

Ⅲ - A194

砂質土盛土防護工の地震時永久変形解析

東海旅客鉄道（株）	正会員	○小久保将寿
（財）鉄道総合技術研究所	正会員	館山 勝
中央開発（株）	正会員	西原 聡
東京大学生産技術研究所	正会員	古関潤一
東京大学工学部	正会員	龍岡文夫

1. はじめに

筆者らは鉄道盛土から砂質土盛土の一般的な断面を選定し、その断面に対して耐震性の評価と耐震防護工の対策効果に関する検討を行っている。本論文では、有限要素法による地震時の永久変形解析によって、各防護工に対する耐震性の評価を行った結果について報告する。

2. 解析対象と解析条件

解析対象は、一般的な砂質土の鉄道盛土で、盛土形状は、天端幅10.7m、のり勾配1:1.5であり、盛土高は7mである。解析ケースは、①無対策盛土、②格子枠工、③補強土工（補強材径 $\phi=400\text{mm}$ の撚拌混合補強体、打設間隔：のり面約 10m^2 当たり1本）、④格子枠工+補強土工の4通りとした（図-1参照）。

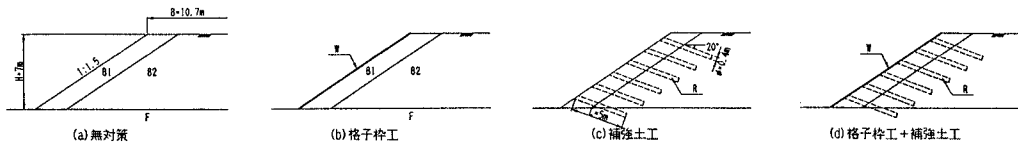


図-1 解析モデル

永久変形解析は、①初期応力解析、②地震応答解析、③累積ひずみの算定、④永久変形解析の順に行った。解析に使用した物性値は表-1の通りである。地震応答解析では底面は粘性境界、左右端は伝達境界とし、永久変形解析では底面は水平・鉛直方向固定、左右端水平方向固定とした。永久変形解析は、盛土（B1、B2層）の要素毎の地震による変形係数の劣化を考慮した自重解析である。地震後の残留変形量として永久変形解析により得られた変形量から初期応力時に発生した変形量を差し引いた。なお、解析方法の詳細は文献1,2によった。

3. 解析結果

(1) 加速度分布

図-2に無対策および格子枠+補強土工の地盤の最大応答加速度分布を示す。最大水平加速度はどちらのケースも700gal程度であるが、盛土内で増幅し、盛土のり肩では1100gal程度の大きな応答加速度が発生する。無対策と比較して、格子枠+補強土工の盛土のり肩での応答加速度は若干減少していることがわかる。図-3に地震応答解析における盛土内の最大水平加速度の応答倍率を示す。この結果によると、若干ではあるが格子枠工を用いたケースでは、応答加速度を抑制する効果が確認できる。

(2) 盛土天端の沈下量

表-2に盛土天端のいくつかの点における沈下量を示す。盛土天端での最大沈下量は、それぞれ無対策で53cm、格子枠工で47cm、補強土工（大径補強体長5m）のみで28cm、格子枠+補強土工で18cmとなり、順に小さくなった。無対策の沈下量を基準とすると、既設の格子枠工が約90%、補強土工のみが約50%、格子枠工+補強土工が約30%の沈下量となる。

(2) 盛土の残留変形

図-4に残留変形図を示す。同図では変位後を破線で示している。これより、無対策では天端およびのり

表-1 解析に用いた物性値

材料区分	記号	γ_t tf/m ³	E tf/m ²	ν	G_0 tf/m ²	ν_d	hmax %
盛土表層	B1	1.7	1,300	0.333	2,750	0.172	24.0
盛土内部層	B2	1.8	1,800	0.3	3,500	0.258	21.6
基礎地盤	F	1.8	3,800	0.3	7,350	0.3	10.0
棒状補強材	R	1.8	21,800	0.3	8,400	0.3	0.0
格子枠工	W	2.5	394,800	0.2	164,500	0.2	0.0

キーワード：動的解析 地震時残留沈下量 盛土補強対策工 有限要素法

〒103 東京都中央区八重洲一丁目6番5号 TEL 03-3274-9528 FAX 03-5201-6643

面部の沈下が大きく、格子枠工では格子枠工の背面の天端付近で大きく沈下する。補強土工のみでは無対策と比較して盛土天端およびのり面部の沈下が小さくなる。さらに、格子枠工+補強土工の場合、のり面先での沈下量も小さくなる。

