)$$

ここで、 $G_{eq}$  は等価せん断弾性係数( $\text{kN/m}^2$ )、 $G_s$  は既報 1)から得られた改良体の初期せん断弾性係数( $\text{kN/m}^2$ )<sup>1)</sup>、 $G_p$  は地盤モデルから得られた改良前地盤の初期せん断弾性係数( $\text{kN/m}^2$ )、 $A_p$  は改良体の断面積の合計( $\text{m}^2$ )、 $A_s$  は改良体群の平均的な面積( $\text{m}^2$ )である。Fig.2, Fig.3に求めた  $G\sim\gamma$  関係、 $h\sim\gamma$  関係を示す。

### 3. 地震応答解析試験結果

Fig.4(a), (b)にレベル 1, Fig.5(a), (b)にレベル 2 の地震動による地震応答解析結果の最大加速度、最大せん断ひずみ  $\gamma_{max}$  の深度分布を安定処理地盤の設計基準強度ごとにそれぞれ示す。

同図よりセメント安定処理地盤の地震応答解析で得られた最大せん断ひずみ  $\gamma_{max}$  の値は、レベル 1 地震動で  $F_c=150 \text{ kN/m}^2$ 、レベル 2 地震動では全ての場合で 0.1%を超える結果となった。このひずみ領域は地盤材料の動的変形特性を求める際に一般的に用いられる繰返し三軸試験では測定することが難しいひずみ領域である。本解析結果で用いた  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係は中空

ねじりせん断試験結果から得られたものであり、改良条件によっては、さらに大きなひずみが発生することが考えられることから、今後は広範囲ひずみ領域における  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係を評価する必要がある。

### 4. まとめ

本報告では、既報 1)で報告した中空ねじりせん断試験によるセメント安定処理粘土の試験結果から得られた  $G\sim\gamma$  関係と  $h\sim\gamma$  関係を用いて等価線形解析を行い、改良地盤に地震時に発生するひずみについて検討した。

本報告で対象とする安定処理地盤の地震応答解析で得られた最大せん断ひずみ  $\gamma_{max}$  の値は、条件によっては繰返し三軸試験では測定することが難しい 0.1%を超える解析結果となった。

### 参考文献

- 1)小田恭平他：粘性土改良土の強度・変形特性 - 繰返し変形特性のひずみ依存性 - , 令和元年度日本大学理工学部学術講演会予稿集, 2019.
- 2)杉戸真太他：周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察, 土木学会論文集, No.493/II-27, pp.49-58, 1994.
- 3)中浜悠史：セメント安定処理粘土の動的変形特性の評価方法に関する研究, 日本大学大学院理工学研究科建築学専攻修士論文梗概集, 2016.
- 4)日本建築学会：建築基礎構造設計指針, pp, 232, 2001.