シールド機による PHC 杭の直接切削実験
― 鹿児島３号東西道路シールド（下り線）新設工事 ―

大成建設株式会社　正会員　○中村　凌太郎　正会員　橋本　諭
大成建設株式会社　正会員　　大小田　洋祐　正会員　竹山　握
国土交通省九州地方整備局鹿児島国道事務所　　安藤　雅俊

１．はじめに

鹿児島東西道路は，高規格幹線道路の結節点である鹿児島 IC と鹿児島市中心市街地および鹿児島港を結び，アクセス機能強化と都市交通円滑化・交通混雑緩和を目的とした延長約 3．4km の自動車専用道路である．

このうち本工事は，九州地方で初めてとなるシールド工法による道路トンネルで，シールド外径 11．34m の土圧式シールド機により，南九州の特殊土であるシラス地盤を約 2．3km 掘進するものである．途中，撤去できない基礎杭があるため，シールド機で直接切削する計画である．本稿は，過去に施工実績のない PC 杭の直接切削に先立ち，切削状況を模擬した実験（切削実験）を行い，ここから導き出された知見に基づく掘進計画について報告するものである．

図-1　工事位置図

図-2　工事全体路線図

２．既設杭の概要

発進坑口から約 2,150m地点の東雲川調整池には基礎杭があり，シールド路線に支障することが想定された．竣工時期が古く詳細寸法も不明だったため試掘調査を行った結果，基礎杭は PC 杭 B 種（コンクリート設計基準強度 σ ck：50N/mm^2，せん断補強筋径 D6～D9）で杭径 φ 350mm，長さ 14．0m，支障する本数が 62 本であった．また土被りが約 10m である．

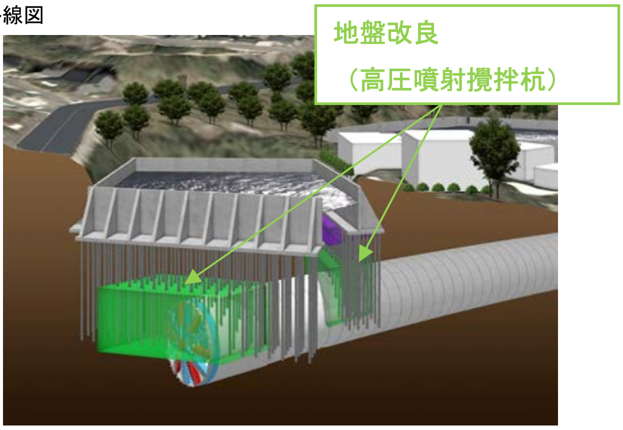

図-3　東雲川調整池基礎杭直接切削図

キーワード　PC 杭，直接切削，切込量，泥土圧シールド，大割れ防止
連絡先　〒890-0052　鹿児島県鹿児島市上之園 24-1　大成・大豊特定建設工事共同企業体　ＴＥＬ099-298-1491

３．切削実験

実験は２回実施した．１回目は，杭を気中に露出した状態で上下端を固定して，先行ビットの切込み深さと切削状況の関係を確認した．２回目は，実施工で計画している杭背面への地盤改良を模擬土槽に再現し，切削時に杭が大割れしないことを確認した．実験装置の概要を図-4 に，杭の設置状況を図-5 に示す．

本工事のシールド機カッターヘッドは，杭切削時の大割れとビット破損を防止するために傾斜角度を２段階とした傾斜カッターを採用している．このため，試験推進機ではビット高さでカッターの傾斜角を再現し，ビットは２パス配置とした．実験に使用した推進機とシールド機との比較を表１に示す．

