

軟岩大空洞における非均質逆解析手法の適用性に関する検討

(株)大林組 正会員 志村友行 武内邦文 五嶋博己

1.はじめに

昨今の都市域への人口や機能集中等、都市部の過密化に伴い地下空間の有効利用に対するニーズが高まり、さらに昨年の大深度地下の公共的使用に関する特別措置法の制定等もあって、今後、大都市域での深部地下空間利用の重要性は増大することが予想される。関東圏、特に東京・川崎・横浜地区には新第三紀泥岩層、すなわち土丹層と称される堆積軟岩が広く分布しており、当該地区での NATM 工法による地下空洞の建設事例も存在する。このような空洞の建設において掘削時の岩盤挙動を適切に予測することは、空洞の安全かつ経済的な設計・施工の確立に向けての重要な課題である。

筆者らは地下空洞建設時における岩盤の非均質挙動が卓越する場合に適した逆解析手法を開発し、硬岩地山における大規模空洞を対象とした適用性に関して検討した結果、情報化施工の有用な手段となり得るという知見を得ている¹⁾。

本論文では、このような背景を踏まえ、非均質逆解析手法の軟岩地下空洞における適用性について、実施工で得られた変位計測データに基づき検討した結果について報告する。

2.逆解析手法の概要

非均質逆解析手法（非均質 N-DBAP）は、桜井らにより提案されたノルム最小化により解を同定する非弾性ひずみを考慮した直接逆解析手法（N-DBAP）²⁾の定式化を利用しながら、弾性係数低減率（ A_i ）を導入することにより地山の非均質層の広がりや力学特性を定量的に同定することを可能としたものである¹⁾。

本逆解析のフローは図-1 に示すとおりであり、繰返し計算を必要とするが、 A_i の収束は比較的良好で、現場計測結果へも十分適用可能であることが確認されている。

3.対象地下空洞

検討の対象とした地下空洞は軟岩(第四紀上総層群泥岩)中に建設された幅約 17m、高さ約 18m、断面積約 250m² の大空洞であり、上部半断面中央導坑先進多段ベンチカット工法により施工された³⁾。地質調査に基づく主要岩盤物性を表-1 に示す。施工に際しては地中変位、内空変位、ロックボルト軸力、および一次覆工応力等の計測に基づく情報化施工が行われた。図-2 は 1 つの主計測断面における地中変位の計測結果である。

4.解析結果と考察

図-2 に示す計測変位を入力として、非均質 N-DBAP

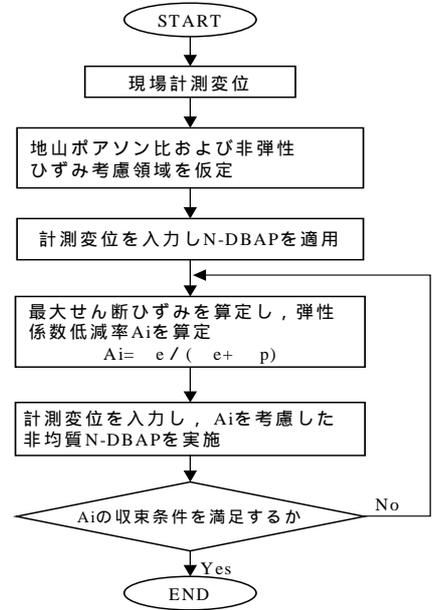


図-1 非均質 N-DBAP のフロー

表-1 主要岩盤物性

湿潤密度 (t)	1.9 g/cm ³
一軸圧縮強度 (qu)	3.7 MPa
せん断強度 (C)	2.2 MPa
内部摩擦角 ()	5.8 °
変形係数 (E)	500 MPa
動ポアソン比 (d)	0.374

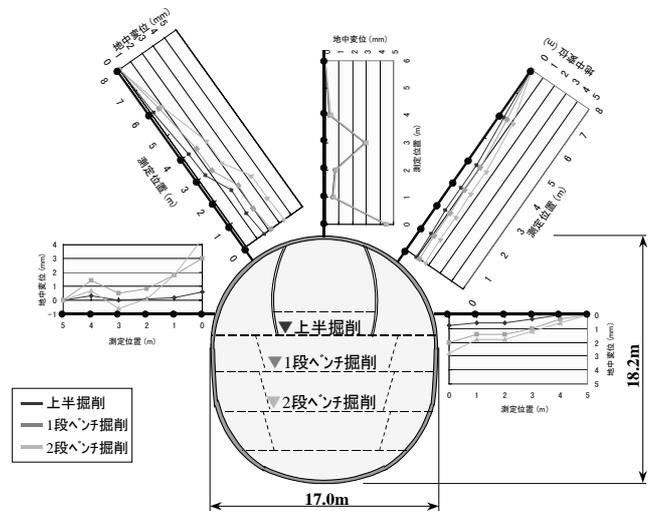


図-2 地中変位の計測結果

キーワード：地下空洞，軟岩，逆解析，空洞安定性予測

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB 棟，TEL:03-5769-1309，FAX:03-5769-1977

を適用した結果得られた最大せん断ひずみ (γ_{max}) 分布の推定結果および初期応力パラメータの同定結果を直接逆解析法 (D-BAP) と比較して図-3 に示す。また、その時の非均質 N-DBAP による弾性係数低減率 (A_i) の分布を図-4 に示す。図-3 によると、D-BAP の結果が概ね環状に γ_{max} が分布しているのに対して、非均質 N-DBAP では、天端および側部下方に γ_{max} の大きな領域が集中している結果となっている。本空洞では第 1 ベンチ掘削直後より内空変位が増大し、第 2 ベンチ以降の掘削による変位が増大が危惧されたため支保の増強による変位抑制対策が実施されており、非均質 N-DBAP の結果はこの変位が増大を側壁部分で発生した非弾性領域の広がりによるものとして説明がつく。また、初期応力は DBAP の結果は σ_x/σ_y が 1.5 程度であるのに対し、非均質 N-DBAP では σ_x/σ_y が 1.1 程度であり、現場において評価された側圧係数 (0.82) との比較においても、より良好な結果となった。

