

省力化軌道用盛土のレベル2耐震補強法の検討

(株) 複合技術研究所 正会員 ○ 鍋田 由希

日本鉄道建設公団 正会員 青木一三三, 米澤豊司

正会員 中新井田靖人

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 舘山 勝

1. はじめに

スラブ軌道を用いた省力化軌道用盛土¹⁾は、保守量を軽減することを目的とした構造物であるため、常時や地震時における盛土の変形の制限が通常の盛土に比べてより厳しい。そこでL2レベルの強地震時に、許容される変形量以内に盛土の変形を抑制するためには、どの程度の耐震補強が必要となるかを見極めることが重要な課題になっている。盛土の地震時変形量は、入力加速度、土質諸定数により大きく影響される。そこで本研究では、地震波形や締固めの程度による土質定数の違いを適切に評価し、仮定した地震時の許容変形量に対する、盛土の耐震補強の程度について検討した。

2. 盛土の計算条件

計算の対象は標準的な鉄道盛土を仮定し、盛土高さ $H=3, 6, 9\text{m}$ 、盛土天端幅 10.2m 、盛土のり面勾配は $1:1.5$ 、犬走り無しとした。上載荷重は軌道荷重を想定して 15kN/m^2 とした。盛土の断面図を図-1 に示す。盛土材の土質を、表-1 に示す。土質定数は耐震標準²⁾で規定されている土質①、②の2種類とした。ただし、省力化軌道用盛土は、締固め密度比が平均で 95% (一般盛土は 90%) 以上を標準としているので、上部盛土 (盛土天端から 3m 区間) のみ締固め程度の違いを考慮して、内部摩擦角 ϕ を 5 度向上した。地震波形は、地盤種別に応じた地表面設計地震動²⁾を設定しているが、バンドパスフィルターをかけて土構造物用に修正³⁾を行った波形を用いた。地盤種別は $G0, G1, G2, G3$ とし、それぞれの修正地震波形 $G0\text{m} \sim G3\text{m}$ を図-2 に示す。補強材は、層厚管理材 (盛土表層部に鉛直方向間隔 $\Delta v=0.3\text{m}$) と全幅補強材 (ジオグリッド) を用いた。配置パターンAは全幅補強材の配置間隔 $\Delta v=1.5\text{m}$ 、配置パターンBは、全幅補強材の配置間隔を上部盛土 (軌道面から 3m まで) で $\Delta v=0.6\text{m}$ 、下部盛土で $\Delta v=1.5\text{m}$ とした (図-1 (a) (b) 参照)。補強材の地震時設計破断強度は、層厚管理材は $T_s=2\text{kN/m}$ 、

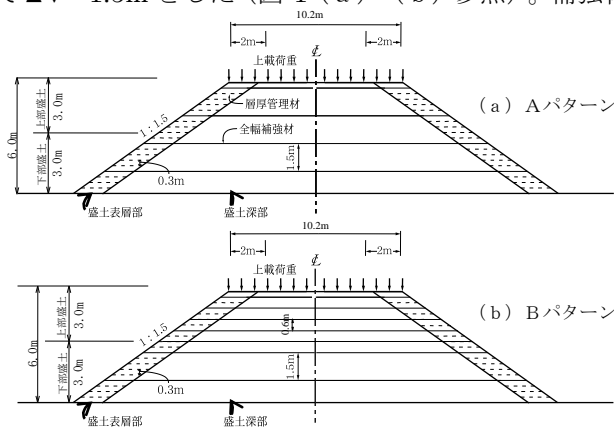


図-1 盛土断面図 (6m の場合)

表-1 土質定数

土質	土の種類	盛土	単位体積重量	盛土表層部 (2m 区間)	盛土深部
①	粒度配合の良好な砂・礫、硬岩ズリ	上部	18 kN/m^3	$\phi = 45^\circ$ $c = 3\text{ kN/m}^2$	$\phi = 50^\circ$ $c = 6\text{ kN/m}^2$
		下部	18 kN/m^3	$\phi = 40^\circ$ $c = 3\text{ kN/m}^2$	$\phi = 45^\circ$ $c = 6\text{ kN/m}^2$
②	一般の砂、砂礫	上部	17 kN/m^3	$\phi = 40^\circ$ $c = 3\text{ kN/m}^2$	$\phi = 45^\circ$ $c = 6\text{ kN/m}^2$
		下部	17 kN/m^3	$\phi = 35^\circ$ $c = 3\text{ kN/m}^2$	$\phi = 40^\circ$ $c = 6\text{ kN/m}^2$

