

対象地盤を岩盤とした連続壁掘削に関する実績と積算への課題

西松建設 正会員○山本 達也

吉川 康次

渡邊 公樹

1. はじめに

現在、都市部の地下利用は輻輳し、それに伴いシールドトンネルおよびその立坑は大深度化している。このため、シールドトンネルの適用範囲は多様化しつつある。大深度地下の利用は都市部以外での採用が増えつつあり、対象地盤は軟弱地盤だけでなく硬質地盤へと適用範囲を広げる傾向にある。

今回発表する工事は河川を横断するケーブル洞道をシールド工法で構築する工事のうち、発進用立坑を対象としている。本立坑は大深度鋼製地中連続壁を岩盤に、深度約 64m の大深度水平多軸式掘削機 (EMX) で行うものである。一般的な積算要領等では、地中連続壁の工程算出や歩掛りは、上総層など土丹が硬さの上限で、岩盤層を対象としたものはない。このため、本論は今後増えると考えられる岩盤を対象とした立坑連続壁工事を対象に、計画時の工程算出や見積もり精度向上の一助となるべく、本工事で集積した施工実績（掘削所要時間とビットの損耗量及び施工能率）を整理し報告するものである。

2. 工事概要

(1) 地質概要

発進立坑付近の地質は、GL-0m～-45mまでは玉石混じりの砂礫層、GL-45m以深は岩盤層となっている。砂礫層の玉石は硬質な砂岩が主体であり、 $\phi 100 \sim 1,000\text{mm}$ の大きさであった。連続壁掘削を容易にする目的で、玉石が介在している砂礫層のみ連壁掘削範囲を全周回転工法にて流動化処理土に置き換えた。一方、岩盤層は付加体の泥岩および珪質泥岩が主体で、事前での地盤調査では一軸圧縮強度が 25.7N/mm^2 のCM級岩盤と判断されていた。

後に、立坑内部掘削時の地質調査を行った結果、想定していたCM級岩盤より脆弱なCL級・D級を含んだ互層が支配的に存在していることがわかった。ロックシュミットハンマー試験より推定岩盤強度を算出したところ、CL級岩盤が 7.2N/mm^2 、D級岩盤が 5.5N/mm^2 であった。発進立坑築造に関する地質概要図を図-1に示す。

(2) 工事内容

発進立坑築造工：内径 10.5m、深さ 64m

○先行掘削工

- ・全周回転工法流動化処理土置換え

○鋼製地中連続壁工

- ・水平多軸式掘削機 (EMX-240)
- ・NS-BOX 式 (嵌合継手式)
- ・施工深さ 68.5m、壁厚 1.0m、施工面積 $2,474.5\text{m}^2$

○立坑内部掘削工

- ・砂礫層 $4,150\text{m}^3$ 、岩盤部 $1,710\text{m}^3$

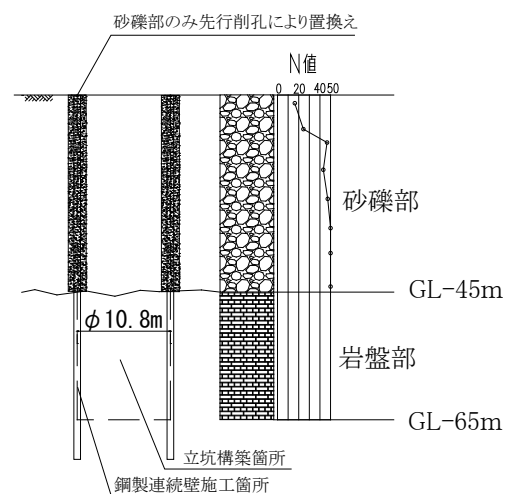


図-1 立坑土質概要図

キーワード 地中連続壁工法、大深度、岩盤、積算

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 西松建設(株) TEL:03-3502-7635 E-mail:tatsuya_yamamoto@nishimatsu.co.jp

3. 地中連続壁の施工実績

(1) 施工実績

本工事では水平多軸式掘削機（EMX-240）を用いて連続壁掘削を行った。掘削機の回転ドラム部分を写真－1に示す。施工を開始すると岩盤部の掘削には想定以上の時間とビットを費やした。ビットの摩耗状況を写真－2に示す。

