

北大工 正員 牛 恩宗
 " 学正員 田中 祐人
 " 正員 佐伯 浩

1. まえがき

本研究は海水のせん断強度の特性を調べたもので、全ての実験はオホーツク海に面したサロマ湖の天然海水を用いて行なわれた。

昨年まではせん断強度と垂直応力、せん断強度と荷重速度の関係に関する研究が行なわれてきたが、今年は水温とせん断度、垂直応力とせん断強度の関係に重点をおいて調べた。実験方法は一面せん断試験法によったもので、試験についてはすでに発表したものと同じである。

海水の供試体の直径は10 cm、長さは13 cmの円筒形で、水の成長方向に平行に採取したものを使用した。つまり、水の成長方向に垂直に荷重をかけてせん断試験がおこなわれた。

今回は応力 σ_v を0, 1.99, 3.81, 5.92, 8.02, 10.1 (kg/cm²) の6段階と水温を-1.6~-2.1, -4.4~-5.5, -11.5~-13.2, -18.7~-20.0(°C) の4段階に変えて実験を行なった。用いた供試体の密度 ρ は0.883 g/cm³、塩分量 S は3.38~6.89‰、また、グレインの平均径 D_{gr} は $D_{gr} = 0.8$ cmであった。

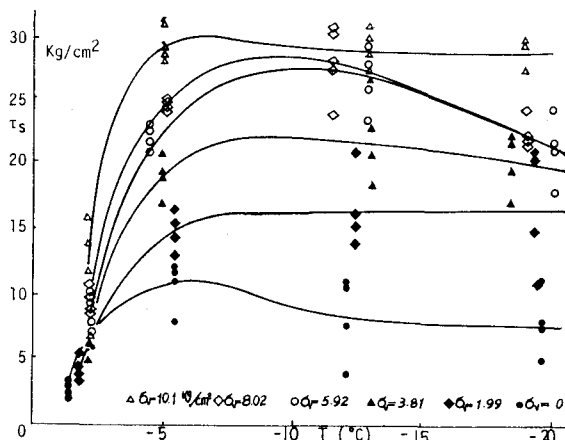
2. 水温 T とせん断強度 τ_s の関係

図1に各垂直応力 σ_v に対する水温とせん断強度の τ_s の関係を示す。

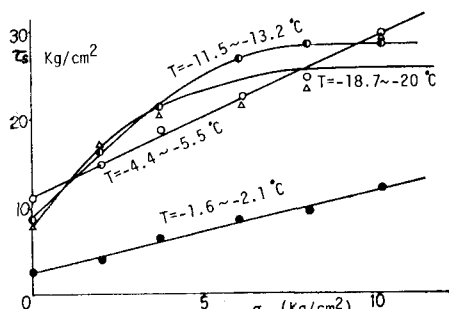
各垂直応力において-1.66°C~-5.0°C くらいの範囲では水温の低下に伴い、せん断強度 τ_s は急激に増加する傾向があるが、-5°C~-12°C くらいの範囲ではおおむねピークを持ち、ピークになってから一定もしくはゆるやかに減少していることがわかった。

また、同じ水温では垂直応力 σ_v が増えるにしたがってせん断強度 τ_s は明らかに増加していることがわかった。

3. 垂直応力 σ_v とせん断強度 τ_s の関係



図—1



図—2

YEAR	ρ	S (‰)	C	ϕ	T (°C)	σ_v
1978	0.850	2.50 6.00	3.40	10	-2.0	0
			4.30	21	-3.0	0
			5.30	21	-4.0	0
			6.20	21	-5.0	0
			7.10	21	-6.0	0
			8.00	21	-7.0	0
			9.00	21	-8.0	0
			9.90	21	-9.0	0
			10.50	21	-10.0	0
1979	0.860	3.60 6.30	10.50	21	-4.0	0
			12.30	21	-6.0	0
			15.40	21	-8.0	0
			15.40	21	-8.0	0
1980	0.880	2.00	9.68	21	-6.0~-8.0	0
			8.74	21	-6.0~-8.0	0
1981	0.880	2.20 3.90	6.60	10	-2.0~-3.0	0~8.4
		2.40 3.40	8.20	21	-4.5~-6.0	0~11.6
		2.25	11.40	29	-8.0~-10.5	0~8.5
		2.40 3.90	9.00	10	-2.0~-3.0	0~8.5
		0.89	9.20	26	-4.5~-6.0	0~11.6
		3.28	12.60	21	-9.0~-14.0	0~8.5
		5.67 6.89	2.60	13	-1.6~-2.1	0~10.2
		3.51 3.89	11.20	25	-4.4~-5.5	0~10.2
1982	0.883	3.51 5.20	8.80	42	-11.5~-13.2	0~10.2
		3.38 4.32	7.70	53	-18.7~-20.0	0~10.2
		3.38 4.32	7.70	53	-18.7~-20.0	0~10.2