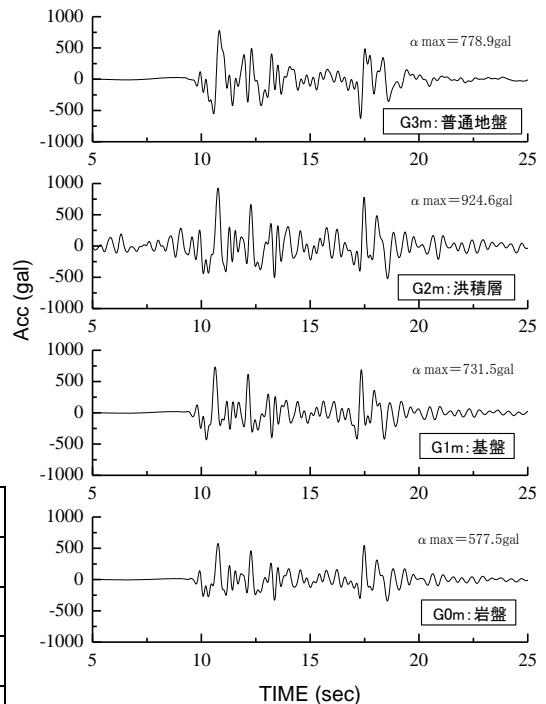


図-2 地震波形 (土構造物用修正波)

キーワード：省力化軌道用盛土、補強材 (ジオグリッド)、地震時変形量、Newmark 法

連絡先：〒107-0052 東京都港区赤坂 2-15-16

TEL 03-3582-3373 FAX 03-3582-3509

全幅補強材は $T_z=30\text{kN/m}$, 60kN/m の 2 種類とした。盛土の変形量は、滑動変形量と揺すり込み沈下量の合計とし、支持地盤の変形は考慮していない。滑動変形量は、地震時破壊形態を円弧すべりと仮定して、Newmark 法^{2) 4)}を用いて算定した。計算方法は、安全率 $F_s=1.0$ となる降伏すべり面を求め、このすべり面に対して、線形加速度法によりすべり土塊の変形量を求めるものである。また、揺すり込み沈下量は、既に耐震標準に示されている最大加速度と残留変位の関係^{1) 2)}を基に、使用した波形の最大加速度 (α_{max}) で比例補間して求めた。また、上部盛土の締固め効果によって、体積歪やせん断強度、変形係数などが改善され、揺すり込み沈下量も軽減されると考えられるが、ここでは安全側の仮定でせん断強度によって定めた低減係数 $0.84 (\tan 50^\circ / \tan 45^\circ)$ より補正した。

3. 計算結果

滑動変形量と揺すり込み沈下量について、地震波形の影響、盛土材の締固めの影響をみたものを、それぞれ図-3、4に示す。図-3より地盤種別 G2 の場合で、バンドパスフィルターによる修正の影響によって、滑動変形量は 20~28% の差が出た。盛土材の締固めの影響では、滑動変形量は 6% の差となった。G0m~G3m の修正波形について総変形量と盛土高の関係を図-5 に示す。土質①、②ともに G2m で変形量が最も大きくなり、G2m 土質②の盛土高が 6m 以上では、変形量が 100mm 以上となった。その他の場合では、A パターン ($T_z=30\text{kN/m}$) で変形量が 100mm 以下となった。そこで、G2m 土質②の補強材配置を変更して、許容変形量を 50mm, 100mm の 2 種類を仮定して検討した結果を図-6 に示す。ここで、A' パターン (上部 2 層のみ $T_z=60\text{kN/m}$)、B' パターン ($T_z=30\text{kN/m}$)、B'' パターン (上部 2 層のみ $T_z=60\text{kN/m}$)、B''' パターン (上部 5 層のみ $T_z=60\text{kN/m}$) である。

