

ゾーンせん断による棒状材の補強効果

九州大学 工学部 佐藤研一 正 落合英俊
正 林 重徳 学 楊 俊傑

1. まえがき

鉄筋などの棒状材によって補強された地山斜面の変形および破壊の形態は、土質・地質条件の違いにより様々であるが一般に、すべりゾーンという変位の不連続面が存在する場合が少なくない。そして、この面は有限な厚さを有しているため、補強材は一樣でないひずみ場におかれていることになる¹⁾。本文は、一樣でないひずみ場におかれた棒状材の補強効果を調べるため、ゾーンせん断試験を行い、補強供試体のせん断強さと棒状材に発生した軸力・曲げモーメントの分布から、棒状材の挿入角度($\theta = -20^\circ \sim +20^\circ$)による棒状材の補強効果と補強機能について考察を行ったものである。

2. 実験装置および実験方法

実験に使用した上・下部拘束単純せん断(ゾーンせん断)試験機の概略を図-1に示す。実験装置は、厚さ1cmのアルミ製せん断箱要素を20枚重ねてせん断箱(20X20X20cm)を形成し、平面ひずみ状態の単純せん断試験を行う方式であるが、本実験では、せん断箱要素の上・下7枚を拘束フレームによって固定し、上・下部が剛な箱で置き換えられた状態で供試体中央部に幅約6cmの単純せん断ゾーンを設けた。実験装置の詳細と特徴については前に報告している所以こでは省略する²⁾。

補強材は、直径3mm、長さ18cmの比較的剛性のあるリン青銅丸棒を用い、供試体内中央に3段4列、計12本を配置した。リン青銅丸棒の表面には、十分な摩擦を発揮させるために、アラルダイト(エポキシ系接着剤)で砂を付着させて(直径約4mm)ある。また、中央2本の補強材にはひずみゲージを貼り、軸力及び曲げモーメントを測定した(図-2)。供試体は気乾状態の豊浦標準砂を、多重ふるいをういた空中落下法(落下高70cm)により、平均相対密度 $D_r \approx 82\%$ の比較的密な地盤を想定して作成した。実験は、垂直応力($\sigma_v = 0.75 \text{ kgf/cm}^2$)を載荷した後、変位制御法(1mm/min)によりせん断を行った。ここで、挿入角度 θ は鉛直方向に対して反時計回りを正とした(図-3)。

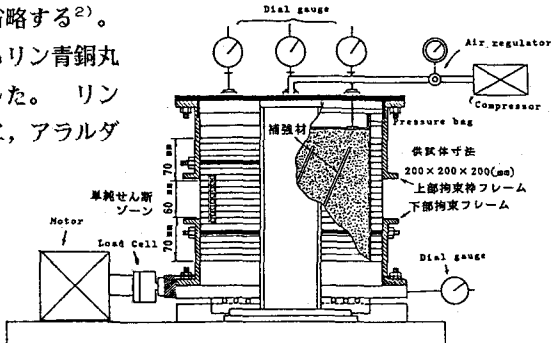


図-1 ゾーンせん断試験装置

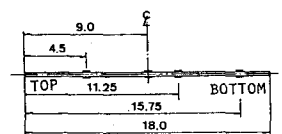


図-2 軸力及び曲げモーメントの測定位置

3. 実験結果と考察

3.1 補強効果と挿入角度 θ の関係

せん断の進行に伴う挿入角度の影響をさらに明確に表現するために、 $\gamma = 5\%$ 、 10% および 15% のひずみ段階における単純せん断試験による補強効果(補強比 R)と補強材挿入角(θ)の関係を図-4に示した。ここで、せん断ひずみ γ は単純せん断ゾーンの高さに対する水平変位の割合として求め、また、補強比 R は、次式で定義される。

$$R = \frac{\text{補強供試体のせん断応力: } \tau_{\text{reinf.}}}{\text{無補強供試体のせん断応力: } \tau_{\text{Non-Reinf.}}}$$

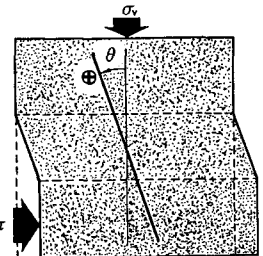


図-3 補強材の配置方向

補強比 R がひずみの増加に伴って徐々に増加しており、補強材を挿入したこによる補強効果と挿入角度 θ の関係を表現している。ゾーン単純せん断の試験結果よりモールのひずみ円を作図すると、せん断の進行とともに体積膨張するので、モールのひずみ円は伸張側へ移動して行き、そ

れに伴って伸張ひずみ領域が広がっていく。すなわち、 $\theta = -5^\circ$ に挿入された補強材に働く軸力は、除々に圧縮力から引張り力へと変化していることになる。一般に、引張り補強土工法においては、引張り補強材だけが土自信のせん断強度を増加させ、土を補強する機能を持っているとされている³⁾。このことから、補強材を挿入したことによる補強効果は、せん断進行に伴う補強材の張力の発生によって除々に発揮されると考えられる。

