

鉄筋による砂斜面の補強法に関する室内実験〔V〕—— ——補強材挿入方向と補強効果の関係——

Laboratory Study on Reinforcing of Sand Slope with Steel Bars

——Relationship between the Direction of Reinforce and Reinforcing Effects——

龍 岡 文 夫*・浜 田 英 治**

Fumio TATSUOKA and Eiji HAMADA

1. は じ め に

補強材の配置法の中で最も議論のあるのはその配置方向であろう。理論的には、無補強斜面内に生ずる最小主ひずみ ε_3 を減少させる方法が最も効果的であり、そのためにはその方向に表面摩擦係数の大きい補強材を配置するのが効果的ということが言える。そこで、図-46 のように、長さ $L=30$ cm の補強材 39 本を、点 a は共通としその水平からの角度 θ を 20° , 45° , 80° , 110° と変えて配置して実験を行った。 $\theta=45^\circ$ の場合の実験結果はすでに報告した。図-46 を見て分かるように、 $\theta=45^\circ$ の場合には補強材の方向は無補強斜面で領域 A でフーチング荷重が最大になるまでに生じた最小主ひずみ ε_3 の方向に大略一致している。

2. 補強材配置方向と補強効果・補強材引張力の関係

図-47(a)~(d)に、異なった挿入角度 θ に対するフーチング平均応力 q , q_1 , q_2 とせん断力 τ_1 , τ_2 , フーチング沈下量の関係を示す。 θ の影響はきわめてはっきりしている。まったく同一の補強材を用いているのにもか

かわらず、 $\theta=80^\circ$, 110° の場合はフーチング沈下量が 4 mm 程度まではまったく補強効果が見られない。特に斜面背後側の分割フーチングの平均値応力 q_2 (図-47(c)) は無補強斜面の場合よりもかえって減少している。

$\theta=80^\circ$ の方向は領域 A (図-46) で無補強斜面のときにフーチング荷重が最大になるまでに生じた最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}=\varepsilon_1-\varepsilon_3$ が発生している 2 つの方向のひとつにほぼ一致している。図-48(a), (b)にこの場合の実験結果を示す。この場合は $\theta=45^\circ$ の場合とは異なり、フーチング荷重がほぼ最大値になるフーチング沈下量が略 5 mm になるときに補強材に働く引張力が最大値とはなっておらず、その後も漸増している。さらに、載荷終了までの張力の分布を見てみると点 T.2 で引張力が最大になるような形とはなっていない。これは、補強材が引張補強材として地盤の補強に有効に働いていないためと思われる。図-48(b)に示す補強材の曲率を見てみると、フーチング沈下量が約 5 mm のときのフーチング荷重が最大値に達するときでは補強材には曲げ変形はまだほ

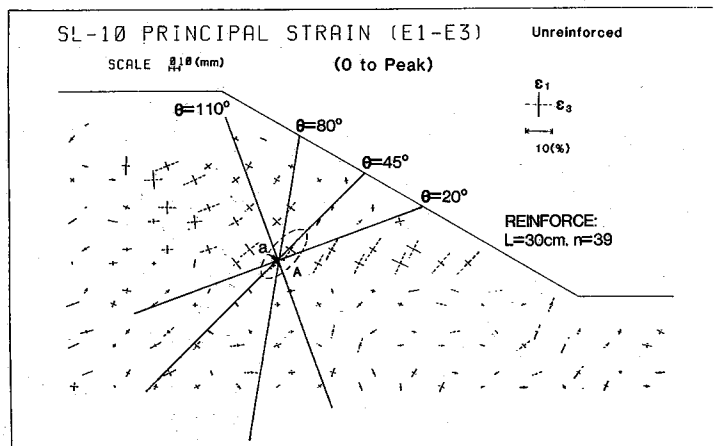


図46 補強材配置方向の説明(ひずみは無補強斜面でフーチング荷重が最大になるまでに生じたもの)

