

熊本地震により滑動崩落被害を受けた造成宅地の被害要因の検討（その2）

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○佐藤 成
 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 正会員 金子俊一郎
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 東郷 智

1. はじめに

平成 28 年 4 月の熊本地震においては、がけ崩れ及び滑動崩落等に伴う数多くの宅地被害が発生し、西原村においても石積み等の宅地擁壁の崩壊、盛土造成地のすべり変形に伴う甚大な被害が発生した。（その1）¹⁾では、西原村における被災した盛土造成地（火山灰質土主体）の土質特性について試験・分析を行い、地震時の繰返し荷重により宅地擁壁背面部等における黒ボク盛土材のせん断強度が低下し、擁壁部のすべり崩壊が発生することを示した。本稿では、西原村での観測記録と被災盛土造成地（火山灰質土主体）の土質特性を用いた動的解析によるケーススタディを行い、被害発生要因及び宅地擁壁の崩壊の発生機構に関する検証を行った。

2. 検討対象

本検討では、図-1、図-2 に示す熊本県西原村の A 地区における代表的な断面を対象とした。A 地区は黒ボク盛土、黒ボク、赤ボク、段丘堆積物及び阿蘇 4 火砕流堆積物が堆積し、擁壁崩壊を伴うすべり発生後、黒ボク盛土は高さ約 4m、勾配 60 程度の状態で安定を維持している。地下水位は表層の浅い位置ではなく、GL-3m～4m 以深の地山内または黒ボクと赤ボクの境界面付近に分布している。



図-1 被災盛土造成地の平面図（A 地区）

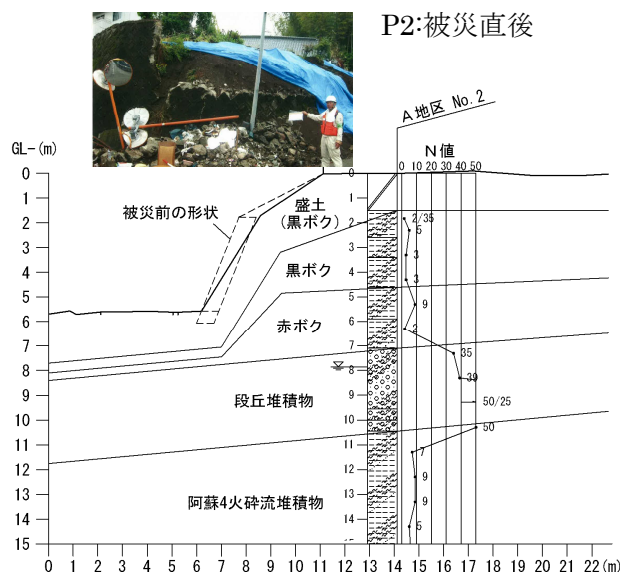


図-2 A 地区における地質断面図（I 断面）

3. 検討方法および検討条件

本検討では、被災状況の再現性の確認を目的として、円弧すべり計算法での復旧設計計算に留意し、全応力条件を前提とした双曲線モデル（多重せん断機構）を適用した有限要素法による地震応答解析を行った（解析コードは FLIP²⁾）。図-3 にメッシュ分割図、表-4 に解析パラメータを一覧にして示す。（その1）で示した静的強度定数を用いた CASE1、繰返し載荷後の強度低下を考慮した動的せん断強度定数を用いた CASE2 について比較を行った。なお、初期せん断波速度 V_s は、近傍で実施した PS 検層の結果を用いた。また、側方および底面は粘性境界とし、工学的基盤は Aso-3g 層 ($V_s=830\text{m/s}$, $\nu=0.341$) 上面とした。入力地震動は、当該地区

キーワード 火山灰質粘性土、繰返し荷重、地震応答解析、滑動崩落

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 パシフィックコンサルタンツ（株） TEL 03-6777-1740

に最も近い地震観測点である西原村役場の観測記録（2016 年 4 月 16 日 1:25, M7.3）をもとに工学的基盤面（Aso-3g 上面）での露頭波形を抽出した。なお、基盤への引戻しは西原村村民体育館位置のボーリングを用い、重複反射理論に基づく等価線形化法 1 次元地震応答解析により露頭波（2E）を抽出した。

