

補強材挿入角度に着目した模型実験と斜面安定解析による補強効果の検討

山口大学大学院 学生会員 ○喜種 将
山口大学大学院 正会員 中田 幸男
山口大学大学院 正会員 梶山 慎太郎
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
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

1. はじめに

日本の地震発生回数は東日本大震災以降増加傾向¹⁾にあり、数多くの土砂災害が全国各地で発生している。これから行う新規の斜面建設はもちろん既設斜面の補強も見直していかなければならない。このような中、近年は既設盛土の補強方法として鉄筋挿入工が注目され、実務でも用いられている。しかし、実務事例が少なく、盛土への補強材挿入条件による効果を検討した例が少ないことから、補強材挿入条件が崩壊挙動に及ぼす影響を詳細に検討していく必要がある。そこで本研究では、模型実験と斜面安定解析から、補強材挿入角度が模型盛土の崩壊挙動に及ぼす影響を検討することを本研究の目的とした。

2. 挿入角度に着目した模型実験概要と結果

本研究では、一方向の水平外力を与え、模型盛土にすべり面を発生させる実験手法を用いた。図1に、水平慣性力载荷装置の概略図を示す。水平慣性力の载荷は、傾斜のあるガイドレール上に車輪の付いた模型土層をセットし、壁から60cmの距離をとり自由運動で滑らせ、壁に衝突させて与えた。この衝突を、模型盛土が崩壊するまで繰り返した。衝突時の衝撃を和らげるため模型土層の前部にダンパー(ストローク長5cm)を設置している。本実験で模型盛土は、実地盤の1/50スケールを想定し、斜面勾配は30°で作製している。用いた試料は、盛土材として三河珪砂V6号を用いた。模型盛土作製条件は飽和度50%、相対密度56%である。また、用いた補強材は、ステンレス製の針金に盛土材と同じ三河珪砂V6号を接着させたもので、盛土材と補強材の摩擦を再現している。5つの試験条件を表1に示す。補強材挿入角度以外の条件をそろえることで、補強材挿入角度変化による影響を考察する。CASE2は補強材を挿入する際に削孔するため、その際に土の密度変化などの要因が模型盛土に影響があるのかを検証するために行った。CASE3の挿入角度0°は面状補強材の挿入で用いられる角度で、CASE4の挿入角度30°はアンカー工法の設計で用いられる角度、CASE5の挿入角度60°は鉄筋挿入工で一般的に用いられる角度で、本実験では法面に対して垂直に相当する。補強材配置は鉄筋挿入工で主に使われる千鳥配置で、法面上部から1段目5本、2段目4

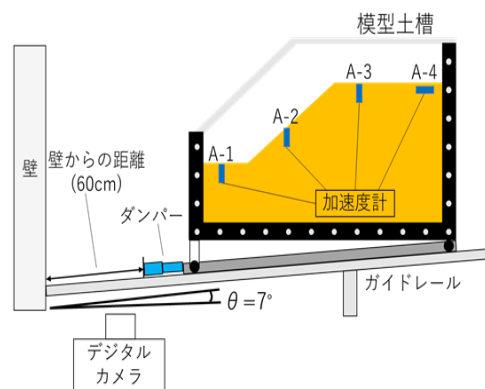


図1 水平慣性力载荷装置

表1 試験条件

	補強材の有無	長さ	挿入角度	配置・間隔	太さ
CASE1	無	—	—	—	—
CASE2		—	—	削孔のみ・2.8cm	—
CASE3	有(45本)	6cm	0°	千鳥配置・2.8cm	1.8mm
CASE4			30°		
CASE5			60°		

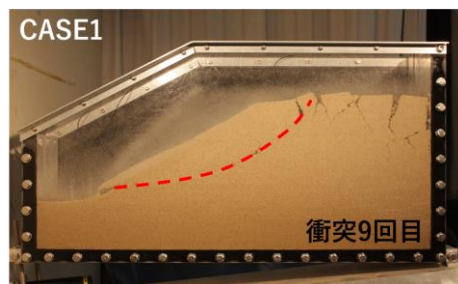


図2 CASE1の崩壊領域

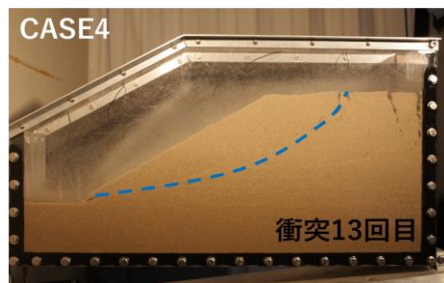


図3 CASE4の崩壊領域

キーワード 挿入角度 模型実験 斜面安定解析

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科

T E L 0836-85-9300

本、3 段目 5 本と計 10 段になるように配置した。

実験の結果としては、大きく違いが見られた崩壊までの衝突回数と崩壊領域について考察を行っていく。図 2、図 3 に崩壊時の様子を示す。CASE1 は 9 回目、CASE4 は 13 回目に図中に示すような破線に沿ってすべりが発生した。これをもとに図 4 に全実験のすべり面を示す。また図 4 の括弧内の数字は崩壊時の衝突回数を示している。この結果から CASE2,3 は、崩壊までの衝突回数に大きな差がないことから補強効果はなかったと考えられる。CASE4 は、CASE1 より大きな円弧で、より多くの衝突回数を耐えることができた。CASE5 は、崩壊は法面部全域のすべりではなく天端のみが崩壊するという結果になった。CASE5 では天端が崩壊した後、さらに 5 回衝突を行ったが法面部の崩壊には至らなかった。

