

ビットの切削実験による「R-SWING工法」揺動型掘削機への対応 —新日比谷地下通路工事報告(その1)—

鹿島建設(株) 正会員 上木 泰裕 正会員 藤田 浩一
鹿島建設(株) 正会員 ○工藤 耕一 正会員 新井 優太
東京地下鉄(株) 久保田 淳

1. はじめに

日比谷駅周辺では、平成26年12月6日に都市再生特別地区として都市計画決定され、三井不動産(株)が中心となって基盤整備が進められている。今回、この基盤整備の一環として、大規模複合ビルと地下鉄日比谷駅とを結ぶ地下歩道連絡通路(以下「地下通路」という)に、矩形断面の3連揺動型掘削機である「R-SWING(Roof & SWING Cutting)工法」を採用する。(写真-1)

当工事ではR-SWING発進時の防護として地盤改良(高圧噴射攪拌)工法が採用されている。この地盤改良体は、東京電力の人孔防護も兼ね、発進から10mと全掘進延長(40m)の25%を占めるため、掘削抵抗値の低減が求められる。このため、R-SWING機に装備するビットは、供試体を作製し、実際にビットで切削してその切削抵抗値を測定し実機に反映したので、その検証結果について報告する。

2. 工事概要

地下通路工事は、東京メトロの日比谷駅への連絡通路で、発進立坑部には東京電力人孔があり埋設物も輻輳している。採用した矩形断面のR-SWING機は、ルーフマシン3機と本体マシン3機によって構成され、各ユニットをボルトで締結し一体化しており、それぞれを左右に揺動させながら、横7,250mm、縦4,275mmの大断面延長40mを同一断面、同一方向掘進にて構築できる泥土圧式推進機である。セグメントは、完全矩形断面を確保するため、六面鋼殻合成セグメントを採用することで、有効幅員6,000mmを確保している。

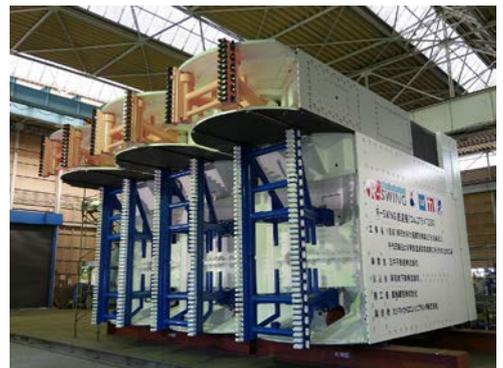


写真-1 3連R-SWING機

(図-1)

3. 実験概要

切削実験は、写真-2、図-2に示すビット切削実験装置を使用した。供試体は、流動化処理土を用いて一軸圧縮強度が5N/mm²、10N/mm²及び15N/mm²の3種類を作製し表-1及び表-2に示す実験を行なった。すなわち、供試体を切込み深さ4mm及び8mmを切削しその時の切削抵抗を測定した。

切削は、可動速度を6cm/secとして1供試体に対し10回実施した。

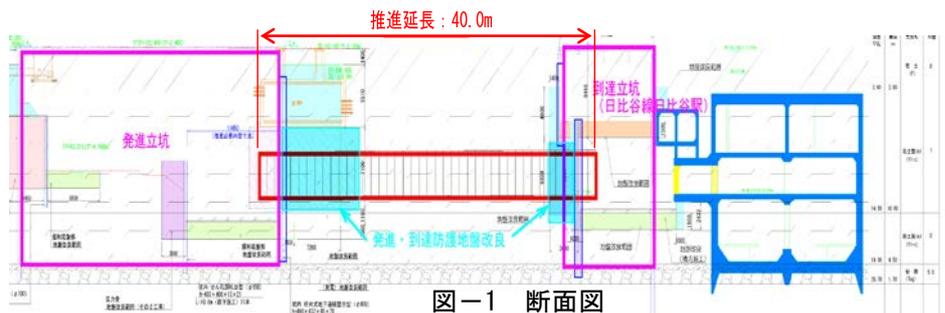


図-1 断面図



写真-2 切削実験機

キーワード R-SWING工法, 推進工, 非開削, アンダーパス, カッタービット, 切削実験

連絡先 〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-6-6 鹿島建設(株)日比谷連絡通路土木工事事務所 TEL03-6257-1967

表-1 試験項目

No	試験項目	試験内容
①	切込み深さによる掘削力比較	切込み深さ4mmと8mmによる切削力の確認
②	すくい角度の違いによる切削力比較	すくい角15°と20°の切削力の確認
③	ビット幅の違いによる切削力比較	40mm幅ビットと90mm幅ビットでの切削力の確認
④	ビット取付け間隔の違いによる切削力比較	ビット取付間隔30mmと40mm幅での切削力の確認
⑤	最大切込み試験	地盤強度15N/mm ² に対しての最大切込み深さの確認

