

ケーブルボルトによる地下空洞岩盤の先行補強に関する現場実験～逆解析による評価～

山口大学大学院 学 星野 貴史 学 深光 良介
 山口大学大学院 学 岩崎 進一郎
 山口大学工学部 正 清水 則一
 電源開発 正 柏柳 正之 正 鳥羽瀬 孝臣
 大成建設 正 伊藤 文雄

1. はじめに

本報告では、前報¹⁾で得た計測結果に基づいた数値シミュレーションによる再現変位を用いて逆解析を行い、ケーブルボルトによる岩盤の先行補強効果を定量的に評価する。

2. 地下空洞における数値シミュレーション

図1に現場実験を実施した地下空洞の解析モデル図を示す。前報¹⁾で実施した数値シミュレーションの結果、ケーブルボルトを打設したD断面の地中変位計L-2において図2に示す程度に岩盤変位を再現することができた(図中 印)。また、実際にはこの断面においてケーブルボルトを打設しているが、打設しなかった場合の挙動を推定すると、図2に示す 印のようになった。

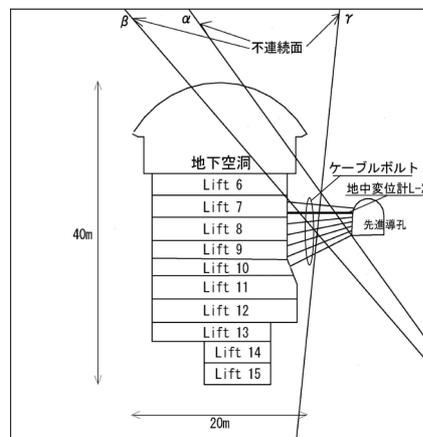


図1 解析モデル図

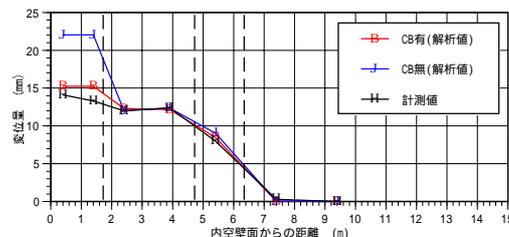


図2 岩盤変位比較図(地中変位計L-2)

3. 現場計測(再現)変位の逆解析による先行補強効果の検討

本章では、ケーブルボルト(CB)の先行補強効果を定量的に評価するために、2で得たケーブルボルトを施工した場合と、施工しない場合の再現変位(以下、計測変位と呼ぶことにする)を用いて逆解析^{2),3)}を行う。逆解析の流れを図3に示す。なお、逆解析プログラムとしてISNA-DBAP/FEM(応用地質株式会社)を用いた。

3.1 ケーブルボルトを打設した場合の逆解析

ケーブルボルトを打設した場合の逆解析を図3の流れに従って行った。図4に示す計測線の変位を用いて等質弾性モデルによる逆解析を行った結果、計測変位と逆解析によって得られた変位(以下、逆解析変位と呼ぶことにする)に計測線d,eで大きな差が見られた。これは不連続面、掘削部、の影響であると思われる。そこで、その影響を変形係数が低下する領域(以下、ゆるみ領域と呼ぶことにする)によって表すことを考えた(図5参照)。健全部の変形係数を E_0 、ゆるみ領域の変形係数を E_1 として、計測変位と

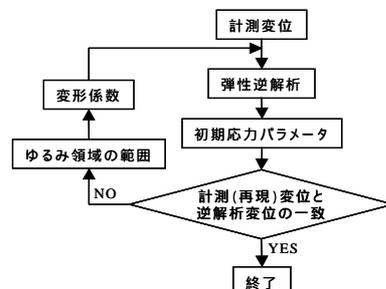


図3 逆解析の流れ

ケーブルボルトを打設した場合の逆解析を図3の流れに従って行った。図4に示す計測線の変位を用いて等質弾性モデルによる逆解析を行った結果、計測変位と逆解析によって得られた変位(以下、逆解析変位と呼ぶことにする)に計測線d,eで大きな差が見られた。これは不連続面、掘削部、の影響であると思われる。そこで、その影響を変形係数が低下する領域(以下、ゆるみ領域と呼ぶことにする)によって表すことを考えた(図5参照)。健全部の変形係数を E_0 、ゆるみ領域の変形係数を E_1 として、計測変位と

