

水平慣性力を受ける模型盛土の補強材条件の違いによる補強効果

西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 正会員 ○川波 敏博
 西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 正会員 下野 宗彦
 山口大学大学院 学生会員 小林 敬尚
 山口大学大学院 国際会員 中田 幸男

1. はじめに

熊本地震を代表とする巨大地震や、異常豪雨によって盛土が崩壊する事例は多く、有事の被害を軽減するためにも実用的な地山安定化工法の提案は早急な課題の一つである。

高速道路の土構造物（盛土）の強靱化対策として採用され始めた鉄筋挿入工は、切土補強土工としての実績は多く^{1), 2)}、その効果も実務的には理解されている。しかし、補強材のメカニズムには不鮮明な点もあり、経験的手法とされている一面も持っている。

本研究では、鉄筋挿入工を想定した小型模型盛土に水平慣性力を与えて崩壊させることで、補強効果の特徴を把握した。

2. 水平慣性力载荷装置による模型実験の方法

実験装置の概要を図-1 に示す。模型土槽には車輪があり、傾斜したガイドレールを滑って壁に衝突し急減速することで水平方向の慣性力が作用し、震度法による斜面安定解析と同様の応力状態が再現できる。土槽は幅 700mm、高さ 380mm、奥行 150mm で、実際の 1/50 サイズとした。試料には三河硅砂 V6 号を用い、飽和度 50%に相当する含水比 9.2%に調節した湿潤土を相対密度 56%となるように突固めて斜面を作製した。補強材にはφ0.45mm のステンレス針金を用い、図-2 に示すように、表面に砂を接着させることで鉄筋補強土工法を模擬して摩擦抵抗を大きくした。この土槽を斜面が崩壊に至るまで繰り返し衝突させ、変動過程を加速度計

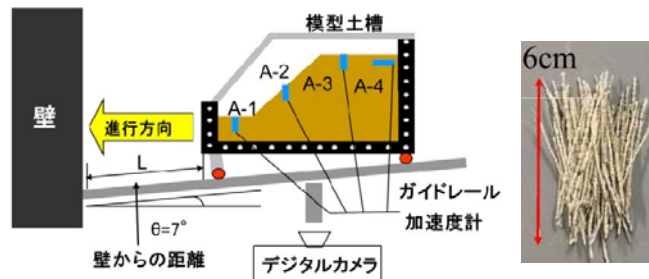


図-1 水平慣性力载荷装置の概要図



図-2 補強材

とデジタルカメラ、PIV 画像を用いて観測した。実験条件を表-1 に、補強材配置模式図を図-3 に示す。

実験名	盛土勾配	補強条件		補強段数 (段)	補強材間隔 (cm)
		鉄筋長	方向		
CASE1	30°	補強なし		-	-
CASE2	30°	6cm	垂直	10	2.828
CASE3	30°	6cm	水平	10	2.828
CASE4	30°	9cm	垂直	6	4.242
CASE5	30°	9cm	水平	6	4.242
CASE6	30°	9cm	垂直	8	4.242
CASE7	30°	6cm	垂直	8	4.242
CASE8	30°	6cm	垂直	8	2.449
CASE9	30°	6cm	垂直	14	2.828
CASE10	30°	6cm	垂直	10	4.242

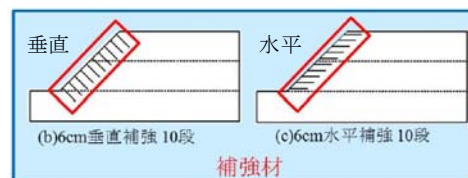


図-3 補強材配置模式図（一例）

3. 補強材打設条件の違いによる補強効果への影響

①. 補強材打設方向及び長さの影響（図-4）

補強材を打設することで、補強材を超えるようなすべり面が発生するため、崩壊範囲は拡大し、崩壊に至るすべり面の傾きは小さくなる。補強効果は、水平打設より垂直打設の場合が大きい。また、補強なしの場合に比べて少ない衝突回数で崩壊する CASE4, CASE5 においても、発生するすべり面勾配が緩くなるため、斜面の安全率としては向上していると推定する。