表-2 実験確認パターン

	切込み深さ4mm			切込み深さ8mm			ビット形状
	一軸圧縮強度 5N/mm ²	一軸圧縮強度 10N/mm ²	一軸圧縮強度 15N/mm ²	一軸圧縮強度 5N/mm ²	一軸圧縮強度 10N/mm ²	一軸圧縮強度 15N/mm ²	
ビットA	①②③	①②③	①②③	①	①	①	(A) 磨損チップ無し 幅40mm すくい角15°
ビットB	②④	②④	②④	-	-	-	(B) 磨損チップ無し 幅90mm すくい角20°
ビットC	③	③	③	-	-	-	(C) 磨損チップ無し 幅90mm すくい角15°
ビットD	⑤	⑤	⑤	-	-	-	(D) 磨損チップ有り 幅40mm すくい角15°

4. 実験結果

各種実験結果は、下記に示すとおりである。

実験結果①：R-SWING機のビットの切込み深さ(掘進速度)を4mmから8mmに変えて切削力を測定した結果、若干想定より抵抗は大きいですが、問題なく切削できることを確認した(図-3)。実験結果②：掘進速度を一定とし、すくい角の違いによる切削力を測定した。その結果、すくい角20°のビットの方が、すくい角15°のビットと比べ、切削抵抗が低く切削能力が高い結果となった(図-4)。実験結果③：ビット幅の違いによる切削力を測定した。その結果、幅90mmのビットの方が40mm×2列のビットに比較し切削抵抗が低くなっている(図-5)。これは、側部の摩擦抵抗が40mm×2列のビットに比べ小さいことによるものと推察される。実験結果④：ビット取付け間隔の違いによる切削力を測定した。その結果、40mmの方が30mmと比べ、一軸圧縮強度が高いほど切削抵抗が低く切削能力が高いと言える。(図-6)。実験結果⑤：掘進速度については、一軸圧縮強度15N/mm²に対し、22.5mm/minで切削可能であることが証明された(表-3)。

今回の結果を踏まえ、当現場のマシン製作に反映させた。本施工時には各種データを収集し、次回施工時のマシン製作計画へフィードバックさせる予定ある。

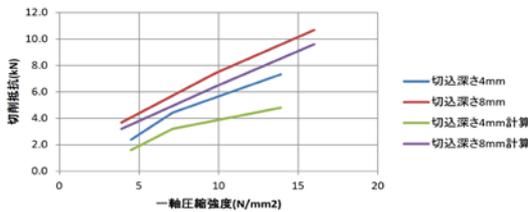


図-2 実験結果①切込み深さの比較

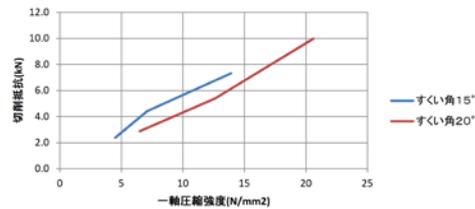


図-3 実験結果②ビット形状の比較

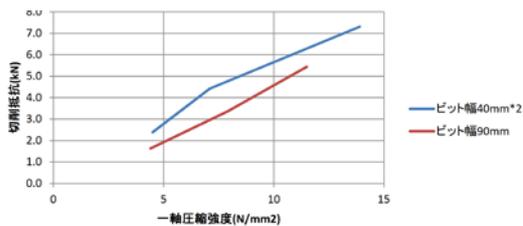


図-4 実験結果③ビット幅の比較

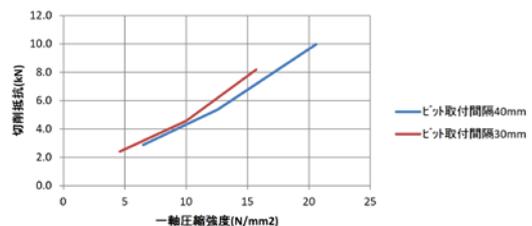


図-5 実験結果④ビット取付け間隔の比較

5. おわりに

発進時に一軸圧縮強度の高い地盤改良体が存在するため、R-SWING工法を採用するにあたり各種実験を行った。

ビットの形状・配列・掘進速度等を検証した結果、切削可能と判断した。今後、実際の施工において実験結果の妥当性を検証すると共に、同条件での地下連絡通路工事において、シールド工法や開削工法に比べ、より安全・安価・短工期といったR-SWING工法の有利性を確認していきたい。

表-3 実験結果⑤最大切込み深さ

強度	切込抵抗	切削抵抗	掘進速度
5N	21.8mm	7.2kN	30.7mm/min
10N	20.8mm	14.1kN	29.3mm/min
15N	16.0mm	35.7kN	2.5mm/min



写真-3 供試体

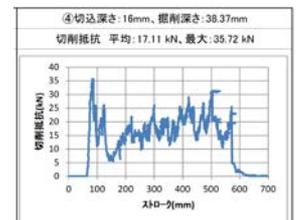


図-6 切削抵抗値