

補強材の定着効果が補強土のせん断強度特性に及ぼす影響

The effect of reinforcement anchorage on shear strength characteristics in a reinforced sand

○松島健一* 毛利栄征* 田中忠次** 堀俊和* 有吉充*

MATSUSHIMA Kenichi*, MOHRI Yoshiyuki*, TANAKA Tadatsugu**, HORI Toshikazu*, ARIYOSHI Mitsuru*

1. はじめに ジオシンセティックス（以下、補強材と呼ぶ）により引張り補強された土は、土の変形により、補強材に引張り力が動員されると同時に、土は補強材によって変形が拘束される。一方、現行設計法での静力学的な釣合いでは上記の相互作用を適切に表現されておらず、補強土構造物の限界状態に至る破壊プロセスを正確に評価することができない。そこで、本研究では、補強土の強度変形特性の基本となる土のひずみの発達と動員される補強材引張り力の関係を解明するため、直接せん断（DS）試験を実施し、補強材の定着効果が強度発現に及ぼす影響を調べた。

2. 試験方法 図-1に示すように補強材端部を引張制御した大型直接せん断試験機を用いた。せん断箱の寸法は、高さ60cm、長さ80cm、奥行き50cmである。土質材料には気乾状態の豊浦砂 ($D_{50}=0.206\text{mm}$, $U_c=1.58$, $G_s=2.64$) を用い、多重ふるい法により地盤を作成した。補強材には高密度ポリエステル製のジオグリッドを用いた（図-2）。試験ケースは、せん断ゾーンへの補強材の引込みを抑制する目的で、せん断ゾーン境界より外側の位置に金属製アンカープレートを取付けたケースおよび取付けていないケースを設定した（図-3）。補強材端部は一定の引張荷重（CL条件: 4.0kN/m ）に保ち、一定の水平変位速度（ 0.23mm/min ）でせん断を行った。

3. 試験結果

a) 補強材引張り力の発生メカニズム

補強材と土の間にすべりが発生しないと仮定すると、図-4および図-5より、供試体の水平せん断に伴ってせん断ゾーン内(A領域)では①供試体膨張による土の引張ひずみ ϵ_d (式(1))と、②補強材の幾何学的な形状変化による引張ひずみ ϵ_{geo} (式(2))が補強材に発生する。

$$\epsilon_d = \Delta y / L \quad \dots (1) \quad , \quad \epsilon_{geo} = \sqrt{\Delta x^2 + L^2} / L - 1 \quad \dots (2)$$

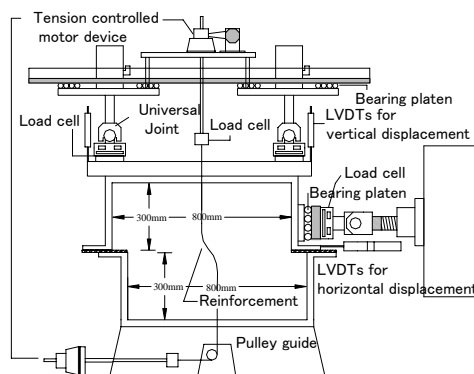


図-1 補強材端部を引張制御した大型 DS 試験機の概要

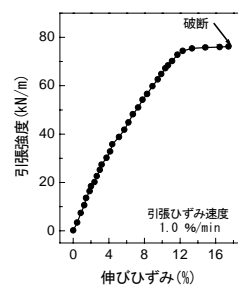


図-2 補強材の引張特性

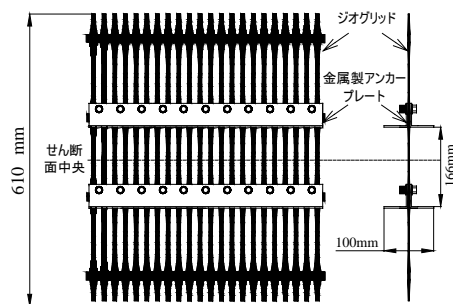


図-3 アンカープレートの取付け位置

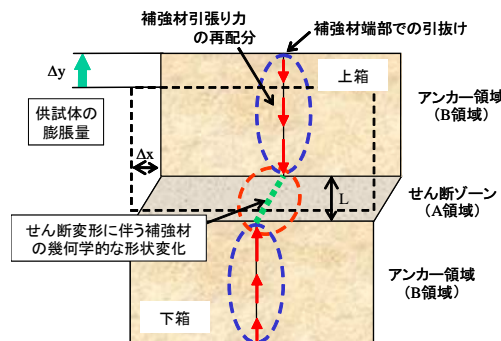


図-4 補強材引張ひずみの発達過程

$$\text{全ひずみ } \varepsilon_r = \sqrt{\Delta x^2 + (\Delta y + L)^2} / L - 1 \cdots (3)$$

