

Ⅲ - A197

砂質土盛土防護工の耐震性に関する検討

東海旅客鉄道（株）	正会員	○津田英朗
（株）複合技術研究所	正会員	堀井克己
（財）鉄道総合技術研究所	正会員	館山 勝
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

鉄道盛土の耐震性の評価および耐震防護工の対策効果の検討を目的として、筆者らは円弧すべり法による安定解析¹⁾、Newmark法による滑動変位解析^{2),3)}、有限要素法による永久変形解析^{4),5)}等の一連の検討を行った。本論文では、鉄道盛土における盛土防護工の耐震性を評価するために、これらの一連の解析結果を報告する。

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、天端幅10.7m、のり勾配1:1.5、盛土高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 $\phi=400\text{mm}$ の撚拌混合補強杭、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）。

円弧すべり法（震度法）による安定計算では、大地震を想定したL2規模の水平震度として $kh=0.30$ と設定し、最小すべり安全率を

対策工別に求めた。Newmark法による滑動変位計算では、入力波形は兵庫県南部地震で観測されたJMA神戸波形（NS成分）を使用し、盛土内の最大加速度を 818gal （L2規模）と設定して、対策工別に検討を行った。ここで、Newmark法による滑動変位計算はすべり面で剛な土塊がすべるという挙動を解析する手法である。そこで、地震に伴い盛土内に発生する繰返しせん断応力の作用に伴う変形を考慮するために、有限要素法による永久変形解析を行った。前述の波形を基盤に与えて、地盤面（盛土のり尻）の応答加速度が 700gal 程度となるように基盤加速度を設定し、地震応答解析を行い、さらに、その結果を用いて地震後の盛土の変形係数の劣化を考慮して変形解析を行った。

3. 解析結果

表-1に、L2規模の地震に対する円弧すべり安全率、Newmark法による滑動変位量、永久変形解析による残留沈下量を示す。円弧すべり法の場合は、格子枠工の耐震補強効果効果はほとんど得られないのに対し、補強土工を配置した場合には、耐震性はかなり向上する。Newmark法の場合は、円弧すべりの程度に応じて滑動変位量が算定されるため、格子枠工による変形抑止効果は小さく算出されるのに対し、補強土工を配置した場合は、すべり安全率が大いに改善されるため、それに伴い変位量も減少する。また、格子枠工+補強土工を組み合わせた場合には、格子枠工による変形抑止効果が小さいため、補強土工のみとほぼ同様な結果となった。これらに対して、永久変形解析の場合は、格子枠工による変形抑止効果が若干現れた。永久変形

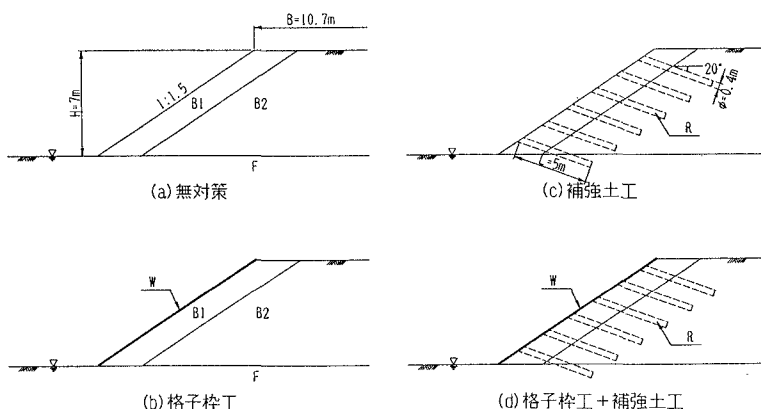


図-1 解析モデル

キーワード：盛土補強対策工 動的解析 安定解析 地震時残留沈下量 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

解析の場合は、変位量がせん断ひずみの大きさに依存して算出されるため、格子枠工による盛土の拘束効果によりせん断ひずみが減少し、これが沈下量の低減に効果があったものと考えられる。補強土工を配置した

