

日鐵建材工業（株）
同
（財）林業土木施設研究所

岩佐 直人
Nghiem Minh Quang
○樋口千恵美
野田 龍

1. はじめに

樹木を可能な限り残した状態で斜面を安定させる工法として鉄筋挿入工法が着目されているが、表層土が軟弱な自然斜面における鉄筋挿入工法の安定メカニズムについては不明確な点が多い。そのため筆者等は調査研究を行い、自然斜面の地盤条件では、補強材の曲げ剛性による効果・支圧板による効果・ワイヤー等の頭部連結材による効果があることを確認するとともに、自然斜面における鉄筋挿入工法の安定メカニズムを明らかにしてきた⁽¹⁾⁽²⁾。

一方、平成 16 年に発生した新潟県中越地震（M6.8）では多くの斜面崩壊や地すべりが発生したが、柏崎市の鉄筋挿入工法を施した斜面においては平成 16 年 7 月の新潟豪雨、10 月の台風や地震を受けたにも関わらず、斜面の変状が生じなかった。このように現象としては鉄筋挿入工法の効果は把握されているものの自然斜面に施した鉄筋挿入工法の地震時の挙動に関する研究は少ない。そのため自然斜面に施した鉄筋挿入工法の地震時における挙動を明らかにするために振動台模型実験⁽³⁾を行った。

2. 実験概要

実験には 2m×3m の振動台上に土槽（図 2-1）を乗せ、加振させる構造とした。模型スケールは 1/10 程度。地盤作製時には土槽を水平に保ち、加振時には土槽を 45 度に傾斜できる特徴を有している。また、側面はアクリル板を用いた。なお、土と土槽の摩擦条件として、のり尻部底面には乾燥砂（鹿沼産まき土 2mm～425μm）を、斜面部底面には #180 の紙やすりを設置して適度な摩擦をつけた。また、側面にはグリスを塗布してメンブレンを貼付し、側面の摩擦を少なくした。

次に、実験手順を示す。土槽が水平な状態で補強材（りん青銅（外径直径 3mm、山砂付着済））を設置し、最適含水比 11.5%に調整した鹿沼産まき土（2mm ふるい通過分のみ、細粒分含有率 14.2%）を 3 層（1 層あたり 10cm）に分けて締固め度 71%（湿潤密度 1.5g/cm³）で締め固めた。地盤作製後、支圧板（アルミ（正方形、厚さ 5mm）やワイヤロープ（径 0.81mm、SUS304、初期張力 3N）、計測機器類を設置した後、チェンブロックにて土槽全体を傾斜させ固定させた。補強材と計測器の配置を図 2-2 に、補強材のひずみ計測位置を図 2-3 に示す。

加振条件は一方向とし、周波数 5 Hz、正弦波 50 波、入力加速度レベルは 50gal からスタートさせ、50gal ずつ増加させていき、崩壊または振動台の能力限界に達した時点で実験終了とした。

