

東日本大震災において被災した盛土造成地の限界水平震度及び設計水平震度についての考察

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○門田 浩一
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 植田 誠司
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 本橋 あずさ
 国土交通省都市局 吉田 桂治

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震においては、東北・関東地方の広い範囲で、滑動崩落や個々の宅地の擁壁倒壊など、住民の生活に多大な影響を与える深刻な宅地被害が生じた。仙台市においても、丘陵地部の盛土造成地において数多くの滑動崩落被害が発生した¹⁾。滑動崩落の被害形態としては、盛土表層部（ひな壇部分等）の崩壊・変形が顕著であった。ひな壇部分のすべり等の滑動崩落が発生した盛土造成地は、締固めが緩く、地下水位は高い状態にあったことなどが報告されている²⁾。また被災した一団の造成宅地のひな壇部分において、一部では非被災のひな壇もみられた。本論では、仙台市の「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」で実施された盛土造成地の調査結果をもとに、特に被災が顕著であった盛土表層部（ひな壇部分等）のすべりに対する安定解析を行い、その限界水平震度を計算し、設計水平震度について考察したものである。

2. 限界水平震度の検討方法

仙台市の「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」が実施された地区において、被害が明瞭であった盛土表層（ひな壇部分等）の被災部のすべりを対象として二次元分割法による安定解析を行い、その限界水平震度について検討した（図 2）。検討地区として、地盤変位が 0.5~2m 以上と大きい地区（A~C 地区）、及び 10~20cm 程度の地盤変位が主体の地区（D, E 地区）を選定した（図 1）。また選定した検討断面（A, D, E 地区）において、非被災のひな壇部分を対象に被災部と同様に安定解析を行い（図 2）、その限界水平震度を求めた。これら被災部及び非被災部の限界水平震度と、図 1 に示す既往文献の最大水平加速度分布³⁾と比較した。

被災した盛土表層部の強度定数は、三軸圧縮試験結果より、粘着力 $c_u=1.4 \sim 8.6 \text{ kN/m}^2$ 、内部摩擦角 $\phi=16.0 \sim 19.0^\circ$ 、単位体積重量 $\gamma_t=16 \sim 19 \text{ kN/m}^3$ であった。非被災部の強度定数は、同地区の被災部と同じ強度定数であると仮定した。なお三軸圧縮試験は、盛土ひな壇部分における不攪乱試料採取及び現場の密度試験結果の密度に調整した試料で実施されている。

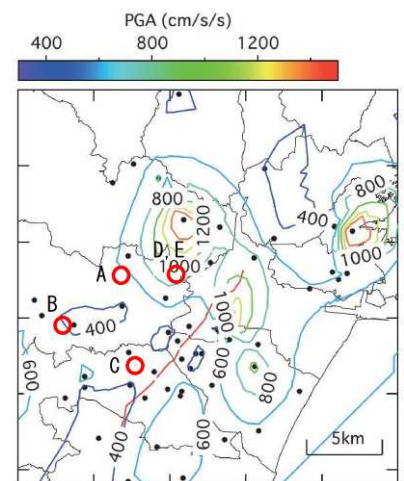


図 1 検討地区の水平最大加速度コンター図³⁾

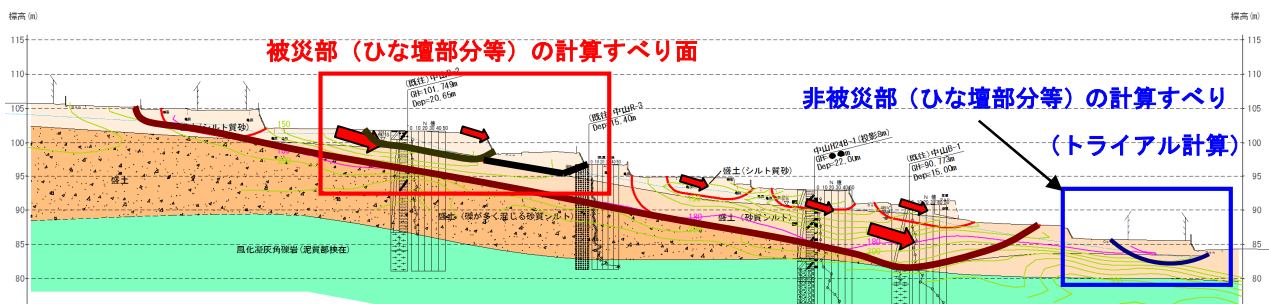


図 2 盛土表層（ひな壇部分等）における被災部及び非被災部の安定解析の事例：A 地区

キーワード 盛土造成地，耐震，限界水平震度，設計水平震度，安定解析

連絡先 〒206-8550 東京都多摩市関戸 1 丁目 7 番地 5 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 042-372-7343