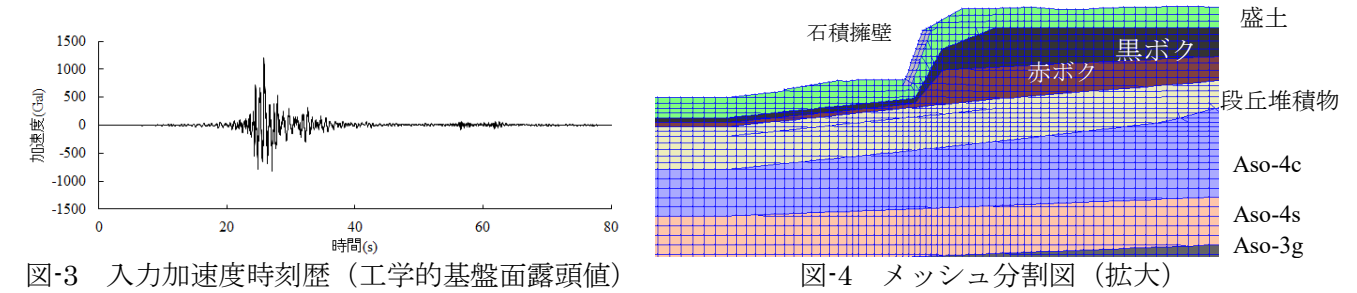
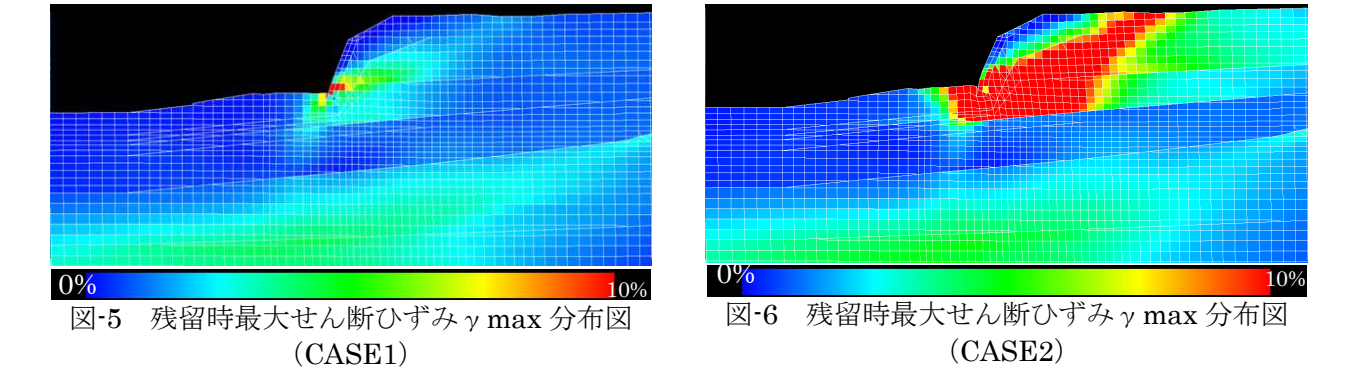


表-1 解析パラメータ一覧

解析パラメータ		盛土 黒ボク	赤ボク	段丘堆積物 vf	解析パラメータ		阿蘇4火砕流 Aso-4c	阿蘇4火砕流 Aso-4s	石積擁壁
湿潤密度	ρ_t (t/m ³)	1.3	1.4	2.0	湿潤密度	ρ_t (t/m ³)	1.4	1.4	1.8
間隙率	n	0.767	0.785	0.450	間隙率	n	0.752	0.752	－
S波速度	V_s (m/s)	75	120	190	S波速度	V_s (m/s)	230	230	－
初期せん断剛性	G_{ma} (kPa)	7462	20571	73673	初期せん断剛性	G_{ma} (kPa)	75571	75571	180000
体積弾性係数	K_{ma} (kPa)	19459	53647	192129	体積弾性係数	K_{ma} (kPa)	197078	197078	469412
基準化拘束圧	σ'_{ma} (kPa)	9.8	34.7	71.3	基準化拘束圧	σ'_{ma} (kPa)	108.4	108.4	98.0
ポアソン比	ν	0.33	0.33	0.33	ポアソン比	ν	0.33	0.33	0.33
拘束圧依存パラメタ	m	0.5	0.5	0.5	拘束圧依存パラメタ	m	0.5	0.5	0.5
CASE1 せん断抵抗角	ϕ_r (°)	18.4	13.2	35.0	CASE1 せん断抵抗角	ϕ_r (°)	14.3	14.3	35.0
(静的) 粘着力	C (kPa)	22.7	30.3	0.0	(静的) 粘着力	C (kPa)	25.2	25.2	20.0
CASE2 せん断抵抗角	ϕ_r (°)	12.3	9.3	35.0	CASE2 せん断抵抗角	ϕ_r (°)	14.3	14.3	35.0
(動的) 粘着力	C (kPa)	15.1	21.5	0.0	(動的) 粘着力	C (kPa)	25.2	25.2	20.0
最大減衰定数	h_{max}	0.20	0.20	0.24	最大減衰定数	h_{max}	0.20	0.20	0.24

4. 検討結果

図-5、図-6に残留時の最大せん断ひずみ γ_{max} 分布図を示す。動的定数を用いた CASE2 において 10%を超える大ひずみ領域が顕著であり、被災状況と整合的である。せん断強度を低下させたことにより、擁壁前後の自重作用による残留ひずみが顕著となっている。



5. まとめ

西原村の観測記録をもとに工学的基盤の加速度時刻歴を求め、二次元有限要素法による地震応答解析を行った。その結果、繰り返し载荷後の強度低減を考慮することで擁壁の前背面で変状が大きくなり被災状況に整合的となった。

謝 辞：熊本県西原村関係者の方々には貴重なデータを提供いただきました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

1) 門田, 佐藤, 金子, 東郷: 熊本地震により滑動崩落被害を受けた造成宅地の被災要因の検討(その1), 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. (1990): Parameter Identification for a Cyclic Mobility Model, Rep. of the Port and Harbour Res. Inst. Vol. 29, No. 4, pp57-83, 3) 国土交通省都市局 (2015): 大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説, III編 復旧対策編, pp. 33-46, 4) 熊本県地質調査協会 (2003): 熊本市周辺地盤図, pp. 103-108