

鉄筋により補強された砂地盤の支持力特性 IV

Bearing Capacity Performance of Sand Ground Reinforced with Steel Bars (IV)

龍岡 文夫*・三木 五三郎**・松尾 恵一***

児玉 秀文****・竹内 達也*****

Fumio TATSUOKA, Gosaburo MIKI, Keichi MATSUO

Hidefumi KODAMA and Tatsuya TAKEUCHI

3-3 鉛直に補強材を配置した場合—タイプB—

図27, 28に示すように、伸張補強材を、鉛直に配置したことによる支持力の増加の程度を調べた。補強材の長さは、7 cm と 14 cm である。補強材の表面には全てアルダイトで砂粒子を付着させてある。図27, 28に示す補強材配置法は図8に示すタイプBの伸張補強材のいろいろありうる配置法のうちの一つであり、他の配置法についての実験は継続中である。図29にはフーチング荷重～フーチング沈下量関係を示すが、補強されていない場合と比べると、実に2倍も支持力 q_u が増加していることがわかる(図30)。 K_{50} の増加量はそれほどではない(図31)。これは、この地盤補強法は間接的なものであり、フーチング下の砂がある程度圧縮してから、効果が出てくるからであろう。非常に興味深いことは、フーチング沈下量が20mm になった後補強材を調べても、目視では全く変形

が認められなかったことである。これは、曲げをあまり受けずに伸張補強材として有効に働いた証拠であると思われる。また、 $L=7\text{ cm}$ のときは円弧状のすべり線が発生したが、 $L=14\text{ cm}$ の時は、円弧状のすべり線は発生せずパンチングのような現象が生じた。図32に $q=q_u$ およびフーチング沈下量が15mmのときのフーチング側方の地表面変位を示す。補強していないときに比べるとフ

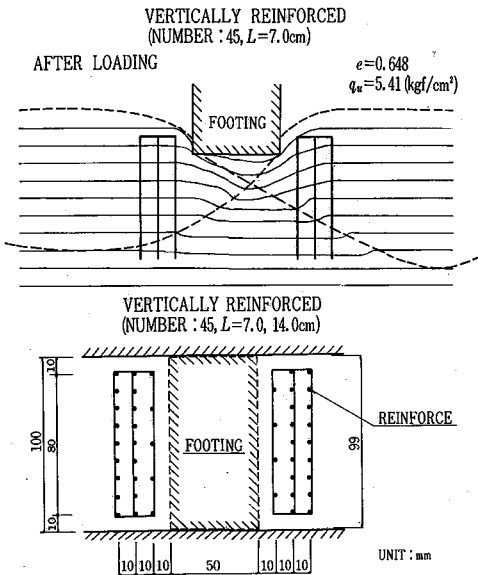


図27 鉛直伸張補強材の配置法と、フーチング沈下量20mmのときの地盤の形状 ($L=7\text{ cm}$)

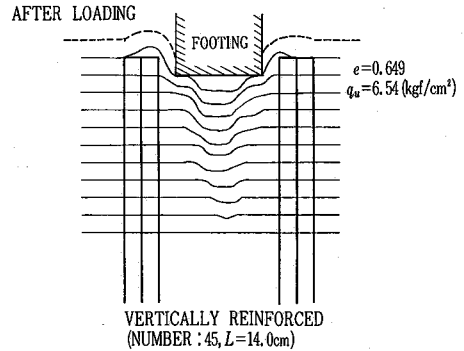


図28 鉛直伸張補強材の配置法と、フーチング沈下量20mmのときの地盤の形状 ($L=14\text{ cm}$)

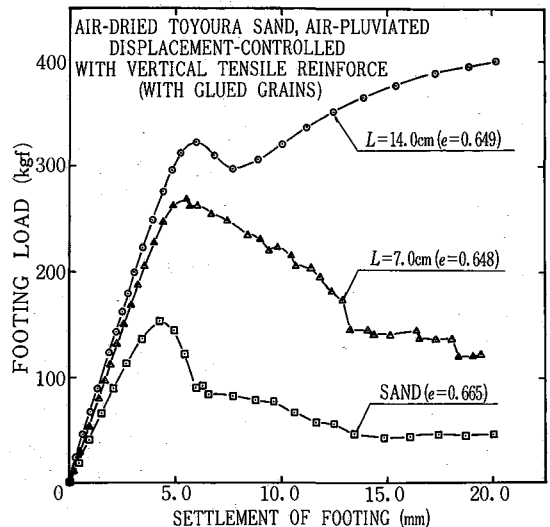


図29 密な砂地盤でのフーチング荷重～フーチング沈下量の関係 (砂地盤および補強された砂地盤)

