

蛇紋岩の構成鉱物の強度特性

愛媛大学工学部 正 横田公忠、八木則男、矢田部龍一
 復建調査設計(株) 正 ○青山健

1. はじめに

蛇紋岩は、超塩基性岩が蛇紋岩化作用により形成された岩石である。加水反応を受けているので風化しやすく、土木工事を行う上で様々な問題を引き起こしている。的確な対策を行うためには蛇紋岩の力学的特性を解明しなければならないが、鉱物・強度特性に関する研究がほとんど行われていないのが現状である。

そこで本論文では、風化蛇紋岩の鉱物・強度特性に関して研究を行った。特に、蛇紋岩を構成している各種の鉱物の特性から検討を行った。

2. 試料および実験方法

本研究に用いた粘土状蛇紋岩試料は、神居古潭帯から6ヶ所、三郡帯から3ヶ所、三波川帯から4ヶ所、黒瀬川構造帯から5ヶ所の蛇紋岩試料を用いて行った。行ったせん断試験は、ピーク強度に関する強度定数を求めるための三軸圧縮試験と残留強度を求めるための一面型リングせん断試験を行った。三軸圧縮試験の供試体の大きさは、直径35mm、高さ80mmである。側圧は、各試料いずれも $2.0, 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ である。せん断試験時は変位制御法で行い、変位速度は 0.044 mm/min である。一面型リングせん断試験機は、リングの外径16cm、内径10cmで、供試体の高さは1cm、変位速度が $0.4463^\circ/\text{min}$ であり、高さ0.5cmのところでせん断される。また鉱物分析を行うためにX線回折を行った。X線回折は粉末法で行い、試料の成形は非定方位法である。測定条件は30kv、15mAでターゲットにCu、フィルターにNiを使用した。記録は $1^\circ/\text{min}$ で行った。

3. 実験結果および考察

試料は、シルト以下の粒径の割合が大きく細粒化している。また、図-1示すように塑性指数 I_p が35以下と低塑性である。

表-1にせん断試験結果を示す。ピーク強度に関するせん断抵抗角 ϕ' は $18 \sim 35^\circ$ 程度であり、破碎帯地すべり地粘性土のそれとほぼ等しい。残留強度に関するせん断抵抗角 ϕ_r は $9 \sim 34^\circ$ 程度とかなりばらついている。なお、粘着力はいずれもゼロである。せん断抵抗角のばらつきの原因として含有している鉱物の影響によるものと考え確認を行った。表-2にX線回折結果を示す。回折結果より、粘土状蛇紋岩の主成分鉱物は、クリソタイル、アンティゴライト、クロライト、タルク、モンモリロナイトの5種類が挙げられる。神居古潭帯は何れもクリソタイルが主成分鉱物であり特徴があったが、他の地質帯ではそういった特徴がなく、地質帯別の特徴を確認できなかった。

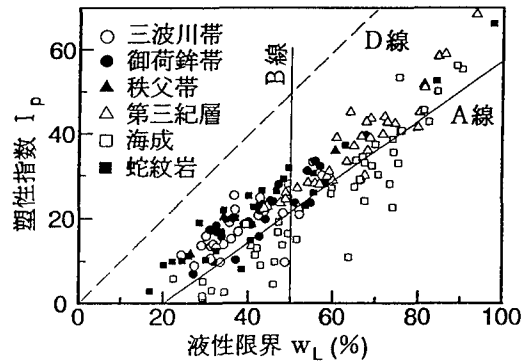


図-1 塑性図

Sample	Point	ϕ'	ϕ_r
八幡浜	321m地点	27.6	10.3
三波川	下津S-1	23.2	9.4
	下津S2-1	21.8	20.7
	下津S2-2	22.3	12.4
	下津No.2-1GL-10.5~10.8	31.7	14.4
	下津S-3	21	13.2
	下津S-5	23.1	8.8
黒瀬川	豊橋	-	49.9
	喜原	30.1	26.7
	長者	30.7	27.2
	長者No.7	GL-28~29m	21.7 17.2
	長者No.7	GL-36~38m	26.4 27.3
	長者No.7	GL-44~45m	23.0 16.8
神居古潭	円行寺	すべり面	29.8 30.6
	円行寺	すべり面外	31.2 30.6
	達坂山	トンネル内部	31.6 28.4
	山口No.39	すべり面	24.8 20.2
三郡	山口No.39	すべり面外	28.7 8.9
	田口	GL-27~28m	18.5 12.9
	田口	GL-28~29m	19.3 28.7
	田口	GL-29~30m	32.4 32.6
	夏目	GL-20~22m	19.5 16.8
神居古潭	占冠-1	強風化	30.3 28.2
	占冠-3	弱風化	31.2 29.6
	布部-1	強風化	32.7 29.3
	布部-2	強風化・石棉	34.1 30.1
	福山-1	強風化	34.6 33.6
	福山-2	弱風化	32.7 -
	日高Sn-1	露頭	28.2 28.4
	日高Sn-2	露頭	32.7 28.1
	中の峰	露頭	31.5 31.5

