

補強材で強化された斜面の安定に関する模型実験(その2)

九州産業大学 石堂 総, 永吉 亨, 堀 由典
犬束智志, 下谷 学
大洋技術開発 黒瀬正行

1. はじめに

斜面安定工法の一つとして、鋼棒を地盤に挿入して強化する方法が提案され、その挙動解明のための基礎実験として、室内せん断試験や模型実験が行われると同時に、現地試験段階を越えて実用工法として採用される状況にある。しかし、それらの挙動把握は必ずしも完全ではなく、設計手法としての完成にまでは至っていないのが実情である。ここでは、それらの実情をふまえ、鋼棒による補強斜面の基本的性質を把握するために、木製丸棒を挿入した湿潤砂斜面の模型実験を行ない、種々の条件に対する載荷試験結果の一部を報告するものである。

2. 実験概要

装置は、幅50cm、奥行き120cm、深さ50cmの木製土槽に、見かけの粘着力を与え斜面が自立できるように含水比45%に調整した相馬砂を用い、湿潤単位体積重量 $\gamma_s = 1.52 \text{ t/m}^3$ ($D_r = 40\%$) になるように木製タンパーで締め固めた。断面は図-1に示すように、傾斜角 $\theta = 75^\circ$ (奥行き59cm)、高さ $H = 30 \text{ cm}$ とし、のり肩から4cmの位置に幅10cmの帯状載荷を1mm/sの速度で行なった。補強材は3.2mmの模型用木製丸棒を用い、表-1のような実験条件を採用した。

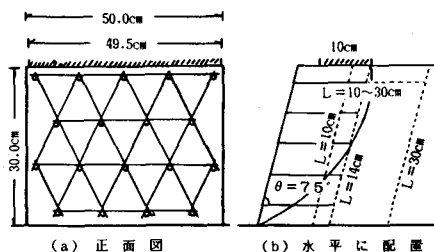


図-1 模型断面

表-1 実験条件

Case	1	2	3
目的	補強材の長さ	補強材の配置間隔	補強材の連結効果
配置形状	正三角形	正三角形	正三角形
補強材直径	3.2mm	3.2mm	3.2mm
補強材間隔	4cm	4, 6, 8, 10cm	4cm
補強材長さ	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30cm	28cm	28cm
補強材	非連結	非連結	連結, 非連結

3. 実験結果と考察

3.1 補強材の長さの影響

図-2に荷重～変位曲線の例を示す。いずれも初期勾配に大きな差はないが、挿入長が長くなるに従って耐荷力が増えたと共に、破壊変位は大きくなる。これは棒が挿入された範囲がブロック化されて靱性が高くなることを示すもので、挿入間隔が異なってもその傾向は変わらない。ただし、補強材の長さがある値を越えると、曲線形状に大きな差はなくなるものといえる。図-3には、載荷時の最大荷重強さと長さの関係を示した。図-1に示すように、すべり面は載荷板後端からのり尻に至る斜面先破壊を生ずるので、長さが14cm以内の補強材では、一部はすべり面と交差していないことになる。従って、最大荷重強さの増加割合は、全補強材がすべり面と交差しているときの増加割合とは異なった値を示し、 $L = 14 \text{ cm}$ 付近でようやく長い補強材の場合の値に到達している。全補強材がすべり面と交差するようになると、最大荷重強さは一定の割合で増加し、その勾配は無補強の場合の強さと結ぶ直線上にあり、ある長

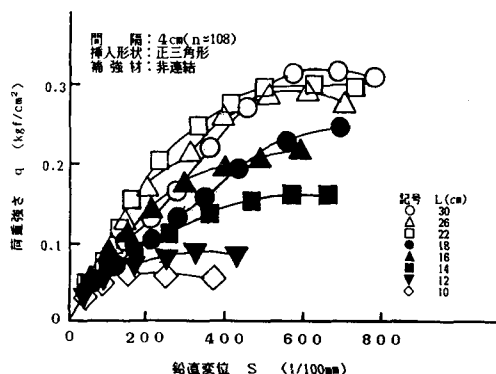


図-2 荷重～変位曲線

さまで長さに比例して増加する。増加割合が減少する長さは、 $L_0 = 22 \sim 24 \text{ cm}$ 位であり、すべり面の最大控長 $L = 14 \text{ cm}$ に比較して $L_0/L = 1.57 \sim 1.71$ 程度となる。また、図-3の傾向からすると $L_f \geq 30 \text{ cm}$ ($L_f/L \geq 2.14$)になると、長さの増加に対する最大荷重強さの増加はほとんどなくなり、補強材を用いる場合の限界長とみなすことができる。すなわち、補強材の最大長さの目安は、斜面表面からすべり面の最大控長の2～2.5倍を考えれば十分であるといえる。