* 東京大学生産技術研究所 **** 広瀬鋼材産業 (株)
 ** 横浜国立大学 ***** 日本大学生産工学部
 *** 大洋技術開発 (株)

研究速報

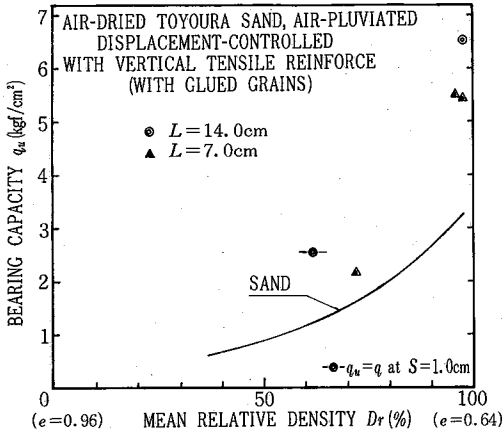


図30 鉛直伸張補強材による $q_u \sim D_r$ 関係の変化

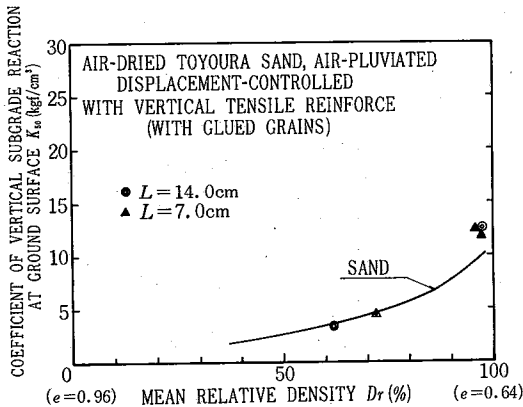


図31 鉛直伸張補強材による $K_{60} \sim D_r$ 関係の変化

ーチングの近くでは表面変位(膨れ上がり)が非常に小さく、地盤変位が補強材により押さえられていることがわかる。L=14cmの場合の方がL=7cmの場合よりも支持力が大きいのは、補強材下部のアンカーとして働く部分が長くなるからであろう。また、タイプBの補強法は、タイプAの補強法に比べると、同じ効果を上げるためにはより多くの鉄筋量が必要と思われる。タイプBでの経済的な鉄筋配置法については、これから調べてみるつもりである。

このタイプBの補強法は既設の構造物に対しても施工可能な方法であり、いろいろな配置方法について今後研究する価値があるものと思われる。

4. 圧縮補強材による地盤支持力の増加

フーチング荷重により、圧縮応力が発生するように、補強材をフーチング真下に鉛直に配置して(図33参照)、支持力実験を行った。補強材は全て5×9=45本であり、長さLは7cmと14cmの2種類であり、それぞれ表面処理していない場合と、してある場合について実験を行った。他の補強材配置法については、現在継続研究中である。

