

III-173 潤滑材注入による土砂流動性に関する基礎実験

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○林 秀三

大平利彦

1. まえがき

帯水砂層に土圧式シールドを適用する場合、チャンバ内土砂の流動性を向上させるために潤滑材を注入することが多いが、潤滑材の種類、配合、注入量と土砂流動の関係については十分に解明されていない。これらを明らかにするために、チャンバ内を流動する土砂の挙動がアラインドシールドの場合と似ていることに着目して、二重管押し機構の簡易な模型装置を用いて検討を進めてきた。今回は、個々の潤滑材の注入量と土砂流動の抵抗値(流動抵抗)の関係などについてこれまでに得られた結果を報告する。

2. 模型実験における土砂流動性の評価方法

チャンバ内の土詰りを防止するためには、流動抵抗が受動土圧以下であることが前提である。流動抵抗は、土質が潤滑材の注入によって内部摩擦角ゼロとなることを仮定した場合、金属の押し理論を応用すると式(1)のようになる。

$$P = AC \left(-6.9 \log \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3} \right) \quad \text{----- (1)}$$

又、受動土圧は式(2)のようになる。

$$P_b = K_p \gamma H A \quad \text{----- (2)}$$

流動抵抗が受動土圧以下になるための条件は、式(1)、式(2)より、式(3)のようになる。

$$C \leq K_p \gamma H / \left(-6.9 \log \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3} \right) \quad \text{----- (3)}$$

実験で式(3)を確認するために、実験装置の断面積、開口率、ならびに式(3)に地盤条件、実験の開口率を代入して得られたCを式(1)に代入して流動抵抗を求め、実験値がこの値以下であれば土詰りが発生しない土質と考える。

3. 実験方法

実験は二重管押し装置(A=0.0177 m², β=20%)で行い、貫入速度10mm/分で内管を押込みながら外管の開口部から混合土を押し出し、その時の流動抵抗を力計で測定した。

4. 潤滑材と試料土

潤滑材には、市販されている起泡剤、ベントナイト、CMC、陶土の4種類を使用した。潤滑材溶液濃度は、起泡剤については発泡効果が最も大きい時の濃度とし、その他の潤滑材については施工時の取扱いを考慮した濃度とした。尚、溶液濃度は水100gに対する重量比(%)とした。

試料土には、砂礫、粗砂、細砂、粘土質砂A、B、Cの計6種類を使用した。試料土は水浸した後、水切りを行った。

5. 実験結果及び考察

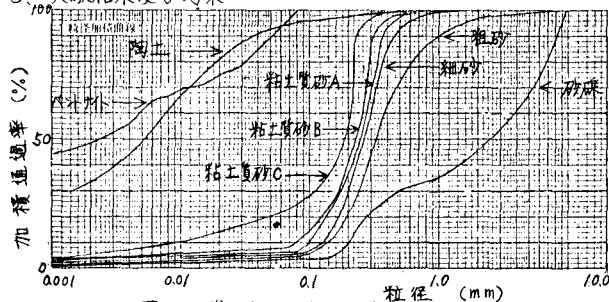


図-2 粒径加積曲線

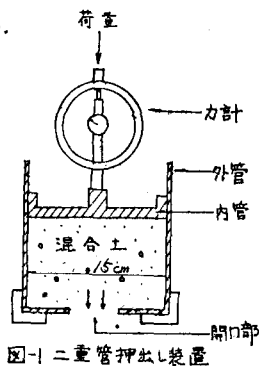


図-1 二重管押し装置

表-1 潤滑材の諸特性

	濃土(%)	比重	粘度
起泡剤	6	1	—
ベントナイト	15	1078	2.53
CMC	2.5	1009	5.02
陶土	120	15	706

表-2 試料土の物理的性状

	組成(%)	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	均等曲率	含水	液限
砂礫	58.3 40.9	0.08	0.20	0.48	38	18.5	0.3
粗砂	87.8 8.5	28	0.14	0.24	0.38	27	11
細砂	0.3 97.2	25	0.13	0.2	0.3	23	10
粘土質砂A	0.1 93.8	6.1	0.1	0.17	0.28	28	10
粘土質砂B	0.1 90.6	9.3	0.08	0.17	0.26	33	14
粘土質砂C	0.1 78.8	12.1	0.09	0.11	0.21	23.3	6.4