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 太洋技術開発株式会社

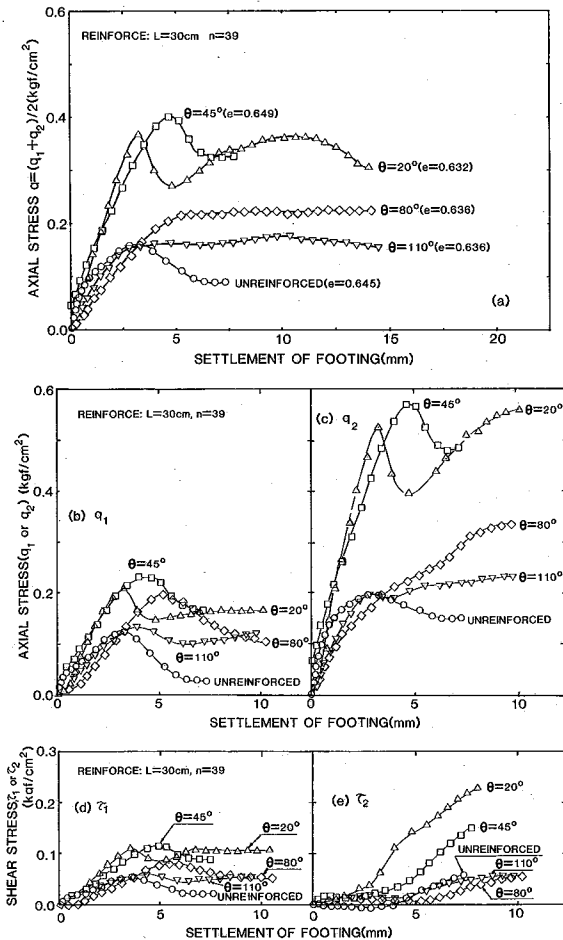


図47 異なった配置方向に対する (a) フーチング全体に対する平均直応力 q , (b) 斜面側分割フーチングの平均直応力 q_1 , (c) 背後側分割フーチングの平均直応力 q_2 , (d) 斜面側分割フーチングの平均せん断応力 τ_1 , (e) 背後側分割フーチングの平均せん断応力 τ_2 の変化

とんど生じていないことがわかる。フーチング沈下量がさらに大きくなっても、斜面から 25 cm の点 B.3 では、曲げ変形がほとんど生じていないが点 B.1, B.2 では補強材の曲げが進み、載荷終了時(フーチング沈下量 15 mm)で点 B.1 では $C = +1.85(1/m)$ の曲率、点 B.2 では $C = -1.44(1/m)$ の曲率が生じている。これは図中に模式的に破線で示しているように、補強材の点 B.1 の部分は斜面下方に凸に約 50 cm の曲率半径で、点 B.2 の部分は斜面上方に凸に約 70 cm の曲率半径で変形していることを意味している。前に述べたように $\theta = 80^\circ$ の方向は最大せん断ひずみが発生する面の方向に近い。したがって、最も補強材にせん断変形を生じさせる方向と言える。しかし図-48(a), (b) に示す実験結果によると補強材の

