

大規模ドーム型地下空間構築工法の開発 ～都市トンネルからの地中切り掘げによる立坑の設計と施工～

大成建設株式会社 正会員 ○松村 謙治 大成建設株式会社 正会員 森田 泰司
大成建設株式会社 正会員 渡部 昭一 大成建設株式会社 正会員 岩野 政浩

1. はじめに.

近年、大都市圏において都市再生事業としてトンネル方式による環状道路の整備・計画が進んできている。これらの事業では、地上への影響を極力避けるべく、分岐合流部についても非開削方式による施工が強く望まれている。非開削方式での道路トンネル分岐合流部構築技術は数多く提案されており、例えば、推進工法を用いた多数の小断面トンネルを連結して分岐合流部全体を覆う外殻覆工体を構築する工法を用いる場合においては、分岐合流部構築のための基地として、推進機の発進・到達のための地中立坑が必要となる。その場合、大規模な地中立坑を非開削方式で施工することが求められる。

そこで、都市部での未固結地盤を想定した場合に、山岳 NATM 工法によるドーム型地中立坑が、地表面への影響を抑制しながら構築可能であるか検討を行ったので、その結果について報告する。

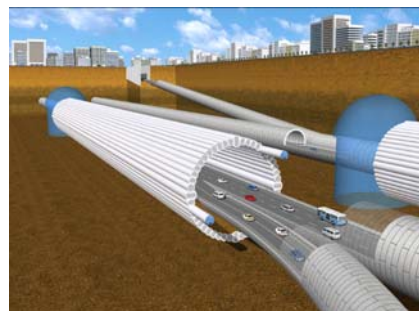


図-1 道路トンネルの分岐合流部の発進到達立坑に使用した例

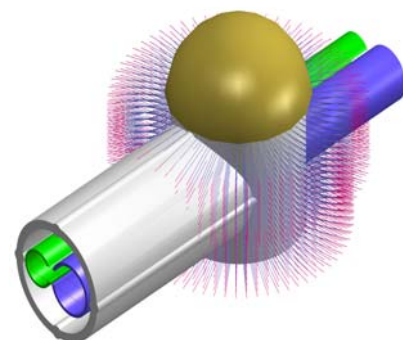


図-2 ドーム型地中立坑概念鳥瞰図

2. ドーム型地中立坑の概要及び施工手順

道路トンネルの分岐合流部を構築する非開削の外殻先行覆工トンネル工法では、外殻トンネルの構築方法によっては、推進機の発進・到達等のための立坑が必要となる。ドーム型地中立坑は、本線 or ランプシールドより、切り掘げのための頂設導坑をシールド工法にて施工し、ドーム部、円筒部をグラウンドアンカーを併設しながら NATM 工法にて、順次盤下げて構築する。掘削土は、シールドとドーム頂部を結ぶ鉛直立坑を構築してシールド内へ搬出する。地中立坑周囲には、本線 or ランプシールド、頂設導坑、鉛直立坑より薬液注入を行い、止水ゾーンを形成する。

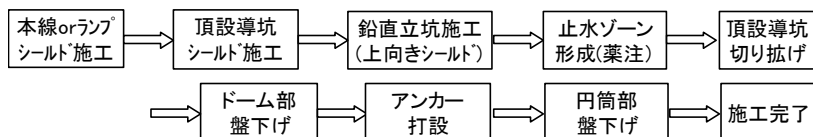


図-3 施工フロー図

3. 掘削解析

(1) 解析条件

本検討では、ドーム部および円筒部の掘削解析を基に、空洞の安定性・成立性を検討する。検討ケースを表-1 に示す。解析モデルは軸対称モデルとし、地盤は線形弾性および完全弾塑性（モール・クーロンの降伏基準）モデルを適用する。解析ステップは施工を反映して設定する（表-2）。また、対象とした地盤は首都圏に広く分布する地盤を対象として、ローム層及び砂質土と粘性土の互層と設定した（表-3）。大深度法の適用範囲が GL-40m 以下であるため、ドーム天端の位置が GL-41m となるように設置し、ベンチ掘削のベンチ高さは 2m とする。グラウンドアンカーは盤下げて併せて、初期導入力 100kN を節点力として考慮した。

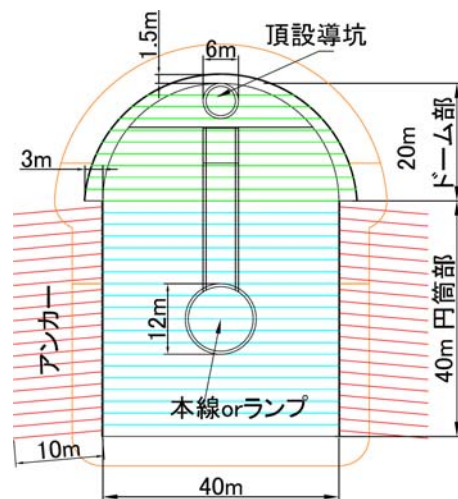


図-4 ドーム型地中立坑平面図

キーワード：ドーム型地下空間, 大深度, 非開削, 分岐合流技術, NATM

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 TEL03-5381-5296 大成建設(株)本社土木設計部トンネル地下設計室

表-1 検討ケース

解析ケース	解析手法	アンカー初期導入力
CASE1	線形弾性	なし
CASE2		100kN
CASE3	完全弾塑性	なし
CASE4		100kN

表-2 解析ステップ

STEP1	初期応力解析
STEP2	ドーム部1段ベンチ掘削
STEP3	吹付、ドーム部2段ベンチ掘削
STEP4~11	ドーム部ベンチ掘削完了まで
STEP12	アーチコンクリート打設
STEP13	円筒部1段ベンチ掘削
STEP14	吹付、アンカー設置、円筒部2段ベンチ掘削
STEP15~32	円筒部ベンチ掘削完了まで

