

地山補強土工法における一体化現象の発現状況とその検討

関西大学大学院

○学生会員 畔上 慧

関西大学環境都市工学部

正会員 西形達明

1.はじめに

現在の地山補強土工法の設計法は、補強材張力による効果に基づいた内的安定性の検討によるものである。しかし地山補強土工法において斜面の安定性は、補強材による補強領域の一体化による擬似擁壁化効果が大きく寄与しているものと考えられる¹⁾。しかし、一体化現象の発現状況とその効果については、検討が十分なされていないようである。そこで本研究においては、遠心载荷実験によって、補強領域の一体化現象の発現状況を考察することにする。また、補強領域の一体化の発生は補強材による近傍の土のダイレタンシー挙動と密接に関係しているものと考えられるため、この点について個別要素解析により考察した。

2.遠心载荷実験結果

実験を行ったモデルとその各物性値を図-1、表-1に示す。実験は表-2に示すような補強条件について行い、有効半径 1.5m のスウィング式の遠心载荷実験装置を用いて、高さ 10m の切土斜面を想定し、62G の遠心場で実験を行った。実験モデルについては、

表-1 実験を行った物性値

斜面材料(豊浦標準砂)	
斜面高さ	16cm
奥行き	20cm
横幅	50cm
含水比 w	3%
湿潤密度 ρ_t	1.59g/cm ³
相対密度 D_r	71.09%
補強材(ピアノ線)	
長さ	8cm
径	0.7mm

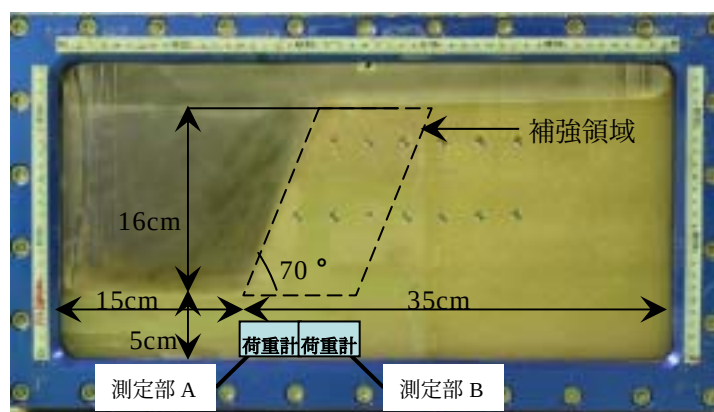


図-1 実験モデルと鉛直反力測定位置

表-2 実験を行った補強材の配置条件

	補強条件	実験モデルの補強材間隔	実物大(遠心場62G)の補強材設置密度	$\delta s/H$
CASE 1	無補強			
CASE 2	補強材設置	4.0cm	1本/6.25m ²	0.1
CASE 3		3.2cm	1本/4m ²	0.14
CASE 4		2.3cm	1本/2m ²	0.2
CASE 5		1.6cm	1本/1m ²	0.25

豊浦標準砂を締め、補強材をあらかじめ所定の位置に設置した状態で 21cm×50cm×20cm の均一地盤を作成してから、斜面角度 70°、斜面高さ 16cm になるように掘削し、急勾配補強切土斜面モデルを作成した。補強材は材質を実際のものに近づけるため、鋼材であるピアノ線を用い、周面との摩擦を確保するためにピアノ線の周りにあらかじめ豊浦標準砂を付着させた。なお実験において、補強領域の鉛直反力の分布状態から補強領域の挙動を検討するため、補強領域の下部(図-1に示す測定部A、B)に荷重計を設置した。

図-3は遠心载荷実験において、各補強材設置密度における、遠心場を上昇させるにつれて生じる土塊の滑落状況を示すために、滑落した土塊体積 V_d を補強領域の体積 V で除した値を縦軸にとって示したものである。これより補強材設置密度を大きくすることにより、補強斜面の安定性が上昇することは明らかであるが、1本/2m²を境に斜面にほとんど崩壊が見られなくなる。すなわち、補強斜面の安定性という指標で見れば、補強材設置密度が1本/2m²になればその時点で著しく斜面安定性が増大することを示している。

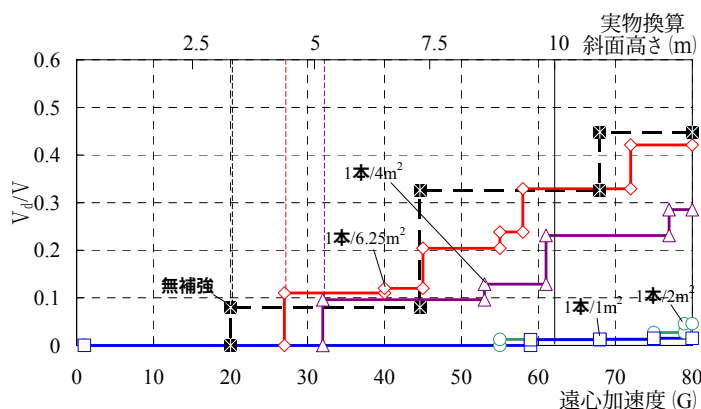


図-3 補強材設置密度別の土塊の滑落状況 (V_d/V)

Key words: 地山補強土工法, 一体化, 遠心载荷実験, 個別要素解析

連絡先: 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学環境都市工学部 TEL/FAX 06-6368-0898