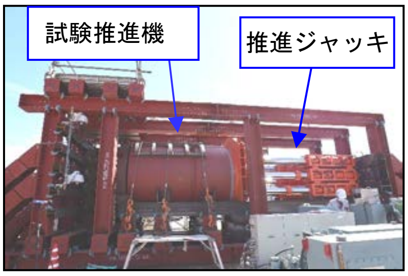

図-4　実験装置の概要

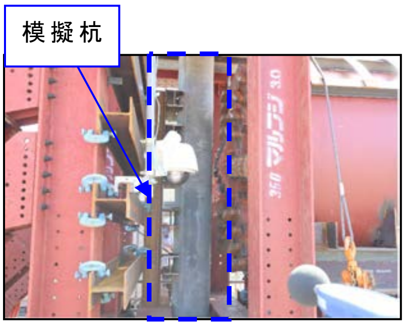

図-5　杭の設置状況

表-1　シールド実機と試験推進機との比較

項　　目	シールド実機	試験推進機
掘削外径[m]	11.38	2.14
掘削断面積[m^2]	101.7	3.6
総推力［kN］	120,000	3,200
カッター回転数［rpm］	0.97	2.35
トルク[kN・m]	28,085	452
ビット（E5）	支障物切削ビット	支障物切削ビット
パス数(パス)	2，3，4，8，12	2

４．切削実験結果（1 回目）

掘進速度を変化させながら，切削状況の良否およびビット損傷の有無を確認した．実験での最大ビット切込み深さ 1.7 mm(ジャッキ伸長速度 8 mm/min 時)においても，切削状況，ビット損傷とも問題はなかった．この結果，シールド実機における先行ビットの切込み深さは，先行ビットのパス数と掘進速度から表 2 に示す通りになり，掘進速度を 3mm/min 以下（表-2 赤枠内）に制限すれば，良好な切削が可能であることを確認した．

表-2　シールド実機の掘進速度・パス数と適正切込量

パス数	2	3	4	8	12
掘進速度（mm/min）	切込量（mm）				
1	0.52	0.34	0.26	0.13	0.09
2	1.03	0.69	0.52	0.26	0.17
3	1.55	1.03	0.77	0.39	0.26
4	2.06	1.37	1.03	0.52	0.34
5	2.58	1.72	1.29	0.64	0.43

５．切削実験結果（2 回目）

図-6 に示す模擬土槽（杭下端から 200 mmより以深：山砂　それ以浅：一軸圧縮強度 3N/mm^2 の流動化処理土）を作成し，杭が地盤改良により拘束された状況を再現して切削実験を行った．なお，掘進速度は 1 回目実験結果より 3mm/min とした．1 回目の実験では，杭のコンクリートが剥落して PC 鋼材が残り，その後，カッターの回転により引きちぎられて長い状態で破断したが，2 回目は，模擬土槽の拘束効果により切断長は平均 200mm 程度の短さに切断された．この結果，高圧噴射攪拌工法による改良強度相当があれば，良好な切削状況を維持できることを確認した．

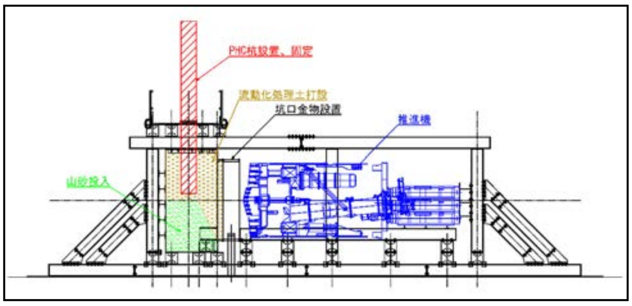

図-6　第 2 回実験設備計画図

図-7　模擬杭状況（実験後）

図-8　回収した PC 鋼材

６．おわりに

土圧式シールド機による支障物の直接切削では，対象物の大割れによりスクリューコンベヤーが閉塞し，掘進・停止を繰り返すことがトラブルに直結する．本実験より，掘進速度 3mm/min 以下、地盤改良により杭背面を一軸圧縮強度 3N/mm^2 以上に強化することで，大割れを防止できることを確認した．本実験結果をシールド工事の掘進管理計画に反映するとともに，今回の取組みが同種工事のトラブル回避へと繋がれば幸甚である．

© Japan Society of Civil Engineers