場合は、沈下量の低減効果は大きいが、Newmark法と比較すると、多少変位量が大きくなる傾向を示す。これは、永久変形解析の場合は、安全率が1を超える範囲（Newmark法では変位量は0と計算される）でも変位は発生するためと考えられる。また、格子枠工+補強土工では格子枠工の拘束効果が評価できるので、補強土工のみと比較して永久変形解析による沈下量が低減する。図-2に滑動変位量または沈下量と円弧すべり安全率の関係を示す。これより、Newmark法および永久変形解析法の両者とも、格子枠工、補強土工、格子枠工+補強土工の順に変位量が小さくなる。また、補強土工の対策による変位量の減少の割合（無対策の変位に対して50%以上減少）に対する円弧すべり安全率の増加の割合（無対策の安全率に対して30%程度増加）は小さいことがわかった。

4. おわりに

地震時の盛土の変位量の予測手法としてNewmark法および永久変形解析法について変位量を比較すると、両者は比較的よく一致しており、複雑な手順を要する永久変形解析法に対して、実用法としてNewmark法が有効な手法であることが示唆される。また、鉄道盛土の耐震対策工について、耐震効果を比較検討した結果、補強土工の効果は大きく、特に、格子枠工と補強土工の組み合わせ工法が盛土崩壊の防止、変形抑制などに有効であることが確認された。今後の課題として以下の事項があげられる。

①円弧すべり法における設計震度の設定

L1, L2地震動に対する設計震度が適正なものであるか検証する必要がある。このためには被害盛土の解析や模型実験による検証が重要となる。

②永久変形量の予測手法の検証

Newmark法は、すべり面を前提する方法であり、そのすべり面で剛な土塊が滑動するという挙動を解析するため、地震時の盛土の崩壊挙動がひとつのすべり面で近似できない場合には適用できない。また、地震による盛土の変形係数の劣化を考慮した有限要素法による永久変形解析法は、連続体モデルの解析であるため、平均的な盛土の軟化の近似にはよいが、すべり面の生成・滑動が生じる現象には、必ずしも適していないという問題がある。したがって、これらの解析の妥当性についても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行うことが必要である。

<参考文献>

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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性評価，第32回地盤工学研究発表会，1997.7
- 4) 西原・筑摩・館山・古関・龍岡：砂質土盛土の地震に伴う永久変形解析，第52回土木学会年次学術講演会，1997.9
- 5) 小久保・館山・西原・古関・龍岡：砂質土盛土防護工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

表-1 盛土の変位量円弧すべり安全率

工種	大径補強体の長さ (m)	盛土高 (m)	円弧すべり安全率	Newmark法の滑動変位量 (cm)	永久変形解析による最大沈下量 (cm)
無対策	—	7 m	0.721	56	53
格子枠工	—	7 m	0.757	55	47
大径補強体	$\ell = 5$ m	7 m	1.013	13	28
格子枠工+大径補強体	$\ell = 5$ m	7 m	1.013	12	18

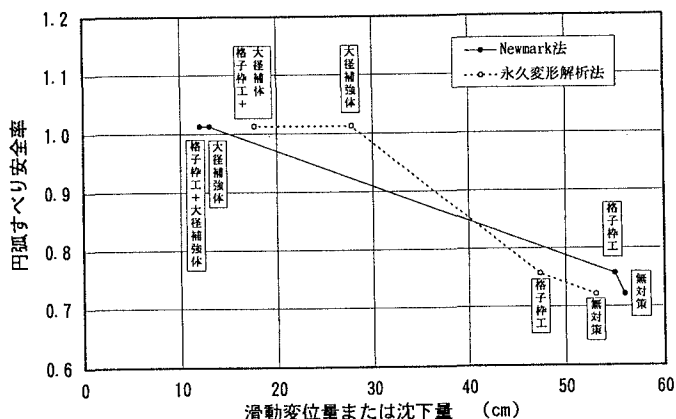


図-2 滑動変位量（沈下量）と円弧すべり安全率の関係