

Ⅲ - B148

土被りが浅い大規模地下空洞の掘削時岩盤挙動

飛鳥建設 技術研究所 正 近久 博志 正 小林 薫
同 上 正 松元 和伸 正 中原 博隆
同 上 正 筒井 雅行

1. はじめに

建築構造物の多様化・複合化に伴い地下空洞を新たに構築し、不特定多数の利用者が常時入場できる文化・スポーツ施設など、これまでのエネルギー関連施設（地下発電所、地下石油備蓄基地など）とは異なる施設が計画されるようになってきた¹⁾。このような状況の中、国内初の不特定多数が常時入場できる岩盤空洞を利用した地下式美術館²⁾の建設が進められている。本工事は、平成9年3月に空洞掘削が完了し、現在平成10年春の完成をめざし内装や空調設備等を施工中である。そこで本報告は、この地下式美術館建設工事で土被りが浅い半球状の大規模地下空洞の掘削に伴う周辺岩盤の変位計測結果を示すとともに設計時に実施した有限要素法解析結果の比較を示す。

2. 工事概要

本地下式美術館は、図-1に示すような地表部の管理施設、地表からほぼ水平に入る70mのトンネル状の展示空間（以下、展示トンネルと呼ぶ）、直径40.5mの半球状の展示空間（以下、展示ホールと呼ぶ）および展示ホール周辺の避難用トンネルから成っている。この内、展示ホールは、土被り30mの浅い位置に大規模な半球状の空洞を岩盤内に建設している。

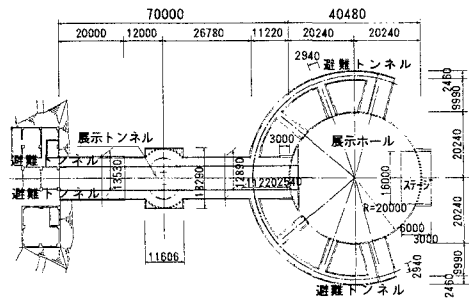


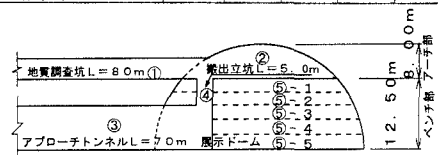
図-1 計画全体平面図

表-1 岩盤の力学定数

力学特性	岩盤等級	表土	D級	CL級	CM級	CH級
単重 γ (kN/m ³)		1.57	1.96	2.45	2.55	2.55
弾性係数 E (MPa)		8	98	1,715	5,165	5,360
ポアソン比 ν		0.40	0.35	0.35	0.29	0.27
粘着力 C (MPa)		0.03	0.20	0.98	2.45	4.61
内部摩擦角 ϕ (°)		20	25	45	51	56
引張強度 σ_t (MPa)		—	0.05	0.36	1.25	1.77

3. 地形・地質概要

本地下式美術館の建設位置は、高山盆地の南西部に位置し、源氏岳(1,142m)より発する苔川と阿矢谷川に挟まれた標高600~700mの山地の北西斜面に位置する。周辺の地質状況は、上位より表土、崩積堆積物の粘性土および白亜紀後期、古第三紀の濃飛流紋岩と呼ばれる火成岩のうち火砕流起源の溶岩質凝灰岩（基盤岩）により構成されている。設計に必要な岩盤の力学特性を把握するために、展示ホールの天端付近に入る地質調査坑（高さ4m、幅4m、長さ80m）と地質調査ボーリング（坑内水平ボーリング含む）等を実施し、各種試験を行った。これらの結果を基に設定した設計に用いた力学定数は表-1³⁾に示す。



4. 掘削手順と計測概要

図-2に概略の掘削手順を示す。そして、地中変位計の設置位置を図-3に示す。地中変位計のNo.1とNo.2は空洞掘削に先立って地表から設置し、地中変位計のNo.3~5は空洞アーチ部掘削後に空洞内部から設置した。

図-2 概略の掘削手順

キーワード；地下空洞、土被り、計測、有限要素法
〒270-02 千葉県東葛飾郡閤宿町木間が瀬5 4 7 2

TEL 0471-98-7572

FAX 0471-98-7586

5. 周辺岩盤の変位計測結果

図-4に地下空洞掘削に伴う周辺岩盤の変位挙動を示す。本文中の変位量は、各測点と最深部（掘削面から最も離れた測点、地表面）の相対変位量を表すこととする。掘削面に最も近い地下空洞の相対天端沈下（No. 1）は、アーチ部掘削時で3.74mm、展示ホール掘削完了時で4.42mmであった。このとき掘削面から最も離れた測点は、展示ホール掘削完了時においてもほとんど沈下は生じていなかった。