実験条件を表 2-1 に示す。なお文章中の加速度は図 2-1 の振動台に設置した加速度計の応答加速度を用いている。

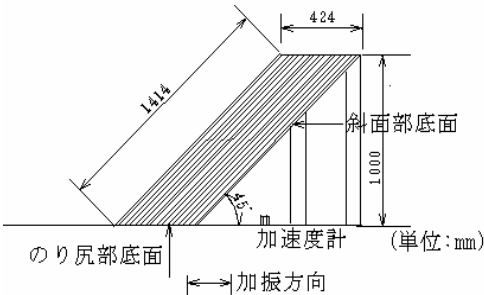


図 2-1 土槽概要図

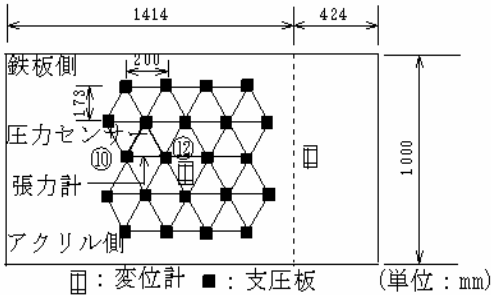


図 2-2 補強材と計測器の配置図

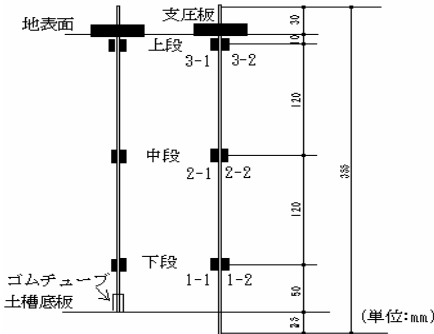


図 2-3 ゲージ添付位置

表 2-1 実験条件

実験名	補強材底板の状態	支圧板寸法	ワイヤー張力
Case0	自由	5 × 5 (cm)	—
Case1	—	—	—
Case2	固定	5 × 5 (cm)	—
Case3	固定	5 × 5 (cm)	3 (N)
Case4	固定	3 × 3 (cm)	—

3. 実験結果

3. 1 対策工の効果

図 3-1 にのり肩における沈下量を示す。対策を施さなかった Case 1 では加速度が小さい段階で沈下量が増大し 350gal で全体崩壊した。しかし、対策工を施すことにより耐震性が向上し、支圧板とワイヤーを設置した Case 3 が大きい加速度でも沈下量が小さく、最も斜面変位を抑制している。

3. 2 定着部の影響

図 3-2 に Case 0 と Case 2 の補強材⑩の曲げひずみ変化を示す。Case 2 の下段では斜面上方側（上に凸）に、中段・下段では斜面下方側（下に凸）に曲げが発生し、加速度の増加とともに徐々に値が増加するのに対し、Case 0 では上・中・下段共に 400gal 付近から一方向での曲げが増加していない。これより、補強材を底板に固定しない場合は曲げによる補強効果は期待できないと思われる。

3. 3 支圧板の大きさ

図 3-3 に Case 2 と Case 4 の補強材⑩の曲げひずみ変化を示す。支圧板が小さい Case 4 では 600gal 付近で下段では上に凸から下に凸へ、中段・上段では下に凸から上に凸へと値が逆転している。これは無対策部分に局所的な崩壊が生じたことで、補強材の曲げの効果が低下したためと思われる。図 3-4 に補強材⑩のやや上部における斜面表層の鉛直方向の変位量を示す。Case 2 と Case 3 は沈下しているのに対し、支圧板の小さい Case 4 では無対策の Case 1 と同様に隆起していることがわかる。

以上より支圧板の大きさが小さくなると支圧効果が低下し、補強材の曲げによる効果が効果的に発揮できず、図 3-1 に示すように斜面変位が増大するものと考えられる。

3. 4 頭部連結の効果

図 3-5 に Case 3 のワイヤー張力の増減量を示す。張力が負の値（初期張力の値が小さくなる）を示すのは地盤が緩いため、加振をすることで試料が締固まったことによると思われる。なお加速度 700gal 以降は着目したワイヤーのいずれも張力が増加している。これは 700gal 以降では無対策部分に局所的な崩壊が生じたことによる補強部分の地盤移動をワイヤーによって抑止したためと考えられる。特にワイヤーがない場合、700gal 以降補強材⑩の上部の斜面表層に亀裂が見られたが、その位置に相当するワイヤー (29ch) の張力が増加していることは、ワイヤーによって地盤の移動を抑止していることを示していると考えられる。

