

地下空洞におけるケーブルボルトによる岩盤の先行補強に関する現場実験

山口大学大学院 学 ○岩崎 進一郎 学 深光 良介
 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. 背景と目的

地下空洞やトンネルの建設において、コストの軽減を図るために経済的でかつ合理的な工法の開発が望まれている。そこで掘削前に緊張力を与えない全面接着型のケーブルボルト工法が注目されている。この工法は、ケーブルボルトによって、岩盤を先行補強し、掘削時における空洞岩盤の安定性を向上させる工法である^{1),2)}。本研究は、ケーブルボルトの先行補強効果を調査するため、地下空洞建設時に現場実験を行い、実験で得られたデータからケーブルボルトの先行補強効果について検討することが目的である。本報告では、実験計画の概要と、計測結果の一部（変位計測）を紹介する。

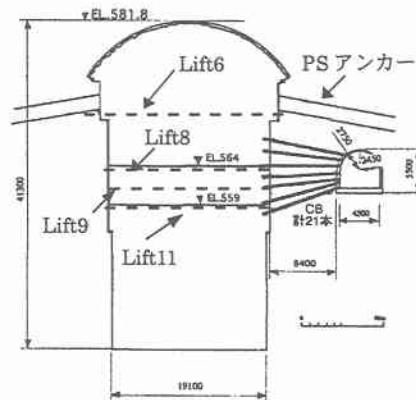
2. 現場概要と実験計画³⁾

実験現場は、奥只見増設地下空洞（図 1）で、原位置の岩盤は、電研式岩盤分類で C_H 級であり良好である。

実験は、①ケーブルボルトの有無による先行補強効果の評価、②ケーブルボルトの種類の違いによる先行補強効果の差異、③ケーブルボルト軸力計測方法の検討、の 3 つの目的のもとで行う。図 2 に実験断面のケーブルボルトおよび計測機器の打設状況を示す。ケーブルボルトは、増設発電所本体北側のケーブルトンネルから本体に向けて、掘削前に地山を先行補強する。ケーブルボルトの打設間隔は、1.5 m × 1.5 m 間隔とし、高さ方向に 7 本、水平方向に 3 列、計 21 本のケーブルボルトを打設した。その配置を図 3 に示す。ケーブルボルトは、ダブルプレーンストランドとダブルバルブストランドの 2 種類（表 1 参照）を用い、軸力測定機器は SMART, TENSMEG, 起歪筒型の 3 種類を用いた。そして、岩盤内の亀裂を確認するため、ボアホールテレビ（BHTV）による亀裂観察を行う。



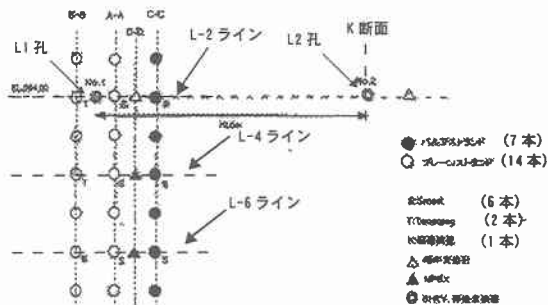
図 1 実験地下空洞の内部写真

図 2 ケーブルボルト打設位置¹⁾表 1 ストランドの種類¹⁾

	ケーブル断面	横断面
シングルプレーンストランド		
バルブストランド		

3. 岩盤変位計測結果

掘削前からの岩盤の挙動を経時的に把握するために、岩盤内地中変位計をケーブルボルト打設断面（D 断面）と、打設しない断面（K 断面）にそれぞれ設置した（図 3 参照）。D 断面では、L-2 に地中変位計を設置し、岩盤変位を経時的に計測した。その計測結果から Lift6 盤下げ時（天端から約 12.5m）以降において岩盤変位に顕著な挙動が見られたため、それ以降の経時的岩盤変位計測結果を図 4 に示す。K 断面においても D 断面と同様に L-2 に地中変位計を設置し、岩盤変位を経時的に計測した。その計測結果（Lift6 盤下げ時以降）を図 5 に示す。図より、ケーブルボルト打設断面盤下げ時（2000/8/20, Lift9）以降、岩盤変位が顕著に増加している。