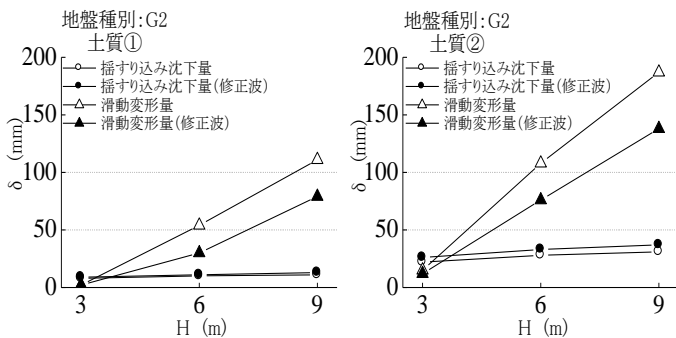


図-3 盛土高と変形量の関係 (修正波形の影響)

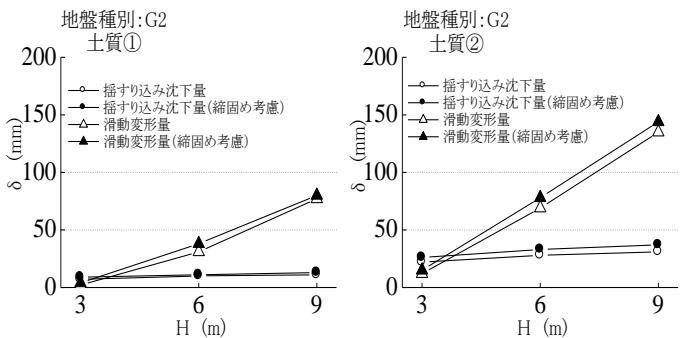


図-4 盛土高さと変形量の関係 (締固めの影響)

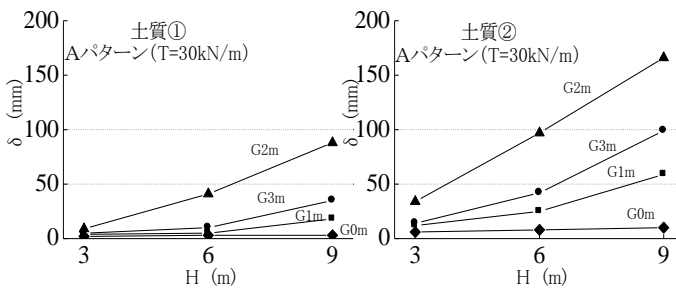


図-5 地盤種別と総変形量の関係

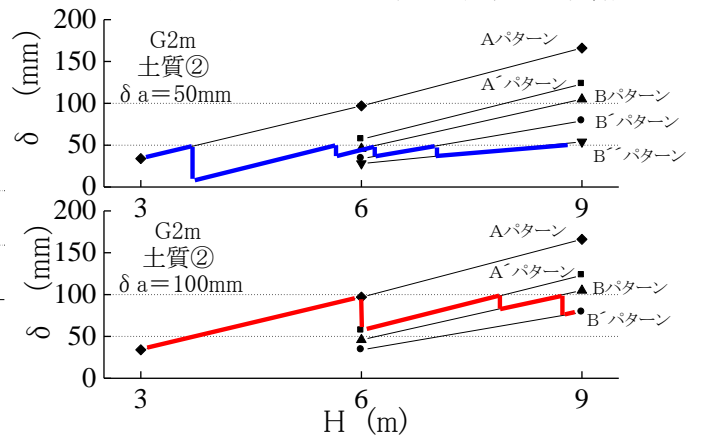


図-6 許容変形量に対する配置パターン

4. まとめ

盛土の地震時変形計算結果から、許容変形量の設定により必要補強材量に大きな差異が生じることが判明した。また、入力波形として適切なものを使用し、土の締固め効果を考慮することによって、算出される変形量は改善される。補強材の配置は、下部盛土と上部盛土で配置間隔を変えることで、効率的な補強効果が得られる。これより、強地震時における盛土の耐震補強方法の目安を得ることができた。

<参考文献> 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 省力化軌道用土構造物，1999 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999 3) 館山，室野，堀井，米澤，古関，龍岡：補強土壁の地震時変形計算法における波形の影響，土木学会第 54 回年次学術講演会，pp620-621，1999.9 4) 堀井，浦川，田村，館山，小島：ジオシンセテ

ックスを用いた耐震補強盛土の強地震時残留変位解析, ジオシンセティックスシンポジウム, pp176-184, 1999. 12