

関西大学工学部	学生員	○ 東 秀樹
関西大学工学部	正会員	西形達明
関西大学工学部	正会員	西田一彦
関西大学工学部	学生員	三坂有希

1. はじめに

棒状補強材による地山補強土工法は、その施工性と安定性の高さから、切土斜面に数多く適用されている。この工法における設計においては、以下の2つの安定性について検討するのが一般的である。①内的安定：斜面の変形とともに発生する補強材引張り力による斜面安定への寄与。②外的安定：補強材の変形拘束効果によって補強領域が疑似擁壁したものと考え、この部分の滑動と転倒を検討する。

補強土工法を重要構造物に対して適用する場合には、変形を抑制することが重要となるが、これには②の変形拘束効果に期待する必要がある。従来、この変形拘束効果は補強土工法の重要な効果とされてきた。しかし、棒状補強材によって変形が拘束されることの力学的なメカニズムには未解明な部分が多く、その設計への適用が困難な状況にある。そこで、本研究では底面摩擦実験を用いて、変形拘束効果の発生メカニズムと、この効果に及ぼす内部摩擦角の影響について検討を行う。

2. 実験方法

棒状補強材による変形拘束効果には斜面土が粒状土であることが大きく影響している。これが、補強土工法が砂質土に対して有効であるといわれる原因であると考えられる。したがって、粒状要素によって斜面土を模擬化し、自重による斜面の変形状態を粒状要素レベルで観察できる底面摩擦実験を用いることにした。

その斜面モデルを図-1に示す。高さ40cm、斜面角度80°の斜面モデルに長さ20cmの補強材を等間隔で配置し、補強材本数は2, 3, 4, 5本と変化させている。土粒子を模擬化した粒状要素には、内部摩擦角の違いを表現するために鉄製とステンレス製の円柱要素を用いた。いずれも直径8mm, 10mm, 13mmの3種類の円柱要素を混合して斜面土とし、別に実施した一面せん断試験より、それぞれの内部摩擦角は鉄が52°、ステンレスが45°となっている。

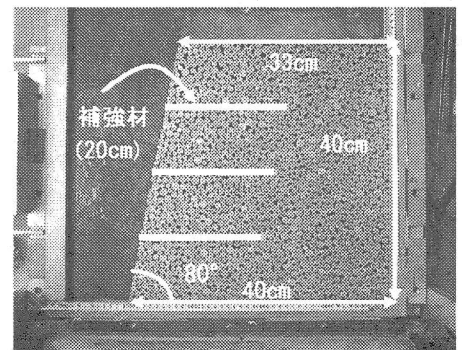


図-1 底面摩擦実験の斜面モデル

3. 実験結果

図-2と図-3は、ステンレスの円柱要素（内部摩擦角45°）と鉄円柱要素（同52°）を用いた場合の、補強領域内の斜面と平行な断面における水平変位分布である。図-2, 3より補強材本数の増加に伴って変位が徐々に減少しているのは明らかである。また、図-2(b), (c), 図-3(a)では、補強材挿入位置で水平変位量が局所的に減少している状況が見られる。これは、補強材の影響で円柱要素（土粒子）の水平変位が拘束されたためと考えられる。反対に補強材のない部分では水平変位が大きくなっている。図-2(d), 図-3(b)になると水平変位の凹凸が見られなくなり、全体的に水平変位が減少する。これは補強材間隔が狭まり、補強材の効果が断面全体に及んだためと考えられる。この状態を変形拘束効果が達成された状態と考えることができる。以前から、観念的にはあるが、図-4に示すような補強材には影響範囲が存在し、これが重なり合ったときに補強領域の変形が抑制されることが指摘されてきた。図-2(b), (c), 図-3(a)に示した水平変位が局所的に減少している範囲が、まさにこの影響範囲に相当するものであり、補強材が土粒子を拘束しうる範囲と考え

