

Ⅲ-B283 補強砂の中型一面せん断試験におけるせん断領域と発現強度の相関

東京大学工学部 正 ○内村太郎

東京大学研究員 正 邱 金営

東京大学工学部 正 龍岡文夫

1. はじめに せん断面に鉛直に金属の補強材を入れた乾燥砂供試体を用いて、中型一面せん断試験を行い、その結果から、複数のせん断層(Shear band)から形成されるとされるせん断領域(Shear zone)の厚さを推定し、その厚さとせん断強度の関係を考察した。

2. 実験方法 せん断箱の内法は、上箱・下箱それぞれ 30cm x 30cm x 15cmH で、初期の鉛直間隔は 6mm である。供試体の材料は豊浦標準砂 ($D_{50}=0.17\text{mm}$, $C_u=1.70$, $e_{\max}=0.977$, $e_{\min}=0.597$) で、空中落下法で作成し、多重ふるいを用いて間隙比 ($e=0.6183\sim0.6348$) を調整した。また、補強材は長さ 30cm のリン青銅板で、供試体中央にせん断方向に対して垂直に設置した(図1)。補強材の厚さ、幅、本数を変えて試験した。載荷装置は、下箱を固定し、上箱は、水平方向にはスクリージャッキ2基でせん断力を加えた。また鉛直方向にはエアシリンダー4本で拘束圧を加えて、パソコンでフィードバックをかけることで水平を保つように制御した。下箱の縁の上面には柔らかいスポンジテープと薄い金属板を設置し、上下のせん断箱が互いに移動しても、せん断箱の容積が変化しないようにした。

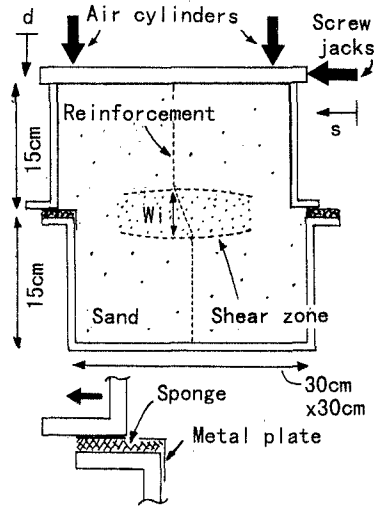


図1 中型一面せん断試験の概略図

3. 実験結果と解析 図2に、補強材の総剛性(総断面積)を一定にして、総表面積(Covering ratio)を変えた、拘束圧 $\sigma_v=50\text{kPa}$ の定圧せん断試験を示す。補強材の本数はいずれも1本である。補強材が薄くて表面積が広いほど、ピークせん断強度が大きく、ピーク時のせん断変位が大きく、せん断に伴う膨張量大きい。

ここで、せん断領域の厚さ w_i を次のように推定した。まず間隙比を様々に変えて無補強砂で拘束圧 $\sigma_v=50\text{kPa}$ の定圧せん断試験を別途行い、残留状態での体積変化が0になる初期間隙比 $e_{\text{crit}}=0.777$ を求めた。これと、せん断に伴う上箱の鉛直変位 d (圧縮が正)、初期間隙比 e を用いて、 $w_i = -d(1+e_i)/(e_{\text{crit}}-e_i)$ により w_i を求めた。これは、「供試体の体積変化はせん断領域の内部だけで起こる」「供試体の体積変化率がゼロになった時、せん断領域内部は残留状態で、その間隙比は e_{crit} になっている」という仮定による。

図2の横軸のせん断変位量を、 w_i で割って、せん断ひずみに対してプロットしたものが図3である。各試験の w_i の値も図3に示してある。ピークせん断強度時のせん断ひずみは、補強材の有無・形状によらない。せん断ひずみと鉛直膨張ひずみとの関係も、補強材の有無・形状によらない。この普遍性は、補強材の本数、断面積を変えた試験ケースでも同じであった。図4に、それら全ての試験ケースで求められた、せん断領域の厚さ w_i とせん断強度比(同じ初期間隙比での補強時と無補強時のピーク強度の比)との関係をプロットした。補強効果の大きいケースほど、厚いせん断領域が発達するという相関が見える。この中の RDPR1 と記されている試験ケースで、補強材に沿わせて柔らかい半田のひもを埋めておき、試験後に注意深く取り出して形状を撮影したものが、図5である。変形したひもの曲率最大の点をせん断領域の境界とすると $w_i=41\text{mm}$ で、上記の方法による推定値にほぼ一致する。

キーワード: 補強土、一面せん断、定圧せん断、定積せん断、せん断領域、ダイレタンシー

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学部社会基盤工学科 TEL 03-5841-6124 FAX 03-5841-8504

