

東日本大震災における造成宅地盛土の強度特性

東京電機大学理工学部 フェロー会員 安田 進
東京電機大学大学院 学生会員 ○中畝将太

1. はじめに

2011年3月11日に発生したマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震では津波や液状化などの被害が大きく取り上げられていたが内陸にも被害は及んでいる。内陸の被害の特徴として広範囲での地盤災害がある。その1つとして東北地方を中心とした造成宅地盛土の被害が挙げられる。当研究室では地震発生翌日から関東地方から東北地方にかけて被害箇所の調査を行ってきた。丘陵地の造成宅地盛土に関しては宮城県、福島県のいくつかの造成宅地を調査し、その際に乱れた試料および塊状のブロック試料を採取し、その試料に対し物理試験や締固め試験及び繰返しねじりせん断試験を行い被災した盛土材料の強度特性を比較することを目的とする。

2. 試料採取箇所

本研究に用いた採取試料は、福島県須賀川市みどりが丘、木之崎、宮城県仙台市太白区緑ヶ丘4丁目の計3箇所である。3箇所の内、福島県須賀川市みどりが丘、宮城県仙台市太白区緑ヶ丘4丁目は塊状のブロックを乱れが少ない試料とみなして採取した。福島県須賀川市木之崎の試料は乱れた試料として採取した。福島県須賀川市みどりが丘の北部法面が崩壊しており、地震後の現地調査時には盛土の法尻を大型土のうで押さえてあったが、法先から水のしみ出しが確認された。法面の高さは5.7mで盛土天端の変位は法肩から33m奥まで発生していた。福島県須賀川市木之崎では、沼のそばですべりが発生しており、道路が決壊していた。宮城県仙台市太白区緑ヶ丘4丁目では、のり面が滑っていたが、4丁目ではこの他にも広い範囲ですべりや沈下などの変状が発生していた。

3. 物理特性

乱れた試料とブロック試料共に、土粒子の密度試験と液性限界・塑性限界試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験を行った。なお、突固めによる土の締固め試験の試験方法はA・c法で行った。さらに乱れが少ない試料に対しては突固めによる土の締固め試験の結果を用いて現地の締固め度 D_c の推定を行った。これより得られた物理特性を表1に示す。この土質試験結果から木之崎の盛土は粒径幅が広く、細粒分含有率も25.0%で比較的細粒分を多く含んでいる。みどりが丘の盛土も木ノ崎と同様に細粒分含有率が26.3%、粒径幅も他の試料と同様に広く、締固め特性の良い土である。緑ヶ丘4丁目の盛土は細粒分を含まず他の試料と比べて最大乾燥密度は高い。

表1 各試料の土質試験結果

	福島県		宮城県
	みどりが丘	木之崎	緑ヶ丘4丁目
土の種類	火山灰性堆積物	火山灰性堆積物	まさ土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.649	2.714	2.687
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.693	1.732	1.874
最適含水比 w_{opt} (%)	20.0	20.3	14.7
細粒分含有率 F_c (%)	26.3	25.0	0.0
液性限界 w_L (%)	39.4	35.8	NP
塑性限界 w_P (%)	NP	NP	NP
塑性指数 I_P	NP	NP	NP
均等係数 U_c	18.38	36.76	3.04
曲率係数 U'_c	2.65	2.71	1.00

4. 動的強度特性

繰返しねじりせん断試験装置を用いて動的強度特性を調べた。ブロック試料の供試体寸法を外径7cm、内径3cm、高さ7cm、乱れた試料の供試体寸法は外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒形とした。試験は飽

キーワード 東日本大震、造成宅地盛土、動的強度特性

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

和条件で実施し、供試体に脱気水を通し間隙水圧係数 B 値が 0.95 以上となるように飽和させた。有効拘束圧は、50kPaの等方圧密で行い、圧密終了後、非排水状態で正弦波荷重を一定の繰返し応力比で 20 波の繰返し載荷試験をし、その後、非排水状態を保ったまま静的単調載荷を行った。静的単調載荷試験は一定のひずみ速度とし、その際の載荷速度を 10%/minとした。繰返し載荷試験から求めた繰返しせん断応力比 R とせん断ひずみ両振幅 γ_{DA} の関係について、みどりが丘の盛土を図 2 に、木之崎の盛土を図 3 に緑ヶ丘 4 丁目の盛土を図 4 に示す。 $\gamma_{DA}=7.5\%$ となる繰返しせん断応力比を液状化強度比 R_L とする。各試料の液状化強度比は、みどりが丘で $R_L=0.130$ 、木之崎で $R_L=0.239$ 、緑ヶ丘 4 丁目では $R_L=0.135$ となった。締固め度～液状化強度比関係を図 4 に示す。同図より締固め度が大きいほど液状化強度比 R_L は大きくなる傾向を示した。また、既往の研究成果より、 D_c が 90%を超えるあたりで R_L が急増する傾向である。繰返し載荷後のせん断応力～せん断ひずみの関係より安田・稲垣らの

