III-276　せん断変形による土の透水係数の変化

愛媛大学大学院　学　○萩野　芳章
愛媛大学工学部　正　八木　則男
愛媛大学工学部　正　矢田部　龍一

1．まえがき

浸透場における砂のカ学特性に関する研究が最近なされている。[1] しかし、その試験法には問題があり、また結果の評価法にも不明な点が多いように思われる。本報告は、この種の試験法や評価法で浸透場における砂の強度特性を調べることの問題点を若干論じ、また、せん断と透水を同時に実験できる一面せん断装置と単純せん断装置を試作し、せん断にともなう土の透水係数の変化を調べたものである。一面せん断装置によるせん断時の透水係数の変化については、前報[2]で述べたので本報告ではおもに単純せん断装置による試験結果を述べる。そして、せん断にともなう透水係数の低下の原因についての若干の考察を行なう。

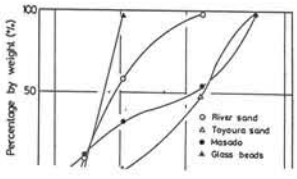
2、試料、実験装置，実験方法

試料には、まさ土，豊浦標準砂，川砂それにガラスビーズの4種を使用した。粒径加積曲線を図－1に示す。今回，新たにガラスビーズを試料として用いたのは次の理由による。前報で一面せん断時に土の透水係数が低下することがわかったが，その原因として次の2点が考えられる。

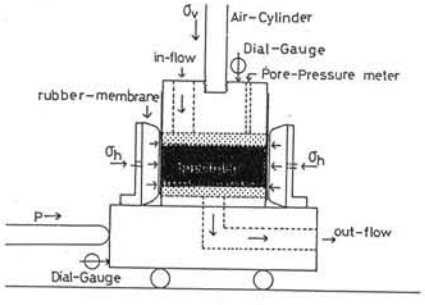
① まさ土，標準砂，川砂では粒子の形状が若干偏平であるためせん断による粒子の再配列により透水係数の低下が起こる。

② 供試体作成時に広がりを持って分布していた間隙径が，せん断により変化し，それにともない透水係数が低下する。

供試体の間隙径の変化を調べることは難しいが，粒子の形状の影響を調べるには，球状の試料を使用すればよい。それで，ほぼ球形をしているガラスビーズを使用した。



図－1　粒径加積曲線



図－2　単純せん断装置の概略

単純せん断装置を図－2に示す。この装置は，せん断中に試験を中断することなく透水試験を行なえる。浸透水は，供試体上部から下向きに流れる。上端部では水圧を測定しており，下端部では大気圧である。側圧はゴム膜を介して空圧で与えられる。実験は上載圧0.7 kgf/cm²，側圧 0.5kgf/cm²，供試体径 5cm，高さ2.5cm程度で行なった。なお，単純せん断装置を新たに試作したのは，一面せん断に比べて供試体内のひずみ分布が均一と思われ，したがって供試体高さから求めた透水係数も一面せん断に比べて意味を持つと考えられるからである。

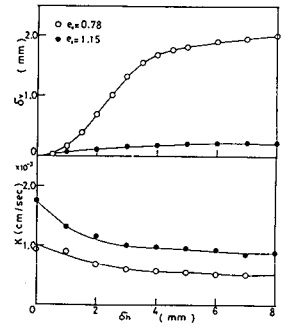
3．実験結果と考察

実験結果を述べる前に，浸透場における強度特性を要素試験で調べる場合の問題点に触れておく。ひとつは，従来から指摘されているように要素内に最初から応力の不均一性があり，要素試験となりえてない点である。もうひとつは，もっと基本的なことであるが，本実験のような場合，力の釣り合い式は次式となる。

$$\frac{\partial \sigma_x'}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} = \gamma_d \quad \text{-----(1)}$$

