

特別寄稿

# 推進技術の海外展開に向けた技術的検討

—東南アジア諸国への展開における酸性土壌の影響およびその対策について—

ささおか たかし  
笹岡 孝司

九州大学大学院  
工学研究院准教授

しまだ ひでき  
島田 英樹

九州大学大学院  
工学研究院教授

はまなか あきひろ  
濱中 晃弘

九州大学大学院  
工学研究院助教

## 1 はじめに

近年、東南アジアの都市部では急速な経済発展と人口の増加とともに、インフラの需要が増加している。しかしながら、都市部では地表が構造物で占有されているために、地表に新たなインフラ設備を設けることは難しく、インフラ設備を地下に敷設する必要がある<sup>1) 2)</sup>。そして、地下にインフラ設備を敷設する際には、交通渋滞等の問題を引き起こさないこと、周辺への騒音や振動等の被害が少ないことから推進工法の適用が期待されている。

推進工法において最も重要な点は、地表面沈下、既設構造物等への影響の抑制や、要求された条件を満たす品質の管体を敷設することである。そのために

図-1に示すように、推進管の周辺部に30~50mm程度のテールボイドが掘削され、このテールボイド部分に充填材が注入される。この充填材には、注入後テールボイドを完全に充填し、施工中に推進管と地山との摩擦抵抗を低減させること、施工後において土被り圧に対抗するための強度を有することが求められる。しかしながら、今後推進工法によるインフラ建設が計画されている東南アジア地域では酸性硫酸塩土壌が卓越しており、土壌中の硫酸成分がセメントを含む充填材の性能に影響を及ぼすことが懸念される<sup>3)</sup>。このような硫酸によるセメントを含む材料への影響に関する対策として、材料にフライアッシュや高炉スラグ微粉末（以下、スラグ）を添加する方法が挙げられる<sup>4) 5)</sup>。そこで当研究室では、既存

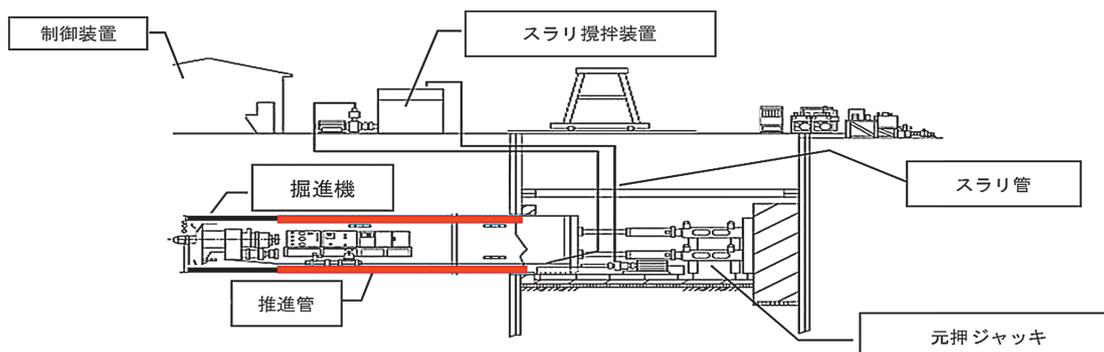


図-1 推進工法の概要

の充填材にフライアッシュおよびスラグを添加することにより、酸性硫酸塩土壌における適用を目的とした充填材を新規に開発するとともに、その性能について検討を行ってきた。

さらに、推進工法によるインフラ整備の需要が増大しているインドネシアでは、これまで熱帯地域特有の大雨や粘性土の影響で立坑周囲の地盤へ水の浸透に起因した立坑の崩落が多数報告されており、推進施工時の立坑の耐久性が懸念されている。そこで、立坑土留め壁構築時の補助工法として日本で広く使用されている薬液注入工法を採用し、土留め壁の止水性を向上させることで、地下水の影響による立坑崩落の防止対策が考えられている。しかしながら、インドネシアでは過去に高分子系薬液使用による健康被害が発生したことから、事故以来、長年に渡り薬液注入工法の使用が禁止されてきた。そのため、本工法に使用する薬液は環境負荷を低減するために水ガラス系薬液が検討されているが、同国の土壌環境下における水ガラス系薬液の適用に、機能性および安全性の観点から十分な検討を要する。そこで当研究室では、インドネシアの土壌を模擬した試料に薬液を混合することで作製したサンドゲルを用いて各種室内試験を行い、異なる土壌環境下における水ガラス系薬液注入工法の適用性についても検討を行ってきた。

本稿では、充填材および代表的な地盤改良工法のひとつである水ガラス系薬液注入工法に着目し、東南アジア諸国において推進工法を導入する際の問題点ならびにその対策について紹介する。

## 2 酸性硫酸塩土壌における推進工法のための充填材開発に関する検討

東南アジアには酸性硫酸塩土壌が広がっており、この硫酸成分によりセメント材料は性能低下を引き起こすことが知られている。そのため、施工の際に余掘り部に注入されるセメント材料を含む充填材が本来の機能を発揮で

きず、円滑な施工が困難になることが懸念されている。そこで本研究では、充填材の配合として耐酸性効果のあるフライアッシュとスラグに着目し、それぞれ配合比を変化させた試料を作製し、酸性硫酸塩土壌下（以下、酸性環境下）における性能を評価するために種々検討を行った。その結果について以下に紹介する。

### 2.1 試験概要

配合比を変化させた試料の性能評価試験として、充填材固化前の性能試験（ゲルタイム測定試験、膨張率測定試験、フロー試験）、および充填材固化後の性能試験（長期浸漬試験、長期強度試験、摩擦係数測定試験）を行った。作製した試料は、フライアッシュとスラグを従来の配合比から増大させたものである。なお、ゲルタイムの性能が最も良好な試料については、その他の性能試験も併せて行った。

### 2.2 結果および考察

標準試料（表-1）にフライアッシュおよびスラグをそれぞれ添加した充填材のゲルタイム測定の結果を図-2に示す。なお、ゲルタイムの測定は、充填材に酸性成分が取り込まれる状態を想定し、酸性環境下として濃度100ppmの硫酸水を滴下し測定を行った。これらの図より、フライアッシュまたはスラグを添加していない標準試

表-1 標準試料の配合 (1m<sup>3</sup>当り)

主材	セメント	100kg
	フライアッシュ	140kg
	石膏	20kg
	ベントナイト	40kg
	添加材	8.48kg
水		363cm <sup>3</sup>
珪酸ソーダ		50cm <sup>3</sup>
ベントナイト溶液		450cm <sup>3</sup>

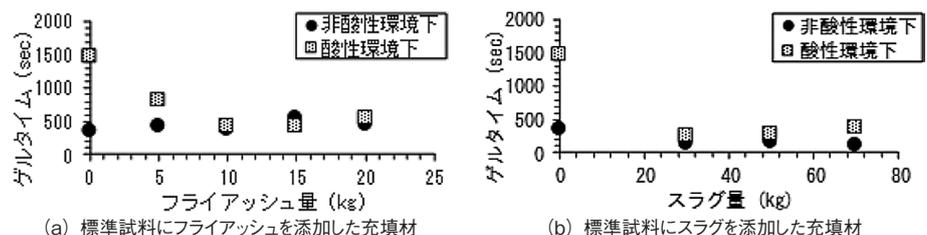


図-2 ゲルタイム測定結果