廃止トンネルの充填モニタリング方法の提案

前田建設工業㈱　正会員　○清水　英樹　赤松　佑介　小熊　登
中部電力㈱　水野　竜也

１．はじめに

廃止トンネル等の空洞に充填材を注入する方法には，進入坑から空洞まで配管を行い充填する配管圧送方式と地上からボーリング孔を介して充填するボーリング注入方法がある．崩落の危険がある場合や進入坑のない場合は，ボーリング孔を介した充填方法が適していると考えられる．著者らは，流動化処理土などを用いたトンネル充填工事[1)]において，地上から簡易に坑内を監視し，充填量を管理する手法の実用性を検証した．

２．坑内モニタリング方法

坑内は，冠水や土砂の堆積，さらに暗闇の中にあるなど，モニタリングする上では多数の障害がある．一方，従来のモニタリング機器は，φ100㎜以上のボーリング径が必要であったり，高価で取扱いに専門技術を要したりするという課題があった．そこで，坑内 CCD カメラを自作し，隔壁工打設途中の形状を記録し，さらに，キャンピングライトを用いて堆積状況の観察を行うとともに電気式や重錘式センサーを併用しながら充填材料の形状を確認した．また，坑内では隔壁材が３次元方向へ拡がるため，より詳細な形状および打設量管理を目的として空洞３D レーザースキャナー（C-ALS）による計測を行った．

写真-1　CCD カメラ（後継機）の概観と使用方法イメージ

表-1　坑内 CCD カメラ〔後継機 IPA〕

カメラ本体	25 万画素子 CCD カメラ（耐水圧 0.15MPa）
電源	AC100V
寸法	最大径φ80㎜×L150㎜
重量	800ｇ
出力記録方式	パソコン直結カラー動画
照明	白色 LED（別に補助灯付き）
ｹｰﾌﾞﾙ	ｱｰﾏｰﾄﾞｹｰﾌﾞﾙ 30m
固定具	アルミ製ﾌﾚｷｼﾌﾞﾙｼﾞｮｲﾝﾄ
ｵﾌﾟｼｮﾝ	GPS 機能，傾斜計測機能他

写真-2　C-ALS の概観（左）と計測状況（右）

表-2　３D スキャナー仕

本体	C-ALS(MDL 社製)
ﾚｰｻﾞｰ	ｸﾗｽ１ｱｲｾｰﾌﾚｰｻﾞｰ
本体寸法	φ50㎜×L2000㎜
本体重量	10ｋｇ
ｽｷｬﾝ方式	360°　連続　200 点/秒
計測機能	ﾃﾞｼﾞﾀﾙｺﾝﾊﾟｽ，2 方向傾斜計

３．充填工事

充填工事のうち端部隔壁工を以下に述べる．図-1 に示すように打設孔より定量（約 70m³/日）で打設し，坑内天端まで充填された時点で完了とした．モニタリングは，打設孔の他に両側に配置した2つの観測孔より挿入した機器で行った．CCD カメラは，打設管理をﾘｱﾙﾀｲﾑで行うため常時観察したが，液面センサーと3D スキャ

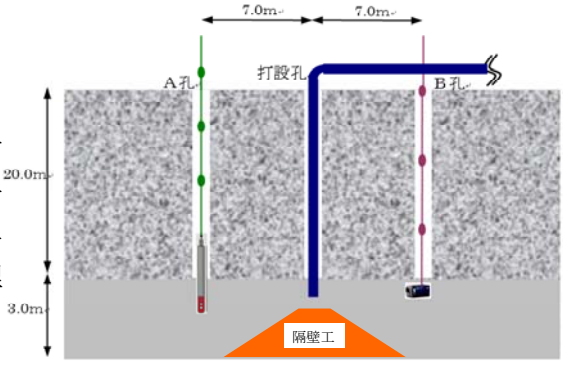
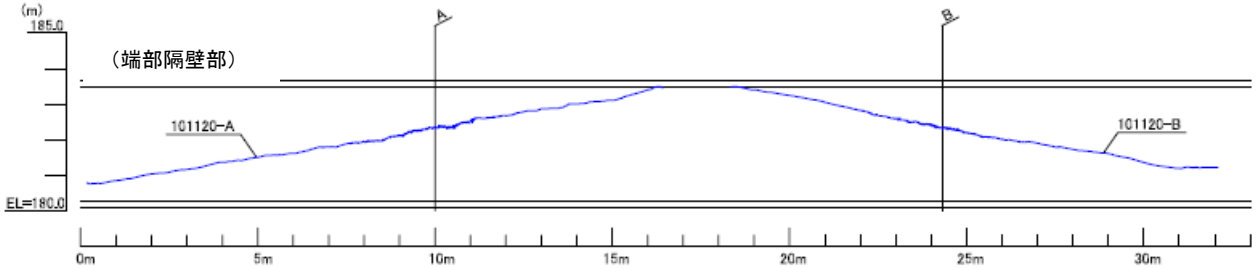
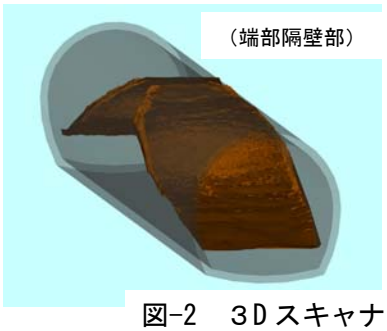


