

Ⅲ-166

砂のせん断層内のせん断ひずみについて

鹿島建設(株)技術研究所

(元東京大学大学院生) 正会員 吉田 輝

東京大学生産技術研究所 正会員 龍岡文夫

はじめに： 著者らは、世界各国で研究用の標準砂として用いられているものを含む各種の砂、礫およびガラスビーズ(表1、図1)の密詰め供試体を用いて、拘束圧 0.8kgf/cm^2 、 4.0kgf/cm^2 で、平面ひずみ圧縮試験を実施し、せん断層の力学特性を調べてきた^{1, 2, 3)}。ここでは、残留状態初期までに生じる「せん断層内でのせん断ひずみ」に関する測定結果の一例を報告する。

実験方法： 供試体は、姫礫・磯美礫の両者では高さ57cm、幅21cm、長さ24cm、他は高さ20cm、幅8cm、長さ16cmの直方体(図2)であり、いずれも空中落下法を用いて作製した、乾燥・密詰め供試体である。これらを、排気状態、一定の軸ひずみ速度 $0.125\%/分$ (姫礫・磯美礫では $0.0625\%/分$)で上下方向に圧縮破壊させた。供試体とキャップ、ペダスタルおよび拘束板の間には、摩擦軽減層を設けた。 σ_2 面のメンブレン上に印刷した5mm方眼が供試体に追従して変形するとみなして、「せん断層における横ズレ」、「せん断層の幅」などを、写真読み取りによって測定した。

表1 試料の物理的性質と試験条件

試料 (産地)	物理的性質							試験条件	
	D_{10} (mm)	D_{50} (mm)	D_{90} (mm)	U_c	G_s	e_{max}	e_{min}	$Dr_s^{1)}$ (%)	$Dr_c^{2)}$ (%)
豊浦砂 (日)	0.137	0.206	0.216	1.58	2.636	0.973	0.612	77.3	86.4
Ottawa砂 (米)	0.110	0.174	0.193	1.76	2.665	0.864	0.515	78.2	73.4
Hostun砂 (仏)	0.211	0.408	0.449	2.13	2.65	0.95	0.55	83.5	75.5
Monterey砂 (米)	0.363	0.484	0.509	1.40	2.64	0.86	0.55	82.6	70.0
Karlsruhe砂 (独)	0.309	0.460	0.497	1.61	2.65	0.87	0.54	75.5	70.9
Ticino砂 (伊)	0.372	0.527	0.564	1.52	2.68	0.96	0.59	81.9	75.9
ガラスビーズ (日)	0.431	0.499	0.518	1.20	2.49	0.713	0.563	93.3	61.3
Silver Leighton Buzzard砂 (英)	0.499	0.681	0.712	1.43	2.66	0.79	0.49	80.3	81.0
波崎砂 (日)	1.24	1.62	1.69	1.36	2.649	0.884	0.700	148	148
姫礫 (日)	1.50	2.01	2.09	1.40	2.65	0.633	0.514	123	
磯美礫 (日)	5.02	6.80	7.33	1.46	2.67	測定不能	0.457 ³⁾		
若狭砂 (日)	0.122	0.197	0.210	1.72	2.717	1.223	0.787	145	

1) 拘束圧 0.8kgf/cm^2 の試験に使用した供試体の初期相対密度(姫礫・磯美礫は 0.2kgf/cm^2 、他は 0.1kgf/cm^2 で等方圧密した状態)。

2) 拘束圧 4.0kgf/cm^2 の試験に使用した供試体の初期相対密度(0.1kgf/cm^2 で等方圧密した状態)。

3) 磯美礫のみ、間隙比を示した。

結果： 図3は、「応力がピークから残留に至るまでの間の、せん断層での横ズレ量(u_s^*)_{res}」についてまとめたものである。ここでは、供試体の全体で平均したせん断応力レベル $R = \sigma_1 / \sigma_3$ のピーク値、ピーク以後の最小値をそれぞれ R_{peak} 、 R_{res} とすると、 $R - R_{res} = (R_{peak} - R_{res}) \times 0.05$ となった時をもって、残留状態に至ったとみなした。図3では、縦軸は粒径