ここで，σ_x'は有効応力，uは間隙水圧，γ_dは単位体積重量

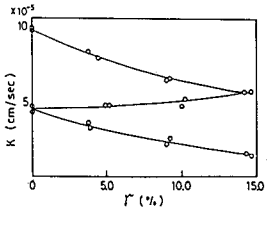
要素試験では，一般に自重項は無視できるから有効応力は間隙水圧のみで評価できる。従って，上向き浸透，下向き浸透といった議論は要素試験では意味をなさない。この種の実験を正しく行なうには，境界に拘束圧を作用させる要素試験によるのではなく，土の自重が外力となる実験法により意味を持つと考えられる。以上のことから，本実験では一応供試体のせん断抵抗を測定したが議論の対象としない。



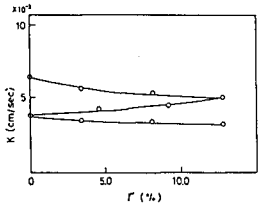
図－３　K～δv～δhの関係
（一面せん断，川砂）

図－３に一面せん断による川砂の垂直変位δvと水平変位δhそれに透水係数Kの関係を示す。一面せん断中に透水面積は変化するので，その分の断面積は補正してある。また，一面せん断中のひずみ分布は不均一であるが平均ということで透水係数は供試体高さから求めた。供試体の体積は膨張しているにもかかわらず，透水係数はせん断にともなって低下している。まさ土，標準砂でも同様の傾向を示し，低下の割合はまさ土が最も顕著であった。

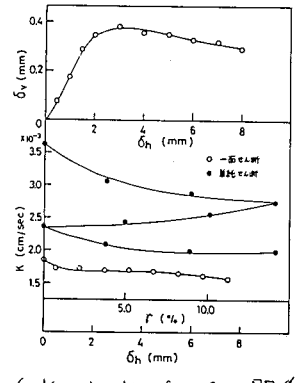
単純せん断時の透水係数の変化を図－４，５に示す。図－４はまさ土の，図－５は標準砂に対しての結果である。せん断中の透水係数を論じる場合，ある程度ひずみ分布の均一性が保証されねばならないが，単純せん断は，一面せん断や三軸圧縮試験に比べて供試体内のひずみ分布がかなり均一であると思われる。まさ土，標準砂ともにせん断により透水係数は低下している。また，せん断変位をゼロに戻しても透水係数は回復せず，戻す過程でも透水係数は低下する傾向がある。一面せん断試験，単純せん断試験ともに透水係数が低下する傾向があることがわかったが，その原因として前記①②のことが考えられる。粒子の形状が主原因であるかどうかを調べるため球状のガラスビーズで試験を行なった。結果を図－６に示す。一面せん断，単純せん断ともにやはり透水係数の低下がみられる。これから，せん断にともなう透水係数の変化は，粒子の形状が主原因となっているのではなく，間隙の形態がせん断にともなって変化するからであろう。しかし，せん断前後の間隙の形態を調べてはいないので結論はさける。



図－４　K～γの関係
（単純せん断，まさ土）



図－５　K～γの関係
（単純せん断，標準砂）



図－６　K～γ，K～δv～δhの関係
（ガラスビーズ）

4．あとがき

一面せん断試験，単純せん断試験時に透水係数は低下する傾向があることがわかった。ガラスビーズを用いた試験から，粒子の形状が透水係数の低下の主原因ではないであろうということが明らかになったが，その原因は今後解明すべき課題である。また，不かく乱まさ土は間隙径が広範囲に分布しているので，せん断にともなう透水係数の変化はかなり大きいと考えられるので今後調べていく予定である。

5．謝辞，実験装置の作製は，海洋工学科技官　二神　治氏と森　正光氏による。記して感謝します。

参考文献

1）内田，村田，竹田；浸透水流の方向と砂のせん断強度について，第15回土質工学研究発表会講演概要集

2）八木，矢田部，萩野，武智　；せん断を受けた土の透水係数