

神戸大学工学部 正 谷本喜一
神戸大学工学部 正 野田 耕
神戸大学大学院 学○野口秀喜

1. まえがき

従来、砂は大体球状体と見なされ、その力学的性質も等方的であるという仮定のもとに、測定データの整理や解釈がなされてきた。しかし、最近になって、砂粒子を球状体とは考えず、したがってその構造的、力学的性質も異方性を持っているという観念に立っての報告もなされている。本研究においても、自然砂質地盤における原位置セン断試験を実施して、その力学的特性の実態を明らかにするとともに、砂粒子の形状を簡易的方法によって観察測定し、形状の実際の分布を調査した。

2. 試料および実験方法

本研究で測定を実施したのは、芦屋浜、須磨浜および武庫川原の3地点である。これらの地点の砂はすべて花こう岩を母岩とし、その粒度特性および物理的性質は表-1に示したとおりである。

原位置一面セン断試験は、砂層の表面5 cm位を静かに除去し、表面を平らにならしたのち行なった。セン断箱(直径10 cm、高さ4 cm)を静かに砂層中に押し込み、上端を平面に成形したのち、所定の鉛直荷重をかけてセン断した。鉛直荷重は、0.39%、0.68%および0.97%の3種を採用した。セン断速度は1 mm/minのひずみ制御方式を用いた。セン断方向は、海浜では海岸線に直角方向と平行方向、河川では流れに平行方向と直角方向の2方向とし、特に芦屋浜ではそれ以外に30°、45°、60°の方向についても測定を実施した。

粒子の形状は、室内で気乾状態にした試料から任意に抽出した100程度程度の砂粒子について、たがいに直角を成す方向に最長径、中間径および最短径として測定を実施した。測定にはマイクロメータを使った。

表-1 物理的性質

	芦屋浜	須磨浜	武庫川
比重 G_s	2.63	2.63	2.62
乾燥密度 $\rho_d(\%)$	1.58	1.51	1.64
自然含水比 $w(\%)$	6.92	11.89	8.81
間隙比 e	0.66	0.74	0.60
最大粒径 $D_{max}^{(mm)}$	25.4	19.1	25.4
有効径 $D_{50}^{(mm)}$	0.27	0.37	0.69
60%径 $D_{60}^{(mm)}$	1.10	0.86	1.62
均等係数 U_c	4.18	2.32	2.46

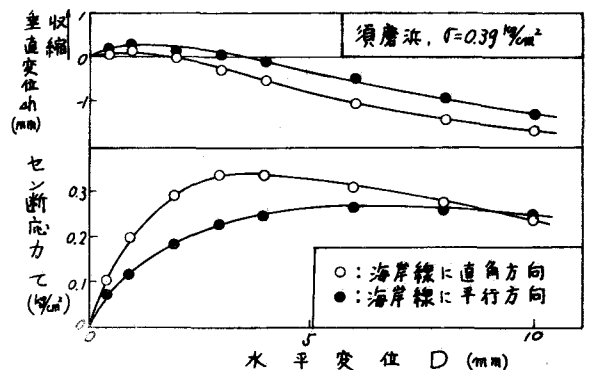


図-1 セン断応力、垂直変位～水平変位曲線

3. 実験結果および考察

原位置セン断試験の記録例を図-1に示した。この図から、海岸線に直角方向のセン断強度は平行方向の強度よりも大きいことがわかる。つぎに、内部摩擦角 ϕ 、粘着力 c を求めて表にしたものが表-2である。これ

をみるとどの地点においても水の流に平行方向のセン断強度は直角方向よりも大きいことがわかる。芦屋浜では、海岸線に平行方向から直角方向にセン断強度は増加し、直角方向で最大値を示す。このように、自然砂質地盤は特定方向にある外的作用をうけると力学的に異方性を示すものと思われる。

つぎに粒子形状測定結果を図-2に示した。図は須磨浜の砂の場合であるが、 p = 最短径 / 中間径、 q = 中間径 / 最長径として表わしてある。 p および q の平均値は $\bar{p} = 0.77$ 、 $\bar{q} = 0.72$ となり、粒子は扁平だ円体と考えられる。芦屋浜および武庫川の砂についても同様の傾向があり、それぞれの平均値も $p \approx q = 0.72 \sim$

表-2 試験結果									
セン断方向	芦屋浜					須磨浜		武庫川	
	海岸線に平行	30度	45度	60度	直角	平行	直角	海岸線に平行	直角
粘着力 c (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
内部摩擦角 ϕ (度)	35.7	35.2	35.5	37.8	38.9	34.8	38.3	32.2	31.1
$\tan \phi$	0.719	0.705	0.713	0.776	0.807	0.695	0.790	0.630	0.603
$\tan \phi / \tan \phi_0$		1.12					1.14	1.04	

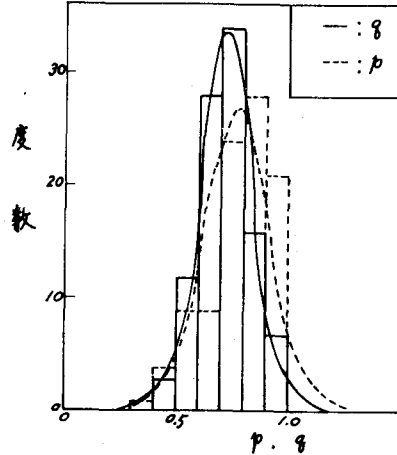


図-2 p, q の度数分布(須磨浜)

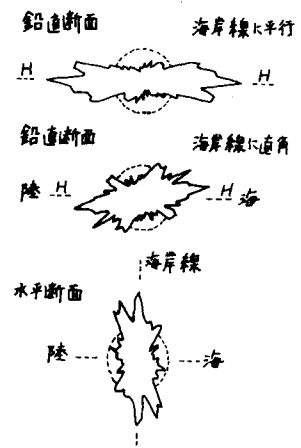


図-3 長軸の各方向に対する分布

0.77程度となる。また、砂層における粒子の配列方法であるが、Lafeber & Willoughby⁽¹⁾⁽²⁾によると図-3のように海岸線に平行方向に長軸を向けて安定する傾向にあることが報告されている。

4. あとがき

本研究によって、自然砂質地盤に異方性の存在することが確認された。砂の異方性には粒子の形状と定方向配列に起因するものと、粒子の積み重なり方の異方性に起因するものの2種類が存在するように思われる。今後は、砂の力学的特性をミクロ的に解明する場合には、砂層の粒子の配列構造と形状の両者を考慮した展開が必要となってくると思われる。

参考文献 (1) Lafeber, D. & Willoughby, D.R.: Morphological and Mechanical Anisotropy of a Recent Beach Sand. Proc. Symp. Foundations on Interbedded Sands, Perth, 1970.

(2) Lafeber, D. & Willoughby, D.R.: Fabric Symmetry and Mechanical Anisotropy in Natural Soils. C.S.I.R.O. Division of Applied Geomechanics Research Paper No. 168.