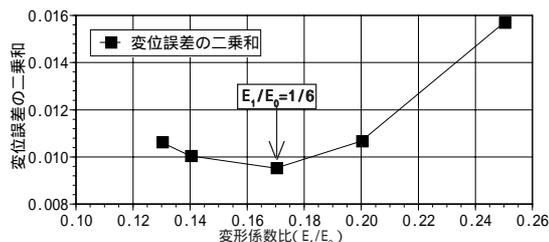


図6 各変形係数比(E_1/E_0)の変位誤差の二乗和

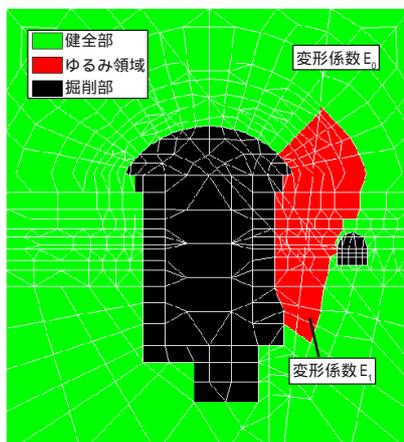


図5 ゆるみ領域図(CBあり)

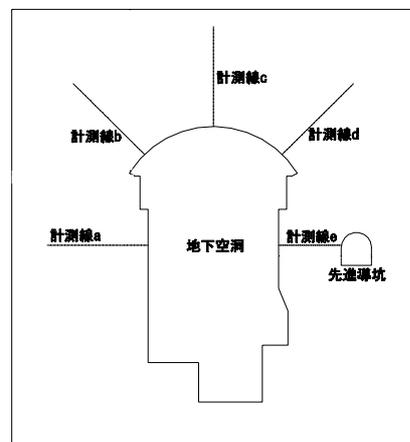


図4 計測線配置図

キーワード：ケーブルボルト、先行補強効果、現場実験、逆解析、ゆるみ領域
 連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学大学院理工学研究科社会建設工学専攻 星野貴史
 TEL.: 0836(85)9334 e-mail: hoshino@rock.civil.yamaguchi-u.ac.jp

表1 ゆるみ領域の変形係数

	CBあり	CBなし
健全部	$E_0=11900\text{MPa}$	$E_0=11900\text{MPa}$
ゆるみ領域 (壁面付近を含む全ゆるみ領域)	$E_1=2000\text{MPa}$	$E_1=2000\text{MPa}$ (ゆるみ領域1のみ)
		$E_2=600\text{MPa}$ (壁面付近ゆるみ領域2を考慮)

逆解析変位の誤差の二乗和が最小となるように変形係数 E_1 を求めた結果(図6参照), 変形係数 E_1 が変形係数 E_0 の1/6の時, 計測変位を最もよく表すことができた. ゆるみ領域を考慮した場合の計測変位と逆解析変位の比較図を図7に示す. 計測線d, eでも逆解析変位が計測変位をうまく表しているのが分かる. 以上のことより, ケーブルボルトを打設した場合, 図5で示したゆるみ領域の変形係数が健全部に対して1/6であると評価される.

3.2 ケーブルボルトを打設しない場合の逆解析

図5に示すゆるみ領域を用い, ケーブルボルトを打設しない場合についての逆解析を図3に従って行くと, 逆解析変位が計測変位と大きく異なる. そこで, 空洞壁面付近に新たにゆるみ領域を仮定して逆解析を行った. 図8の健全部の変形係数 E_0 に対し, ゆるみ領域1の変形係数を E_1 , 空洞壁面付近のゆるみ領域2の変形係数を E_2 とすると $E_1/E_0=1/6$, $E_2/E_0=1/20$ の場合, 計測変位を再現する逆解析変位が得られた(図9参照). 表1にケーブルボルトを打設した場合と打設しない場合に対する逆解析によって得られたゆるみ領域の変形係数を示す. ケーブルボルトを打設した場合は, 打設しなかった場合に比べて, 変形係数が約3倍大きい. つまり, ケーブルボルトによって, ゆるみに伴う変形係数の低下率が1/3になったことを意味する. このことがケーブルボルトによる先行補強の効果であったと考えられる.

4. 結論

本研究で得られた結果を以下にとりまとめる.