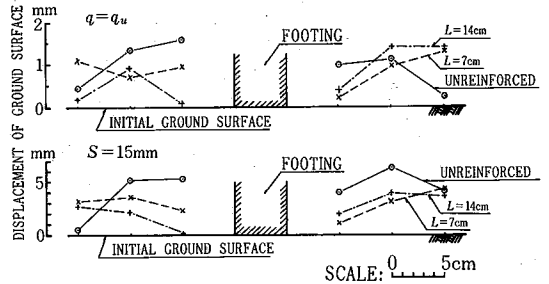


図32 鉛直伸張補強材による地表面膨れ上がり量の減少

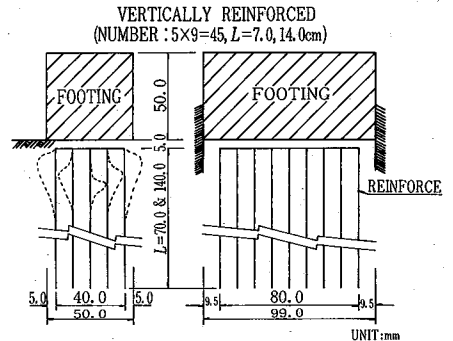


図33 鉛直補強材の配置方法

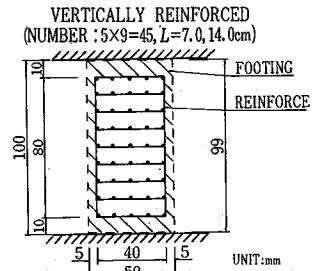


図34 鉛直圧縮補強材の配置方法

補強材は全て、その頭部を水平を図34に示すように結合して配置を正しく行えるようにした。実際の補強材の配置は、所定の高さまで砂層を作ってから、組み上がっている補強材を1.0cmだけ静かに差し込み、鉛直姿勢を保持したまま砂層を所定の地表面高さまで作っていった。その際、補強材周辺が特別に緩くならないように、特別に注意を払った。

図35、36に補強材長さL=14cmの場合でのフーチング荷重～フーチング沈下量関係を、図37、38にL=7cmの場合の同様な関係を示す。図39、40にはこれらの実験のまとめを示す。図39、40に+印で示す実験データは、図34に示す補強材頭部の結合に用いた針金(これを結合材と呼ぶ)だけを図33に示すのと同様に深さ0.5cmの所に配置した実験結果である。これらの結果から、結合材の地盤の補強効果は大きくなく、図35～40に示す地盤

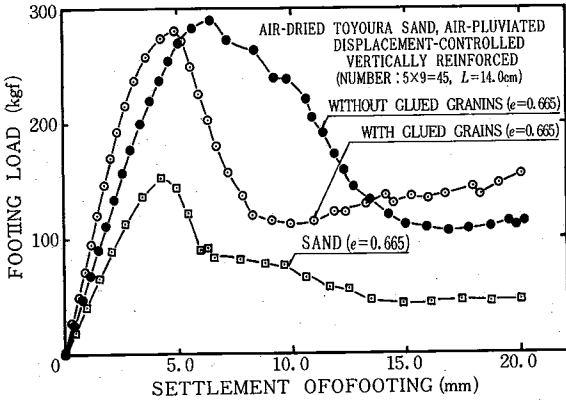


図35 フーチング荷重～フーチング沈下量関係，密な砂地盤 (L = 14cm)

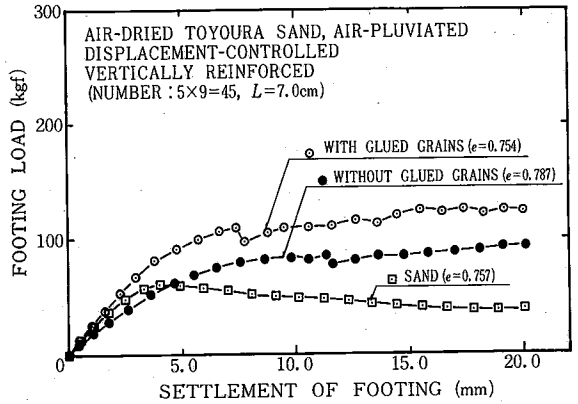


図38 フーチング荷重～フーチング沈下量関係，緩い砂地盤 (L = 7cm)

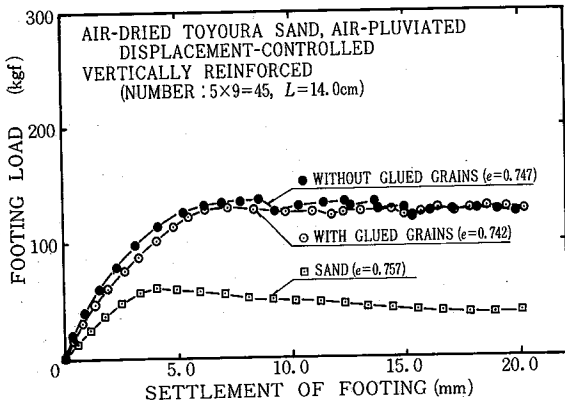


図36 フーチング荷重～フーチング沈下量関係，緩い砂地盤 (L = 14cm)

