# 支圧板付きロックボルトの地震時補強効果に関する実験的検討

東京工業大学 学生会員 ○中本 詩瑶, 正会員 関 栄,竹村 次朗 日鐵住金建材 正会員 岩佐 直人

## 1. はじめに

支圧板付きロックボルトは自然地山内に挿入する補強材と法面を被覆する剛な支圧板の相互作用をもって斜面変 形を抑止する地山補強土工法の一種であり、従来の地山補強土工法に比べ、樹木を伐採せずに施工することができ、 また、施工時に支圧板より斜面に対してある程度の締付け力を作用させることで、斜面変形を事前に抑えることも 期待される工法である。これまでに、支圧板付きロックボルトを含む地山補強土工法の静的外力に対する補強効果 を確認した既往研究は多くみられるが、地震時におけるその補強効果に関しては十分に解明されていない。本研究 では、支圧板付きロックボルト補強斜面を用いた遠心模型振動実験を行い、補強斜面の地震時挙動と各補強条件(支 圧板幅、補強間隔および補強材の設置角度)が補強効果に与える影響について検討した。

## 2. 実験概要

本研究では図1に示す補強斜面の小型模型を用いて、遠心模型振動実験を行った。模型斜面は、内径 400mm×600mm×250mmの剛性容器内に設置された、傾斜角 45°のアルミ製斜面ベースの上に含水比 14.5%に調整し た江戸崎砂を単位体積重量 γ<sub>t</sub>=17.6kN/m3(排水三軸圧縮試験(拘束圧 σ<sub>3</sub>=25~100kPa の下で)より得られた強度は φ'=37°、c=3.3kN/m<sup>2</sup>)となるように、2cmごとに締固めて作成された水平地盤を、斜面傾斜角 45°になるように整形

して作成した。模型斜面整形後、支圧板付きロ ックボルトの補強材部分(直径 3mm の真鍮ね じ棒)を斜面内に挿入し、それらの頭部に支圧 板(厚さ 2mm のアルミ板)をナットで固定し た。本実験のパラメータは主な補強条件(支圧 板幅 B、補強間隔 Sと補強材設置角度 β) であ り、表1に実験ケースの一覧を示す。

振動実験は模型斜面に対して遠心加速度 40Gのプレロードを付与した後に、遠心加速度 25Gの下で行った。プレロード時の斜面変形に よって、支圧板から斜面に対して 1.5~10kg の 締め付け力が導入され、同じ位置に設置された 支圧板の締め付け力は支圧板幅 B と補強材設 置角度βに関わらず、ほぼ同様であった。振動 実験では振幅が比較的小さなホワイトノイズ を入力した後に、50Hz [実物換算:2Hz]の正弦 波を、5g [実物換算: 200gal]から明確な斜面変 形が見られるまで、その振幅を約 2.5g ずつ増 加させながら、斜面に対して段階的に与えた。 各ケースにて入力した最大地震動の振幅は表 1に示されている。



	表1実	験ケース一覧	[実物換算值]	
	支圧板幅	補強間隔	補強材	最大入力地震
	В	S	設置角度 β	動
Case1	—	—	—	9.3g [370 gal]
Case2	20mm [0.5m]	80mm [2m]	90°	12.9g [515 gal]
Case3	30mm [0.75m]	80mm [2m]	90°	19.0g [760 gal]
Case4	40mm [1.0m]	80mm [2m]	90°	20.6g [825 gal]

90°

70°

9.5g [380 gal]

18.5g [740 gal]

160mm [4m]

80mm [2m]

実験中は法肩の鉛直変位 DV1 と水平変位 キーワード:斜面補強,地山補強土,遠心模型実験 ·連絡先:〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-18 TEL 03-5734-2592

40mm [1.0m]

30mm [0.75m]

Case5

Case6

DH1 および斜面中腹の水平変位 DH2 を変位計、斜面の各位置に おける応答加速度 AH1~10 を加速度計、支圧板および補強材より 斜面に作用される引張補強力を小型ロードセルで計測した。

実験システムと手順の詳細については文献[1]を参照されたい。

### 3.実験結果および考察

これ以降に示す実験結果はすべて実物換算された値である。

図2に斜面ベース応答加速度AH2と法肩鉛直変位DV1の関係 を示す。Case5ではAH2の計測器が不調であったため、DV1を入 力加速度AH1に対して示している。なお、AH1の振幅はAH2の 100~144%であった。図より、補強付きのケースの方が無補強の ケースよりも変位が大きく抑えられており、補強間隔が小さく、 比較的大きな支圧板を用いたCase3の方が、支圧板が小さなCase2 や補強間隔が大きなCase5よりも変位が抑えられていることがわ かる。最も大きな支圧板を用いたCase4では、支圧間(DV1付近) にて局所的な破壊が生じたため、Case3よりも大きな鉛直変位が 計測された。また、補強材の設置角度が小さなCase6にて計測さ れた変位はすべてのケースの中で最も小さかった。

図3にCase2,4&5にて、実験後の斜面表層を映した写真を示す。 写真より、補強間隔が大きなCase5では支圧板間に明確な斜面破 壊が見られ、支圧板が小さなCase2では支圧板に対する斜面の支 持力破壊と支圧板間における局所破壊がともに見られた。また、 Case4でも支圧板間にて局所的な破壊が確認された。一方、Case1, 25 1 3&6では斜面全体の変形は見られた<sup>111</sup>ものの、明確な表層破壊は 見られなかった。

図4に斜面ベース応答加速度AH2とAH2に対する斜面各位置の加速度応答スペクトル比 R<sub>ARS</sub>の関係を示す。無補強のCase1、支圧板が小さなCase2と補強間隔が大きなCase5では斜面中腹および法肩付近において、加速度応答スペクトル比が増加した後に、 急激な減少を示し、斜面内にすべり面(不連続面)が生じたと考えられる。一方、比較的大きな支圧板を用いたCase3,4&6では加振による加速度応答スペクトル比の増加は大きく抑えられたことが確認できる。また、Case4 では斜面中腹において大きな加速度の増幅が見られ、これは支圧板間における斜面の局所的な破壊の一因になると考えられる。





図3 実験後斜面表層の破壊状況



## 4. まとめ

本研究では、支圧板付きロックボルト補強斜面を用いた遠心模型振動実験を行い、地震時における支圧板付きロックボルトの補強効果を確認することができた。また、補強間隔が小さく、支圧板幅が大きいほど、加振による斜面の軟化および変形が抑えられ、補強材を斜面に対して垂直に設置するよりも、やや寝かせた方が斜面変形は抑えられることがわかった。

#### 参考文献

[1] 中本詩瑶, 関栄, 岩佐直人, 竹村次朗: 支圧板付きロックボルト補強斜面の遠心模型振動実験, 第51回地盤工 学研究発表会発表講演集, 2016.