図-4には代表的なアーチ肩部（No. 2）の変位挙動も示す。掘削面に最も近い計測点での相対変位量は、アーチ部掘削時で0.29mm、展示ホール掘削完了時で0.86mmと微小であった。また、空洞位置の地表面沈下をレベル測量した結果は全く影響がなかった。

6. 設計時の有限要素法解析結果

事前設計の段階で検討項目に応じて種々な解析を実施した。このうち表-1の値を用いて実施した三次元有限要素解析の結果から、展示ホール掘削後の周辺岩盤のY方向変位挙動を示すと図-5のようになる。この解析結果から、天端部の変位と土被りの最も浅い位置における肩部の壁面変位は各々5.5mmと3mm程度であった。

7. まとめ

(1) 本地下空洞の周辺岩盤の地質的性状は、次のようにまとめられる。「①空洞建設位置における初期地圧が比較的小さい。②これに比べて岩盤の強度や剛性が高い。③空洞建設位置における岩盤の弱層や弱面の強度が比較的安定していた。」このような地質に構造的に安定した半球状の空洞を建設したため、周辺岩盤は、割れ目などの不連続面がほとんど開口することがなく、全体としてほぼ弾性的な挙動を示すこととなった。このため三次元有限要素法による解析結果とよく似た結果を示すこととなった。

(2) これまでの大深度に建設された地下空洞は、掘削により塑性挙動やクランプ挙動を示すことが多かった。しかしながら、本地下空洞のように土被りが比較的低く周辺岩盤が良質な場合は、当然のことながら周辺岩盤は弾性挙動の範囲に留まることが多い。この場合、有限要素法解析が有効的な設計法となり得るものと思われる。今後、本地下空洞の他計測データを順次整理・分析することによって土被りの浅い地点に施工される大規模地下空洞の合理的な設計に役立てたいと考えている。

参考文献

- 1) 稲田義紀著：岩盤工学、森北出版、PP.173～177、1997
- 2) 中田金太、近久博志他2名：国内初の岩盤地下美術館、トンネルと地下、Vol.27、No.3、PP.35～41、1996.3
- 3) 近久博志、小林薫他3名：土被りの浅い岩盤地下空洞の計画と設計、地下空間シンポジウム論文報告集、JSCE、Vol.1、PP.7～16、1995.12

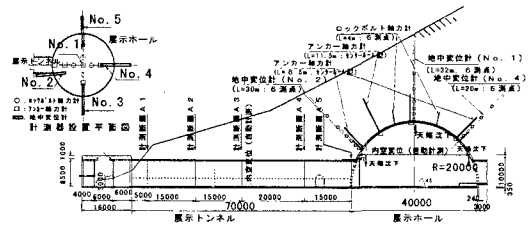


図-3 計測器配置図

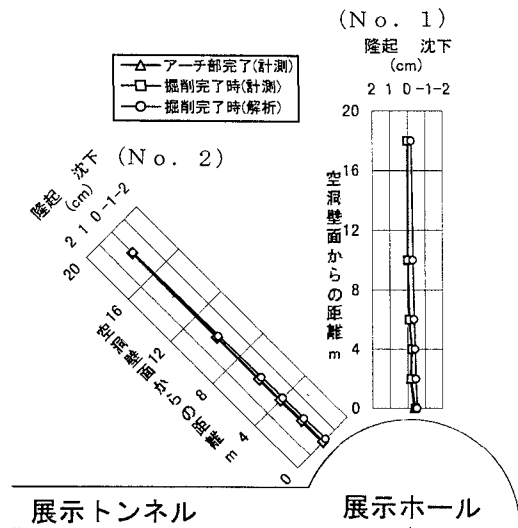


図-4 地中変位計測結果

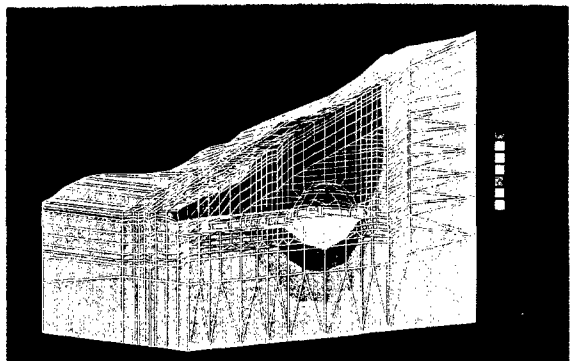


図-5 三次元有限要素解析結果（Y方向）