3.2 補強材の配置間隔の影響

図-4は、補強材の長さ ($L = 28 \text{ cm}$)を一定とした時の最大荷重強さ時の変位と本数の関係であるが、間隔が小さく(単位面積当りの本数が多く)なれば指数的に変位が増大することを示している。図-2の荷重強さと変位の関係でもわかるように、一般に最大荷重強さの大きいものほど変位が大きくなり、この場合も配置間隔の小さいものほど最大荷重強さは大きくなり、図-5にもその傾向が示されている。

いま砂を対象に考えると、破壊を起こすときは、地盤の粒子のオリエンテーションの起こりやすさとの関係が荷重～変位関係に影響すると考えられるので、補強材の挿入によってその特性が変えられたことになる。たとえば棒による拘束、棒と砂の摩擦、棒のせん断抵抗や曲げ抵抗の影響などにより、ダイレイタンスー抑止効果としての抵抗の増加、補強材の抵抗によるせい性破壊的な抑止の効果が現われているといえよう。そのような観点からすれば、補強材の長さの比 (L_0/L) が1に近いような場合には、棒の拘束効果の割合が大きく、 L_0/L が大きくなると長さの効果が加算されるものといえる。

3.3 補強材の連結効果

図-5は同じ条件で設置された補強材の頭部を針金で接着連結したものと非連結の比較をしたものである。本数にかかわらず最大荷重強さは連結の場合が非連結に対して約1.4倍の値を示している。すべり力に対して補強材が抵抗する場合、非連結では、各位置での補強材に加わる異なった力に対応して動き、局部破壊的な挙動が考えられるのに対し、連結では全体の剛性が高まり、粒子の動きに対する拘束性を向上していると考ええる。

4. おわりに

補強材挿入による安定工法では、長さや本数の増大により、安定性を著しく改善することができ、かなりの変形にも耐えられることがわかる。長さの限度は、すべり面最大控長の2.5倍までが目安となり、補強材の連結の効果もかなりみられる。今後さらに多くの条件について検討し、メカニズムの解明に力をそそぎたい。

参考文献 1) 石堂、永吉、堀、堀、黒瀬「補強材で強化された斜面の安定に関する模型実験」第19回土質工学研究発表会、S.57. 6 P517

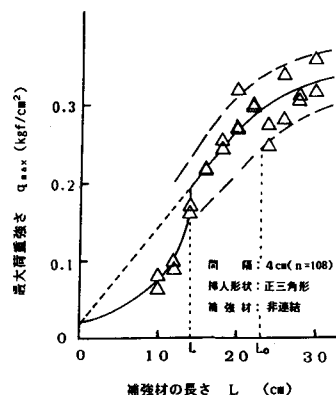


図-3 補強材長と q_{max}

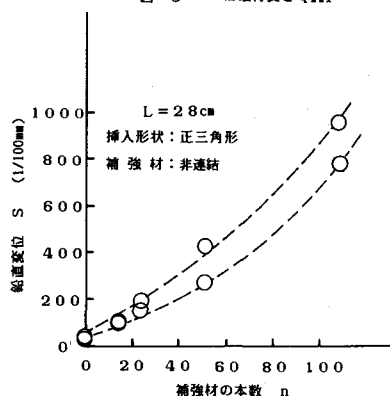


図-4 補強材本数と変位

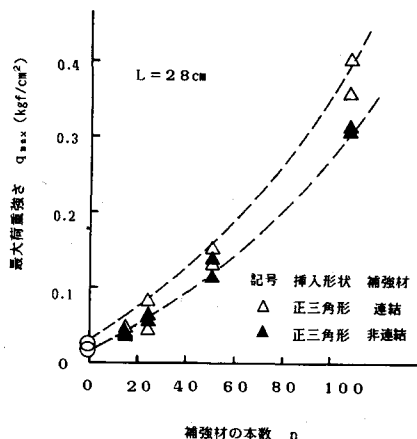


図-5 補強材本数と q_{max}