

第Ⅲ部門

トンネル坑口斜面への表層補強工による耐震性向上に関する室内モデル実験

立命館大学 理工学部 学生員 ○森吉 勇気
立命館大学 理工学部 正会員 松尾 勉
労働安全衛生総合研究所 正会員 平岡 信隆

立命館大学 理工学部 正会員 藤本 将光
立命館大学 理工学部 フェロー 深川 良一

1. はじめに

近年の大規模地震により各地で斜面崩壊が発生しているが、トンネル坑口斜面も例外ではない。本研究ではトンネル施工時に発生するゆるみ領域が斜面の耐震性に及ぼす影響を検証する。

2. 実験概要

本研究の遂行にあたり、高さ 700 mm、横 600 mm、奥行き 1,000 mm の試験土槽を用いて図 1 のような乾燥密度 $\rho_d = 1.50 \text{ g/cm}^3$ の盛土斜面を作製した。また、土槽底面上には模擬トンネルとして半割の塩ビパイプ(長さ 700 mm、内径 100 mm、外径 114 mm)およびその外側にゆるみ領域を作るためのさらに大きな半割の塩ビパイプ(長さ 750 mm、外径 140 mm)を設置した。図 1 には計測機器の設置位置も示している。斜面作製後に補強材としての釘を図 2 のように設置する。また、各実験の補強材の条件を表 1 に示す。実験の補強材設置後に外側塩ビパイプを盛土斜面から引き抜くことで斜面内部の土が空洞部に落ち、ゆるみ領域が発生する。その後、振動台装置を用いた振動載荷実験を行い、ゆるみ領域を含む斜面の変形、崩壊形態の検証を行った。振動載荷条件を表 2 に示す。

ゆるみ領域の表現に含水比が影響することから、

本研究の予備実験としてゆるみ領域の表現に最適な含水比を決定するための実験を行った。

含水比 $w=3, 4, 5\%$ で斜面を作成し、ゆるみ領域の崩壊形態を確認し、振動載荷実験を行った。ゆるみ領域の形状、耐震性を考慮し、ゆるみ領域に最適な含水比を $w=4\%$ と決定した



図 2 補強材設置(左：密 右：広)

表 1 補強材条件

	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
長さ mm	32.0(短)	32.0(短)	45.0(中)	50.0(長)
縦間隔 mm	26.0(密)	39.0(広)	26.0(密)	26.0(密)
横間隔 mm	25.0(密)	37.5(広)	25.0(密)	25.0(密)

表 2 振動載荷条件

加速度 gal	200~250	400~500	600~650
振動時間 sec	60(振動載荷 10 sec 後に開始)	60	崩壊する まで継続

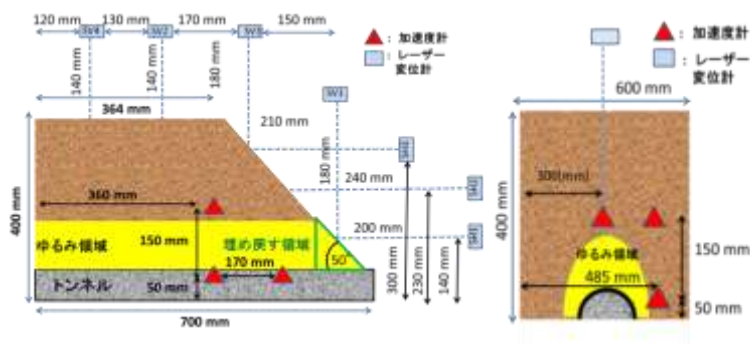


図 2 試験土槽 (左：側面 右：正面)

Yuuki MORIYOSHI, Tsutomu MATSUO, Nobutaka HIRAOKA, Masamitsu FUJIMOTO, Ryoichi FUKAGAWA
my0430c6@gmail.com

3. 補強材を設置した振動載荷実験

各試験条件下で振動載荷を行った場合のゆるみ領域における水平変位、および法肩部における鉛直変位は図 3、図 4 に示すとおりである。図 3 の実験 1、実験 3、実験 4 から補強材が長いほどに加速度 600~650 gal での振動に対しての最大変位が小さくなっていることが確認できる。このことからゆるみ領域に対しては補強材が長いほど耐震性を向

