

岐阜県建設技術センター 正会員 北折敏之
金沢大学工学部 正会員 西田義規
金沢大学工学部 正会員 関口秀雄

1. まえがき

今春に開通式を迎えた石川県能登島大橋の架橋工事においては、海底下約60mにわたって厚く分布している珪藻泥岩層(和倉泥岩層)への鋼管杭の打込み性と杭支持力評価が大きな技術的課題となった¹⁾。そして、これらの課題の解決に必要な技術資料を得るために、試験杭に対し、打込み時の動的応力測定をはじめ、鉛直載荷、水平載荷、及び引抜き等の各試験が実施された¹⁾。筆者らは、これら一連の載荷試験の結果を解析し、珪藻泥岩における杭基礎の支持機構を解明することを最終目標としているが、本報告では、その第一段階として調べた珪藻泥岩の強度特性について述べる。

2. 実験の概要

本研究において用いた珪藻泥岩試料は、富山・前川²⁾がこの数年来、詳しくその力学特性を調べてきている飯塚泥岩層に属するもので、珠洲市上戸のコンロ製造工場採土横坑の切羽から乱さない状態でブロック状に採取し、実験に供している。なお、この飯塚珪藻泥岩は地山で飽和状態にあるうえに、その工学的性質は、能登島大橋架橋地点に分布している和倉珪藻泥岩と酷似している点で、本研究の目的に合致するものである。表-1に、採取した飯塚珪藻泥岩試料の物理的性質をまとめて示す。

表-1 珪藻泥岩の物理的性質

Natural water content = 128%
Natural void ratio = 2.76
Degree of saturation = 100%
Unit weight = 1.31 gf/cm ³
Dry unit weight = 0.57 gf/cm ³
Specific gravity = 2.16
Liquid limit = 151%
Plastic limit = 58%

本研究においては、杭打設時の挙動解析に必要な土質情報を得るために、圧密非排水三軸圧縮試験と圧裂試験を行った。

圧密非排水試験においては、泥岩試料を所定の等方圧密応力のところで24時間圧密したのち、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_z = 0.01\%/min$ のもとでせん断を行った。なお、行った7ケースの全ての試験において、5kgf/cm²の背圧を作用させた。

圧裂試験は、珪藻泥岩の引張強度値とその載荷速度依存性を調べるために行ったので、6ケースの急速圧裂試験と4ケースの緩速圧裂試験を行った。

なお、用いた供試体の寸法は上記二種類の試験を通じて、 $\phi 5cm$ 、 $h 10cm$ である。

3. 結果と考察

(1) 圧密非排水三軸試験 7種類の圧密応力のところで行った圧密非排水三軸試験における実測の有効応力経路を図-1と図-2に示す。ここに、曲線の重なりを少なくするために、図-1にはピーク強度以前の有効応力経路を示し、図-2にはピーク強度以後から大ひずみ状態に至るまでの有効応力経路を示してある(表-2を参照のこと)。

等方圧密時の降伏応力値として $p_0 = 28 kgf/cm^2$ なる値が別途に求まっていることを念頭において、図-1の結果を見ても、圧密応力の増加と

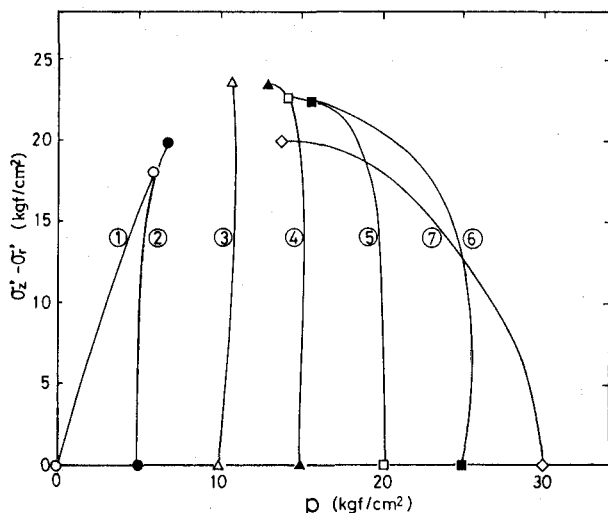


図-1 ピーク強度状態までの有効応力経路

とどに有効応力経路は、従来より飽和粘土においてよく知られている過圧密状態のパターンから正規圧密状態のパターンへ規則性を示しながら移行している様子がよくわかる。

また図-2から、珪藻泥岩においてはピーフせん断強度以後のせん断抵抗の低下傾向が著しいこと、特に試験3~7においては、ピーフせん断強度以後に主応力差のみならず、平均有効応力の値も著しく減少していることが注目される。これらのひずみ軟化挙動は、珪藻泥岩の成因から推定してみると、珪藻泥岩の土粒子間に発達していたセメンテーションの破壊にともなう、元々の loose な構造骨格がより密実になろうとする傾向を反映したものであろう。

