

水砒スラグの工学的性質に関する研究

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
岡山大学工学部 学生員 〇難波 勲
川 崎 製 鉄 正会員 ニ町 宣洋

1. まえびき 近年、我国では海砂・川砂の採取が規制され、天然砂の不足が生じている。それに伴って、鉄鋼生産過程において生成される水砒スラグに対する関心が高まってきた。水砒スラグは、人工的に製造される砂質土であり、硬質水砒スラグと軟質水砒スラグとがある。軟質水砒スラグは、単位体積重量が小さく、透水性が良好で、若在水硬性・自硬性を有し、さらに内部摩擦角が大きいなどの優れた性質を有しているが、その工学的性質は必ずしも十分に明らかにされているとはいえない。最近、有限要素法などを用いて土構造物や基礎地盤の変形解析が行われるようになってきた。その際、土の応力-変形特性のデータが必要となる。ここでは、各種締固め、添加剤、水分条件のもとで、 K_0 載荷試験を行ない、所定の材令が経過したのち三軸圧縮試験を行なって、stress-strain 関係を求めた。また、硬化していない水砒スラグの載荷試験を行ない、注水することによってマサ土のようなゴラス現象が生ずるかどうかを調べた。これらの実験結果の一部を報告する。

2. 三軸圧縮試験の試料作成条件 軟質水砒スラグに、アルカリ刺激剤として、石灰5%、10%を添加し、また、粒度分布を改良し間隙比を小さくして自硬性の早期発現を期待するために、粉砕スラグを5%、10%、15%混入した。水分条件は、真水・塩水の2通りを加えたものを作成し、真水は含水比が15%、また、塩水は普通の海水濃度の2倍、3倍濃度とし浸漬状態にした。ここで、2倍、3倍濃度とした理由は塩水濃度が硬化にどのような影響を与えるかということと明らかにするために行なった。潮の干満のある場所では、塩差物が多く粒子に付着し硬化を促進するものと考えられる。締固め条件は、突固めなしの場合、4.5kgランマーにより3層に分け、各層50回、100回、300回である。突固めた後、載荷を行なうが、ここでは載荷荷重の0.372 kg/cm²と一定とした。所定の材令60日、120日、180日が経過した後、三軸圧縮試験を行なった。

3. 三軸圧縮試験結果 水砒スラグ粒子は多孔隙で角ばっているため、一般に内部摩擦角は大きいと考えられる。しかし、天然砂に比べて粒子が破砕しやすいため、高い側圧下でのせん断変形や大きい締固めエネルギーによって細粒分が増加し、その工学的性質が変化することも予想される。ここでは、三軸圧縮試験機を用いて、排水せん断試験を行ない水砒スラグの強度特性について調べた。試験結果の一例として、図-1に、締固め条件100回、真水、石灰10%、養生日数120日で硬化した試料について、また、図-2に締固めなし、真水、石灰5%、養生日数120日で硬化していない試料についての試験結果を示す。図から分かるように、硬化した試料では、主応力差曲線は明確なピークを得ることができたが、側圧によって主応力差にはさほどの変化はみられない。これは、側圧が最大でも3.0 kg/cm²で行なったため、試料にはほとんど影響がなく、主応力差の大小はその試料強度のみが決定できると考えられる。硬化していない試料における、主応力差には明確なピークを得ることができなかった。これは、粒子の再配置および破砕による密度の増加により強度が増加し続けたと考えられる。また、弾性係数やポアソン比は、必ずしも側圧変化により順次変化している。

水砒スラグは、空隙の多い破砕しやすい粒子である。粒状体のせん断強度は、粒形、粒度分布、密度、構造骨格、飽和度などによって異なる。ここで、飽和度100%と考えれば、同質な水砒スラグの強度の差は、密度と構造骨格の差であり、拘束圧の変化を考慮するならば、粒子の強度やせん断強度に影響を及ぼす。すなわち、水砒スラグのせん断強は摩擦成分、ダイレイタンシー成分、粒子破砕成分からなる。側圧が小さい場合、せん断強度はダイレイタンシー成分が主体をなしていると考えられる。

