

Ⅲ-2 フォールコーン試験による粘土の液性・塑性限界に及ぼす塩分濃度の影響

愛媛大学大学院 学○堀 政理, 岡山大学大学院 学 小林延行
高松工業高等専門学校 建設環境工学科 正 向谷光彦, 岡崎芳行
高松高専専攻科建設工学専攻 学 諏訪隼人, 開発コンクリート(株) 正 藤原保夫

1. まえがき

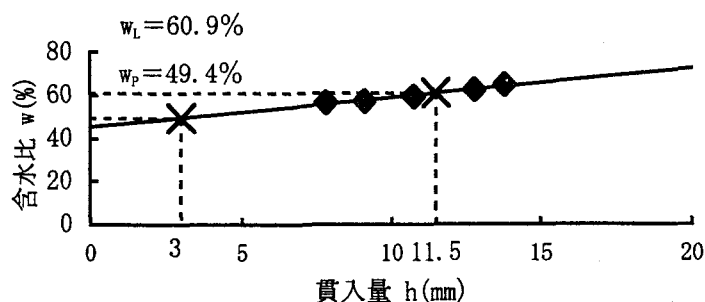
土はその含水状態によって変型特質が異なり、固体・半固体・塑性体・液体に分けられている。それぞれの境界の含水比を収縮限界・塑性限界・液性限界といい、これらをコンシステンシー限界と呼んでいる。通常、土の力学試験を行う事は非常に稀で、粘土の概略的な力学特性の把握は、物性値から推定される事が多い。つまり、その土が受ける様々な環境条件の変化による影響を、物性値の変化として捉えられれば設計上便利である。陸上で産出された粘土が河川の運搬作用や埋め立てによる変化により、自然含水比が大きくなる傾向がある。これは、間隙水が陸側の地下水から海水中に含まれる塩分のイオンの影響を受けるためと言われている。そこで本実験では、海水の濃度を基準としたいいくつかの塩分濃度に調整した食塩水を粘土に混合しフォールコーン試験を行い、そのコンシステンシー特性の変化について調べた。

2. 試料、実験装置、実験方法

試料は、笠岡粘土 ($\rho_s=2.63\text{g/cm}^3$) を用いた。試験器はフォールコーン液性限界試験器 (自動貫入停止式) を用いた。乾燥状態の試料に水を試料がパテ状になるまで加え、試料内の含水比が均一になるように練り合わせる。試験器の試料容器に気泡を取り込まないように注意しながら試料を詰め、直ナイフ等を用いて試料の表面と容器の上端が一致するようにする。試料容器を試験器に取り付け、コーン貫入量を測定する。その際、貫入量が 7~11mm の範囲で 2 個以上、11~15mm の範囲で 2 個以上、計 5 個以上資料が得られるようにする。フォールコーン試験は、最初に食塩濃度 0%の水を使用し、1%、2%、3.5% (海水の濃度) について行った。そして、結果をみてさらにくわしく調べるために 0.5%と 10%についても行った。食塩水を作る際に塩分濃度が均等になるように十分に混ぜ合わせた。また、従来法との対応を調べるために同じ条件で液性限界試験と塑性限界試験を行った。なお、実験で使用した食塩は市販されている調理用食塩である。

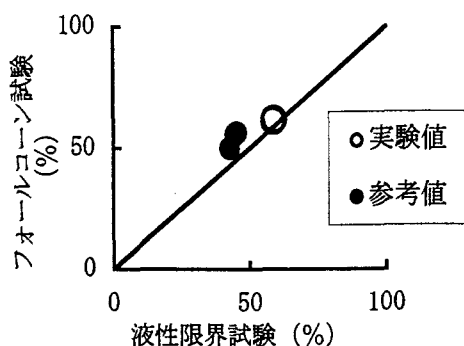
3. 実験結果、考察

フォールコーン試験により測定した貫入量 h (mm) と含水比 w (%) を図一1 に示す。この図で貫入量 11.5mm に相当する含水比がフォールコーン試験でもとまる液性限界 w_L 、貫入量 3mm に相当する含水比が塑性限界 w_P である。フォールコーン試験で求めた液性・塑性限界と従来法で求めた液性・塑性限界との関係を図一2、図一3 に示す。図一2 より、液性限界について両者はほぼ一致しており、フォールコーン試験

