

防災対策を考慮した既存盛土の耐震性能向上に関する検討

西日本旅客鉄道（株）
（公財）鉄道総合技術研究所

正会員
正会員

〇渥美 知宏
松丸 貴樹

正会員
正会員

細岡 生也
濱田 吉貞
中島 卓哉

1. はじめに

鉄道では、盛土の安定性向上を目的としてのり面工や棒状補強材を施工している．のり面工は主に降雨対策として実施されるが、棒状補強材と組み合わせることで地震時における安定向上効果の面でも一定の評価ができると考えられる．しかしながら、これらの対策による耐震面での効果は十分に解明されておらず¹⁾、現在の耐震設計では考慮されていない．そこで本研究では、標準的な盛土耐震補強対策としてのり面工と棒状補強材の組み合わせを考え、盛土模型に降雨作用を与えた上での振動台実験を実施し、地震時挙動についての評価を実施した．

2. 模型実験の概要

構築した盛土模型の概要を図1に示す．盛土模型は盛土高さ 600mm (1/10 スケール)、のり面勾配 1:1.2 とし、稲城砂 (Fc=9.7%) を用いて締固め密度比 80% (pd=1.335g/cm³) で作成した．支持地盤は透水性の良い材料で構築した．実験は、支圧板で固定した棒状補強材のみ設置したケース (CASE0)¹⁾、のり面工の交点に棒状補強材を設置してピン結合したケース (CASE1)¹⁾、のり面工の枠内に支圧板で固定した棒状補強材を設置し、結合しないケース (CASE2)、の計 3 ケースで行った (図2)．のり面工模型は格子枠を想定し、CASE1 ではアルミ角棒 CASE2 では軽量型無収縮モルタルを用いた．棒状補強材の模型は MC ナイロン製 φ20mm を 2 列×2 段に設置した．模型実験では、振動台上空から与える降雨散水より盛土内部の飽和度分布を変化させ、複数ステップでの加振を行った (表1)．計測器は、図1に示すように盛土天端に鉛直変位計、盛土内に加速度計、土壌水分計、間隙水圧計、マノメータを、補強材には張力を計測するためのボルトゲージを設置した．また、盛土前面 (ガラス面側) に標点 (50mm 間隔) を設置した．

3. 盛土のり肩の応答加速度

図3には、STEP1 から STEP3 (CASE1 では STEP2)における、各加振レベル毎の支持地盤 (AH20) の最大加速度と盛土のり肩 (AH01) の最大応答加速度の関係を示す．STEP1 では、CASE1, CASE2, CASE0 の順に最大応答加速度が大きくなっているが、これは CASE1 および CASE2 では、のり面工の重量による慣性力の増加が影響したものと考えられる．一方で、盛土内部の飽和度分布がほぼ一致している STEP3 (CASE1 では STEP2)では、盛土に大きな変状が発生するまでの間の応答加速度は前述の順序が崩れていないが、加速度の増加に伴って CASE0 や CASE2 では著しく大きな応答が生じている．こ

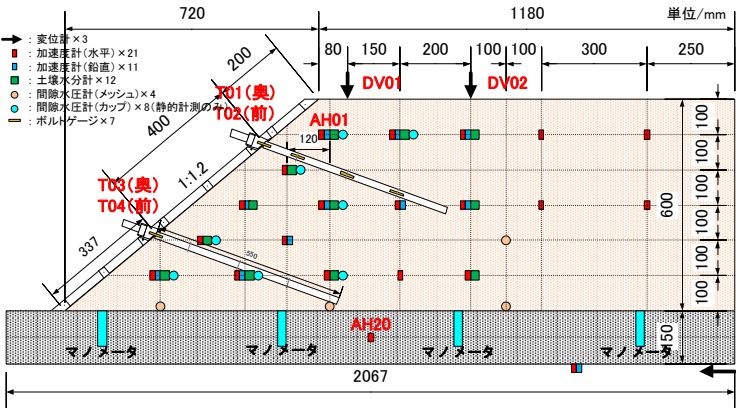


図1 盛土模型の概要

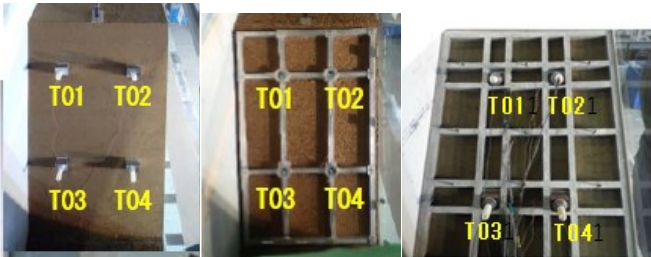


図2 盛土模型正面写真

(左 : CASE0, 中央 : CASE1, 右 : CASE2)

表1 実験ステップ

	降雨強度 (mm/h)	累積雨量 (mm)	加振条件
STEP1	降雨なし		正弦波 5Hz10 波 (100gal~600gal) 漸増加振
STEP2	40	105	
STEP3	60	210	

