

III-113

水中打設するソイルセメント工法の研究（その1）

分離低減用としての粘結剤の比較検討

俣大林組 技術研究所 正会員 喜田大三，久保 博，漆原知則

1. まえがき

近年、海洋空間を有効利用するため、人工島が多く造成されている。また、海洋における土木基礎工事に際して、仮設の人工島を造ることもある。その際、人工島の地盤を早期に安定化させるために、締切った内部に土砂を埋立て、セメントなどを深層混合して地盤改良する工法がある。

本研究では、土砂を埋立てたのち地盤改良するのではなく、あらかじめ土砂にセメントなどを混合して流動状にしたソイルセメントを水中打設し、水中でそのまま固化させる工法を考案した。この工法では、水中打設の際にソイルセメント中の微細粒子が分離することを抑えることが特に重要である。そのために、ソイルセメントに分離低減用の粘結剤を混入する。この工法を開発する目的は、①埋立て後の地盤改良工事を不要とし、工期を短縮する ②均一な安定化地盤を造成する ③固化強度を任意にコントロールして撤去などを容易にする ④締切り壁に加わる土水圧を低減させることによって、仮設の場合などに、二重締切りなどの大がかりな締切りを不要にする ⑤埋立て時の水質汚濁を少なくする、などである。

この工法の基礎的研究として、室内試験を行なった。その1では、各種粘結剤の比較検討、またその2では、配合と性状の関係について報告する。

2. 材料

土砂（S+W）………砂質土と粘性土の2種類を用いた。各々の採取地と性状を表-1に示す。

セメント（C）………普通ポルトランドセメントを用いた。

粘 結 剤（P）………試験1では、主成分の異なるP-1～P-4を用いた。試験2では、これらのうち最も有効であったP-4について、粘性などの異なるP-4a～P-4dを用いた。

水（W）………水道水を用いた。

3. 試験方法

試験1では、 $P/W=1\%$ の粘結剤液の粘度をB型粘度計で測定した。これに、セメントを $C/W=60\%$ で混合し、その粘度を同様に測定し、

土木学会法によるブリージング率を測定した。また、セメントミルクを $\phi 5\text{ cm} \times \text{h} 10\text{ cm}$ モールドに入れ、 20°C 、7日後の一軸圧縮強度 q_u を測定した。

試験2では、粘結剤とセメントをミルク状にして土砂に添加した。まず、砂質土に、 $P/W=1.5\%$ 、 $C/W=60\%$ のセメントミルクMを $M/S+W=30\%$ で混練した。また、粘性土に、 $P/W=1\%$ 、 $C/W=60\%$ のセメントミルクMを $M/S+W=110\%$ で混練した。これらのスランブをJIS法で測定したのち、水を満した $\phi 10\text{ cm} \times \text{h} 40\text{ cm}$ の円筒に投入した際の水中のSS（懸濁物質）濃度とpHを測定した。そして、この円筒内で固化させた試料と、別途、気中でモールドに詰めた試料の q_u （7日）を測定した。

表-1 供試土砂の採取地と性状

	採 取 地	含水比	比 重	粒 度 組 成				液 性 限 界	塑 性 限 界
				4.76～ 2mm	2～ 0.074mm	0.074mm ～5 μm	5 μm 以下		
砂質土	千葉県 木更津市	4%	2.61	40%	43%	2%		—	—
粘性土	東京都 千代田区	50	2.71	0	24	36	40	52%	22%

表-2 各種粘結剤とセメント混合液の性状

	主 成 分	1%液の 粘 度	1%液にセメント60%添加		
			粘 度	ブリー ジ ン グ 率	一 軸 圧 縮 強 度（7日）
P-1	吸水樹脂系	ゲル化して 測定不能	—	43%	16 kgf/cm^2
P-2	水溶性高分子系（天然）	9500 ^{CP}	2100	28	17
P-3	CMC系	460	2200	26	18
P-4	MC系	1900	3500	12	16
無	—	（水）1	160	55	43

4. 結果と考察

4.1. 各種粘結剤とセメントの混合液の性状(試験1)