すなわち、図-4 によると A_i は γ_{max} の分布と対応して低下しており、空洞周辺岩盤の非均質挙動とそれによる内空変位を増大を説明可能であると考えられる。

図-5 は、図-3 の結果に基づき空洞掘削完了時における γ_{max} の分布を推定したものであり、非均質逆解析の結果は掘削完了時の側壁から底盤部における γ_{max} の集中領域を予測できる結果となっている。

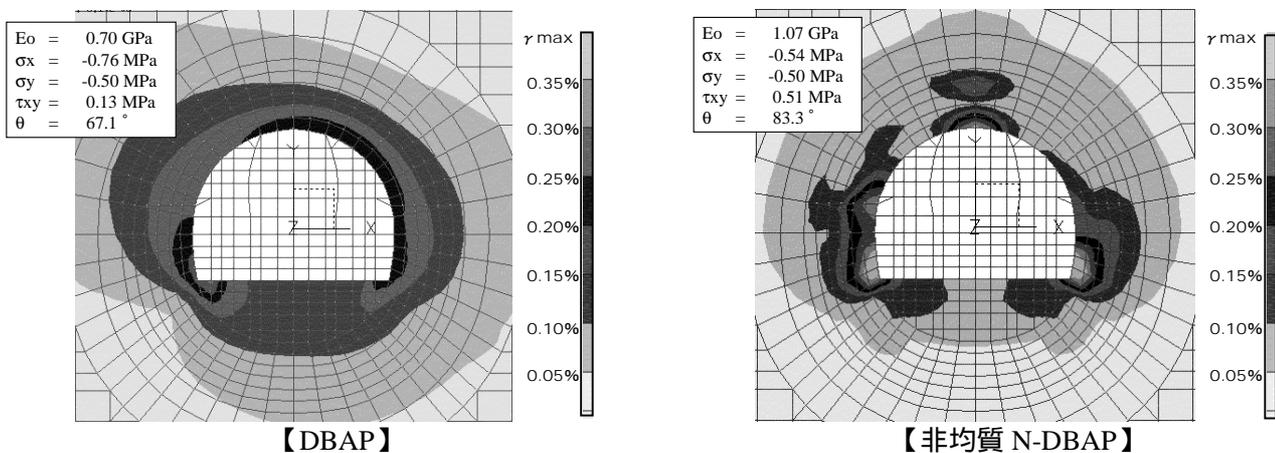


図-3 逆解により推定した最大せん断ひずみ (γ_{max}) 分布

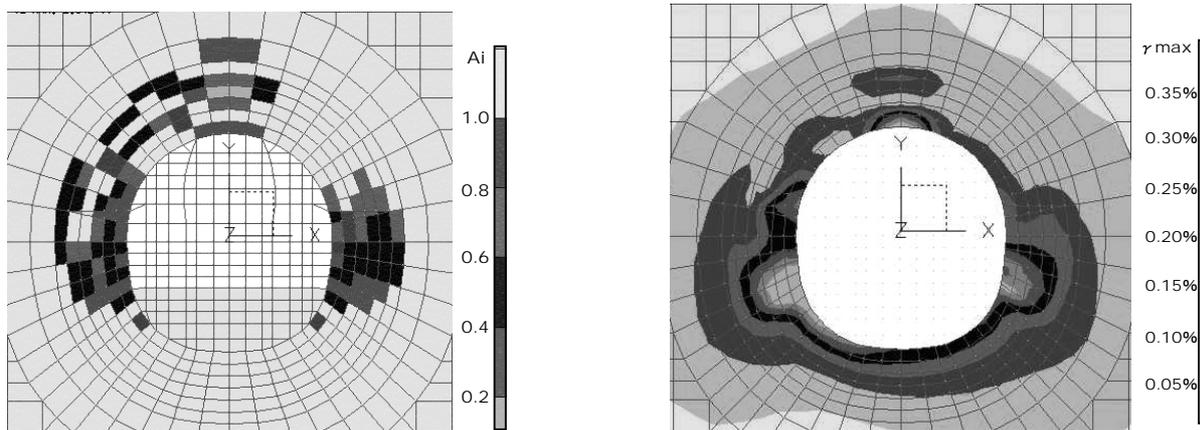


図-4 空洞周辺の A_i の分布

図-5 掘削完了時の予測結果 (γ_{max})

5.まとめ

軟岩内に掘削された地下空洞で計測された変位データに基づき非均質 N-DBAP の適用性を検討した。その結果より、堆積軟岩の初期応力特性および掘削に伴う岩盤の非弾性挙動の把握についての可能性が示唆された。したがって、本手法は軟岩空洞掘削時においても情報化施工の有用な手段となり得ると考えられ、今後は次段階以降の掘削時における地山挙動予測の高精度化等についてさらなる検討を進めていく予定である。(参考文献)

- 1) 武内他:岩盤の非均質性を考慮した逆解析手法の開発とその適用性, 土木学会論文集, No.659/III-52, pp.241-252, 2000.
- 2) 桜井他:ノルム最小化法に基づく非弾性ひずみの逆解析, 土木学会論文集, No.517/III-31, pp.197-202, 1995.
- 3) 日村他:254m²の超大断面都市NATM, トンネルと地下, 第31巻10号, pp.37-48, 2000.10.