れは、盛土への変形の発生や、過剰間隙水圧の上昇が影響したものと考えられる。

4. 棒状補強材張力の考察

図4には、盛土に大きな変状が発生したSTEP3(CASE1ではSTEP2)における、各加振レベル毎の入力加速度と棒状補強材頭部に発生した張力の最大値の関係を示す。CASE0およびCASE2では補強材張力に大きな変化はないが、CASE1では下段において張力が大きく発揮されている。前述のように盛土の加速度応答は慣性力の影響を受けるため、これにより補強材張力も大きくなることが想定される。しかしながら、特に400gal以降の加振でCASE1よりも他のケースの加速度応答が大きいにもかかわらず、CASE1の下段の補強材張力が際立って大きくなっている。このことから、のり面工と棒状補強材の結合が効果を発揮し、加振中も補強材を介して盛土本体がのり面工に拘束されていたものと考えられる。

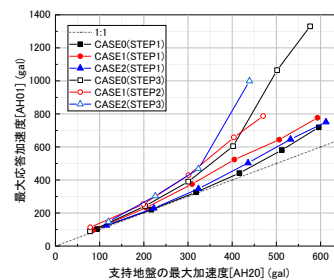


図3 盛土のり肩の最大応答加速度

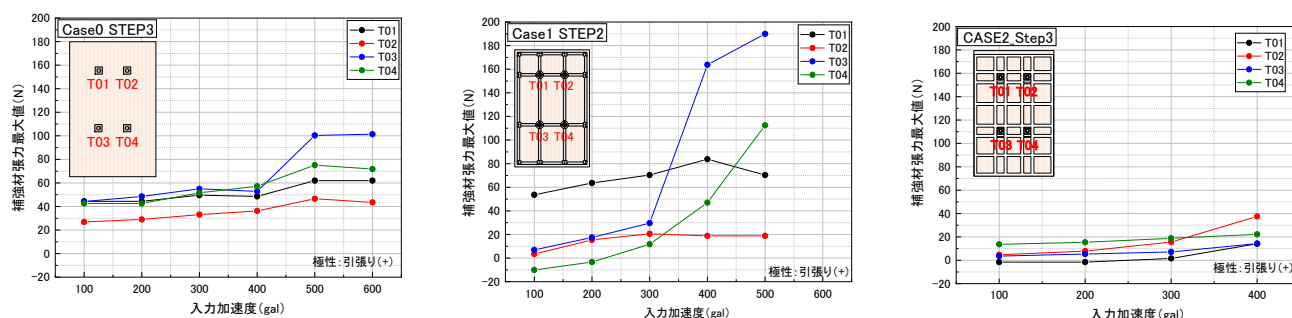


図4 補強材張力の最大値（左：CASE0，中央：CASE1，右：CASE2）

5. 崩壊形態の考察

図5に、各ケースで盛土に大きな変状が発生した際の、画像標点から算出した盛土の崩壊軌跡を示す。CASE0およびCASE2では盛土の弱点箇所である表層部を中心に崩壊が進行しているが、CASE1では盛土全体が一体的な挙動を示している。のり面工の重量は慣性力の増加をもたらし、降伏震度の低下に寄与するものの、のり面工と棒状補強材を確実に結合することで、補強材が張力を発揮し盛土の形状をのり面工が保持する効果によって、崩壊を小規模に抑えることが可能であると考えられる。

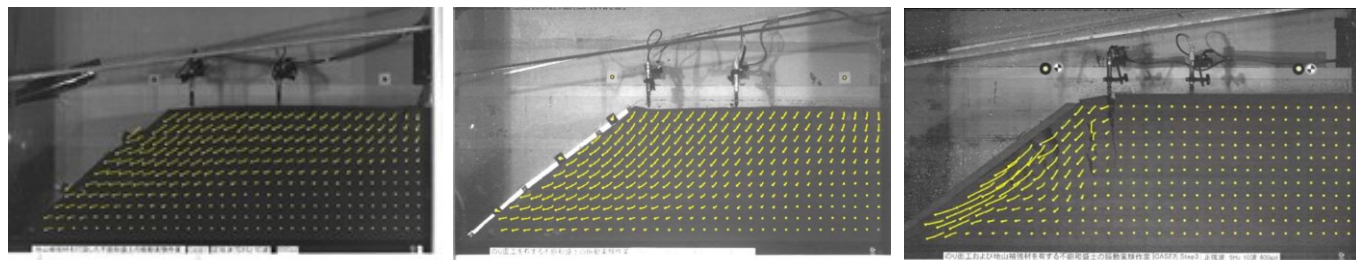


図5 盛土の崩壊軌跡（左：CASE0，中央：CASE1，右：CASE2）

6. まとめ

本実験結果から、盛土の耐震補強にのり面工と棒状補強材の組み合わせを考える場合、のり面工と棒状補強材を確実に結合させることで、地震時の盛土の変形をのり面と棒状補強材で一体的に抑え込むことができるものと考えられる。その結果、慣性力は増加し降伏震度が低下するものの、崩壊を小規模に抑えることが可能であることが示唆された。

参考文献 1)中島卓哉，佐藤武斗，松丸貴樹，藤井昌隆，濱田吉貞，小湊祐輝，渡邊健治：盛土の耐震性に及ぼすのり面工の影響評価を目的とした模型振動台実験，第15回日本地震工学シンポジウム，GO01-02-04，2018。