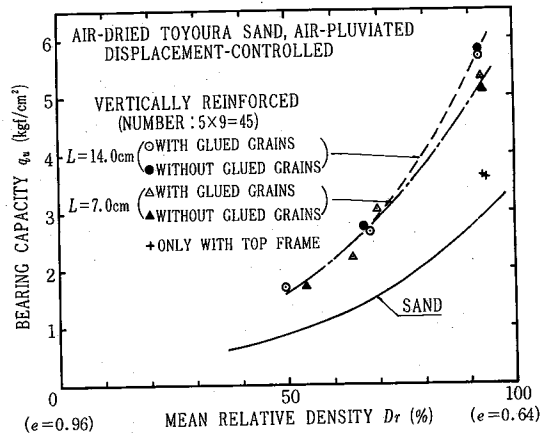


図39 鉛直圧縮補強材の地盤補強効果 ($q_u \sim D_r$ 関係)

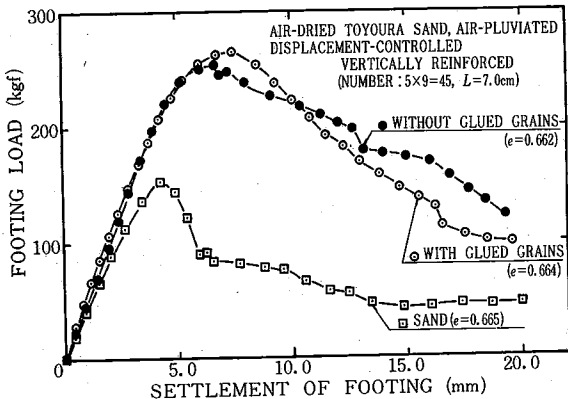


図37 フーチング荷重～フーチング沈下量関係，密な砂地盤 (L = 7cm)

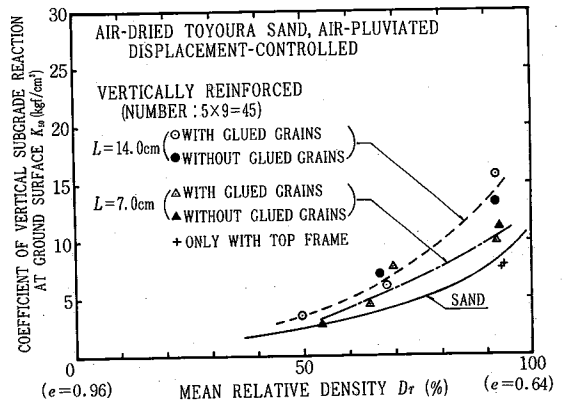


図40 鉛直圧縮補強材の地盤補強効果 ($K_{50} \sim D_r$ 関係)

支持力の増加の大部分は鉛直圧縮補強材の働きであると考えることができる。これらの実験結果から次のことがわかる。

- (1) 補強材表面処理の有無による補強効果の差はほ

とんどない。

- (2) $L = 14\text{cm}$ の方が、 $L = 7\text{cm}$ の場合よりも K_{50} の増加率が大きい。 q_u に関しては補強材の長さの影響はほとんどない。

研究速報

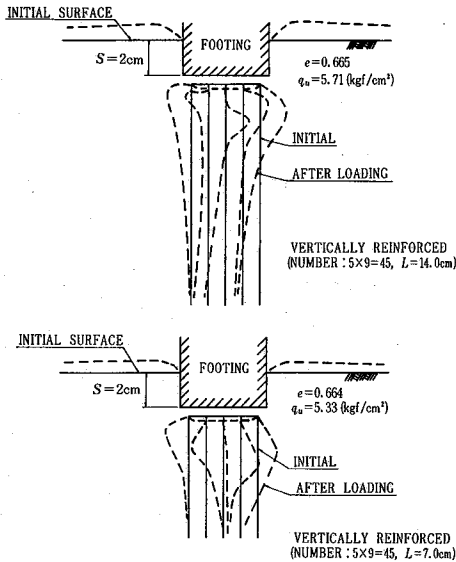


図41 フーチング沈下量20 mmのときの鉛直補強材の座屈形式
($L=14\text{ cm}$, $L=7\text{ cm}$)

