

## III-174

## 種々の砂の一面せん断試験における強度・変形特性

横浜国立大学大学院 (学) ○中丸 宗一郎 横浜国立大学工学部 (正) プラダン テージ  
横浜国立大学工学部 (正) 今井 五郎 東急建設(株) (正) 岡本 正広

1. はじめに: 一面せん断試験は最も古い土質試験であり、原地盤での変形モードは一面せん断における変形モードと相似であることが多く、滑り面を仮定したクーロンの安定解析問題に適用できるといった実用的な利用価値は極めて高い。最近、一面せん断試験が見直され、基準化に向けて構造上の欠点を改良した一面せん断試験機を用いた研究が始められている。本研究では試作した新型一面せん断試験機(図1)を用いて、種々の砂に対して一連の実験を行い、特に平均粒径に着目して考察を行った。

2. 試料および実験方法: 実験に使用した試料はTicino砂 ( $D_{50}=0.502\text{mm}$ 、 $e_{\min}=0.590$ 、 $e_{\max}=0.960$ )、Hostun砂 ( $D_{50}=0.310\text{mm}$ 、 $e_{\min}=0.550$ 、 $e_{\max}=0.890$ ) の二種類で空中落下法により供試体を作成した。実験は全て所定の鉛直応力になるまで圧密し、せん断速度  $dh/dt=0.3\text{mm/min}$  ( $h$ : 水平変位) 一定で定圧一面せん断試験を行った。上下せん断箱間隔(以下スペーシング)を段階的に変えたときの各試料における最適なスペーシングを決定し、そのスペーシングのもとで鉛直応力と密度を変えて実験を行った。豊浦標準砂( $D_{50}=0.160\text{mm}$ 、 $e_{\min}=0.605$ 、 $e_{\max}=0.977$ )の実験結果<sup>1)</sup>を加え、平均粒径の異なる三種類の砂の強度に及ぼすスペーシングの影響や強度・変形特性を比較・検討した。

## 3. 実験結果および考察:

図2、3にTicino砂およびHostun砂の密詰め鉛直応力  $\sigma_v=1.0\text{kgf/cm}^2$  での各スペーシングにおける応力比  $\tau/\sigma_v$  および鉛直変位と水平変位との関係を示した。鉛直変位は圧縮側が正である。この図よりピーク時の強度とDilatancy

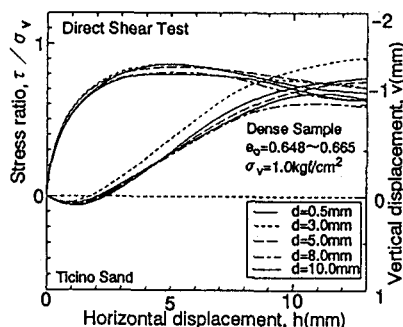


図2 応力比・鉛直変位-水平変位関係

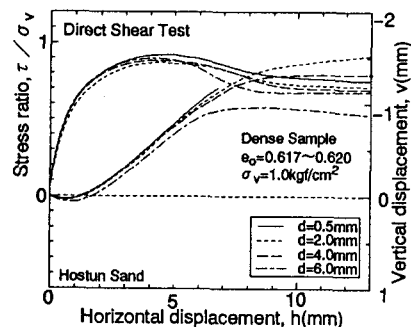


図3 応力比・鉛直変位-水平変位関係

特性はスペーシング( $d$ )の影響を受けていることがわかる。これは密度や鉛直応力、砂の種類によらず同様の傾向を得ている。図4にTicino砂の各鉛直応力に対する内部摩擦角  $\phi_{ds} = \tan^{-1}(\tau/\sigma_v)_{\max}$  と  $d$  の関係を示した。 $d$  が小さいと強度が高くなる傾向が見られる。Ticino砂については  $d$  が4~6mmで密詰め・緩詰めとも強度がほぼ一定となる。しかしDilatancy特性はこの範囲でも多少の影響を受けているので、両特性を考慮して、 $d=5.0\text{mm}$ を最適なスペーシング(以下最適スペーシング( $d_{opt}$ ))とした。Hostun砂についても同様な理由で最適スペーシングを  $d=4.0\text{mm}$ と決定した。また豊浦砂の最適スペーシングは  $d=3.0\text{mm}$ である。図5は最適スペーシングと平均粒径の比( $d_{opt}/D_{50}$ )

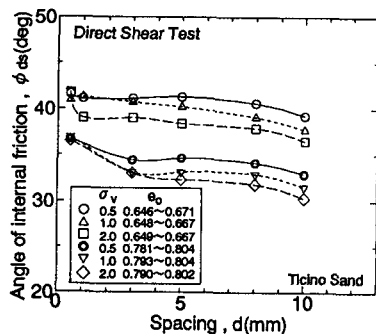
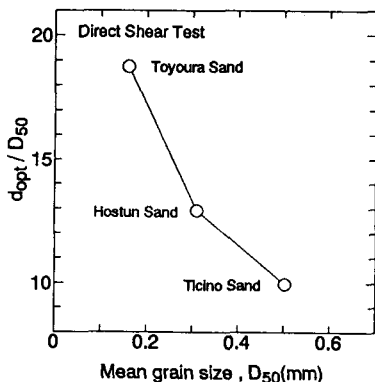