図-1　坑内モニタリング概念図

キーワード　空洞充填，品質管理，坑内計測
連絡先　〒179-8914　東京都練馬区旭町 1-39-16　前田建設工業㈱　技術研究所　ＴＥＬ03-3977-2453

写真-3　CCD カメラによる坑内状況（左：打設初期　中：中盤　右：終盤）





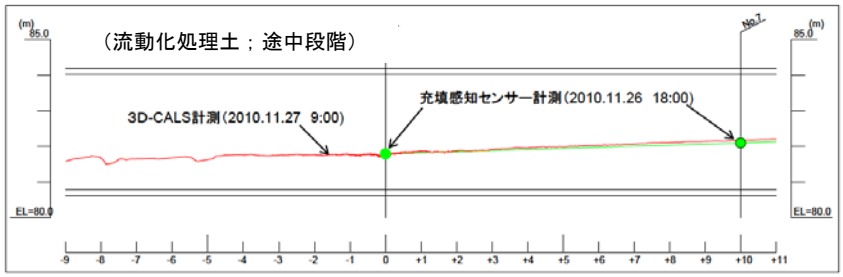
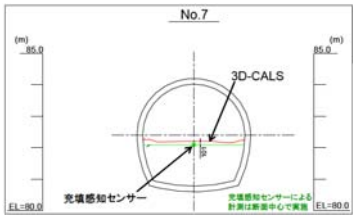


図-2　３D スキャナー解析結果と計測結果



緑線：充填感知センサー計測結果から想定される表面形状
（計測は断面中心で実施し、計測した高さをトンネル両端部に延長した。）
赤線：3D－CALSの結果（トンネルセンターのデータ）

ナー計測は毎日の打設終了時に行った．端部隔壁は部分充填を行うためのものであり，充填材料の逸走を防止するためにはトンネル壁面に確実に密着していることが求められる．また，図-2 には端部隔壁部（終了時）と流動化処理土を用いた充填箇所（途中段階）の計測結果も示している．

４．検証結果

自作した CCD カメラでの観察は，坑内で 30m程度先まで可能であった．隔壁を CCD カメラ画像で確認した結果、打設中にやや偏った形状となったが，これは３D スキャナー解析画像と一致していた．また，図-2 に示すようにトンネル中心の各ボーリング孔で液面センサーによる実測値とスキャナー解析値と標高差を比較したところ，10～30cm 程度の差があった．この理由は明確ではないが，時間経過によって充填材が変形することや対象物の形状によってレーザー反射を捕らえやすいという器械特性に関係があるかもしれない．また，打設量管理としては，インバート部の 60～70cm 程度冠水した箇所でスキャナーのレーザーの反射がなく一部想定になることや，隔壁工の圧密固化に伴う体積変化も同様に誤差の要因となるという知見を得た．

以上より，坑内充填工事の品質管理は坑内カメラや液面センサーで可能であり，より詳細な打設形状の把握や打設量管理を行う場合には３D スキャナーを用いることが可能であることが判った．

今後は，水中でもモニタリングできる手法や複雑な形状の空洞を測定できるような充填センサーの開発など，空洞充填工における品質管理方法の高度化を目指す予定である．

参考文献

1) 空洞充填工法の開発―廃坑充填工における端部隔壁の施工―，清水・安井・赤松・伏屋（前田建設工業㈱），第 46 回地盤工学研究発表会講演集（投稿中），平成 23 年８月