ニューマーク法を用いたのり面急勾配化補強盛土の耐震性評価

（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構　正会員　○陶山雄介，阪田暁，曽我大介
（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　松丸貴樹，成田浩明，浅野翔也

１．はじめに

鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物）[1]（以下，土構造標準とする）では，性能ランクⅠの盛土構造の標準勾配として，材料規定，施工管理規定とともにのり面勾配を1：1.8に規定している．一方，東北新幹線盛岡以北以降の整備新幹線においては，機構独自の検討により1：1.5勾配に急勾配化し，ジオグリッドである盛土補強材を1.5m間隔で盛土内に配置した補強盛土を標準断面として採用している．こののり面勾配を**図-1**に示すようにさらに急勾配化させることで，建設場所の特性にあわせたより合理的な盛土の計画，設計を行うことが可能となると考えられる．

そこで筆者らは，のり面勾配を1:1.5勾配よりも急勾配化した1：1.2勾配の補強盛土を対象に，実験的，解析的に検討し，盛土急勾配化の実現性について検討してきた[例えば2)]．本論文では，1:1.2勾配の補強盛土の標準仕様を設定することを目的とし，L2地震時における盛土の残留変形量を算出し，所要の沈下量の限界値を満足する盛土の仕様を決定した結果を報告する．

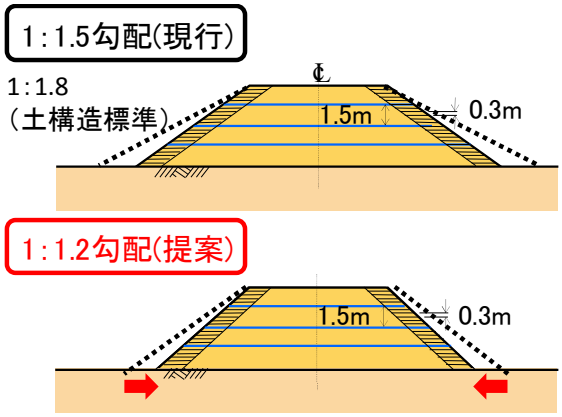

図-1　盛土のり面の急勾配化

表-1　検討に用いた土質諸数値

		単位体積重量 (kN/m^3)	内部摩擦角	粘着力 (kN/m^2)
土質1	盛土（表層）	18.0	40°	3.0
	盛土（深層）	18.0	45°	6.0
土質2	盛土（表層）	17.0	35°	3.0
	盛土（深層）	17.0	40°	6.0

２．検討条件・モデル

本検討では盛土材料の土質諸数値を文献1)に示される**表-1**に示す土質1，2とし，盛土高さ，犬走りの有無（6m盛土を対象），地盤種別（入力地震動，本検討ではG0～G3地盤を対象）を変えて，各盛土の地震時の沈下量の算定を行った．検討モデルは**図-2**のように設定し，盛土上面に新幹線スラブ軌道荷重として15kN/m^{2}を考慮した．補強材の配置間隔は1.5m，補強材強度は全段30kN/mを基本(以後，標準配置)とし，照査を満足しない場合には補強材の強度を最上段から60kN/mの高強度のものに変化させ，照査を満足する補強材配置となる検討を行った．

L2地震時の盛土上面の沈下量S_Tは，S_s（すべり土塊の滑動による沈下量）+ S_e（盛土体の揺すり込み沈下量）+ S_g（支持地盤の揺すり込み沈下量）で算出することとしている[1)]．整備試幹線でのL2地震時の盛土の許容変形量は，鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）[3)]（以下，耐震標準とする）に基づき変形レベルの制限値を変形レベル3(沈下量50mm以上，150mm未満)としている．整備新幹線の盛土施工においては，軟弱地盤では基本的に地盤改良を行うこととしており，大きな支持地盤の揺すり込み沈下量S_gは生じないと考えられるため，本検討ではS_gを算定せず，その担保として$S_s+S_e<100$mmに制限することで変形レベル3の沈下量の制限値を満足するようにした．

揺すり込み沈下量S_eは文献3)に示される地盤種別と盛土高さに応じたノモグラムの値を用いることとした．

一方，盛土体の滑動変形量S_sの算定は，盛土のすべり面形状を円弧すべりに仮定したニューマーク法を用いた．解析に用いる地震動は，文献3）に示される地盤種別ごとの時刻歴波形とした．解析に用いたプログラ

キーワード：補強盛土，のり面急勾配化，ニューマーク法，標準仕様
連　絡　先：〒231-8315　横浜市中区本町6-50-1　鉄道・運輸機構　設計部　TEL:045-222-9083

ムは実務設計で広く用いられている Design-SoilStructure(Ver.2.1G)である.

3．検討結果

ニューマーク法により算出したすべり土塊の滑動による沈下量S_sと盛土体の揺すり込み沈下量S_eの合計沈下量から，土質・地盤種別ごとに**図-3**，**4** に示すような 1：1.2 勾配を適用した補強盛土の補強材配置選定図を作成した．また，比較として 1:1.5 の G2 地盤の補強材配置図を**図-5** に示す.