図-4 は 62G の遠心場において補強領域下部にて測定した、補強材設置密度別の測定部 A の土圧（土圧 A（補強領域の前部の鉛直土圧））と測定部 B の土圧（土圧 B（補強領域の後部の鉛直土圧））の推移である。これより補強材設置密度を大きくすることによって、土圧 A の値は大きくなり、土圧 B の値は小さくなっていることがわかる。これは一体化現象によって補強領域の擬似擁壁化が進展し、補強領域の法先を支点とした斜面前方への転倒モーメントが働き始めたことを示していると考えられる。そして補強材設置密度が 1 本/2m² より密になると、土圧 A と土圧 B の値が逆転することから、1 本/2m² の補強材設置密度がほぼ一体化の境界になっているものと考えられる。これらより補強工を施すことによって補強領域の安定性が増加すると同時に補強領域の一体化が進展するが、補強材設置密度が 1 本/2m² より密になると、補強領域の一体化が完了（擬似擁壁化）し、その結果斜面安定性が飛躍的に増大すると同時に、剛体的な挙動をとっていることが明らかとなった。このことからこのような補強材設置密度においては外的安定性の照査が重要であると言える。

3.個別要素解析結果

次に遠心載荷実験より得られた、約 1 本/2m² という補強材設置密度が一体化の境界になっている、という結論を受け、個別要素解析を用いて補強材設置密度別による補強斜面内の間隙比の推移について検討を加え、本結果を検証した。

表-3 に解析に用いた各物性値、図-5 に解析モデルを示す。解析は表-2 の CASE2、4 について行った。まず、形状的にも内部状態的にも遠心載荷実験同様の補強斜面モデルを作成し、切土による応力開放による変形解析を行うことによって、大斜面を有する補強切土斜面の地盤内の間隙比を、補強材設置密度別に計算した。ここで初期間隙比は 0.5 である。

図-6 は、個別要素解析における、補強材設置密度別の補強領域内外における間隙比の推移を示したものである。これより補強材設置密度が 1 本/6.25m² の場合には補強領域内部において正のダイレタンシーが生じていることが見てとれるが、補強材設置密度が 1 本/2m² となると補強領域内部のダイレタンシーが非常に抑制されていることが明らかとなった。この結果、遠心載荷実験において補強領域内部は剛体的な状態を保ったと言える。

【参考文献】 1) 西形，西田ら：地山補強土の変形量を考慮した設計法の検討，第 6 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.37-40，2004。

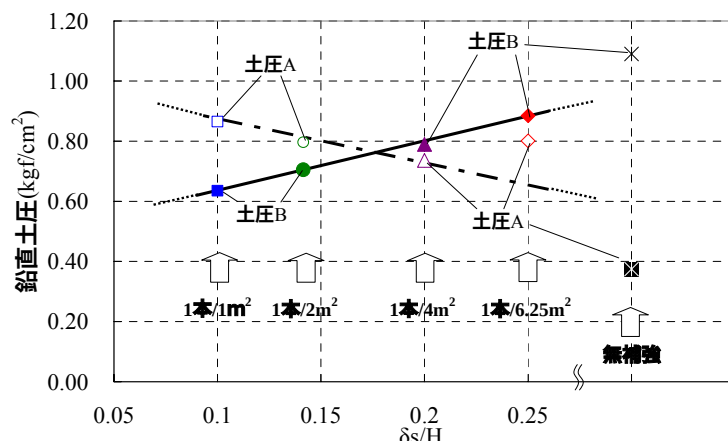


図-4 補強材設置密度別の土圧 A と土圧 B（遠心場 62G）

表-3 各物性値

斜面モデル	
要素粒径	2cm~20cm
初期間隙比 e	0.5
要素密度	2650kg/m ³
内部摩擦角 ϕ	35°
粘着力 c	10kN
ばね剛性 (せん断方向)	1×10^{15} N/m
ばね剛性 (法線方向)	1×10^{15} N/m
補強材	
長さ	5m
径	5cm

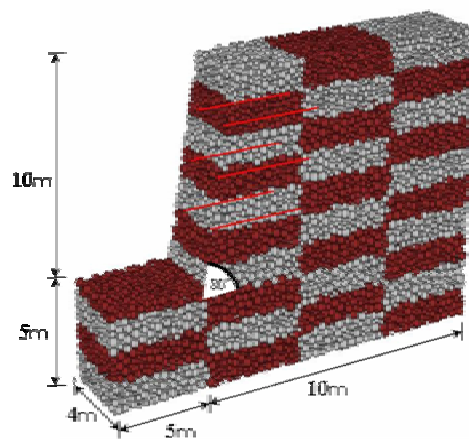


図-5 斜面モデル図

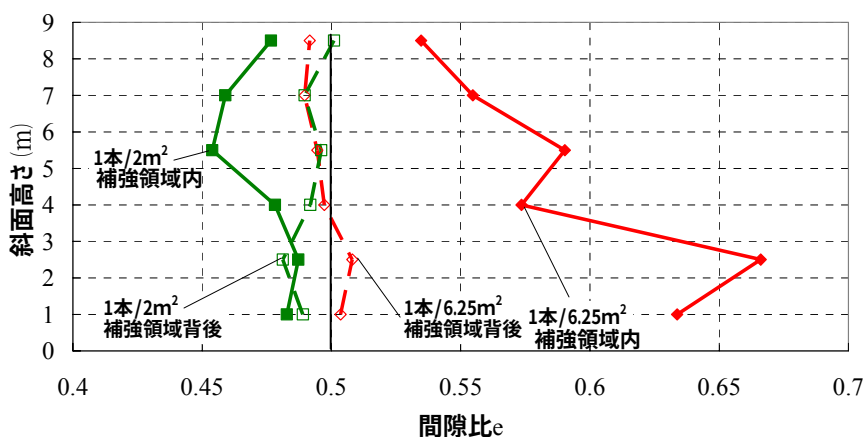


図-6 補強材設置密度別の間隙比 e の推移