結果を表-2に示す。P-1は、非常に大きな吸水性を示すが、セメント添加によって吸水能を失った。P-2は、水溶液で大きな粘性を示すが、セメント添加によってゲル化し、変質した。P-3は、水溶液でやや低い粘性を示すが、セメント添加によってゲル化した。このように、P-1~P-3は、セメントのCaイオンやアルカリなどの影響を著しく受けた。一方、P-4は、水溶液の粘性がセメント添加によって増大し、ゲル化もなく、安定した粘稠液となり、ブリージングも少なかった。なお、粘結剤無添加のquが非常に大きいのは、著しくブリージングしてセメント分が濃縮されたためであり、P-4のブリージングが少ないことを考慮すると、P-4のセメントへの悪影響はないと考えられる。

したがって、セメントミルク中の粘結剤として、P-4すなわちMC(メチルセルロース)系が適切であった。

4.2 砂質土および粘性土を用いたソイルセメントにおける粘結剤の効果と比較(試験2)

水中打設するソイルセメントに要求される性状として、①ポンプ圧送できる流動性があること ②水中では締固めが困難であるので自重で拡がるセルフレベリング性があること ③打設時の分離が少ないこと ④所要の固化強度を発現できること、などが挙げられる。これらのことを考慮して、砂質土および粘性土を用いたソイルセメントにおいて、MC系の4種の粘結剤を試験した。

図-1に示す砂質土の場合、粘結剤を添加したものは、いずれもポンプ圧送性、セルフレベリング性において良好な流動性を示し、また投入時の分離も少なく、水中でもかなりの固化強度を示した。一方、粘結剤を添加しないと、砂粒子相互の摩擦が大きく流動性が低下し、投入時に著しく分離し、水中でほとんど固化しなかった。このように、砂質土における粘結剤の効果は、非常に顕著であった。また、粘結剤のうち、P-4bが投入時の濁り、水中/気中強度比においてやや優れていた。

図-2に示す粘性土の場合、いずれもポンプ圧送性において良好と思われる流動性を示したが、スランプ25cm以下の試料では、セルフレベリング性が低下した。そして、粘結剤無添加は、粘結剤添加に比べて、濁りが大きく、水中/気中強度比も低下したが、その程度は、砂質土の場合よりも小さかった。このことは粘性土自体の粘着力が大きいためである。しかし、粘性土の場合でも、分離低減性、セルフレベリング性の向上に粘結剤が有効であった。そして、粘結剤のうち、P-4bがやや優れていた。

5. まとめ

ソイルセメントを水中打設する際、所要の流動性と固化強度を確保しつつ、打設時の分離を低減させるための粘結剤は、MC系が有効であること、特に砂質土において顕著な効果を示すことなどが判明した。

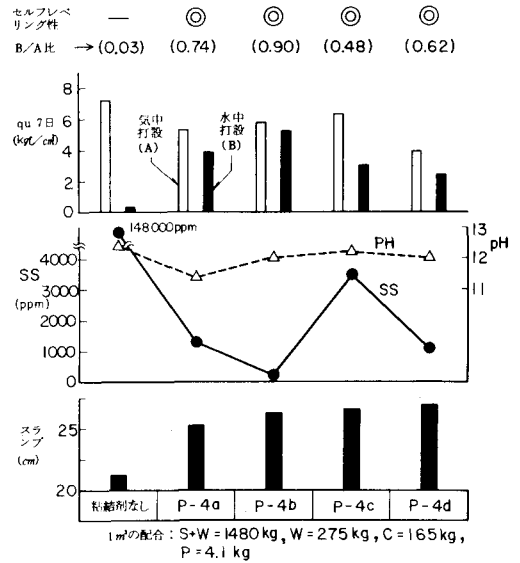


図-1 砂質土を用いたソイルセメントにおける粘結剤の比較

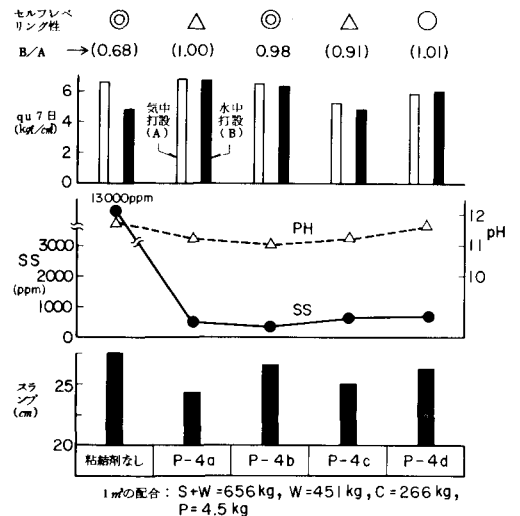


図-2 粘性土を用いたソイルセメントにおける粘結剤の比較