3.2 補強材に発生した軸力および曲げモーメントの分布

図-5に、 $\theta = -15^\circ, +10^\circ$ に配置された補強材の軸力および曲げモーメントの分布図を示す。ここで、黒塗りの値は実測値を中心から折返した値である。 $\theta = -15^\circ$ に補強材を挿入した場合の軸力分布は、せん断初期($\gamma = 5.0\%$)では補強材全体に圧縮力が発生し、せん断が進むにつれて、ひずみの不連続面より拘束ゾーンの軸力分布が引張り力に転じている。しかし、補強材中央部においては軸力が、圧縮を示していることより補強材全体としては主に圧縮材として機能しているものと考えられる。補強材両側に生じた引張り力はひずみの不連続面を補強材が横切っているためにせん断による曲げ応力の影響が測定値に現われたものと考えられる。曲げモーメントは、せん断が進むにつれて除々に発生しており、その値はひずみの不連続面付近で最も大きくなっている。このように、 $\theta = -15^\circ$ においては、せん断進行に伴い、補強材に圧縮力および曲げモーメントが発生しているもかわらず、

図-4に示した補強効果が認められない。このことは、圧縮およびせん断補強材としての機能は補強効果として期待できないことを意味している。 $\theta = +10^\circ$ に補強材を挿入した場合の軸力分布は、補強材にせん断初期から引張り力が発生し、せん断進行とともにその値は、大きくなっている。また、曲げモーメント分布は、 $\theta = -15^\circ$ の分布とほぼ同様な傾向を示している。以上のことから、補強材が補強効果に及ぼす引張り補強材としての機能が大きいと言える。

4. まとめ

一様でないひずみ場におかれた棒状材の補強効果におよぼす補強機能は、圧縮およびせん断補強材としての機能よりも、引張り補強材としての機能が大きいことがわかった。

(参考文献) 1)土質工学会:「補強土工法」(1984) 2)落合ら:第22回土質工学研究発表会講演集, pp.1391~4, (1987) 3)龍岡文夫:基礎工, Vol.14, No.12, pp.2~ (1986)

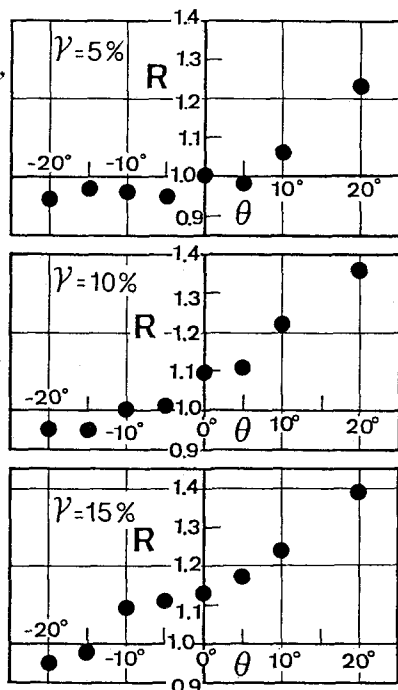


図-4 補強効果(補強比R)と補強材挿入角(θ)の関係

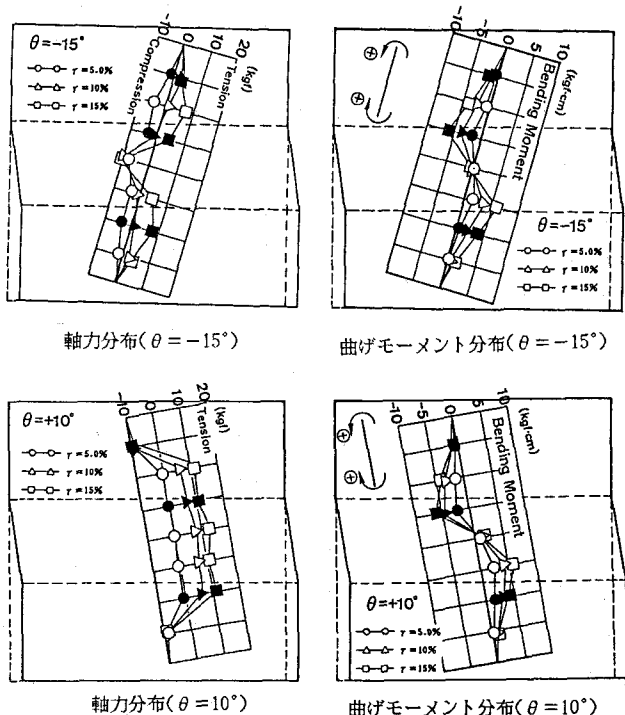


図-5 軸力および曲げモーメントの分布