

鉄道土構造物耐震性能に関する一考察

JR 東日本(株) 正会員 関 玲子
 JR 東日本(株) 正会員 友利 方彦
 JR 東日本(株) 正会員 水野 光晴

1. はじめに

過去の地震による被災箇所の現地調査・試験結果をもとに地震応答解析および安定解析を行い、切土・斜面における地震時の崩壊メカニズムを検証した。その結果の妥当性を、切土・斜面崩壊事例を用いて検証し、地震に対する切土の安定性を評価するための判定手法を検討した。

2. 切土耐震性評価

地震による切土の被災現象を再現することを目的に、地震被災記録より被災箇所を選定し、現地調査・土質試験、地震応答解析および安定解析を行った。その結果をもとに、地震力(地表面加速度)、地盤区分、切土高さ(h)および勾配()をパラメータとした、切土の耐震性を評価する判定手法(安定・不安定相関図)を作成した。

(1)資料調査

地震被災記録を収集した結果、被災記録¹⁾²⁾が詳細に残っていた関東大震災で崩壊した東京都中央区御茶ノ水の切土斜面(以下、御茶ノ水)と1987年に発生した千葉県東方沖地震(M6.7程度)で崩壊した千葉県山武市の斜面(以下、成東)を検討対象とした。また、判定手法の妥当性・汎用性の確認を行うために、被災記録から、前述したパラメータを抽出・整理した。

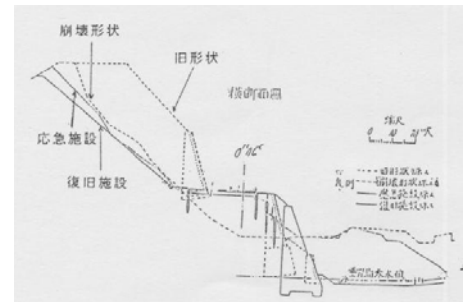


図1. 御茶ノ水被災記録¹⁾

(2)現地調査・土質試験

御茶ノ水と成東において、工学的基盤と判断される深度まで機械ボーリングおよび土質試験(表1)を実施した。

表1. 土質試験

標準貫入試験		JIS A 1219	
PS検層		JGS 1122-1995	
不攪乱資料採取	粘性土	JGS 1222-1995	
	砂質土	JGS 1223-1995	
土質試験	物理試験	密度試験	JIS A 1202(1999)
		含水比試験	JIS A 1203(1999)
		粒度試験	JIS A 1204(2000)
		液性限界試験	JIS A 1205(1999)
		塑性限界試験	JIS A 1205(1999)
		湿潤密度試験	JIS A 1225(2000)
		力学試験	三軸圧縮試験(UU)
	三軸圧縮試験(CU)		JGS T523-2000
	繰返しねじりせん断試験		JGS T543-2000
		圧密定体積一面せん断試験	JGS T560-2000

(3)判定手法の検討

現地調査・土質試験データの結果をもとに地震応答解析により地表面加速度を算出した。その結果を用いて修正フェレニウス法で安定解析を行った。

地震応答解析

現地調査・土質試験の結果をもとに、地震応答解析を行った。

【御茶ノ水】崩壊地付近で観測された関東大震災の地震波形が無いことから、岐阜で観測された地震波形³⁾を採用した。観測された地点の地盤構成をもとに地震応答解析により基盤波形を再現し、距離減衰を考慮した結果、御茶ノ水地区の基盤加速度を110galと設定した。これをもとに地震応答解析を行った結果、御茶ノ水の崩壊箇所での地表面加速度は142galとなった。関東大震災の復元波と比較的良く整合した計算波(三次元堆積盆地構造モデル)⁴⁾をもとに検証を行った結果、地表面加速度がほぼ同等な値となったことから、地震応答解析から得られた地表面加速度を安定解析に使用しても問題ないと判断した。

キーワード 切土, 耐震性, 鉄道構造物, 関東大震災

連絡先 〒114-8550 東京都北区東田端 2-20-68 JR 東日本東京支社施設部工事課 03-5692-6140

【成東】基盤波は筑波で観測された千葉県東方沖観測データ⁵⁾をもとに、地表面加速度の設定を行うこととした。観測された地震波形をフーリエスペクトル解析で検証した結果、比較的短周期成分が良く残っていることが確認された。この地震波形を用いて御茶ノ水と同様の作業を行った結果、成東での基盤波形を100galに設定した。これをもとに地震応答解析を行った結果、成東の崩壊箇所の地表面加速度は397galとなった。