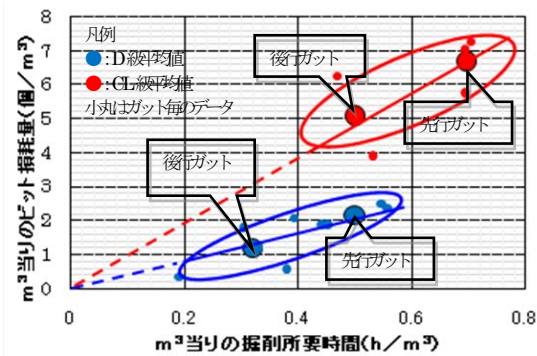
本工事では掘削に要した時間とビットの交換回数に着目し、掘削ガット毎の施工実績を集積した。一般に、掘削時間やビット損耗量を左右するパラメータは、対象地盤の強度や岩盤の亀裂の有無や石英含有量など複数考えられる。ここでは、岩盤性状の中から立坑内部掘削時の岩盤調査でガット毎に判定した岩級区分に着目し、掘削所要時間およびビットの損耗量との相関性を調べた。各ガットの1m³当りの掘削時間とビット損耗量の関係を図－2に示す。図のように、各ガットのデータは、岩級区分別にある程度まとまった領域に分布していることが分かった。図－2の結果を岩級区分毎に平均すると、表－1に示すように掘削時間に関してはD級で0.4(h/m³)、CL級で0.63(h/m³)となった。ビット損耗量についてはD級1.54(個/m³)、CL級は6.13(個/m³)となった。（ビット仕様：材質名GM3, 硬度 89.0HRA, 坑折力 230kg/mm²）



写真－1 水平多軸式掘削機



写真－2 ビット摩耗状況



図－2 掘削時間と損耗量の関係

表－1 岩級区分毎の施工実績

岩級区分	D級			CL級		
掘削タイプ	後行ガット	先行ガット	平均	後行ガット	先行ガット	平均
岩盤掘削数量(m³)	237.06	190.40	427.46	79.02	142.80	221.82
岩盤掘削時間(h)	75.50	95.00	170.50	39.50	99.50	139.00
ビット損耗量(個)	245	412	657	402	957	1359
1m³当りの岩盤掘削時間(h/m³)	0.32	0.50	0.40	0.50	0.70	0.63
1m³当りのビット損耗量(個/m³)	1.03	2.16	1.54	5.09	6.70	6.13

(2) 積算

掘削時間に関して地中連続壁基礎協会の提案する施工能率¹⁾を表－2に、本工事の実績から逆算により求めた岩級区分毎の施工能率を表－3に示す。既定の算出式の中で一番性状の近い軟岩での施工能率と、今回の施工実績より逆算した施工能率とを比較するとわかるように、一軸圧縮強度の違いに比べて大きく施工能率が落ちていることが分かった。今後連続壁対象地盤の硬質化や多様化に伴い、既定の施工能率表を再評価し、適用範囲を広げていくことが必要である。

表－2 施工能率 (m²/h)

土 質	N<50	50≤N	玉石混じり	土丹・軟岩※
地山掘削の施工能率	5.8	5.4	3.0	4.0
※軟岩とは一軸圧縮強度qu≤5N/mm2とする				

表－3 実績より逆算した施工能率 (m²/h)

岩級区分	D級岩盤	CL級岩盤
地山掘削の施工能率	2.5	1.6
D級岩盤：一軸圧縮強度qu=5.5N/mm2 CL級岩盤：一軸圧縮強度qu=7.2N/mm2		

4. まとめ

今回は、硬質地盤に対する地中連続壁掘削の積算時の参考値として、岩級区分別（D 級、CL 級）の掘削時間とビット損耗量など施工能率の実績を報告した。しかしながら、サンプル数は少なく汎用性に関しては今後同種のデータを蓄積し確認していく必要がある。また、この報告が今後連続壁施工の対象地盤が多様化していくにあたり、より正確な連続壁施工計画を策定できるようになるための問題提起となることを希望する。

【参考文献】1) 地中連続壁協会：地中連続壁基礎工法 積算基準（案），平成 23 年 4 月