

既設杭の掘削に向けた切削ビットの開発

清水建設(株) 土木技術本部 正会員○大塚 寿貴

清水建設(株) 外環大泉シールド作業所 正会員 前田 俊宏, 吉澤 尚志

東急建設(株) 外環大泉シールド作業所 正会員 野口 浩

東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所 佐々木 博昭, 滝沢 諒

ジャパントネルシステムズ(株) 伊藤 広幸

1. はじめに

粘性土、砂礫層を掘削するための従来の一般的なビットは地中の RC 杭等の切削を想定していない。そのため切削した実績が少なく、ビットの破損対策を含めた切削効率や摩耗特性など不明確な点が多い。切削効率が悪い場合は切削時間が長くなり、切羽部分の不安定化を招き、地上地盤や構造物に影響を与える。また、摩耗特性が不明確であると切削に最適なビットの形状、数量等の計画が難しい。

このような背景から、東京外かく環状道路本線トンネル（南行）大泉南工事において、RC 杭の切削用ビットの開発を行った。まず、考案した3種類のビット

を使用した要素実験を行い、それらの切削性能を評価した。さらに、要素実験から選定したビットを用いて外径 2600mm の推進機による実機縮小モデル切削実験を行い、その切削性能、摩耗特性及びビット傾斜角について評価した。本稿ではこのうち実機モデル実験について報告する。

2. 実験概要

図-1 に使用した推進掘削機を示す。カッターフェイスにビットを 22 個配置し、中心部にはセンターカッターを装備した。カッターフェイスは支障杭の大割れ対策のために傾斜を設け、傾斜角を 5° と 7° に調整できる構造とした。図-2 に使用した RC 杭切削対応の試験ビットを示す。RC 供試体は外環本線トンネル工事で想定される支障杭と同様の配筋

（主筋 D35）とし、配筋形状の異なる2種類（タイプ-D は主筋を2重配筋）の供試体を作成した（図-3）。コンクリートの呼び強度は一般的な場所打ち杭と同等以上の強度（ $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ ）とし、形状は直径 1.2m、長さ 3.6m の円柱型とした。表-1 に実験ケー

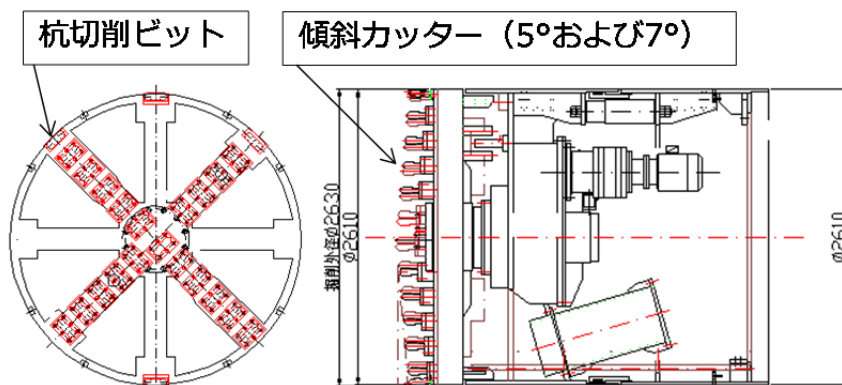


図-1 推進掘削機概要

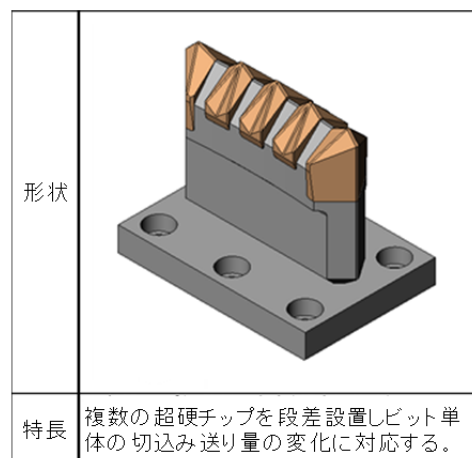


図-2 試験ビット概要

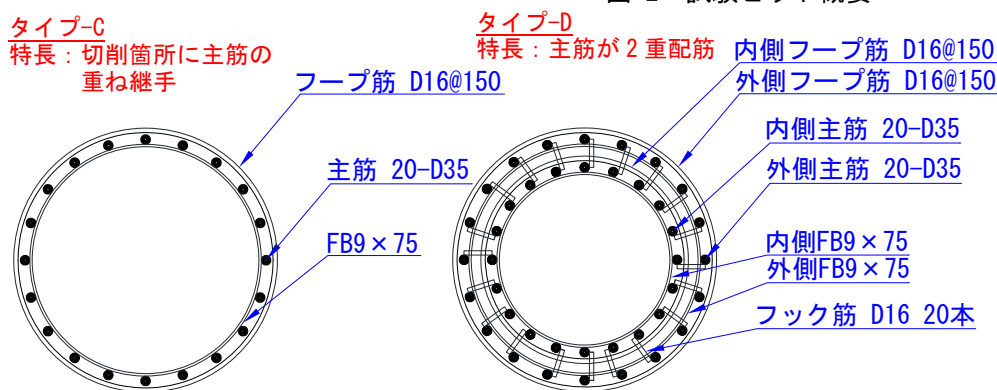


図-3 供試体配筋図

キーワード シールド 杭切削 切削ビット 超硬チップ

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株) 土木技術本部 シールド統括部 TEL03-3561-3892

