

一面せん断試験によるセグメントとグリースの摩擦特性に関する研究

長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆 豊田浩史 海老谷健

1. はじめに

シールド掘進時、ジャッキ力に最も影響を与える要因は、シールド機と地盤との摩擦抵抗である。そのほかにも、ワイヤーブラシの間に詰まっているグリスとセグメントの間にも摩擦が発生している。しかし、シールド機周りの摩擦特性に関する研究がほとんどないのが現状である¹⁾。そこで本研究では、シールド機周りの摩擦特性のうち、セグメントとグリスの摩擦特性を求めることを目的とする。

2. 試料と試験方法

(1) 試料：グリスの成分を表-1 に、鉄、コンクリートの表面粗さを表-2 に示す。

(2) 一面せん断試験：試験装置の概要を図-1 に示す。供試体は、下せん断箱（内径 6cm、高さ 2cm）に鉄とコンクリート、上せん断箱にグリスを入れた。

試験は、定圧試験で残留強度試験を行った。実験因子は、材料、鉄の表面粗さ、せん断速度、鉛直応力とした。試験条件を表-3 に示す。

(3) 試験結果の整理：非塊状試料であるグリスは、圧力をかけると、試験機の隙間から漏出する。本研究の目的から、試料が漏出しても、漏出した試料により摩擦抵抗が生じない場合や補正できる場合、さらに、拘束圧一定を確保できる場合には、求められた残留せん断応力を用いることができると考えられる。そこで、以下のように試料の漏出の影響を補正し、残留せん断応力を求めた。

- 1) せん断応力 τ は供試体変位 d の双曲線関数で表される。
- 2) 試料漏れの影響は残留せん断応力への影響は供試体変位 d に比例する。
- 3) 原点を通過する。

上記の条件を考慮すると、せん断応力 τ は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{c_2 \times c_3}{d - c_3} + c_2 + c_1 \times d \quad (1)$$

ここで、 c_1 は未知定数である。 c_i を未知数として、供試体変位 d —せん断応力 τ の計測値に非線形最小二乗法を適用し、試料の漏出の影響を除いた残留せん断応力 (c_2) を求めた。結果を表-4 に示す。

3. 試験結果と考察

(1) ピーク強度：せん断速度を 0.2mm/min、0.5mm/min と変化させたときのせん断変位とせん断応力の関係を図-2 に示す。それぞれ、ピーク強度が発生していないことがわかる。

(2) せん断速度の影響：図-3、図-4 に材料 1 が鉄、コンクリートで行った試験結果を示す。これらの図から、以下のことがわかる。

- 1) 鉄の場合、せん断速度 0.2mm/min、0.5mm/min で、残留せん断応力がほぼ同じ値であることから、せん断速度は

表-1 グリスの成分表

主成分	ポリオレフィン樹脂A	10%
	ポリオレフィン樹脂B	10%
可塑剤	ナフテン系オイル	20%
助剤	植物性特殊繊維	10%
充填剤	炭酸カルシウムA	30%
	炭酸カルシウムB	20%

表-2 材料 1 の表面粗さ

材料1	粗さ	Ra	Rv	Rz
鉄	滑らか	0.39	2.67	2.03
	普通	1.47	10.63	6.95
	粗い	3.39	25.44	14.78
コンクリート	—	1.54	12.72	7.78

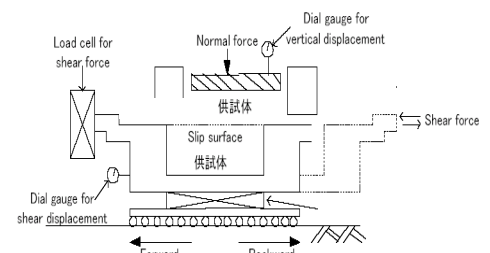


図-1 一面せん断試験装置概要

表-3 試験条件

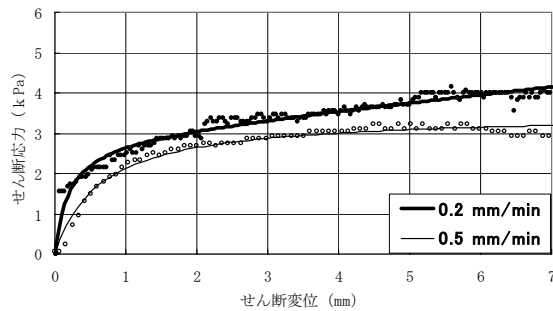
試験名	材料1	表面粗さ	材料2	せん断速度 mm/min	拘束圧 kPa
一面せん断試験	鉄 コンクリート	滑らか 普通 粗い	グリス	0.2	50
				100	
				150	
				200	

表-4 試験結果一覧

材料1	粗さ	速度 mm/min	鉛直応力 (kPa)				近似式 1	C kPa	ϕ	近似式 2	ϕ
			50	100	150	200					
鉄	滑らか	0.2	2.934	5.504	8.086	7.007	0.0296x+2.1825	2.18	1.70	0.0442x	2.53
		0.5	3.485	6.517	7.577	12.743	0.0577x+0.3720	0.37	3.30	0.0601x	3.44
	普通	0.2	2.172	2.275	6.453	7.548	0.0368x+0.4796	0.48	2.11	0.0398x	2.28
		0.5	1.379	7.818	9.980	15.647	0.0682x+1.0855	1.09	3.90	0.0754x	4.31
コンクリート	—	0.2	28.420	51.385	49.663	79.514	0.3031x+14.356	14.36	16.86	0.3988x	21.64
		0.5	11.490	22.318	24.124	25.186	0.0858x+10.056	10.06	4.90	0.1528x	8.69