今回、流動抵抗は、実験 ($A=1.77m^2$, $\beta=6.7\%$) が、 $H=10m$
 $r=1.8 \text{ ton/m}^2$, $K_p=2$ の地盤条件下で掘進する場合を想定して、
 土詰りが発生しないためには、2. より $P \leq 0.4 \text{ ton}$ であるとし
 て以下検討した。

表-3 流動抵抗 (単位 kg)

試料土	砂礫	粗砂	細砂	粘土質砂 A	粘土質砂 B	粘土質砂 C
起	0.5 (注2)	—	—	1285	1750	—
泡	1.0 測定不能	測定不能	—	—	1510	—
2	—	—	—	794	1170	—
3	測定不能	測定不能	2336	1290	—	—
4	—	—	790	—	—	—
5	測定不能	1577	—	—	—	—
7	測定不能	561	—	—	—	—
ベン	25	—	—	—	—	190
7.5	—	—	—	測定不能	2325	—
10	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	480	—
12.5	—	—	—	1028	140	—
15	—	測定不能	2570	260	—	—
17.5	—	—	420	—	—	—
20	測定不能	1215	—	—	—	—
25	測定不能	60	—	—	—	—
30	70	—	—	—	—	—
C	10 測定不能	561	—	—	—	—
15	190	130	—	—	—	—
20	60	60	—	—	—	—
25	—	50	—	—	—	—
陶	20 3037	測定不能	—	—	—	—
25	180	820	—	—	—	—
30	90	140	—	—	—	—
エ	(10) 測定不能	—	444	—	—	—
(5) 測定不能	—	—	440	—	—	—
(15) 測定不能	—	—	1729	—	—	—
(20) 測定不能	—	—	110	—	—	—
CMC	2	386	—	—	—	—
2	386	—	—	—	—	—
3	1460	550	—	—	—	—
ベン	3	172	—	—	—	—
ナイト	4	370	1110	—	—	—

(注1) CMC起泡剤はCMC
 溶液に6%濃度になる様に
 起泡剤を添加する意。ベ
 ントナイト起泡剤も同様な意。
 (注2) 流動抵抗3000kg
 以上は測定不能
 (注3) ○印は $P \leq 400 \text{ kg}$
 の場合

表-4 流動抵抗 $P \leq 0.4$
 以下の混合土のフロー値

	砂5%	粗砂	細砂	粘土質砂 A	粘土質砂 B	粘土質砂 C
起泡剤	—	—	11.8	9.8	8.6	8.3
ベントナイト	24.3	16.5	17.8	12	11.6	10.1
CMC	12.7	10	—	—	—	—
ミノイル	12	9.6	—	—	—	—
ベントナイト CMC	—	11.9	11.5	—	—	—
起泡剤 CMC	—	12.5	12.3	—	—	—

- (1) 起泡剤の砂礫、粗砂への適用を除くと、どの潤滑材も注入量を増やすことにより、一様に土の流動抵抗を軽減せしめることが判明した。とりわけ、細砂、粘土質砂に対しては起泡剤が少量で注入効果が大きく、粗砂、砂礫に対しては起泡剤と CMC、起泡剤とベントナイトの併用が少量で注入効果が大きい。
- (2) CMCは、載荷時の漏水量が極端に少なく、注入効果はベントナイトや陶土に比べて大きい。
- (3) ベントナイトと陶土の注入量に対する効果は同程度である。
- (4) ベントナイトのフロー値は他の潤滑材に比べて大きい。これはベントナイト混合土の圧縮性が大きいためと考えられる。土質別にみると粒径の大きい土の方がフロー値が大きい。これも同様の理由によるものと考えられる。
- (5) ベントナイト及び起泡剤の注入量と土のシルト粘土含有量の関係は図-3のようになる。これは試料土と潤滑材が完全に攪拌された状態で調べたものである。実際はこの注入量より増えるものと推定される。
- (6) 起泡剤溶液に他の潤滑材を添加すると耐久性が良くなる。ベントナイト (75g の場合) を除いた他の潤滑材を添加した場合には、約4時間の経過後も気泡はほぼ90%残存している。又、同一の潤滑材の場合には、その添加量の多い方が耐久性は良い。一方、起泡剤だけの場合には、約30分以内に気泡はほとんど消滅した。

6. あとがき

今回の模型実験により得られた結果をもとに、今後は実験により、潤滑材の注入時期、攪拌方法等も検討していく予定である。

参考文献

- 1) 精密工学講座10 塑性加工学 コロナ社
- 2) 栗原 中尾、長井「土圧シフトでの掘削土砂への潤滑材添加に関する基礎実験」第15回土質工学研究発表会