4. まとめ

自然斜面に施した鉄筋挿入工法の地震時における挙動を明らかにするために振動台模型実験を行った。その結果、

- ①斜面に鉄筋等を挿入する対策を施すことにより耐震性が向上する。特に支圧板+頭部連結のケースが最も抑止効果が高い。
- ②底板に補強材を固定することで、補強材の曲げの効果が発揮でき抑止効果が増加する。
- ③抑止効果を発揮させるために適度な大きさの支圧板が必要であり、支圧板が小さいと支圧効果が低下するとともに補強材の曲げによる効果が発揮できず斜面の抑止効果が小さい。
- ④頭部連結によって、補強材挿入範囲が一体化し、その結果地盤移動量を抑止する効果が高くなる。

【参考文献】1) 例えば中村・Nghiem・井上・岩佐：自然斜面に適用した鉄筋挿入工法の安定メカニズムとその適用例、豪雨時の斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測に関するシンポジウム発表論文集、pp. 149～156、2003。2) Nkamura・Inoue・Iwasa・Nghiem、Effects of wire net on reinforcement of a new nailing method、17 年度地すべり学会研究発表会講演集、2005。3) 安田・石井・山田・樋口：自然斜面鉄筋挿入工法の耐震性能に関する実験的研究一定着部の影響について一、第 33 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2006 年。

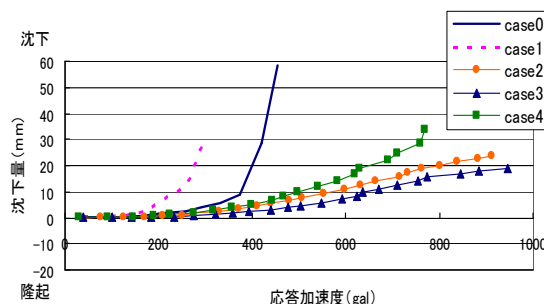


図 3-1 のり肩の沈下量

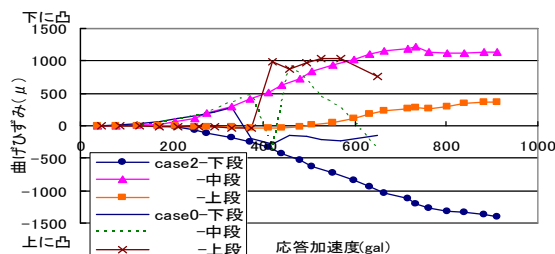


図 3-2 曲げひずみ (Case 0 と Case 2)

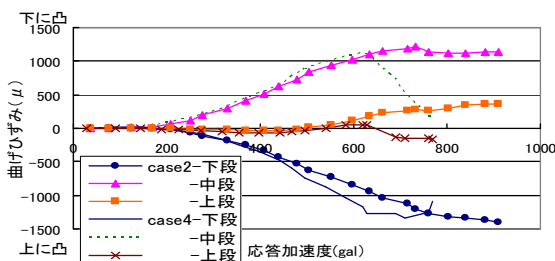


図 3-3 曲げひずみ (Case 2 と Case 4)

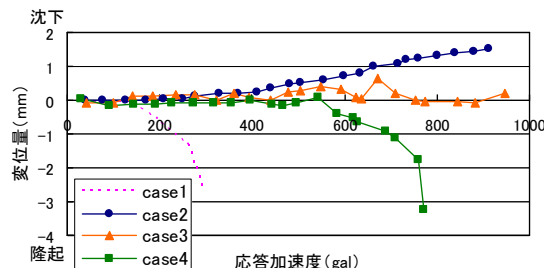


図 3-4 地表面鉛直変位

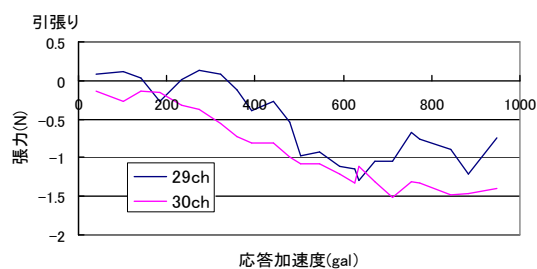


図 3-5 ワイヤー張力