(3) 砂地盤が緩い場合と密な場合で、同じ条件に対して K_{50} 、 q_u の増加率はほぼ同じであるが、増加量そのものは密な砂地盤の方がはるかに大きい。

(4) 以上のような現象は次のように説明できるであろう。補強材による q_u 値の増加は、7 cm よりも浅い部分での座屈特性によって決まっている。それは浅い方が地盤の拘束効果が小さいから深さ方向に同じ太さの補強材ならば、浅い所で座屈しやすいからである。図41は同じ条件での $L=14\text{ cm}$ と $L=7\text{ cm}$ での座屈の様相を示したものであるが、両方でほとんど同じ座屈モードを示している。したがって、 $L=7\text{ cm}$ と $L=14\text{ cm}$ で q_u の値の差が小さいのであろう。また、図41をみてわかるように、補強材の座屈長はフーチング中心になるほど短くなっている。これは、フーチング中心下に位置するほど、変形の拘束が大きく、座屈しにくいからであろう。内側にある補強材が座屈するには、それより外側にある補強材が座屈しなければならないからである。したがって、これらのことから、 q_u の値に関しては、所定の長さ以上に補強材を長くしても効果が薄いことがわかる。しかし、 K_{50} の値は座屈する前に決まるので、より深い所まで応力伝達ができる長い補強材の場合の方が、 K_{50} は大きくなるのであろう。また、密な砂になるほど、砂の剛性も大きくなり、補強材に対する拘束性も大きくなるから、補強効果も上がるのであろう。また、座屈強度に関するの周辺摩擦係数は、それと直交方向の地盤水平反力係数に比べると二次的なのであろう。

このように考えてみると、圧縮補強材の地盤補強メカ

ニズムはけっきょく補強材の座屈のメカニズムであるように思われる。この点から言うと伸張補強材の場合とは異なり、圧縮補強材の場合は地盤が鋼材を補強する問題とも言える。したがって、この点で、伸張補強材の場合と比べると圧縮補強材の場合は地盤を有効に使っていないことになる。一般の杭の場合は、座屈が生ずることはまずないといってよい。Bjerrum⁷⁾は、その例外的である例として、非常に厚い軟弱粘土層に打ち込んだ EI の小さい鋼製杭の座屈の問題を論じているが、その他の研究はあまりないと言ってよい。したがって、今回の場合のような偏心荷重、接線荷重もある鋼材の座屈の問題はこれから詳細に検討する必要があると思われる。

5. 砂地盤支持力に関する模型実験のまとめ

これまでの補強材による地盤支持力の増加法に関する平面ひずみ条件における小型模型実験の結果は、以下のようにまとめることができるであろう。

(1) 最も効果的な地盤補強法は、今回の実験条件の下においてはフーチングの下にフーチング幅の長さの水平伸張補強材を配置した場合であった。

(2) フーチングの側方の地盤内に鉛直に伸張補強材を配置した場合と、フーチング真下に鉛直に圧縮補強材を配置した場合で同じ程度の地盤支持力改良効果がみられた。

(3) 伸張補強材による地盤補強のメカニズムは、土の最小主ひずみが生じないようにすることにより、地盤内部での最小主応力の増加が生じることによると解釈できるであろう。

(4) 水平伸張補強材を用いる場合は、配置深度が浅いほど、また、フーチング沈下量が小さいほど、フーチングを根入れしたときと同じような効果が生じ、配置深度が深いほど、また、フーチング沈下量が大きいほど、剛な底盤を浅くしたときと同じような効果が生じる。

(5) 伸張補強材を用いることによる地盤支持力・地盤鉛直反力係数の増加量は、地盤が密になるほど急激に大きくなる。

(6) 圧縮補強材を用いるときの地盤支持力の増加量は、圧縮補強材の座屈の仕方によって決まる。

(7) 圧縮補強材は、地盤が浅く拘束圧が小さい部分ほど、多列に配置したときは外側にあるほど、また、地盤が緩いほど容易に生じやすくなる。したがって、このことを考慮して、適切な圧縮補強材の長さ、数量、配置法を選択する必要があるであろう。(1981年8月12日受理)

参考文献

- 7) Bjerrum, L., "Norwegian Experience with Steel Pile Foundations to Rock," Journal of the Boston Society of Civil Engineers, Vol. 44, July, 1957, No. 3, pp.155 - 198.