(2) 圧裂試験 上述のようなセメンテーションの程度を定量的に見積るために計10ケースの圧裂試験を行った(表-3参照)。その結果、載荷速度によって引張強度 σ_t の値が特定の傾向を示すようなことは認められなかった。そして珪藻泥岩の引張強度の平均値として、 3.7 kgf/cm^2 なる値が得られた。

(3) 破壊規準について 図-3は、圧密非排水試験から求めたピーフ強度時のモール応力円と、 $\sigma' = -3.7 \text{ kgf/cm}^2$ を通るGriffithの破壊規準線を描いたものである。図-3より、Griffith規準はこの珪藻泥岩に対しては、やや過大なせん断強度値を与えることがわかる。

他方、Mohr-Coulomb規準を表-2の結果に適用するには、いわゆる粘着成分 c' の評価法とその物理的根拠が問題になる。今後、空洞拡張試験等を行い、固結力を有する珪藻泥岩の破壊機構を明らかにしたい。

参考文献 1) 石川(1979)、能登島大橋有料道路建設工事鋼管杭支持力試験-成果報告書。2) 宮北・前川・宮本・小川(1981)、第16回土質工学研究発表会。3) 松本・関口・戸所(1982)、第37回土木学会年講(発表予定)。

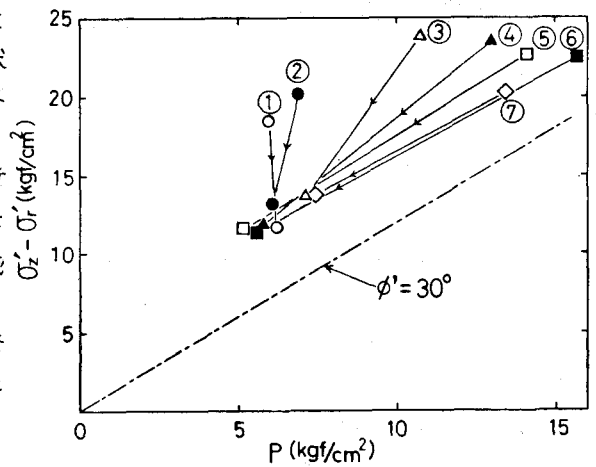


図-2 ピーフ強度以後の有効応力経路

表-2 圧密非排水試験における強度値のまとめ

Test No.	σ'_c	At peak stress			At large strain		
		ϵ_z (%)	σ'_z	σ'_r	ϵ_z (%)	σ'_z	σ'_r
1	0	0.85	18.1	-0.1	12.0	14.1	2.2
2	5	0.81	20.4	0.2	22.2	14.9	1.7
3	10	0.96	26.7	2.8	15.9	16.3	2.6
4	15	1.01	28.7	5.2	15.1	13.7	1.9
5	20	1.36	29.3	6.6	16.0	13.1	1.4
6	25	1.51	30.7	8.2	14.5	13.2	1.8
7	30	4.00	26.9	6.8	24.9	16.7	2.9

N.B. Stresses are given in kgf/cm^2 .

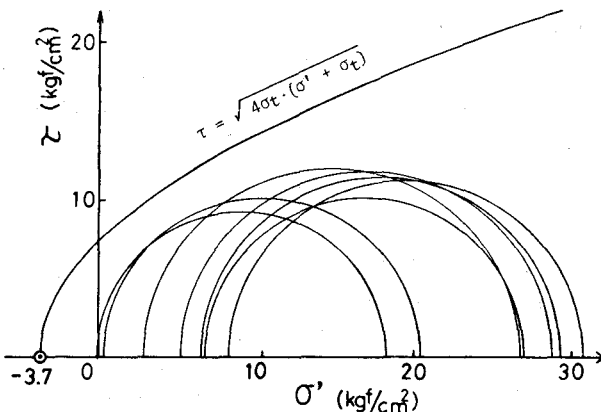


図-3 ピーフせん断強度時のモール応力円とGriffith破壊規準線

表-3 圧裂試験結果のまとめ

Test No.	σ_t (kgf/cm^2)	Time to rupture (min.)
B-1	4.36	10
B-2	2.93	7
B-3	3.45	11
B-4	2.99	8
B-5	3.70	9
B-6	4.09	9
B-7	5.09	106
B-8	3.22	84
B-9	3.53	84
B-10	3.62	82