手法を用いて地震後のせん断剛性 G_1 を求めた。 F_L は繰返し載荷試験より得られた R_L を各供試体に加えた R で除したものである。 $F_L=1$ のときの G_1 はみどりが丘で 51.8kN/m²、木之崎で 297.0kN/m²、緑ヶ丘 4 丁目では 63.5 kN/m²となった。 $D_c \cdot G_1$ 関係を図 5 に示す。同図より $D_c \cdot R_L$ 関係と同様に締固め度が大きいほど G_1 が大きくなる傾向が見られた。このことは締固め度が大きいほど液状化後の剛性が高く変形しにくいことを示している

5. まとめ

東日本大震災により被災した造成宅地盛土のうち 3 箇所から採取した試料を用いて繰返しねじりせん断試験を実施した。その結果、液状化強度および液状化後の変形特性は締固め度に影響していることがわかった。今後は各試料の締固め度を変え、盛土材の締固め度が液状化強度や液状化後の変形特性に同様に影響するかを求める予定である。なお、本研究は科学研究費助成事業「既設宅地盛土の地震時安定性の定量的評価手法の研究」の補助を受けて実施したものである。

参考文献

- 1) 藤岡一頼, 安田進, 白鳥翔太郎: 道路盛土材料の動的強度特性, 第 30 回土木学会地震工学研究発表会論文集, pp.875-880, 2009.
- 2) 安田進・稲垣太浩・長尾和之・山田真一・石川敬祐: 液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性, 第 40 回地盤工学研究発表会, pp.525-526, 2005.

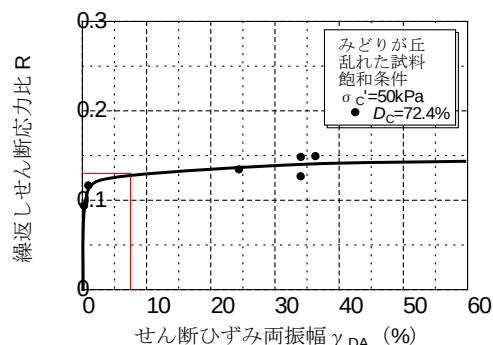


図 2 みどりが丘の R - γ_{DA} 関係

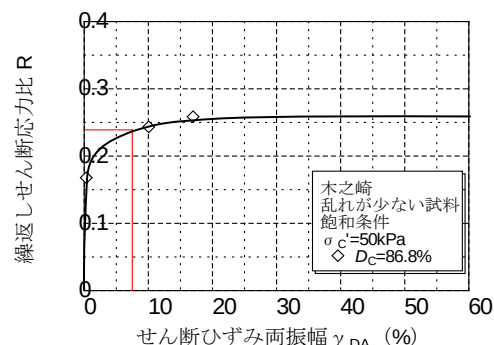


図 3 木之崎の R - γ_{DA} 関係

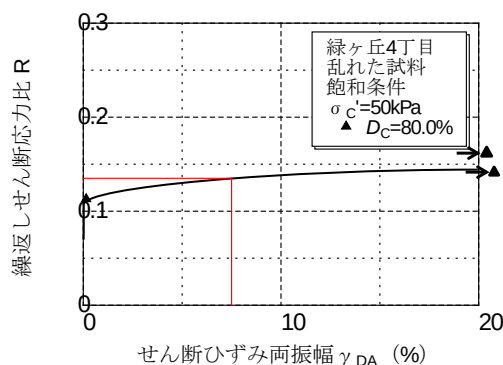


図 3 緑ヶ丘 4 丁目の R - γ_{DA} 関係

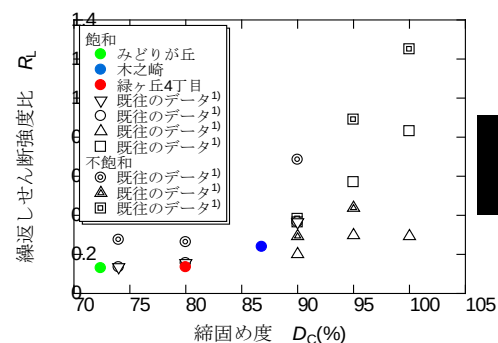


図 4 D_c - R_L 関係

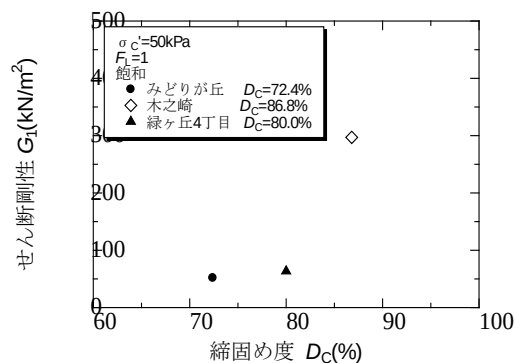


図 5 D_c - G_1 関係