実際には、補強材と土の間にすべりが生じるため、B領域では、A領域で発生した補強材引張り力が伝達され（引張り力の再配分と呼ぶ）、補強材端部での引抜けが生じる。したがって、A領域に維持される引張り力は、B領域に再配分された補強材引張ひずみが大きいほど、また、補強材端部での引抜けが大きいほど、A領域に発生した補強材引張ひずみが解放され、引張り力の低下が生じる。

b) 定着効果

上記のメカニズムを基本として、図-6の定着効果の影響を調べた豊浦砂による補強供試体の実験結果を示す。この図から次のことが言える。

図-6(a)に示すように、アンカープレートがない場合には、土質材料のひずみ軟化により一時的に強度が低下する。これに対して、アンカープレートがある場合は、せん断変位量が小さい段階 ($\Delta x < 20 \text{ mm}$) で高い強度増加が表れる。また、図-6(c)の供試体内部への補強材の引込み量は、アンカープレートを設置した条件の方が設置しない場合よりも小さくなっている。これは、アンカープレートによってせん断ゾーンへの補強材の引込みに対して受働的な抵抗力が発揮され、土質材料の強度低下を上回る補強効果が得られたためだと考えられる。

また、アンカープレートを設置した条件では、供試体膨張（ダイレタンス）が大きなせん断変位量にわたって継続的に発生していることがわかる（図-6(b)）。せん断領域近傍の様子を図-7に示す。アンカープレートがない条件では、B領域に引張り力が伝達され、補強材が引抜けやすく、局所的なせん断変形が発生しやすい（図-7(a)）。これに対して、アンカープレートがある条件では、A領域への補強材引込みに対して十分な引抜け抵抗力を発揮するため、補強材がA領域に引込まれにくくなる（図-7(b)）。その結果、局所的なせん断変形が抑制され、せん断ゾーン幅 L が継続的に拡大していく。つまり、大きなせん断変位量にわたってせん断ひずみの発達領域が拡大し続け、供試体膨張（ダイレタンス）が継続的に生じる。

4. まとめ 補強効果を適切に設計に取り入れるには、土のひずみの発達と、それに伴う土中での補強材引張ひずみの再配分過程（定着効果）を正確に把握しておく必要がある。

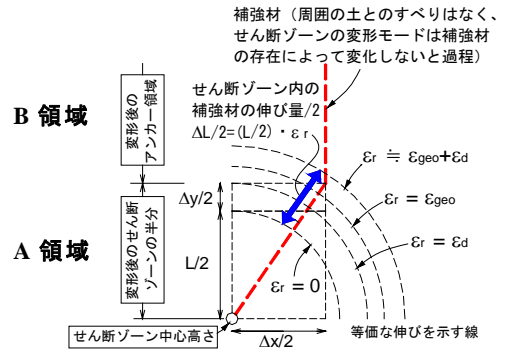


図-5 補強材引張ひずみの発生メカニズム

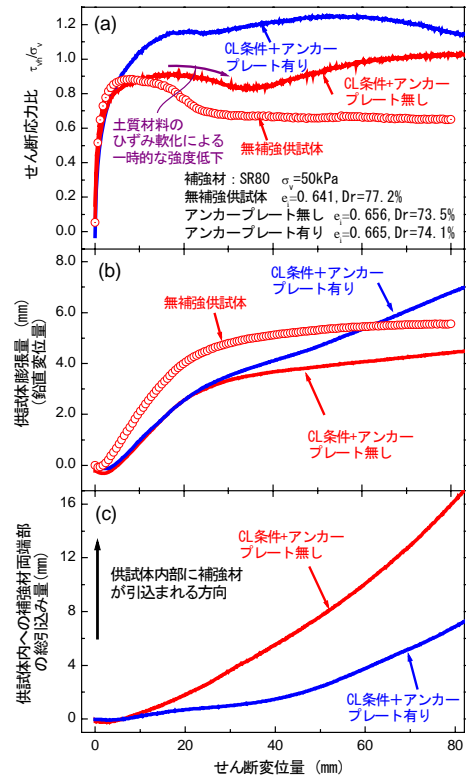
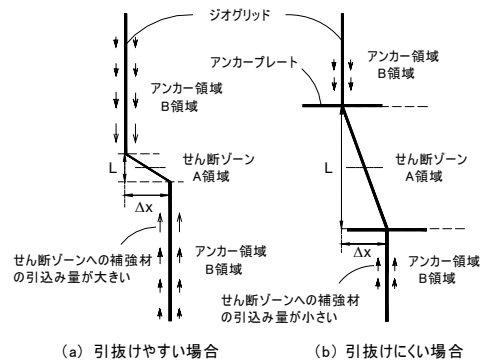


図-6 定着効果の影響を調べた豊浦砂の補強供試体の実験結果



(a) 引抜けやすい場合 (b) 引抜けにくい場合

図-7 せん断ゾーンの拡大メカニズム