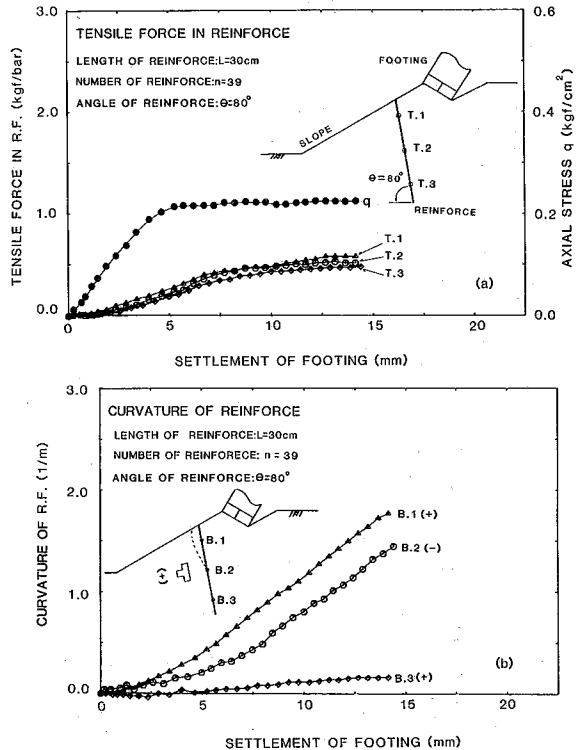


図48 補強材配置角度 $\theta = 80^\circ$ のときの (a) フーチング直応力 q , 補強材引張力, (b) 補強材曲率

せん断変形による曲げは、ピーク荷重発揮後にはじめて大きくなり、それに伴って補強材を Resistant-Zone から引き抜こうとする力が生ずるから、引張応力も多少発揮されてくるようである。無補強斜面のように q はピーク以降減少してはいないが、増加もしてはいないのは上記の現象に対応しているのかも知れない。したがって、今回の実験結果は補強材のせん断変形(曲げ)に期待して斜面を補強することは、ピーク強度の増加という観点からは有効ではないことを示唆していると言えよう。しかし、残留状態に対しては多少の効果はあるようである。

図-49 は、斜面から 15 cm の点 (T.2, B.2) における曲率と引張力が θ によってどのように変わるか示したものである。これを見ても、 $\theta = 80^\circ$ の場合、特に補強材の曲げが大きいことが分かる。また、 $\theta = 45^\circ, 20^\circ, 80^\circ, 110^\circ$ の順に補強材張力が大きく、図-47(a) に示すフーチング応力 q の大きさの順序に対応している。これから、補強効果は補強材の曲げではなく、補強材張力に対応していると言える。図-50 にフーチング荷重が最大になったときの補強材引張力の分布を示す。 $\theta = 45^\circ$ の場合が最も有効に引張力が発揮されていることがよく分かる。