上させている可能性の高いことが確認できる。図 4 においても同様に補強材が長いほど法肩部鉛直変位が小さくなっている。また、図 5 の最終崩壊形態を確認すると、補強材が長いケースで斜面に残留している補強材の本数が多くなっている。このことから補強材が長いほど斜面に残留する補強材の本数が多くなり、法肩部の崩壊を抑制していると考えられる。

次に設置間隔について比較を行った。図 3 の実験 II-1、II-2 から、ゆるみ領域では設置間隔による違いは見られないが、図 4 の法肩部では設置間隔が広いと崩壊時の最大変位が大きくなっていることが分かる。また設置間隔が広いと崩壊の開始が早いことが確認できる。図 6 の加速度 400～500 gal での同振動経過時刻の法肩部で設置間隔が広いケースにおいて法肩部で崩壊が起きていることが確認できる。このことから釘の設置間隔が密であるほど崩壊の開始を抑制し、耐震性を向上させていると考えられる。

また、崩壊形態に関して比較を行った。補強材長さ 45 mm、50 mm の場合は振動载荷を加えると法肩部から表層崩壊が発生した。補強材長さ 32 mm の場合は図 7 のようにすべり崩壊が発生した。このことから補強材が長いほどすべり破壊を抑制させると考えられる。

4. おわりに

本研究の目的としての補強材がゆるみ領域を含む斜面の耐震性を向上させている可能性を確認できた。また補強材が長く、設置間隔が密であるほど耐震性を向上させる可能性があることが確認できた。

今後の課題として、今回の実験では実斜面における有効性を検証できていないため、解析ソフトを用いて実験の再現を行うことで実験の再現を行い、実斜面における有効性を検証することが必要である。



図 7 補強材：短の場合のすべり崩壊の発生

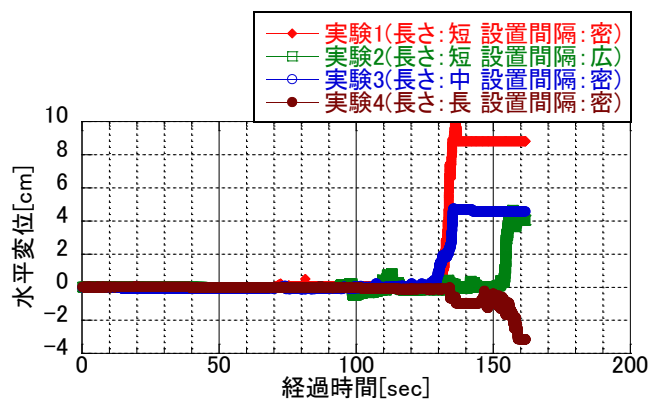


図 3 ゆるみ領域における水平変位

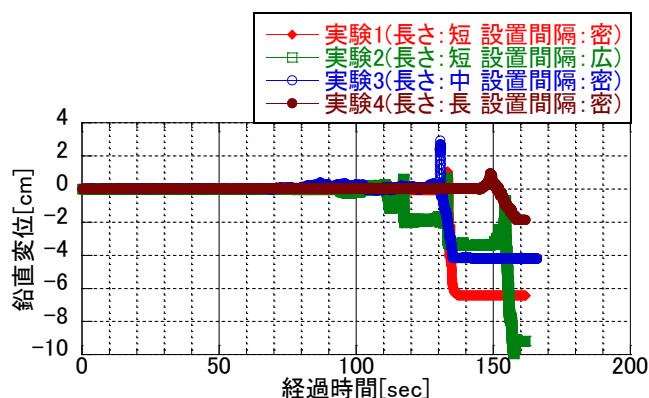


図 4 法肩部における鉛直変位



図 5 斜面に残留する補強材の本数の比較
(左：補強材長：短，右：補強材長：長)



図 6 釘の設置間隔による崩壊開始の比較
(左：密 右：広)