

補強土における鉄筋のせん断抵抗力の役割と評価法

九州大学工学部 正 ○姜 振泉

正 落合英俊

正 林 重徳

1. はじめに

鉄筋補強土工法の現設計法は、鉄筋の補強効果の評価方法において、補強材と仮想のすべり面とのなす角度によって、鉄筋補強材をせん断補強材または、引張り補強材いずれか一方の機能でのみ評価している。しかしながら、従来の理論研究と実験結果および現場の実績では、不連続なひずみ場にある鉄筋補強材は引張り抵抗を発揮していると同時に、無視できないせん断抵抗を発揮する場合が少なくない、その場合、鉄筋の引張り抵抗とせん断抵抗の双方を総合的に評価しなければならない。

本文は、九州大学土質工学研究室と道路公団福岡建設局の共同研究によって提案している鉄筋補強土工法の設計法¹⁾を踏まえて、実験ならびに杭の水平抵抗に関する理論を採用して、補強土における鉄筋のせん断抵抗の役割を考察するとともに、その評価法を検討するものである。

2. 実験概要

試験は、中型単純せん断試験装置を用い、地山斜面の変形及び破壊の形態を想定し、図-1に示すようなせん断箱の下半部を拘束したモデルをつくって、上半部単純せん断を行ったものである。補強材としては、断面形状が正方形(4mm×4mm)で、長さは13cmと9cmの二種類のリン青銅棒を用いた。供試体は、気乾状態の豊浦標準砂で、多重ふるいを用いた空中落下法により作成した平均相対密度 $D=82\%$ の地盤に、4本のリン青銅棒を1列に配置して作られたものである。補強材の挿入角度を $+10^\circ$ 、 0° 、 -10° (9cmの場合は 0° のみ)に変化させた。

リン青銅棒は、長さが9cmの場合、ひずみの不連続面まで配置され、13cmの場合、拘束された部分まで4cm挿入された状態にある。せん断は垂直応力 $\sigma_n = 0.75 \text{ kgf/cm}^2$ を載荷した後、1mm/minの変位制御法によって、水平ひずみ $\gamma = 30\%$ まで行った。せん断中、せん断ひずみレベルに応じたせん断応力、鉛直変位、及び補強材に発生した軸力と曲げモーメント等を自動的に計測し、記録した。

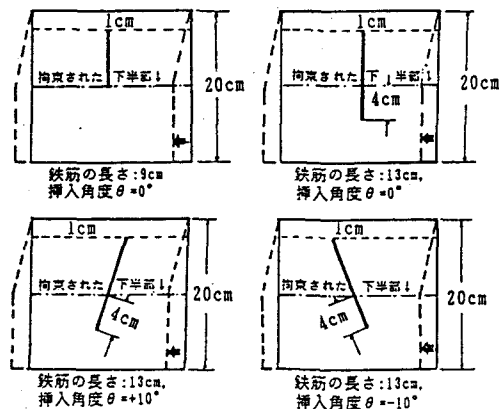
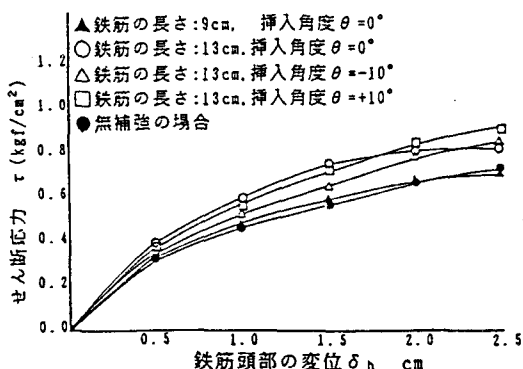


図-1. 補強材の配置

3. 実験結果

長さが9cmの場合、鉄筋頭部の変位が3cmあるにもかかわらず、鉄筋に生じた曲げモーメントは無視できるほど小さい。また、変位の増大とともに、鉄筋に発生した引張り力もある程度増大しているが、その補強効果はほとんど見られない。

一方、長さが13cmの場合、鉄筋頭部の変位の増大に伴って、補強材には引張り力とともに、曲げモーメントも発生する。この場合には長さ9cmの場合に比べて、図-2に示すように、補強効果も大きくなる。よって、この場合の鉄筋の補強効果を評価するには、鉄筋の引張り抵抗とせん断抵抗を総合的に評価しなければならない。