表-1 せん断試験結果

ピーク強度および残留強度に関するせん断抵抗角に影響する要因として、主成分鉱物との関係を調べた。その結果を図-2に示す。図より、風化蛇紋岩のせん断抵抗角には含有鉱物の影響が最も大きいことが明らかである。この図から蛇紋岩は、一般的に強度の弱い鉱物と言われてきたが、主成分鉱物がアンティゴライト、クリソタイルが主成分の場合、ピーク強度および残留強度が 30° 前後と山の粘性土としては、決して小さいせん断抵抗角ではない。したがって、タルク、クロライト、モンモリロナイトが主成分の場合が問題となりうる。せん断抵抗角の分布のばらつきの原因は、実験誤差が考えられるが、それ以外に主成分鉱物以外の鉱物の影響によるものと思われる。

次に、各主成分鉱物のせん断特性を調べた。図-3に各主成分鉱物のせん断試験結果を示す。図から分かるように、鉱物によって様々なせん断抵抗角を示している。しかし、同じ化学組成式であるクリソタイルとアンティゴライトは、ほとんど同じせん断抵抗角を示しているが、クリソタイルは、間隙水圧が大きく発生している。したがって、鉱物それぞれが違った性質を示しているため、蛇紋岩は主成分鉱物によって異なった性質を持つことが明らかである。

Sample	Chry	Anti	Chlo	Talc	Mont	Fels	Calc	その他	備考
八幡浜	-	+	*	+					321m地点
富郷	*	+	*			*			粘土状
野村	+	+	*						岩 白色
下津	+	+	*						岩 A11
S1	-	-	-	*					露頭
S2-1	+	-	-	*					露頭
S2-2	-	+	-	*					露頭
S3	-	-	-	*					露頭
S5	-	+	-	*					露頭
香橋				*				-Kao	露頭
橋原	+	*	+						岩
	*	*	+						地表面
長者	-	*	+						岩
	+	*	-						露頭
	-	+	-	+					No.7 GL-28~29m
	*	+	-	-					No.7 GL-36~38m
	-	+	-	*					No.7 GL-44~45m
円行寺	*	+	-						すべり面
	*	+	-						すべり面外
蓮坂山	*	*	-			*		-Pyro	岩 白色
油石	*	*	+					*Pyro	岩 黒色
	*	*	-						トンネル内部
山口	-	+	*						岩
	-	+	*						すべり面
	-	-	*						すべり面外-白
	-	-	*						すべり面外-茶
田口	*	*	+						岩
	+	+	+			+			GL-27~28m
	-	+	-						GL-28~29m
	-	+	-						GL-29~30m
夏目	-	*	-						岩
	+	+	-	*					GL-20~22m
占冠	*	-	-	-					岩
	*	-	-	-					強風化
	*	-	-	-					弱風化
布部	*	-	-	-					強風化
	*	+	-	-					強風化・石綿
福山	*	-	-	-					岩
	*	-	-	-					強風化
	*	-	-	-					弱風化
清風山 Sm-1	*	*	+	-					露頭
Sm-2	*	*	-	-					露頭
中の峰	*	+	-	-					露頭

* : 主成分 + : 副成分 - : 微量
Chry: クリソタイル Anti: アンティゴライト Chlo: クロライト Talc: タルク
Mont: モンモリロナイト Fels: 長石 Calc: カルサイト
Pyro: 霏細石 Kao: カオリン

表-2 X線回折結果

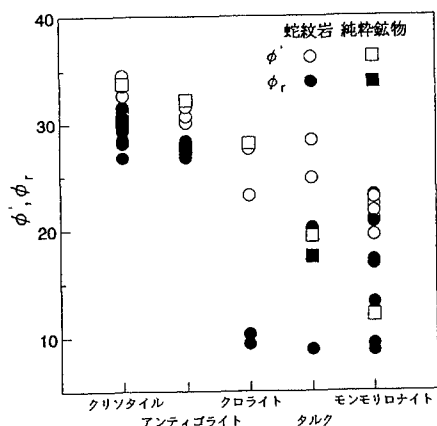


図-2 主成分鉱物とせん断抵抗角の関係

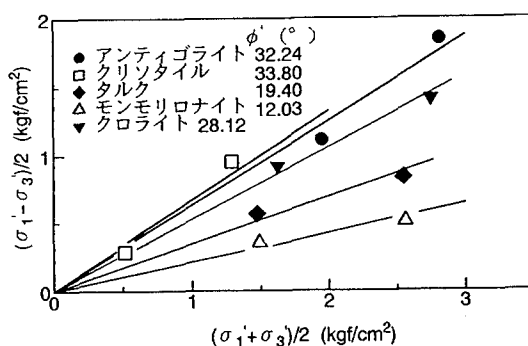


図-3 各主成分鉱物のせん断試験結果

4. おわりに

本研究の結果から、従来言われているように風化蛇紋岩すべてが問題であるのではなく、生成、風化過程においてタルク、モンモリロナイト、クロライトなどの問題の多い鉱物が生成される場合に問題を引き起こしやすいことが明らかとなった。また、蛇紋岩は、主成分鉱物の影響を受けていることが分かった。

謝辞 本研究に当たり資料提供賜った関係機関、諸氏に紙面を持って謝意を表する次第である。