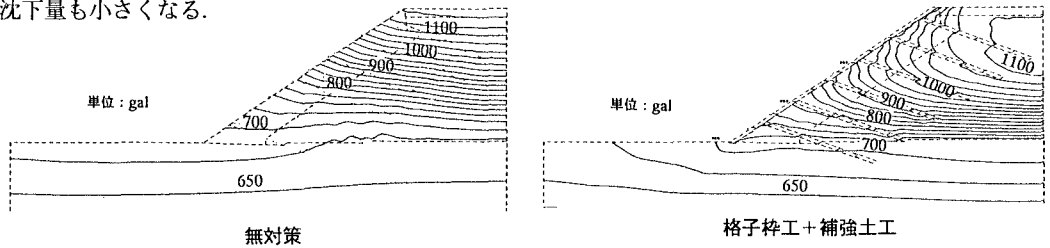


図-2 最大応答加速度分布図

表-2 盛土天端の沈下量

工程	大径補強体の長さ (m)	盛土高 (m)	盛土天端の沈下量 (cm)			
			盛土のり肩 中心軸の中間	盛土天端 中心軸	最大値	
無対策	—	7 m	53	42	44	53
格子枠工	—	7 m	42	31	23	47
補強土工	$\ell = 5 \text{ m}$	7 m	8	19	28	28
格子枠工+補強土工	$\ell = 5 \text{ m}$	7 m	5	15	12	18

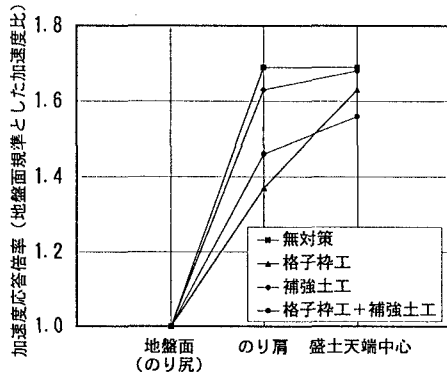


図-3 盛土内の最大水平加速度の応答倍率

4. おわりに

地震時の盛土の変位量の予測と鉄道盛土の耐震防護工の変形抑止効果を把握するために永久変形解析の変位量について防護工ごとに比較すると、格子枠工、補強土工、格子枠工+補強土工の順に小さくなる。この結果は、別途検討した円弧すべり安全率³⁾、Newmark法による滑動変位量^{4),5)}とも定性的に整合性している。また、対策工の効果は、補強土工が大きく、特に、格子枠工と補強土工の組み合わせた工法が変形抑制などに有効であることが確認された。ただし、ここで行った永久変形解析法は、連続体解析モデルであり、すべり面の存在を前提とせず、繰返しせん断応力の作用に伴う盛土の軟化もしくは劣化に伴う沈下量を求めているものである。したがって、この解析法の妥当性の確認のためには、実盛土あるいは模型振動実験などを対象にした検証解析を今後行うことが必要である。

- <参考文献> 1)堀井・館山・小島・古関：砂質土盛土の地震による残留沈下予測，第52回土木学会年次学術講演会，1997.9
2)西原・筑摩・館山・古関・龍岡：砂質土盛土の地震時永久変形解析，第52回土木学会年次学術講演会，1997.9
3)館山・筑摩・堀井・古関・龍岡：円弧すべり法による鉄道盛土の地震時安定計算，第32回地盤工学研究発表会，1997.7
4)堀井・館山・内田・古関・龍岡：ニューマーク法による鉄道盛土の地震時滑動変位予測，第32回地盤工学研究発表会，1997.7
5)小久保・館山・堀井・古関・龍岡：ニューマーク法による鉄道盛土防護工の地震時変形評価，第32回地盤工学研究発表会，1997.7

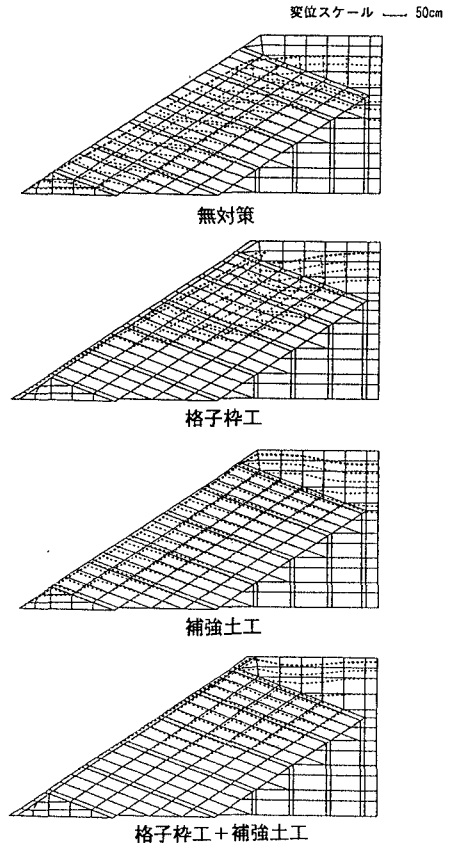


図-3 盛土の残留変形図