ρ : (g/cm³), C : (kg/cm²), ϕ : (°), σ_v : (kg/cm²)

表—1

各水温に対する垂直応力とせん断強度の関係を示したものが図2である。図からも明らかなように水温が-5℃より高い場合は垂直応力 σ_v の増加に伴い、せん断強度 τ_s が直線的に増加している。この性質はわれわれの去年の結果にも示されているように-12℃より高い範囲でこれと同様の関係になり、また、フィンランドのKeinonenの結果とよく一致した。これは海水においても土のせん断強度に適用されているクーロンの公式-(1)式が適用できることを示している。

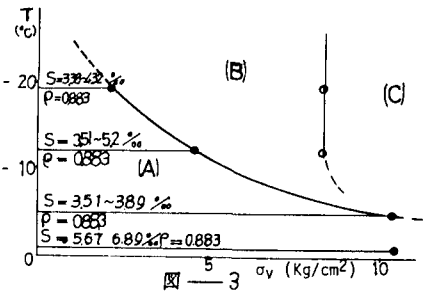
$$\tau_s = C + \sigma_v \tan \phi \dots \dots \dots (1)$$

ところが、水温が低下して-11℃以下になると、図2のように σ_v が小さい範囲では σ_v と τ_s の間に直線関係があり、クーロン公式-(1)式が適用できるが、ある垂直応力を越えると、 τ_s の増加率はゆるやかになり、 σ_v が大きくなると、一定値をとりそうな傾向があるという結果が得られた。

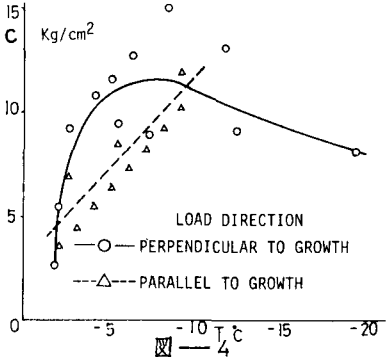
以上の結果をまとめると、クーロン公式の適用の範囲は図3に示される。図3では水温の低下に伴い、クーロン公式の適用の範囲がせまくなった。つまり、高い水温下ではせん断強度が垂直応力の増加に伴い、直線的に変化する範囲が広く、低い水温下では直線的な変化範囲がせまくなっている。図中の(A)領域はクーロン公式(1)式を満足する領域で、(B)領域はせん断強度 τ_s と垂直応力 σ_v が曲線の関係になる領域で、(C)領域はせん断強度 τ_s が垂直応力 σ_v の増加に関係なく、ほぼ一定のせん断強度を示す領域である。

われわれの過去に得たせん断強度に関する実験結果を表にしたものが表-(1)である。この結果を使用して水温Tと粘着力C、水温Tと内部摩擦角 ϕ の関係を図4、図5に示す。水の成長方向に垂直に荷重をかけ方ではCはT>-5℃の場合で水温低下に伴い、増加して、T<-5℃の場合で水温低下に伴い、一定値をとってからゆるやかに減少する。水の成長方向に水平に荷重をかけ方ではCは水温低下に伴い、増加する。逆に水の成長方向に垂直に荷重をかけ方では ϕ は水温低下に伴い、増加する。水の成長方向に水平に荷重をかけ方では ϕ はT>-5℃の場合で水温低下に伴い、増加して、T<-5℃の場合で水温低下に伴い、一定値をとってからゆるやかに減少する。以上の現象は水の異方性によるものと水の異方性がつよいと考えられるわけである。

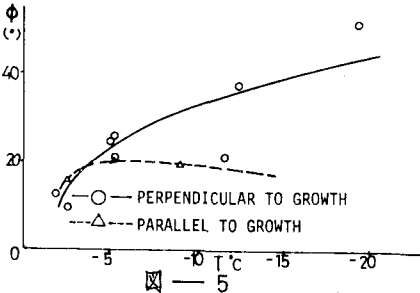
水温が高い場合と低くて σ_v が小さい範囲の場合でせん断強度 τ_s が垂直応力 σ_v の増加に伴い、直線的に増加することは水が土のような塑性体の性質を持っていることを示している。水温が低下すると、せん断強度が垂直応力の増加に伴い、曲線的に変化することは水がコンクリートのような弾性体の性質も持っていることを示している。ゆえに水はこの塑性体と弾性体の両方の性質を持っている弾塑性体だということが明らかになった。



図—3



図—4



図—5