

CSM 機導入時の岩に対する掘削性能試験

九州大学 正会員 ○佐久間 誠也
 九州大学 前原 一稀
 九州大学 正会員 島田 英樹
 九州大学 笹岡 孝司

1. はじめに

CSM (Cutter Soil Mixing) 機は、ドイツ・バウアーマシーネン社開発の機械であり、2004年にクレーバー方式のCSM機が初めて日本に導入された。この機械が、今後ソイルセメント地中連続壁の分野で発展するためには、施工能力およびCSM工法によって構築された壁体の品質を早急に確認する必要があった。すでに、ドイツにおいて一般的な土質における仮設山留め壁については、問題なく施工ができることが実証されていたので、当時行った機械の性能実証試験では、岩に対する掘削性能を定量的に把握することを目的として実施した。さらに、硬質地盤や岩に対する既存の原位置攪拌混合方式による地中連続壁工法では先行削孔などの補助工法が必要とされていたが、補助工法が不要となれば工程や経済面で優位となる場合が想定されるため、ソイルセメント壁体の品質に関しても併せて検証した。これらのデータは、現在まで公表されていなかったが、CSM工法の導入から15年が経過し、工法の普及も進んできたので当時を振り返って整理してみた。

2. 土質調査及び土質試験結果

土質調査は、配合試験に供するための試料採取および地層の確認を目的として、オールケーシングによるボーリングにより実施した。なお、N値の計測とともに土質判定のための試料を得ることを目的として、標準貫入試験を実施し、N値が測定不能な箇所については、採取した試料を用いて一軸圧縮試験を行った。ボーリングコア写真(写真-1)および土質柱状図(図-1)を次に示す。また、写真-2に使用したクレーバー方式のCSM機(CSM-5型)を示す。



写真-1 ボーリングコア写真

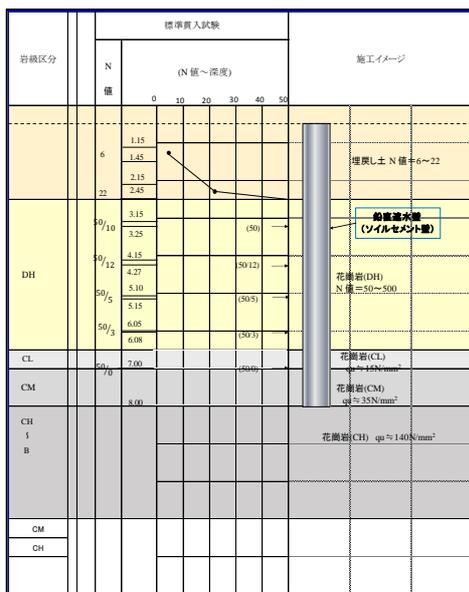


図-1 土質柱状図



写真-2 CSM機(CSM-5型)

キーワード：CSM, 花崗岩, 硬質地盤, 掘削性能, ソイルセメント壁

連絡先：〒110-0014 東京都台東区北上野二丁目18番4号 青山機工(株) TEL：03-5830-9509 FAX：03-5830-9513

3. 掘削能力実証試験結果

掘削能力実証試験で得られた CSM 工法 (CSM-5 型機) における掘削能力を、表-1 に示す。

表-1 掘削速度一覧表

土 質		掘削速度	備 考
一 般 土	N 値 < 50	平均 13.5cm/min	参考値 (カッター部が完全に土中に貫入していないため)
花崗岩 (DH) 級	50 ≤ N 値 ≤ 500	平均 7.7cm/min	—
花崗岩 (CL) 級	qu ≒ 15N/mm ²	平均 2.3cm/min	—
花崗岩 (CM) 級	qu ≒ 35N/mm ²	平均 1.3cm/min	—
花崗岩 (CH) 級	qu ≒ 140N/mm ²	掘削不能	—

花崗岩 (CM 級) qu=15N/mm² から花崗岩 (CH 級~B 級) qu=140N/mm² で構成される硬質地盤の掘削は、時間が掛かると想定されたのでセメントスラリーの固結による施工性の低下を避けるため、注入液を掘削用と造成用の 2 種類に分け、カッターの上下を 2 回行う 2 サイクル施工を実施した。

4. 品質試験結果

2 サイクル施工のソイルセメント壁の品質に関する試験結果を表-2 に示す。

表-2 2 サイクル施工 試験結果一覧表

試 料	供試体諸元		一軸圧縮試験					透水試験	
	湿潤密度 (g/cm ³)		一軸圧縮強さ (N/mm ²)		変形係数 (N/mm ²)		破壊ひずみ (%)	透水係数 (cm/s)	
配合試験 (qu7)	2.01	2.03	2.88	2.73	720.0	683.3	0.4	0.40	—
	2.02		2.51		627.5		0.4		
	2.05		2.81		702.5		0.4		
配合試験 (qu28)	2.09	2.09	5.65	6.08	941.7	1131	0.4	0.50	2.93×10 ⁻⁷
	2.05		7.00		1750		0.5		
	2.14		5.60		700.0		0.6		
現場採取試料 (qu28)	1.53	1.55	1.46	1.46	365.0	343.7	0.6	0.60	—
	1.55		1.28		256.0		0.7		
	1.56		1.64		410.0		0.5		
事後コア・ホーリング試料 (qu28)	1.68	1.71	1.49	1.31	308.9	285.0	0.65	0.61	8.31×10 ⁻⁷
	—		—		—		—		—
	1.74		1.12		261.0		0.57		7.73×10 ⁻⁸

$$1\text{N/mm}^2 = 1000\text{kN/m}^2 = 1\text{MN/m}^2 \approx 10.2\text{kgf/cm}^2$$

5. 考察

CSM 機掘削能力実証試験結果により、花崗岩の DH 級~CM 級に対する掘削性能が定量的に示された。この能力であれば、岩盤への 1 m 程度の根入れ施工も補助工法を用いずに可能であることが分かった。また、ソイルセメント壁の品質も通常の管理基準を十分満足する結果が得られた。施工後に採取されたコアは深度方向に一様な状態で攪拌混合改良され、その殆んどが棒状~短柱状で採取することができた。

6. おわりに

この実証試験結果を参考に、実際の最終処分場の遮水壁の施工をロックオーガーなどの補助工法を用いずに行うことが可能となった。また、CSM 機は現在吊下げ方式の機械が主流となり、大深度(60m)・大壁厚 (1.2m) にも対応しながら土丹などの硬質地盤においても補助工法なしで効率的な施工を行っている。