三軸圧縮試験結果よりモールの応力円を描き、粘着力および内部摩擦角を求めると、粘着力の最大値は、2.8

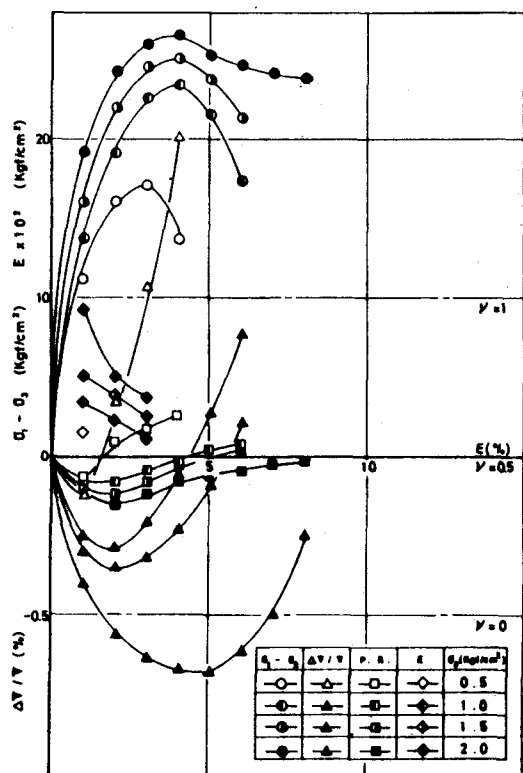


図-1 硬化した試料の三軸圧縮試験結果

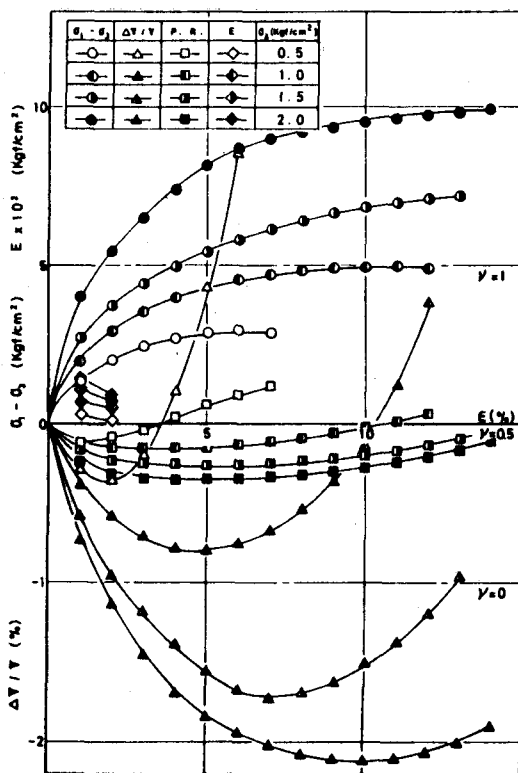


図-2 硬化していない試料の三軸圧縮試験結果

8%で、内部摩擦角の最大値は、 37.7° と標準砂に数倍かなり大きな値を得た。

4. 圧縮試験 載荷した状態で水の浸入により、水砕スラグ地盤などのような挙動を示すかということを明確にするために行なった。ここではCBR試験機を利用して行なった。

図-3は、上載荷重を0.5, 1.0, 1.5%とし、一時間載荷した後、注水した挙動を水砕スラグとマサエ

について行なったものである。その結果、マサエでは浸水による著しいクラフス現象が現れているが、水砕スラグは載荷した状態で注水を行っても、クラフス現象は生じないということが判明した。

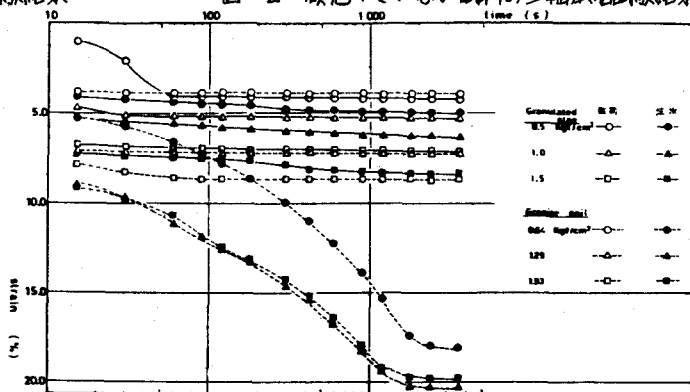


図-3 載荷-注水試験結果

[参考文献]

- 1) 河野 二町, 西垣 土質材料としての水砕スラグに関する研究, 材料, Vol. 31, No. 341, 1982. 2
- 2) 財団法人国土開発技術センター: 水砕スラグを利用した地盤改良技術の開発に関する報告書, 1978. 3