図-3，**4** に示した土質 2 の 1:1.2 勾配の盛土では，G2 地盤の場合には盛土高さが大きくなると高強度の補強材数量を増やす必要があるが，G3 地盤では高さ 8.5m を越える盛土を除くと，全段 30kN/m の補強材でよいことがわかった．また，土質 1 の盛土の場合には，地盤種別，高さによらず全て 30kN/m の補強材でよいことを確認した.

また，**図-3** と**図-5** の比較により盛土の勾配が 1:1.5 から 1:1.2 に変わることによる違いに着目すると，例えば高さ 8m の盛土では 1:1.5 勾配で上段 1 枚のみ 60kN/m の補強材が必要であったが，1:1.2 勾配の場合には上段 3 枚分を 60kN/m とする必要がある．このように，急勾配化によって補強材強度を高める必要が生じるが，その補強材枚数は 1～2 枚に限られていることがわかる.

このような補強材配置選定図を土質，高さ，地盤種別ごとに用意しており，実務において 1:1.2 勾配の補強材配置の選定が容易となる.

4．おわりに

本論文では，1:1.2 勾配の補強盛土の標準仕様を設定することを目的として，ニューマーク法による盛土の地震時残留変形解析により沈下量を算出し，耐震性を評価した.

その結果，土質 1 では標準の補強材間隔(1.5m 間隔)，全段補強材強度 30kN/m で照査を満足することを確認し，土質 2 では標準の補強材間隔，補強材強度 30kN/m では照査を満足しない条件があるものの，補強材配置選定図に従い補強材強度を変更することで照査を満足することを確認した．また，1:1.5 勾配補強盛土からの仕様変更は限られたものであることを確認した.

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物），2007.1

2) 高野ら：急勾配化した補強盛土の品質および施工性，第 52 回地盤工学研究発表会，2017.7

3) 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），2012.9

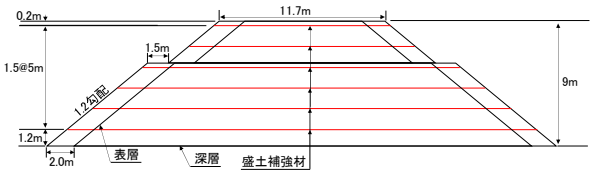

図-2　解析モデル例（盛土高 9m，犬走り有）

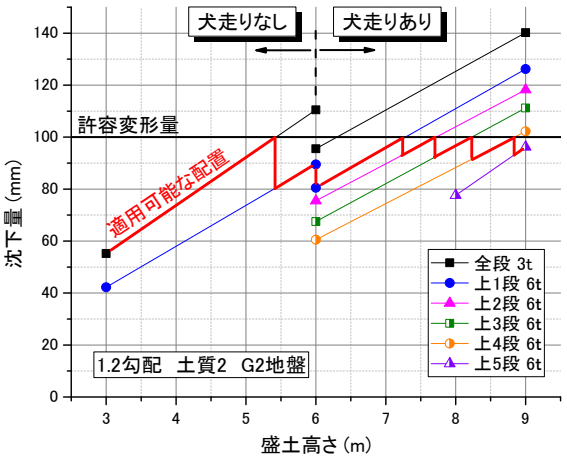

図-3　1:1.2 勾配，G2 地盤の補強材配置選定図

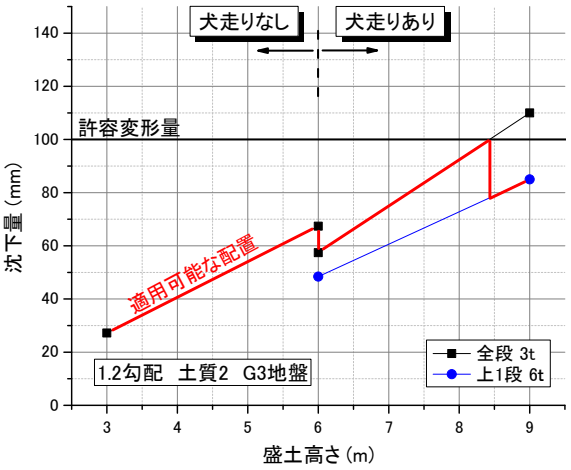

図-4　1:1.2 勾配，G3 地盤の補強材配置選定図

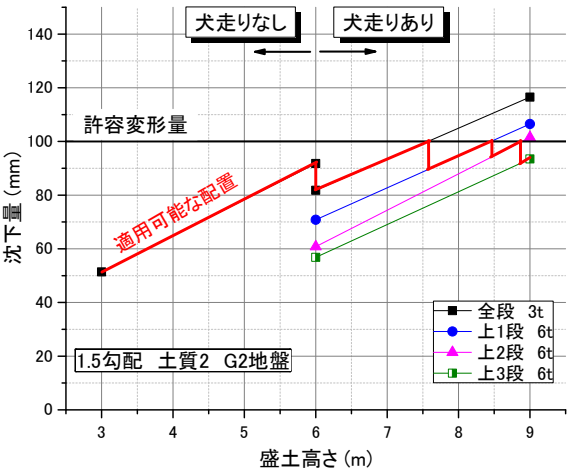

図-5　1:1.5 勾配，G2 地盤の補強材配置選定図