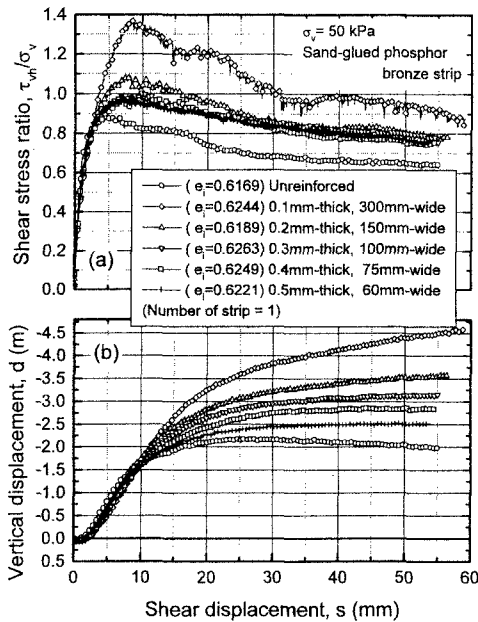


図2 一面せん断試験結果

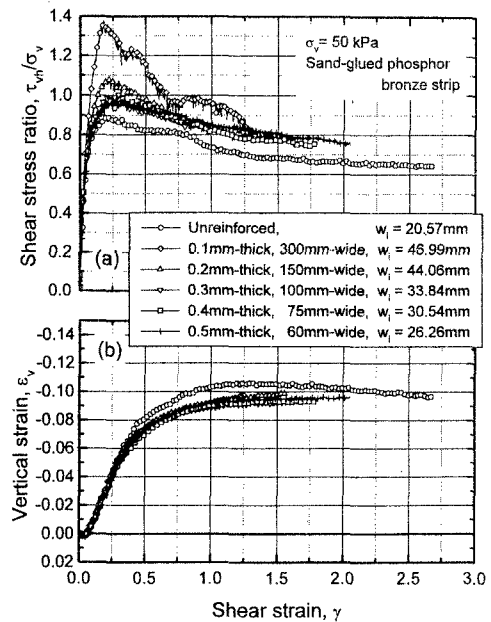


図3 せん断領域のせん断ひずみでまとめた試験結果

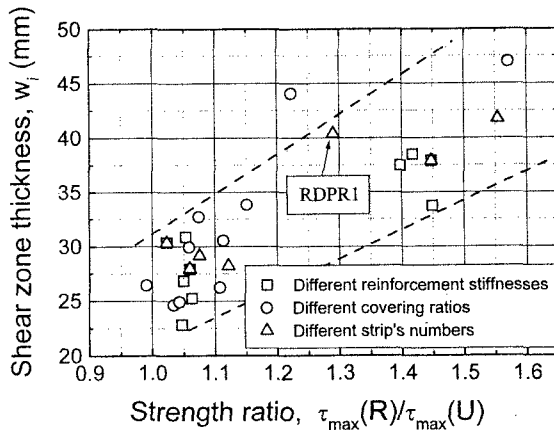


図4 すべり領域の推定厚さと補強効果の相関

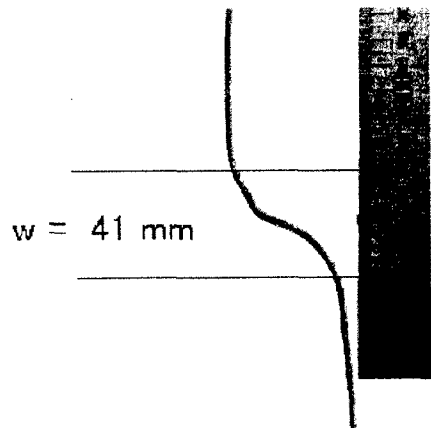


図5 半田のひもによるすべり領域の観察

4. 考察 砂の一面せん断試験では、補強することによって、せん断変形を起こす領域が上下のせん断箱の間隔より遙かに広くなり、密な砂の場合は、ダイランシーによって大きく膨張する。補強材の有無、形状によって、供試体の鉛直膨張量とせん断変位量の関係、ピークせん断強度時のせん断変位量は異なる。しかし、補強効果とせん断領域の幅の間にはほぼ一義的な関係があり、せん断変位量をせん断領域の推定される厚さで割ったせん断ひずみと供試体の膨張ひずみの関係、ピーク時のせん断ひずみの値は、補強材によらない。このことから、せん断領域内部の砂の物性は補強効果とせん断領域の厚さに依存しない。また、補強によりせん断領域が大きくなることと、強度の発現とが相関している。定圧条件で、大きなせん断領域が生じて体積膨張することから、定体積条件では、非常に高い拘束圧が発生し、非常に大きなせん断強度を発揮することになるだろう。

参考文献 Qiu, J.-Y. and Tatsuoka, F.: Behavior of Reinforced Sand in Direct Shear, 第53回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第3部(B)