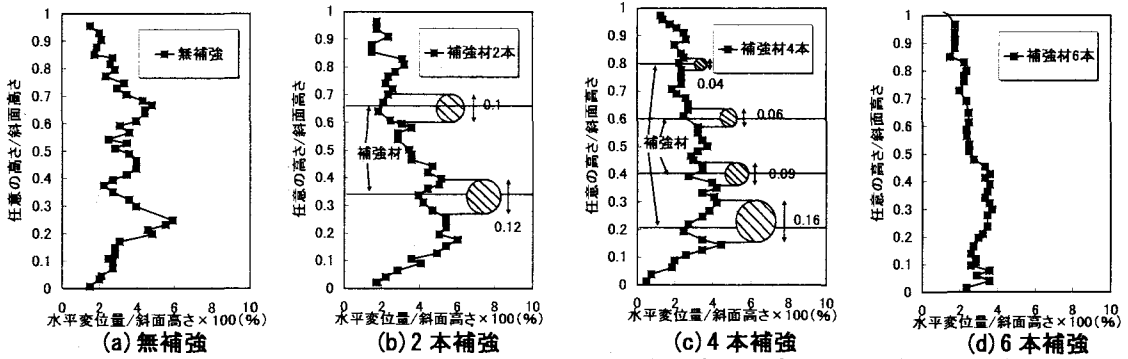


図-2 ステンレス要素 ($\phi=45^\circ$) 斜面の水平変位分布

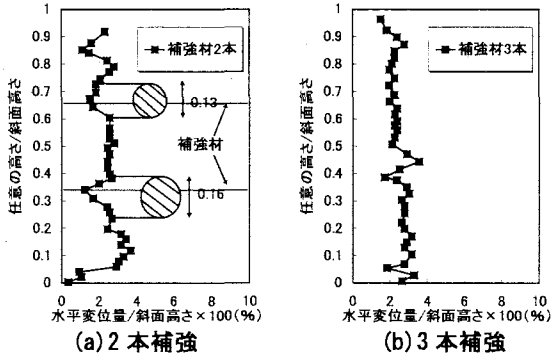


図-3 鉄要素 ($\phi=52^\circ$) 斜面の水平変位分布

られる。同図中には影響範囲の値が示されているが、内部摩擦角が大きい鉄柱要素の方が影響範囲は大きく、変形拘束効果が達成される補強材本数も少なくなる。また、図-2(c)より斜面下部(土被り圧が大きい)ほど影響範囲が大きくなることもよくわかる。さらに、補強材本数が増加すると、隣り合う補強材の影響範囲が互いに近づいた結果、変形が拘束される様子がよくわかる。次に図-5は、補強領域内の水平変位量平均値の関係を内部摩擦角別に表したものである。内部摩擦角が大きい場合には、変位量が小さいことは明らかであるが、両者には補強材本数を増加させても、水平変位量が低減しなくなる本数が存在する。この本数が変形拘束効果を達成するのに必要な補強材本数と考えられるが、やはり、摩擦角の大きい場合の方が、この本数が少ないことがわかる。次に図-6は、補強材土被り深

さと影響範囲の関係を内部摩擦角別に示したものである。なお、影響範囲は斜面高さで除した無次元量で示されており、補強材の土被り深さについても、斜面高さで除した無次元量で示されている。これより、補強材の土被りが大きくなると(斜面下部)、影響範囲が大きくなる。すなわち、斜面下部ほど、補強材の影響範囲が大きくなり、補強効果が高いことを示している。反対に、斜面上部では補強効果が生じにくいことから、注意が必要であることが理解できる。

【参考文献】

- 1) 西形, 西田, 倉持: 鉄筋類挿入工法の補強機構と設計法に関する考察: 日本材料会誌「材料」, Vol. 53, No. 1, pp. 1-4, 2004.
- 2) グッドマン, R, E・(赤井・川本・大西共訳): 不連続性岩盤の地質工学, 森北出版. 1978.

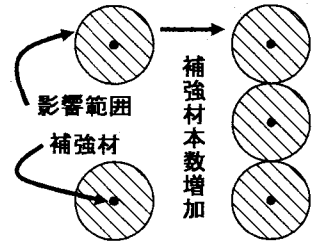


図-4 影響範囲と変形拘束効果発生状態

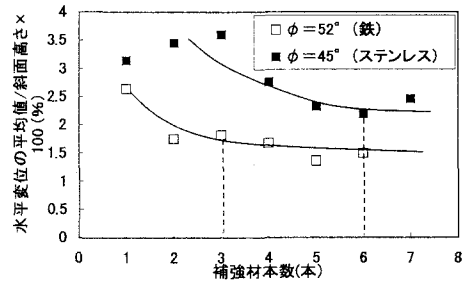


図-5 内部摩擦角と水平変位量の関係

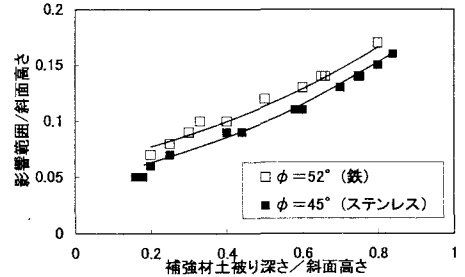


図-6 補強材土被り深さと影響範囲の関係