キーワード シールドトンネル、一面せん断試験、セグメント、グリース、摩擦特性

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1 6 0 3 - 1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-6317



(鉄, 滑らか, 鉛直応力 50kPa)
図-2 ピーク強度への影響

残留せん断応力にほとんど影響しないといえる。

2) コンクリートの場合, せん断速度 0.2mm/min の方がせん断速度 0.5mm/min より, 残留せん断応力が大きくなった。しかし, コンクリートの場合, せん断変位に対するせん断応力の変化が不安定となっている場合があり, 今後, 検証が必要であると考えられる。

(3) 表面粗さの影響: 図-5 に, 材料 1 が鉄, せん断速度 0.2mm/min で行った試験結果を示す。

鉄の表面粗さが滑らかと普通では, 残留せん断応力がほぼ同じ値である。表-2 より, 表面粗さ $R_y \leq 10\mu\text{m}$ では, 表面粗さは, 残留せん断応力にほとんど影響しないといえる。滑らか・普通と粗いでは, 表面粗さが粗い方が, 残留せん断応力が大きくなった。

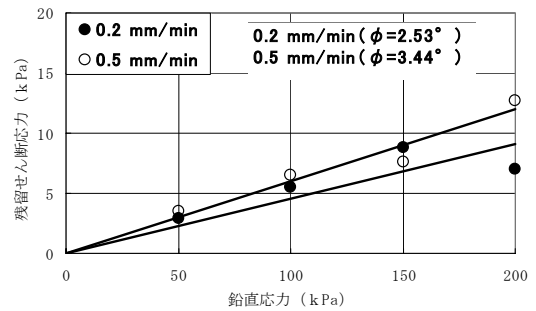
(4) 材料 1 の影響: 図-6 に, 材料 1 が鉄とコンクリート, せん断速度 0.2mm/min で行った試験結果を示す。鉄とコンクリートを比較した場合, コンクリートの方が鉄より, 残留せん断応力が大きくなった。

4. まとめ

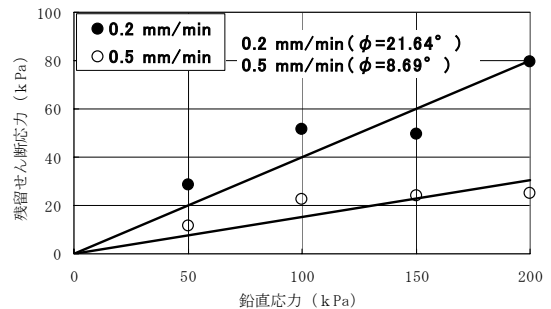
表-5 に, 本研究で得られた鉄・コンクリートとグリス間の動摩擦特性を示す。また, せん断応力はピーク値を示さないこと, 鉄の場合, せん断速度は残留せん断応力に影響しないが, コンクリートの場合, せん断速度 0.5mm/min よりもせん断速度 0.2mm/min の方が残留せん断応力が大きくなること, 鉄の場合, 表面粗さ $R_y \leq 10\mu\text{m}$ では, 表面粗さは残留せん断応力にほとんど影響しないが, 粗い方が, 残留せん断応力が大きいこと, 鉄よりコンクリートの方が, 残留せん断応力が大きいことがわかった。ただし, コンクリートの場合, せん断応力の変化が不安定となっている場合があり, 今後, 検証が必要である。

参考文献

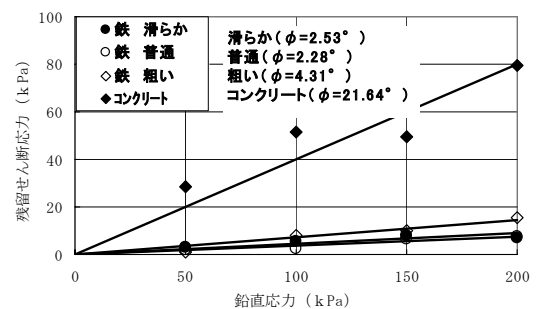
1) 杉本光隆, 徳山英之, 豊田浩史, 中村公一: リングせん断試験によるスキンプレート周りの動摩擦特性に関する研究, トンネル工学論文集, Vol. 15, pp. 143-150, 2005。



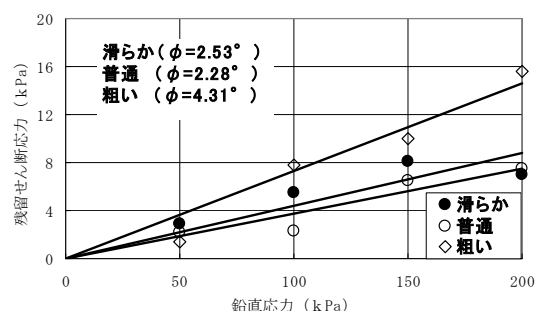
(鉄, 滑らか)
図-3 せん断速度の影響



(コンクリート)
図-4 せん断速度の影響



(鉄, せん断速度: 0.2mm/min)
図-5 表面粗さの影響



(せん断速度: 0.2mm/min)
図-6 材料 1 の影響

表-5 動摩擦特性

材料1	材料2	動摩擦角 °	動摩擦係数
鉄	グリス	2.28 ~ 4.31	0.0398 ~ 0.0754
コンクリート		8.69 ~ 21.64	0.1528 ~ 0.3988