- (1) 現場計測変位に基づいた数値シミュレーションにおいて, ケーブルボルトを打設した場合と打設しない場合の岩盤変位を比較したところ, 空洞壁面付近でケーブルボルトの効果が現われることが明らかとなった.
- (2) 逆解析を行なった結果, ゆるみに伴う空洞壁面付近の変形係数の低下は, ケーブルボルトを打設した場合, 打設しない場合に比べて1/3に抑えられたことが分かった.

以上のことより, ケーブルボルトによる先行補強効果は空洞壁面付近で顕著に現われ, そのことによって地下空洞掘削時の岩盤の安定性の向上が図れるものと考えられる. そしてこのことが, 掘削後の支保のコスト減につながる可能性がある.

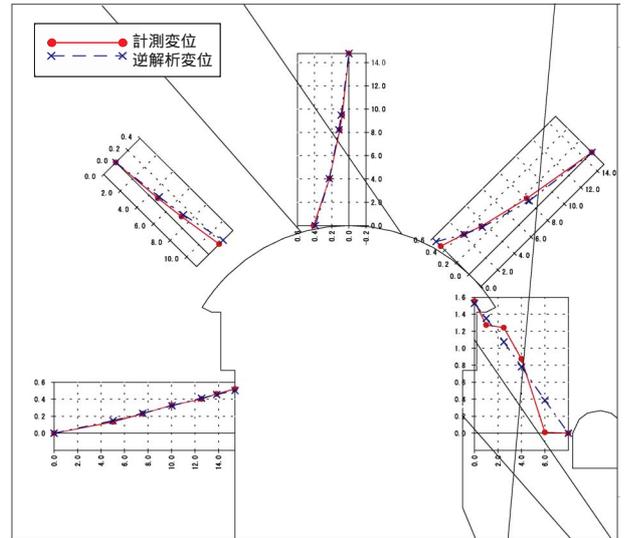


図7 計測変位と逆解析変位の比較 (CBあり)

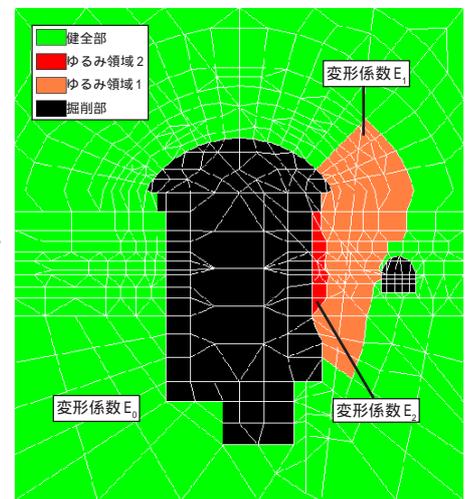


図8 ゆるみ領域図 (CBなし)

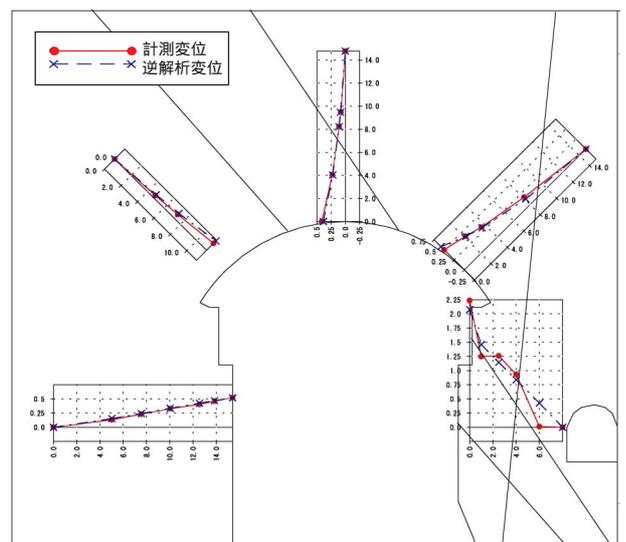


図9 計測変位と逆解析変位の比較 (CBなし)

参考文献

- 1) 岩崎進一郎, 深光良介, 清水則一, 星野貴史, 柏柳正之, 鳥羽瀬孝臣, 伊藤文雄: ケーブルボルトによる地下空洞岩盤の先行補強に関する現場実験~数値解析による評価~, 第57回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2002.
- 2) 桜井春輔, 武内邦之: トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法, 土木学会論文報告集, No.337, pp.137-145, 1983.
- 3) 清水則一: 地下空洞における現場計測変位の逆解析, 逆解析を身近に考える講和会テキスト, 土木学会関西支部, pp.35-42, 1992.