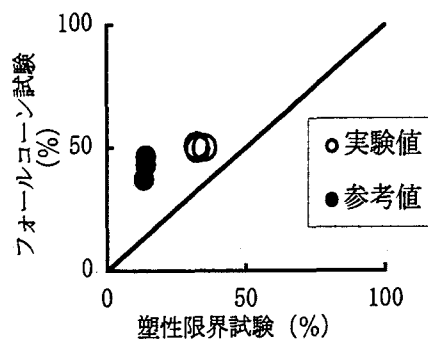


図一1 含水比と貫入量の関係

でも十分に液性限界を測定する事ができると考えられる。しかし、図一3 の塑性限界試験においては両者の対応は良くない。フォールコーン試験では、試料の容器への詰め方により乾燥密度や含水比に影響が出ると考えられている。試料が塑性限界の含水比に近づくにつれて試料が硬くなり、試料容器に均等に詰めることが困難になってくるので、貫入量の測定自体に誤差が生じる。また作業の手際や室温なども影響してくると考えられる。以上から、フォールコーン試験は、液性限界を求めるのに適している。参考値として去年の結果を引用した。試料は今回使用したものと質が異なるため値は若干異なる。図一4 は、フォールコーン試

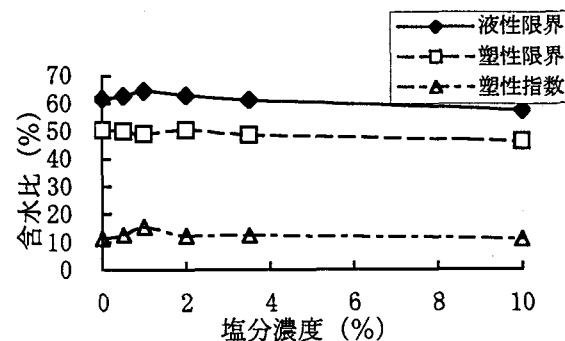


図—2 液性限界 w_L の比較

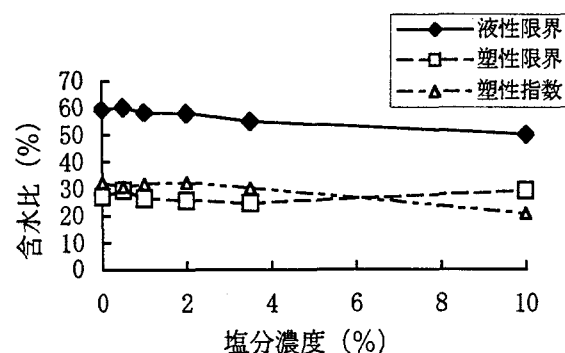


図—3 塑性限界 w_P の比較

験による食塩濃度と液性限界および塑性限界の関係である。図より、0%～2%の間の含水比の増減が逆転している。塩分濃度が1%のところで液性限界が最大になっているが、塑性限界は減少している。そして2%以降は両者の含水比は、塩分濃度の増加とともに減少する傾向がある。土粒子は水に吸着することが普通の土粒子として最も一般的な特徴である。食塩が水に混入されることで土粒子表面からの吸着力が増すのではないかと考えられる。しかし、図より塩分濃度が高ければいいという訳ではない。図—5に従来法における食塩濃度と液性限界および塑性限界の変化について示すが、液性限界においてはフォールコーン試験の結果とほぼ同じ傾向が見られる。従来法ではわずかではあるが、塩分濃度が0.5%の時に液性限界が最大になっている。尚、従来法の塩分濃度0.5%においてはより正確な結果を得るために何度か再実験を行った。塑性限界は3.5%以降増加していることが分かる。また、6%以降は塑性限界と塑性指数の大きさが入れ代わりほぼ上下対称のグラフになった。



図—4 塩分濃度と w_L および w_P の関係 (FC試験)



図—5 塩分濃度と w_L および w_P の関係 (従来法)

4. まとめ

2つの実験結果から言える共通点は、液性限界は海水の濃度3.5%より低い濃度で最大になるということである。海水の濃度に近い塩分濃度の時に含水比が最大になると思っていたが実際は違っていた。今回の実験より液性限界が最大になる塩分濃度は0.5%～1%の間に存在することが分かった。実験に使用した水の塩分濃度が変化するとコンシステンシー特性に影響が出る。やはり食塩に含まれるイオンが影響しているといえる。しかし、実際は海底に存在する粘土と実験で使用した粘土では食塩に馴染む時間が違う。より詳しく調べるには、塩分と馴染む時間との関係を調べる必要があるだろう。塑性限界においては従来法との対応も悪く、良い結果とはいえない。何度も実験をくり返すうちに、ある程度の実験結果の傾向は分かってきた。今後フォールコーン試験により塑性限界が正確に測定できれば、さらに詳しく塩分を含んだ水におけるコンシステンシー特性の評価ができるのではないかなと思う。

参考文献

- 1) 土木学会：土質試験のてびき、第6章 土の液性限界・塑性限界試験、pp.38～45、1998。
- 2) 地盤工学会基準部：新規制の学会基準案「フォールコーン法による土の液性限界試験法」について、土と基礎、12月号、pp.72～74、1996。
- 3) 参考 web：海水成分表 <http://www2.odn.ne.jp/~ham40160/page018.html>