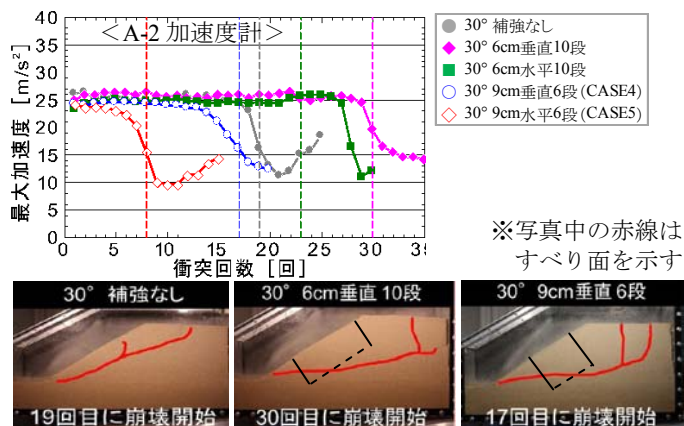


図-4 補強材方向の違いによる加速度と衝突回数の関係

キーワード 盛土補強, 模型実験, 鉄筋挿入工, 補強効果

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 082-532-1411

②. 補強材本数による影響 (図-5)

PIV 画像による補強なしの場合の最大せん断ひずみコンター図に各 CASE での補強材を重ね合わせ、先端到達位置が無補強時のすべり面を超えた本数を調べた。この本数と崩壊開始時の衝突回数比（無補強=1 とした比）との関係から、すべり面を超える補強材の本数が補強効果に与える影響を求めた。この関係より、すべり面を超える補強材が 30 本以上（密度換算で 0.4 本/m^2 以上）となると、補強効果が向上する結果となった。

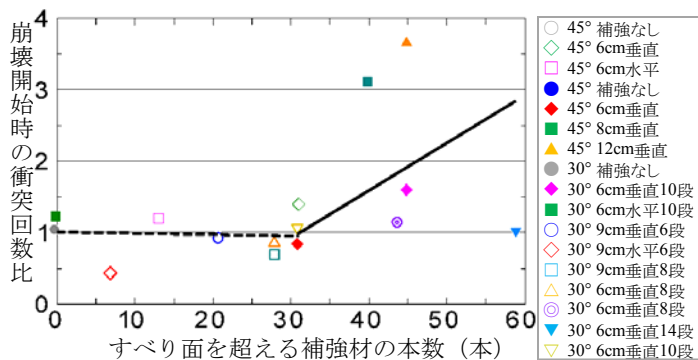


図-5 衝突回数比とすべり面を超える補強材本数の関係

③. 補強材効果と斜面崩壊の発生過程

PIV 画像による斜面崩壊の最大せん断ひずみコンター図を図-6 に示す。この結果、のり先に発生したひずみが徐々にのり肩や天端に広がり崩壊に至ること、補強材を長くすれば崩壊部分だけではなく盛土の広範囲にひずみが分布し、斜面全体で慣性力に耐えていることが分かった。