3. 限界水平震度と最大水平加速度

各地区における盛土表層（ひな壇部分等）の被災部及び非被災部の安定解析結果（検討すべり面の限界水平震度）、各地区の最大水平加速度（図1より）をまとめて表1に示す。また同表には、参考文献2）や現地踏査等により確認した、各地区のひな壇部分の地盤水平変位量（地区全体）を示す。変位状況の事例として、A地区及びC地区の被災ひな壇部分の地盤変位状況を写真1及び写真2に示す。

次に、被災部及び非被災部の限界水平震度と最大水平加速度の関係を図3に示す。図3より検討地区の水平最大加速度は400～1000galであり、被災部の限界水平震度は0.15～0.24、非被災部の限界水平震度は0.3～0.37となった。安定解析の設計水平震度は、被災部と非被災部の限界水平震度の境界に定まることになる。地盤変位量が10～20cm程度の被災部の限界水平震度が0.23～0.24、その場所の水平最大加速度は1000gal程度と推定されることから、現行の技術基準（宅地防災マニュアル等）に示される、盛土造成地の設計水平震度0.25は、概ね被災部と非被災部の限界水平震度の境界にあると考えられる。

また、すべり計算を行なった被災部と非被災部のひな壇部分の水平変位量と、設計水平震度0.25で安定解析を行なった安全率の関係を図4に示す。安全率1.0前後のひな壇部分の水平変位量は10～20cm程度になっており、安全率0.9未満になると変位量が0.5～1.5m以上と非常に大きくなっている。また、「宅地防災マニュアルの解説【第二次改訂版】」では、設計水平震度0.25ですべり安全率1.0を満足する盛土の大地震の残留変位量は、概ね50cm以内としており、今回の被害実態とも概ね合致している。

以上のことから、盛土安定解析の設計水平震度0.25は、東日本大震災のような海溝型巨大地震に起因する地震動に対しても概ね妥当であると考えられる。ただし、これは被災部のデータからの安定解析結果及び考察であり、非被災部の詳細な土質データ等については不明である。

表1 検討すべり面の限界水平震度と最大水平加速度

検討地区	検討すべり面	限界震度 k_h	最大水平加速度 gal	検討地区のひな壇部分 の地盤水平変位量
A	被災部	0.17	600	0.5～1.7m程度
	非被災部	0.31	600	0～数cm程度
B	被災部	0.15	400	1～2.2m程度
C	被災部	0.18	500	0.3～0.6m程度
D	被災部	0.23	1,000	0.1～0.2m程度
	非被災部	0.30	1,000	0～数cm程度
E	被災部	0.24	1,000	0.1～0.2m程度
	非被災部	0.37	1,000	0～数cm程度



写真1 A地区の地盤変位

写真2 C地区の地盤変位

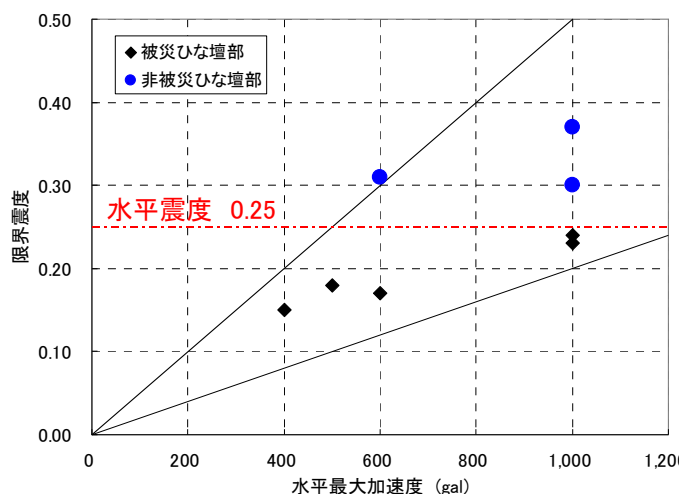


図3 ひな壇部分の限界震度と水平最大加速度の関係

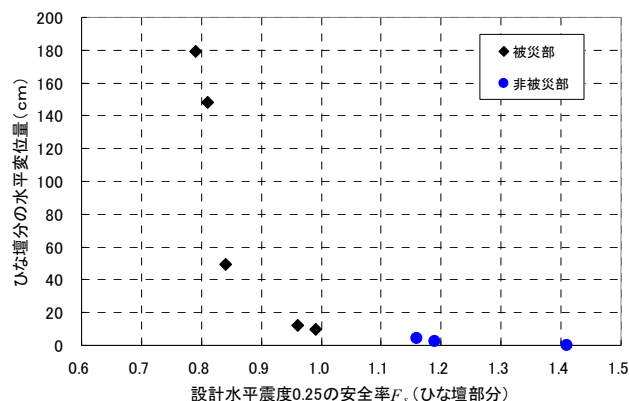


図4 ひな壇部分の水平変位量と安全率の関係

参考文献

- 1) 仙台復興レポート : <https://www.city.sendai.jp/fukko/index.html>
- 2) 仙台市宅地保全審議会技術専門委員会委員会資料: https://www.city.sendai.jp/fuzoku/1208132_2699.html, 2012.
- 3) 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会 : 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会報告書, 2013