# 経験地震を考慮した南海トラフ巨大地震による鉄道盛土の残留変形量の評価

大阪大学 大学院工学研究科	学生会員	〇吉川登	<sup>美</sup> 代子
大阪大学 大学院工学研究科	正 会 員	秦	吉弥
西日本旅客鉄道株式会社	正 会 員	土井	達也

#### 1. はじめに

我が国では、近年、大規模地震が頻発しており、数多くの盛土構造物が強震動の作用により深刻な被害を受けている.現在、2011年東北地方太平洋沖地震(*M*w9.0)の発生を受け、南海トラフにおいても*M*w9.0 程度の巨大地震が想定されており(以後、南海トラフ巨大地震と呼ぶ)<sup>1)</sup>、南海トラフ巨大地震に対する盛土構造物の耐震性能(例えば、地震後の残留変形量など)の評価<sup>2)</sup>は、非常に重要である.

大規模地震による盛土構造物の残留変形量の評価に関 しては、Newmark法(以後、従来型 Newmark法と呼ぶ)<sup>3),4)</sup> が多用されているが、地震時における盛土内(法尻〜法肩 (天端))での地震応答が残留変形量に及ぼす影響が考慮さ れていない、そこで著者ら<sup>5)</sup>は、盛土の地震時応答特性を FEM 解析により考慮することで、残留変形量をより精度 良く予測するための手法の1つとして改良 O型 Newmark 法を提案している、本稿では、南海トラフ巨大地震による 盛土構造物の残留変形量を従来型 Newmark 法<sup>3),4)</sup>および 改良 O型 Newmark 法<sup>5)</sup>に基づいて算定することで、耐震 性能照査を実施した事例について報告する.

### 2. 改良 O 型 Newmark 法

改良 O 型 Newmark 法は, ①動的 FEM 解析, ②円弧す べり法, ③従来型 Newmark 法の組み合わせにより, 盛土 内における地震応答加速度を考慮することで、従来型 Newmark 法に比べて精度の良い残留変形量の評価を期待 して,著者らが提案している手法<sup>5</sup>である.改良 O 型 Newmark 法は,盛土内の応答加速度分布を修正 R-O モデ ルを用いた動的 FEM 解析により算出し、逐次の応答加速 度分布を外力とした極限釣合安定解析(円弧すべり安定計 算)を逐次実施することで、盛土のすべり破壊発生の判定 を行う. さらに、 すべり発生時刻において最小安全率を有 するすべり面の位置を臨界すべり面位置として、従来型 Newmark 法により残留変形量を算出する. なお、上記の 過程において適用する入力地震波形は,時刻応答解析にお いて所定の代表点(すべり土塊重心)で得られた地震応答 波形を採用する.改良 O型 Newmark 法の利点は、すべり 面位置及びすべり変位量の予測精度の向上が図れること, 動的 FEM 解析では再現困難なすべり破壊変形を再現でき ること, すべり面位置を一意的に決定し定量的に評価でき ること等が挙げられる.

3. 対象鉄道盛土とそのモデル化

大阪大学	大学院工学研究科	学生会員	魚谷	真基
大阪大学	大学院工学研究科	フェロー会員	常田	賢一
大阪大学	大学院工学研究科	学生会員	嶋川	純平

本稿において対象とした盛土は,山陽新幹線西明石駅か ら東へ約 6km のところに位置する兵庫県神戸市西区の新 幹線盛土(以後,対象鉄道盛土と呼ぶ)である.図-2 に対 象鉄道盛土の断面を示す. 図-2 に示すとおり, 対象鉄道 盛土は斜面高11.5mの片盛土であり, 現地ではボーリング 調査や各種土質試験が実施されている. それらの結果をも とに設定した対象鉄道盛土の解析パラメータの一覧を表 -1 に示す.本研究では、設定したパラメータの適用性に 関して地震被害履歴に基づいた確認を行った.具体的には, 対象鉄道盛土が1995年兵庫県南部地震(以下,経験地震と 呼ぶ)において無被災であったことを踏まえ、この経験地 震による推定地震動<sup>6</sup>を外力として従来型 Newmark 法お よび改良 O型 Newmark 法を適用することにより,対象鉄 道盛土の残留変形量の算定を行った.その結果,従来型 Newmark 法では 8cm, 改良 O 型 Newmark 法では 5cm とそ れぞれ算定され、概ね無被災であることが確認された.

以上から,経験地震による対象鉄道盛土の無被災実績が 採用手法に基づいて概ね再現できたことから,土質試験結 果等に基づいた対象鉄道盛土の解析パラメータ(表-1 参 照), 土層区分(図-3 参照), FEM 解析モデル(図-4 参照) の適用性を確認した.