図4 強度に及ぼすスペーシングの影響

と平均粒径( $D_{50}$ )の関係を示したものである。この図より $D_{50}$ が大きくなるにつれて、 $d_{opt}/D_{50}$ が小さくなることが分かった。また最適スペーシングはせん断層の幅に対応しているため、せん断層の幅は<sup>1)</sup>平均粒径に依存することが分かる。これはせん断層の幅と $D_{50}$ の比

図5  $d_{opt}/D_{50}$ - $D_{50}$ 関係

が $D_{50}$ が大きくなるにつれて小さくなるという報告<sup>2)</sup>からも裏付けられる。図6に密度をパラメータとして鉛直応力 $\sigma_v=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ での強度と平均粒径の関係を示した。一般的な傾向として今回用いた各試料の内部摩擦角は平均粒径にあまり依存していない。一方、相似粒度および粒形を有する砂に関しては内部摩擦角は平均粒径の増加とともに大きくなるという報告<sup>3)</sup>がある。また平均粒径が同じでも、粒度が悪く、角張り度が低いと強度は小さくなると言われている。今回用いた各試料の均等係数(Ticino砂: $U_e=1.33$ 、Hostun砂: $U_e=1.94$ 、豊浦砂: $U_e=1.46$ )および角張り度<sup>4)</sup>(Ticino砂: $Y.F.=14.5$ 、Hostun砂: $Y.F.=15.1$ 、豊浦砂: $Y.F.=14.7$ )はそれぞれ異なり、Hostun砂は両方とも最も大きく、Ticino砂は最も小さい。このためTicino砂は平均粒径が大きいにも拘わらず、強度は小さくなる傾向にあると考えられる。したがって、強度特性は平均粒径にのみ依存するのではなく、粒度分布や粒形といったパラメータにも影響を受けることが考えられ、比較を行うにはこれらを総合的に考慮しなければならない。図7にTicino砂の密度・鉛直応力の異なる9つの実験についてStress-dilatancy関係を示した。これからStress-dilatancy関係は鉛直応力および密度に依存していることがわかる。ただし密度による影響に比べると鉛直応力による影響はかなり小さい。具体的な数値で示すと、各試料のStress-dilatancy関係の勾配は1.2~1.55の範囲に収まり、密度が大きくなるにつれて増加する傾向にある。今回用いた各試料のStress-dilatancy関係の勾配は豊浦砂のねじり単純せん断試験<sup>5)</sup>における勾配とほぼ同値であることから単純せん断変形が満足されていると思われる。

4. まとめ: 本研究の実験結果をまとめると以下になる。

- ①平均粒径に対する最適な上下せん断層間隔の比率は粒径が大きくなるほど減少する。
- ②種々の砂の強度比較を行うには平均粒径、粒形および粒度を考慮すべきである。
- ③変形特性は密度の影響を受けるが、試料の違いによる差はあまない。

<参考文献> 1) 藤谷(1993):「砂の一面せん断試験における強度・変形特性」、土木学会第48回年次学術講演会 2) プラダグン(1994):「砂の平面ひずり圧縮試験における Shear Band の特徴」、第29回土質工学研究発表会 3) PRADHAN, KAMATA(1994):「Anisotropic behavior of sands with similar grading in Plane Strain Compression」、IS-Hokkaido(Sapporo) 4) 吉田(1994):「各種粒状体の平面ひずり圧縮試験の供試体におけるせん断層について」、土木学会第48回年次学術講演会 5) 堀井・プラダグン・龍岡(1988):「ねじり単純せん断試験における砂の強度・変形特性」、第23回土質工学研究発表会

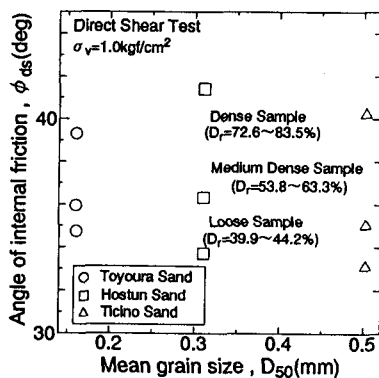


図6 強度に及ぼす平均粒径の影響

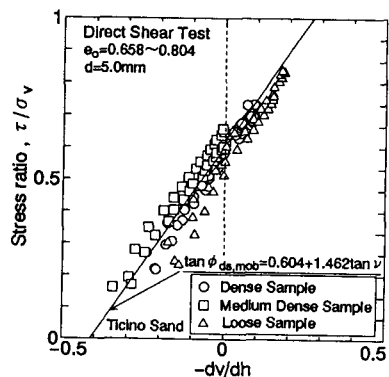


図7 ストレス・ダイラテンシー関係