表-3 地盤の物性値

層 序	深 度 (m)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (度)	変形係数 E0 (kN/m ²)	ポアソン 比 (ν)
ローム	4.10	14	63	15	13,000	0.45
礫質土	9.75	18	—	42	50,000	0.30
砂質土	15.40	19	100	41	215,000	0.30
粘性土	21.00	17	680	10	115,000	0.45
砂質土	22.30	19	100	41	215,000	0.30
粘性土	24.65	17	680	10	115,000	0.45
礫質土	43.00	19	25	42	278,000	0.30
粘性土	47.00	19	290	10	95,000	0.45
砂質土	—	19	100	42	430,000	0.30

▽ 天端
GL-41m

(2) 解析結果

各ケース掘削完了時の変形量を表-4に、塑性領域図の例を図-5に、CASE3の安全率図および変位図を図-6、図-7に、CASE4の安全率図および変位図を図-8、図-9に示す。図は全て掘削完了時のものである。周辺地盤に発生する塑性領域の範囲は、立坑の円筒形の形状効果による安定性の高さから、掘削面近傍に限られている。そのため、弾性解析と弾塑性解析で変位量等に大きな違いはみられない。地表面沈下量は、立坑掘削完了時に、アンカーなしのケースでさえ27mm程度で、地表への掘削の影響は小さな結果となった。アンカー打設により、円筒部周辺地盤の安全率は向上し、地表面沈下量および壁面変位量が1割程度低減される。地表面沈下量と天端沈下量の大小関係より、ドーム上部の地盤のアーチ効果により、このような結果が発現したものと思われる。

表-4 掘削完了時変位量

解析ケース	解析手法	アンカー	地表面沈下量	天端沈下量	壁面変位量
CASE1	線形弾性	なし	26.9mm	77.7mm	26.6mm
CASE2		あり	24.4mm	74.9mm	24.8mm
CASE3	完全弾塑性	なし	26.9mm	77.3mm	26.7mm
CASE4		あり	24.4mm	74.5mm	24.8mm

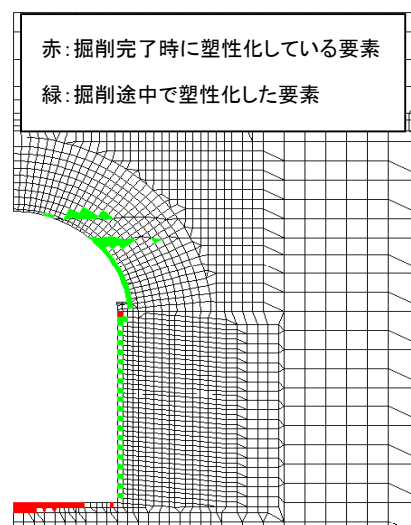


図-5 塑性領域図 (CASE4)

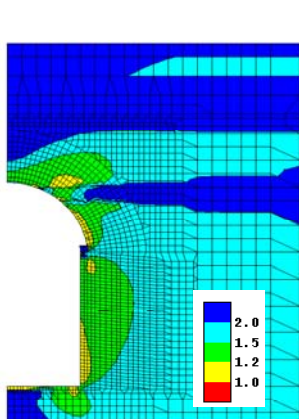


図-6 安全率図 (CASE3)

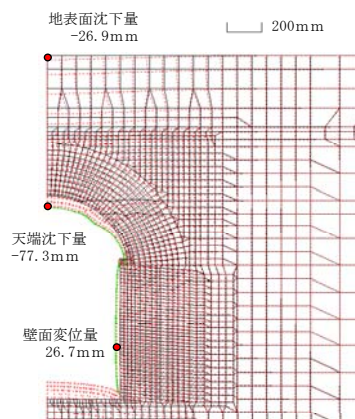


図-7 変位図 (CASE3)

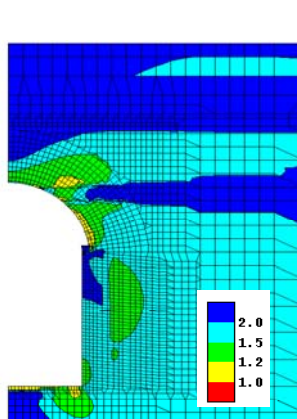


図-8 安全率図 (CASE4)

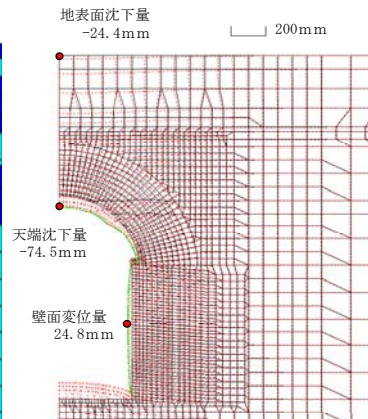


図-9 変位図 (CASE4)

4. おわりに

今回提案した大規模ドーム型地下空間構築工法によれば、地上構造物への影響を抑制しながら、非開削での道路トンネル分岐合流部構築の基地としてのためのドーム型地中立坑を施工することが可能であると考えられる。今後は、実施工に向けて詳細な施工方法の検討が必要と考えている。また、本構築工法により、道路トンネル分岐合流部構築のための基地としてのみでなく、多様な用途及び規模のドーム型地中立坑を非開削方式にて効率的に構築することが可能であると思われる、今後の発展が強く期待される。