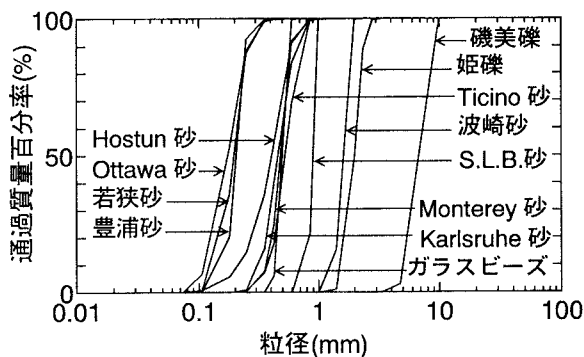


図1 試料の粒径加積曲線

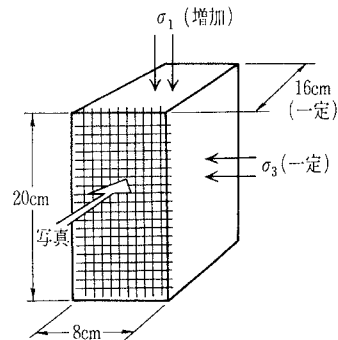


図2 中型平面ひずみ圧縮試験の供試体

D_{50} で割って正規化してある。従って、 $(u_s^*)_{res}$ は、 D_{50} が大きい程、大きくなっている（但し、比例関係にはない）。

図4は、図3での「横ズレ $(u_s^*)_{res}$ 」に代えて、「せん断層の厚さ t_0 」を縦軸にとってみたものであり、図3と同じく、 t_0 は D_{50} で割って正規化してある。従って、 t_0 は D_{50} が大きい程、大きくなっている。

図3の $(u_s^*)_{res}$ 、図4の t_0 の両者とも、 D_{50} に対して類似の傾向があるのが分かる。そこで、 $(u_s^*)_{res}/t_0$ （この値は、ピークから残留状態初期までの間に生じた、せん断層内部のせん断ひずみを表す）を、材料ごとに調べたものが、図5である。 $(u_s^*)_{res}/t_0$ は、比較的狭い範囲（約40～90%）に収まっており、 D_{50} との相関は見られない。ただし、供試体密度・粒子形状・粒子の破砕性等の影響については、検討の余地がある。

あとがき： 文献2）では、粒子の破砕性・形状も考慮に入れた、より詳しいせん断層の力学特性について触れてある。東京大学生産技術研究所 佐藤剛司 技官には、実験の際お世話になった。東急建設（株）技術研究所の董 軍氏から、磯美礫の写真・実験データ等のご提供を受けた。ここに感謝の意を表します。

参考文献： 1）吉田 輝・後藤正司・亀谷泰久・龍岡文夫・木幡行宏・董 軍（1994）：「砂礫の平面ひずみ圧縮試験におけるせん断層の応力・変形関係」、地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム 発表論文集、土質工学会、189-196頁。 2）吉田 輝（1995）：「砂の破壊に伴うひずみの局所化とせん断層の発生」、東京大学博士論文。 3）吉田 輝・中村慎一郎・龍岡文夫・亀谷泰久（1994）：「密詰め砂の平面ひずみ圧縮試験におけるせん断層内・外の変形特性」、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集 第3部(A)、334-335頁。

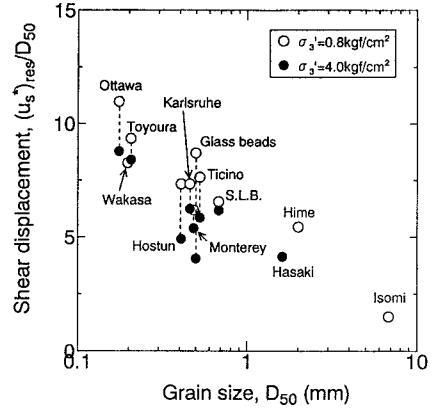


図3 「粒径～残留状態までに生じる横ズレ」関係

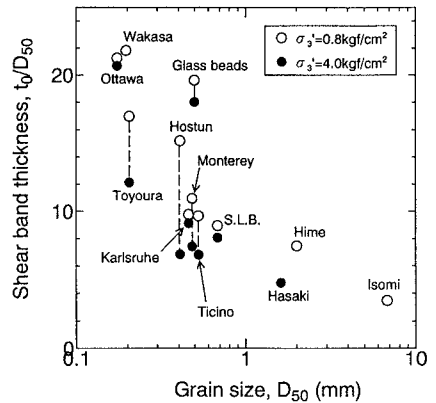


図4 「粒径～せん断層の厚さ」関係

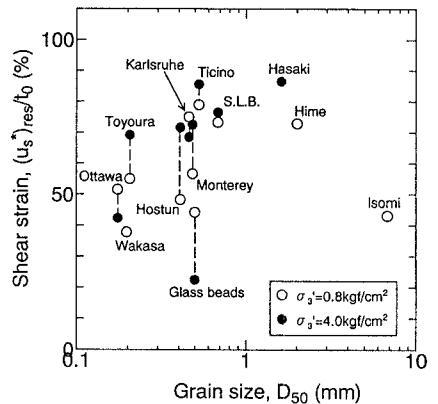


図5 残留状態初期までに生じるせん断層内でのせん断ひずみの分布