#### 4. 南海トラフ巨大地震による残留変形量の評価

本研究では、入力地震動として秦ほか<sup>60</sup>による対象鉄道 盛土サイトでの南海トラフ巨大地震による推定地震動を 採用した.具体的には、SMGA モデルによる3ケース(破 壊開始点を駿河湾・串本沖・日向灘とした3ケース)、お よび SPGA モデルによる1ケース(非超過確率を50%とし た1ケース)の計4ケースを採用した.入力波形の一例と して図-5.a,b に SMGA モデル-日向灘の波形を示す.

各ケースにおける残留変形量の算定結果を表-2に示す. SMGA モデル・日向灘ケースにおいて残留変形量の値が 最も大きくなっているが,その値は4ケースともに比較的 小さく算定される結果となった.また,従来型 Newmark 法と比較して改良 O型 Newmark 法では,残留変形量が若 干大きく算出される傾向にあり,盛土内における地震応答 の影響を考慮することの必要性が示唆される.

表-2 残留変形重の鼻正結為
----------------

	残留変形量(m)			
	従来型Newmark法	改良型Newmark法		
SMGAモデルー駿河湾	0.00	0.00		
SMGAモデルー串本沖	0.00	0.01		
SMGAモデル-日 向灘	0.05	0.13		
SPGAモデル-50%非超過	0.00	0.00		

Toyoko YOSHIKAWA, Masaki UOTANI, Yoshiya HATA, Ken-ichi TOKIDA, Tatsuya DOI and Jumpei SHIMAKAWA

層番号	せん断弾性係数	湿潤重量	平均主応力	ポアソン比	粘着力	内部摩擦角	R-Oモデルパラメータ		
	(kPa)	$(kN/m^3)$	(kPa)		(kPa)	(deg.)	$R-O_f$	$R-O_{\alpha}$	$R-O_{\beta}$
1-1	51,900	19.86	22.04	0.33	13.0	27.2	9.00	3.73	2.90
2	56,200	19.04	6.03	0.33	46.0	27.6	4.20	1.80	1.85
3	55,500	18.81	67.94	0.33	50.0	25.6	9.60	4.06	3.02
1-2	51,900	19.86	22.04	0.33	13.0	27.2	9.00	3.73	2.90
4	121,400	19.04	102.92	0.33	46.0	27.6	4.20	3.73	2.90
5	110,500	18.81	124.00	0.33	50.0	25.6	9.60	4.06	3.02
6	131,300	19.04	141.80	0.33	46.0	27.6	4.20	1.80	1.85
7	129,700	18.81	160.92	0.33	50.0	25.6	9.60	4.06	3.02
8	174,900	19.04	180.69	0.33	46.0	27.6	4.20	1.80	1.85

表-1 対象鉄道盛土の解析パラメータ







切土H=2m 土留擁壁(コンクリート)施工

立入禁止さく

## 5. まとめ

本稿では,兵庫県神戸市西区の新幹線盛土を対象サイト として、ボーリング調査や土質試験などの結果から盛土内 部および基礎地盤をモデル化し,さらに経験地震による無 被災実績に基づいてモデルの適用性について確認を行っ た. そして, 南海トラフ巨大地震による対象鉄道盛土の耐 震性評価を行った.その結果,従来型 Newmark 法ならび に改良 O 型 Newmark 法の両手法において、ともに残留変 形量は比較的小さく算定されることから,手法の差異は明 確には捉えられなかったが,対象鉄道盛土での想定被害は 軽微なものとなる可能性が高い.

## 謝辞

対象鉄道盛土での現地踏査の際には,住民の皆様などに 大変お世話になりました.記して謝意を表します.

#### 参考文献

- 1) 南海トラフの巨大地震モデル検討会:南海トラフの巨 大地震モデル検討会(第二次報告), 強震断層モデル編 一強震断層モデルと震度分布について一,内閣府防災 情報ホームページ, 2012.
- 2) 吉川登代子,魚谷真基,秦吉弥,常田賢一:南海トラ フ巨大地震(Mw9.0)による土構造物の耐震性評価事 例, Kansai Geo-Symposium 2014 論文集, 地盤工学会 関西支部, pp.89-94, 2014.
- 3) 館山勝, 龍岡文夫, 古関潤一, 堀井克己: 盛土の耐震 設計法に関する研究,鉄道総研報告, Vol.12, No.4, pp. 7-12, 1998.
- 4) (公財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準· 同解説—耐震設計, 丸善出版(株), 418p., 2012.
- 5) 魚谷真基,常田賢一,秦吉弥,村上考輝:改良 O 型 Newmark 法に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震に おける被災盛土の残留変形量の評価, 地盤と建設, 地 盤工学会中国支部, Vol.31, No.1, pp.169-174, 2013.
- 6) 秦吉弥, 吉川登代子, 魚谷真基, 常田賢一, 山田孝弘, 飛田哲男:盛土構造物の耐震性能照査のために必要な 入力地震動の設定に関する一考察,土木学会関西支部 平成 27 年度年次学術講演会概要集, 2015 [this issue].