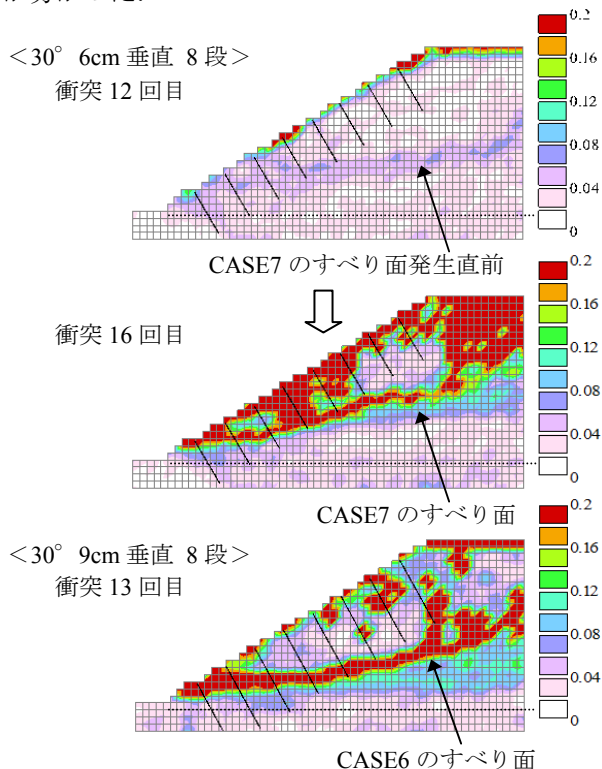


図-6 PIV による最大せん断ひずみコンター図

4. 一面せん断試験による補強効果の把握

補強効果を把握する手段として、一面せん断試験を試みた。試験箱に三河珪砂を突固め疑似補強材を図-7 に示す条件で設置した。この結果、「補強材の挿入により最大せん断強さや強度定数が増加すること（CASE4→CASE6）」、「補強材はせん断方向の同一直線上に配置しない方がよいこと（CASE4→CASE5）」が分かった。

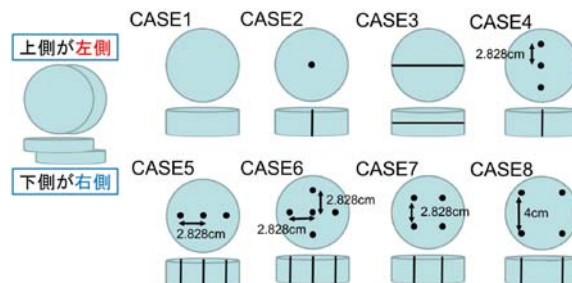
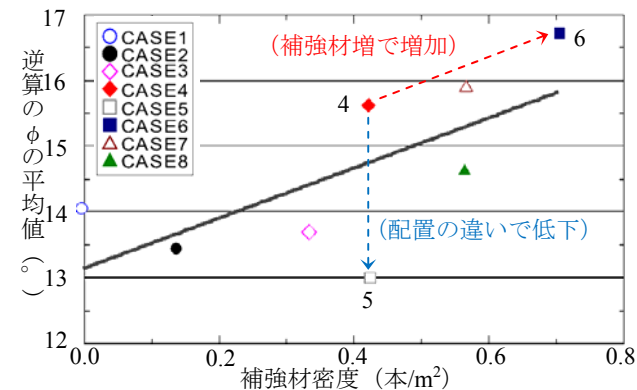


図-7 一面せん断試験条件の概要図

また、補強材挿入による土塊の締め固め効果は期待できないと考え、 c_d （粘着力）を補強前の値に固定して ϕ_d を逆算で求めた結果、図-8 に示すように、土の強度（内部摩擦角）が増加して補強効果が発揮されることが明らかとなった。

図-8 逆算 ϕ_d の平均値と補強材密度の関係

5. まとめ及び今後の展開

模型実験や PIV 画像解析、一面せん断試験の結果から、「補強材は垂直」、「せん断方向に対しては千鳥配置」、「無補強時のすべり面を超える長さの補強材密度が 0.4 本/m^2 以上存在する」という条件で、補強効果が飛躍的に向上することが分かった。

今後は、補強効果と土の強度定数向上との関係や、補強材頭部を連結した場合の効果等について、模型実験を通して考えていきたい。

参考文献

- 公益社団法人地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル，pp1-17，2011
- 北村照喜，奥野誠之，山田憲夫，佐野信夫：鉄筋による斜面補強工の理論と実際，地盤工学会誌，pp57-62，1987