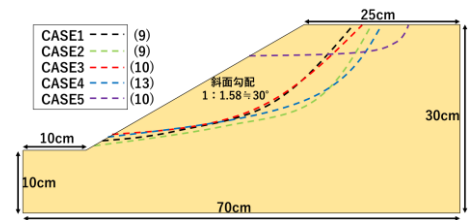


図 4 全実験の崩壊領域

3. 斜面安定解析概要と結果

模型実験の崩壊形態の比較や補強効果が現れた理由を検討するために斜面安定解析を行った。解析モデルは、実地盤を想定して模型実験の 50 倍のスケールで行った。補強材の径や土の特性値なども模型実験の条件にならって設定を行った。ネーリングの周面摩擦抵抗に関して、補強材 1 本に作用する抵抗力は等しいことから切土補強土工法設計・施工指針より $\tau=80\text{kN/m}^2$ で与えた。なお下段の補強材の周面摩擦抵抗が大きいと仮定した場合でも最小安全率にほとんど影響がないことから、すべての段の周面摩擦抵抗を同一にすることにした。盛土材の強度特性 γ は $c=0^\circ$ 、 $\phi=32^\circ$ とした。本解析では水平震度を道路土工法面・斜面安定工指針より 0.15 に設定した。

本解析結果を図 5 に示す。本解析では、法肩から 2.7m 地点にすべりの端点がくるように設計してある。図 5 の円弧は地震時の臨界円を示しており、その円の半径は、CASE1、3 は 37m、CASE4 は 30m、CASE5 は 28m という結果になった。また地震時の臨界円の半径は、CASE1、3 は 37m、CASE4 は 28m、CASE5 は 26m となった。CASE1 と CASE3 の臨界円は同じ結果になり、この理由としては CASE3 の挿入角度が 0° の場合、CASE1 の臨界円に補強材が届いていないためと考えられる。図 6、図 7 に模型試験の挿入条件に加え、 90° 、 120° の解析も行い、補強材挿入角度と最小安全率の関係を示す。CASE4 では無補強の臨界円まで補強材が到達しているため、この臨界円より奥に、補強材を回り込むような臨界円が計算された。このため CASE4 は、CASE1 より常時、地震時ともに最小安全率が増加した。また図 6、図 7 から補強材挿入角度が 60° に近づくにしながら常時、地震時ともに最小安全率が大きくなった。CASE1、CASE3、CASE4 の模型実験と解析の結果はおおむね対応していると考えた。

4. まとめ

本研究では、模型盛土に対する模型実験と斜面安定解析から補強材挿入角度が崩壊挙動に及ぼす影響を検討した。模型実験から補強材挿入角度の違いによる崩壊までの衝突回数と崩壊領域を明らかにした。また、斜面安定解析では臨界円の最小安全率と補強材挿入の関係から補強効果を明らかにした。

参考文献 1)気象庁, 世界の地震発生回数(<https://blogs.yahoo.co.jp/kanchan9151/17893440.html>), 2017

2)加登文学 他, 第 36 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp461~462, 2001

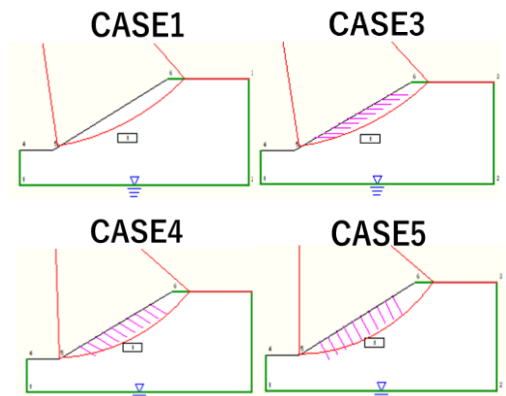


図 5 各実験の斜面安定解析結果(地震時)

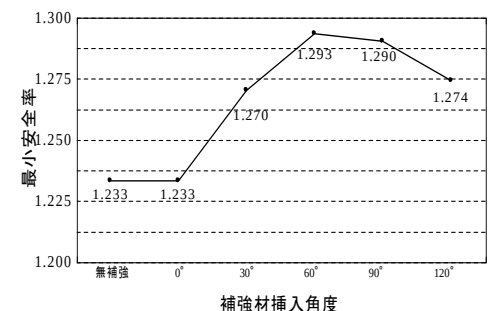


図 6 挿入角度と最小安全率の関係(常時)

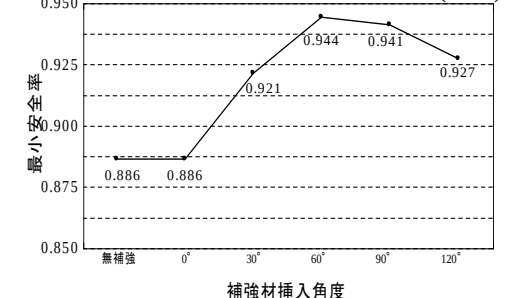


図 7 挿入角度と最小安全率の関係(地震時)