安定解析

【御茶ノ水】関東大震災時の御茶ノ水崩壊箇所の地表面加速度を用いて安定解析を行った。崩壊時のすべり破壊形状を確認すると、東京層(粘性土層)は単純せん断モード領域にあり、その他の層は概ね圧縮方向のせん断モードとなっていた。せん断モードの影響を考慮するために、単純せん断モード領域については、三軸圧縮試験から得られた粘着力を低減した。また、圧縮方向のせん断モード領域については、三軸圧縮試験から得られた粘着力をそのまま用いた。その結果、最小安全率がFs=0.924を示した。また、すべり破壊形状もほぼ崩壊時のすべり形状を再現することができた。

【成東】千葉県東方沖地震の成東崩壊箇所での地表面加速度を用いて、安定解析を行った。崩壊時のすべり破壊形状は、概ね圧縮方向のせん断モードとなっていたために、三軸圧縮試験により得られた粘着力をそのまま用いた。その結果、最小安全率がFs=0.881を示した。また、すべり破壊形状も被災記録と同様な断面を示し、崩壊時のすべり形状を再現することができた。砂質土地盤ではすべり破壊形状の円弧が比較的浅くなる傾向にあり、単純せん断モード部分が発生しにくい傾向にある。

以上の結果から、震度法を用いた修正フェレニウス法を適用することで、切土の地震による被災現象を再現できることが確認できた。この結果をもとに、切土モデル(3パターン)を作成し、修正フェレニウス法にて切土勾配・高さおよび地震加速度に関するパラメータスタディを行い、耐震性評価をする安定・不安定相関図を作成した(図2)。安定・不安定相関図と資料調査にて抽出・整理を行った被災事例との整合性を検証した結果、作成した安定・不安定相関図が妥当であることを確認した。

3.まとめ

修正フェレニウス法により安定解析を行った結果、地震時の被災現象を再現することができた。その結果から切土耐震性を簡易に評価する手法(安定・不安定相関図)を作成した。しかし、この評価手法は表層に擁壁やのり面工等が存在しない切土自体を想定しており、実際には様々な表層防護が施されていることが多いため、切土自体の耐震性検討だけでは実状に即した評価を行えない。今後は表層防護等も加味し、総合的な耐震性評価を行っていきたい。

(参考文献)

- 1) 大正十二年関東大震災調査報告書 土木学会 1984年9月
- 2) 千葉県東方沖地震による斜面崩壊地調査 土木研究資料 第2824号 1990年
- 3) 鹿島建設株式会社ホームページ: <http://www.kajima.co.jp/tech/katri/technical/earthquake1923/>
- 4) 地震の揺れを科学する 東京大学出版会 2006年7月
- 5) 建築研究所強震観測ホームページ: http://iisee.kenken.go.jp/smo/index_ja.html

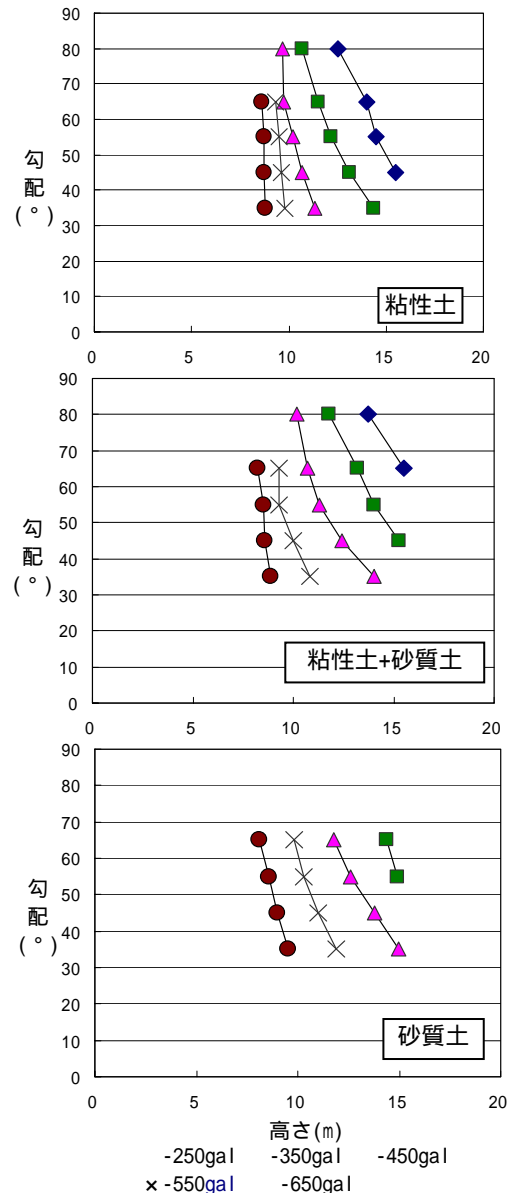


図2. 安定不安定相関図