スー一覧を示す。実験 No.D-5 ではジャッキスピードを 1.0 mm/min と 2.0mm/min の 2 ケースを行った。試験では、ジャッキ推力、カッタートルク値、及びジャッキストロークを 1.0 秒毎に計測し、切削性能を評価した。また、ビット摩耗量計測と切削状況ならびに切削片の目視確認を行った。

3. 実験結果

3.1 切削性能

写真-1、写真-2 に切削面の状況と鉄筋の切削片を示す。すべての実験において切削時のジャッキ推力及びカッタートルクに異常はみられなかった。また、供試体中間に主筋の重ね継手を配置しても、鉄筋切断片は最長 80cm、概ね 60cm 以内の長さであった。表-2 にジャッキ推力、カッタートルク測定結果一覧を示す。測定結果の考察を以下に述べる。

・No.C-7 と No.C-5 を比較すると、推力、トルクともに、平均値及び最大値で No.C-7 の方が小さい。標準偏差は推力、トルクともに No.C-7 の方が小さく、データのばらつきが小さいが、最頻値区間はそれぞれ同程度である。したがって、 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ の範囲では傾斜角の違いが推力、トルクに与える影響は小さいことが分かる。

・No.C-5 と No.D-5 を比較すると、No.D-5 では主筋が 2 重配筋のため平均推力が約 25%大きい。トルクも同様に No.D-5 の方が大きい値を示したが、平均値では 10%増加、最頻値区間は同一区間である。

・No.D-5 においてジャッキスピードを上げた場合、推力は平均値で 45%、最大値で 29%増加した。最頻値の区間も 180-200 が 240-260 となり、推力の上昇がみられた。トルクも同様に平均値で 63%、最大値で 19%増加し、最頻値の区間も 120-140 が 220-240 に上昇した。この結果、ジャッキスピードを上げると推力、トルクともに上昇し、その上昇量は傾斜角や鉄筋量の変化と比較しても大

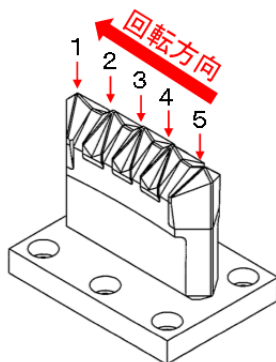


図-4 摩耗量計測位置

きいことが分かる。

3.2 摩耗特性

切削実験終了後に図-4 に示す位置におけるビット摩耗量を計測した。表-3 に試験ビットの摺動距離合計と摩耗量合計を示す。この結果よりビット中心部（図-4 の 3 の位置）における摩耗係数は $K=0.78\text{mm/km}$ となる。

しかし、この数値の評価についてはジャッキスピードやカッター傾斜角等を考慮した総合的な判断が必要である。

4. おわりに

今回開発した RC 杭切削対応ビットは十分な切削性能が確保できることを確認した。この結果を実施工機に反映し、工事を進めていく所存である。



写真-1 切削面状況



写真-2 鉄筋切断片

表-1 実験ケース一覧

実験No.	供試タイプ	カッター角度 ($^{\circ}$)	ジャッキ速度 (mm/min)
C-7	タイプ-C	7	1.0
C-5	タイプ-C	5	1.0
D-5	タイプ-D	5	1.0、2.0

表-2 ジャッキ推力、カッタートルク測定結果

項目	C-7	C-5	D-5
有効切削時間(s)	15478	22882	38355
有効切削ストローク(mm)	282	361	615
平均速度(mm/min)	1.093	0.947	0.962
ジャッキ推力 (kN)	平均値	109.2	137.5
	最小値	43.0	36.4
	最大値	252.4	387.7
	最頻値区間	120-140	120-140
	標準偏差	24.4	40.7
カッタートルク (kN・m)	平均値	120.6	135.4
	最小値	79.3	82.2
	最大値	317.2	377.0
	最頻値区間	120-140	120-140
	標準偏差	25.9	42.2

表-3 ビットの摺動距離の合計と摩耗量の合計

摩耗計測位置	1	2	3	4	5
ビット摩耗量合計 (mm)	1.774	4.261	12.197	1.703	0.568
摩耗係数 K (mm/km)	0.11	0.27	0.78	0.11	0.04
摺動距離合計 (km)	15.679				