図-2. せん断応力 τ と鉄筋頭部変位 δ_h の関係

4. 鉄筋のせん断抵抗の役割と評価法について

ひずみの不連続面を横切って鉄筋を配置する場合、補強材に発生するせん断抵抗力による補強効果の評価について、著者らは、杭が水平力を受ける場合の水平抵抗を計算する式²⁾に基づいて、鉄筋のせん断抵抗力を算定する次式を提案する：

$$T = c(1 - \sin \theta)EI\xi^3\delta_h \dots\dots\dots (1)$$

ここで：

T ：すべり面の位置で鉄筋に生ずる

せん断力；(kgf/本)

$c = f(L_2, L_1, \xi)$ ；

L_2 ：不動地山にある鉄筋の長さ；(cm)

L_1 ：滑動土塊にある鉄筋の長さ；(cm)

$\xi = (k_h D / 4EI)^{1/4}$ ；(cm⁻¹)

EI ：補強材の曲げ剛性；(kgf・cm²)

k_h ：地盤反力係数；(kgf/cm³)

D ：補強材の直径(あるいは幅B)；(cm)

δ_h ：鉄筋頭部の変位置；(cm)

θ ：鉄筋の挿入角度。

(1)式で算定したせん断力 T より、実験で測定した滑り面の位置における曲げモーメントより求めたせん断力と比較できる。

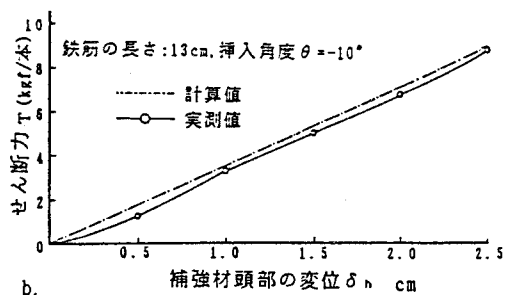
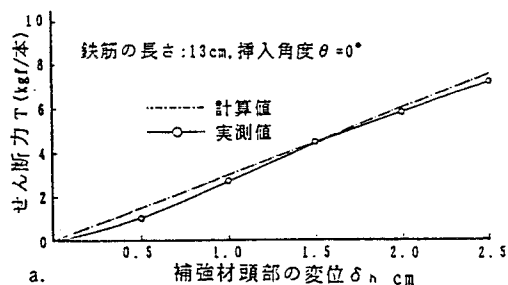


図-3. せん断力 T と鉄筋頭部変位 δ_h の関係

図-3(a)、(b)は、これらの比較を、挿入角が 0° と -10° の場合について示したものである。 $\theta = 0^\circ$ 及

び -10° の場合のいずれも、計算値は測定値とほぼ一致しており、式(1)によってせん断力を評価できると考えられる。

鉄筋が一行に配置した場合、滑り面におけるせん断力 T が補強土塊のせん断強度に寄与する成分 $\Delta\tau_s$ は、次式で算定する：

$$\Delta\tau_s = nT/A \dots\dots\dots (2)$$

ここで： n は補強鉄筋の本数、 A は供試体の断面積

図-4は補強土塊のせん断強度増加分 $\Delta\tau$ に対する $\Delta\tau_s$ の割合を鉄筋頭部の変位置をパラメータとして、鉄筋挿入角度に対して整理した結果である。それによると、補強効果に寄与するせん断抵抗の割合は、挿入角度が $-10^\circ \sim +10^\circ$ において、7割から3割程度に変化する。これに対して、鉄筋頭部の変位置はほとんど影響しない。

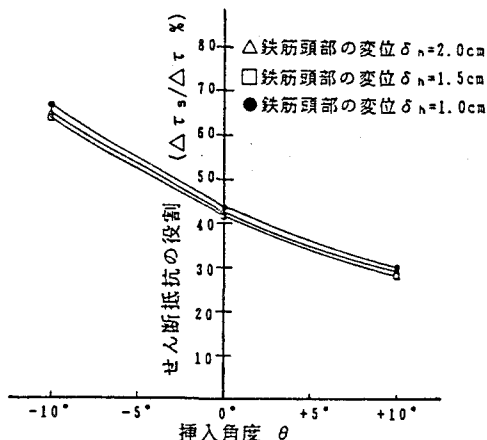


図-4. せん断抵抗に及ぼす挿入角度の効果

5. まとめ

鉄筋を1行に配置した補強土塊におけるせん断抵抗の評価法について提案し、その妥当性を実験結果より検証した。また、せん断抵抗に及ぼす割合は、挿入角度により大きく影響されることを明らかにした。複数配置された場合におけるせん断抵抗力の評価法については今後の課題である。

参考文献

1. 九州大学土質工学研究室：切土法面における鉄筋による補強土機構に関する実験研究（その3）
2. 土質工学会編：土質工学ハンドブック（1982年版）－第16章・杭基礎（pp 550-633）