図-51 はフーチング荷重が最大値になった状態に対し

研 究 速 報

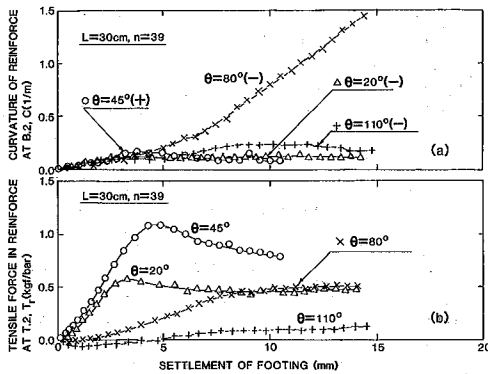


図49 異なった配置方向に対する (a) 点 B.2 での補強材曲率, (b) 点 T.2 での補強材引張力

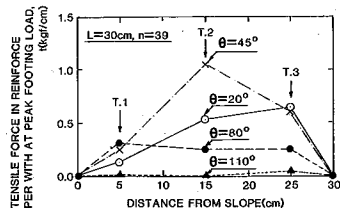


図50 フーチング荷重が最大になったときの補強材引張力の分布の θ による変化

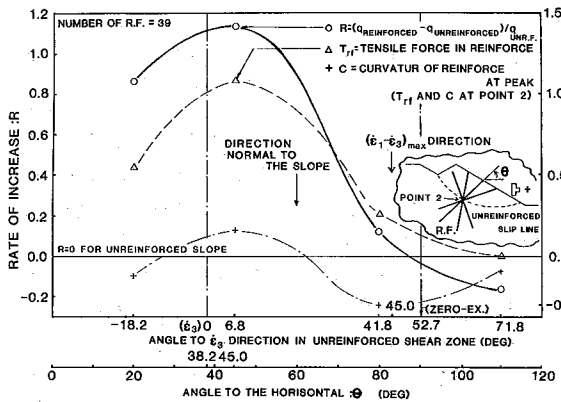


図51 フーチング荷重が最大になった状態に対するデータのまとめ

てデータをまとめたものである。 θ は図-46に示すように補強材の水平方向からの角度である。 ϵ_3 からの角度(図の横軸)とは図-46に示す無補強斜面内の領域Aでの ϵ_3 方向と補強材とのなす角であり、 R は強度の増加率、 T_r は斜面から15cmの点(T.2)における補強材の最大張力、 C はピーク強度時の同じく斜面から15cmの点(B.2)における補強材の曲率をそれぞれ示す。さらに図中には、斜面に対して直角方向と最大せん断ひずみ $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{\text{max}}$ の方向を矢印で示している。この図から4方向に挿入した実験結果の中で最も強度の増加率が大きいのは $\theta=45^\circ$ 、 ϵ_3 との角度 6.8° のときで、この場合が補

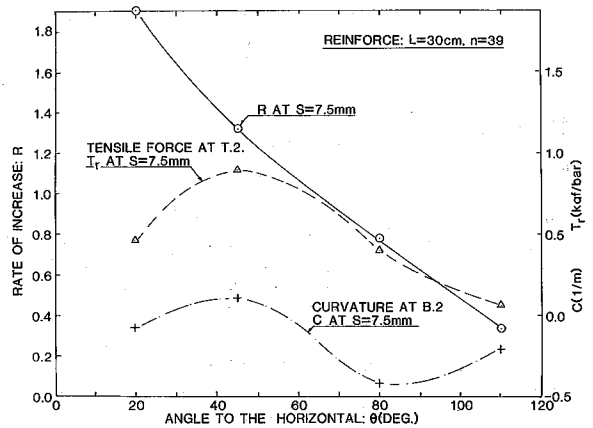


図52 フーチング沈下量が7.5 mmになったときに対するデータのまとめ

強材の張力も最も大きくなっている。そして全体的な傾向として、 ϵ_3 方向からの角度が大きくなるに従って強度の増加率は低くなっており、この角度が 52.7° になっているZero-Extension方向ではまったく補強効果が見られない。さらに 52.7° を越えた圧縮ひずみの領域では逆に減少している。また、強度の増加率の低下に伴って補強材の張力も減少している。

以上のことから、補強材を無補強斜面の ϵ_3 方向に近く配置するほど補強材の張力が大きく、強度の増加率も大きいといえる。

図-52はフーチング沈下量が7.5 mmと非常に大きくなっている残留状態に対してデータをとりまとめたものである。このときは $\theta=45^\circ$ に対して R は極大になっていないし、 R と補強材引張応力 T_r は必ずしも対応していない。現在のところ、図-51と52に示す結果の関係を理論的に説明できるまでには至っていない。今後の課題である。

3. ま と め

無補強斜面内で破壊までに大きくひずみが生ずる領域に注目して、その領域に生じている最小主ひずみ ϵ_3 の方向に対して補強材の方向を各種変えて実験した。その結果、その ϵ_3 の方向に配置したときが最もフーチングのピーク荷重の増加率が大きかった。最大せん断ひずみ $\gamma_{\text{max}} = \epsilon_1 - \epsilon_3$ が生じている方向に配置したときにはフーチングのピーク荷重はほとんど増加せず、残留状態になって補強材に曲げが生じはじめそれに伴って残留強度の増加が見られた。

(1984年7月19日受理)

参 考 文 献

- 龍岡文夫・浜田英治 (1984, 1985), "鉄筋による砂斜面の補強法に関する室内実験I~IV," 生産研究, 36巻, 10号 p12~15, 11号 p13~16, 12号 p36~39, 37巻1号 p10~13