図 3 ケーブルボルトと BHTV の配置²⁾

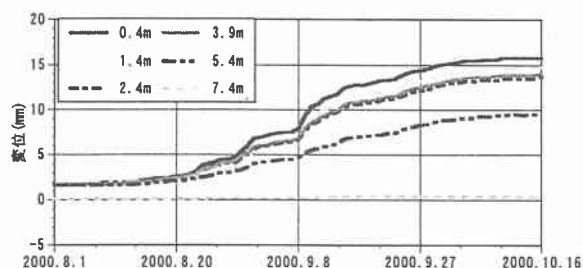


図4 Lift6 盤下げ時からの経時的岩盤変位 (D断面 L-2)

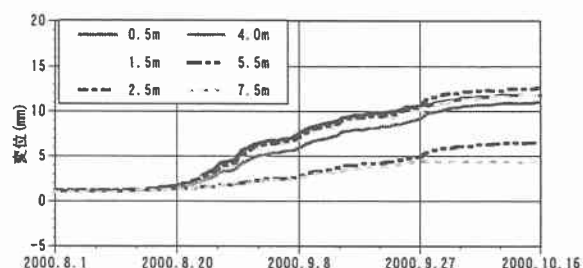


図5 Lift6 盤下げ時からの経時的岩盤変位 (K断面 L-2)

4. 結果の評価と考察

まず、岩盤変位計が、設置されているレベル (Lift8) まで掘削された段階では、両断面の変位に大きな差はない (図6参照)。ただし、D断面壁面から5～7mに存在する不連続面を境に、測定間にやや大きな変位差がある。

次に、ケーブルボルト打設最下端付近 (Lift11) まで掘削が進行したときの変位を図7に示す。壁面から1～2m, 4～5m, 6～7mの間で他に比べて大きな変位がみられる。この位置はちょうど不連続面 α , β , γ の位置に対応するため、不連続面の動きによる可能性がある。最終盤下げ時の変位を図8に示す。いずれの断面もLift11時に比べやや大きくなっている。最終的には、空洞壁面側に近い計測点では、ケーブルボルトを打設したD断面の方がケーブルボルトを打設しないK断面よりもやや大きな挙動を示した。しかし、ケーブルボルトを打設した断面の方が打設しない断面に比べ、不連続面も多く、岩盤状態が悪いにもかかわらず、同程度の変位を示したことから、先行補強の効果はあったものと考えられる。

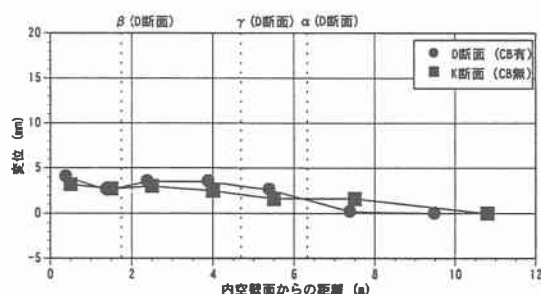


図6 岩盤変位比較 (Lift8 盤下げ時)

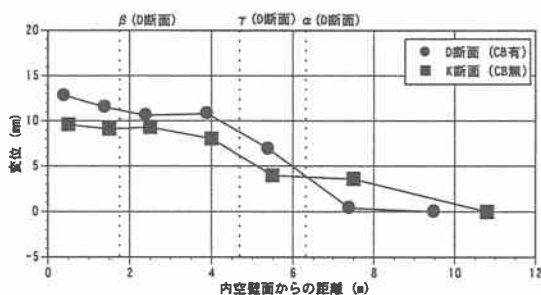


図7 岩盤変位比較 (Lift11 盤下げ時)

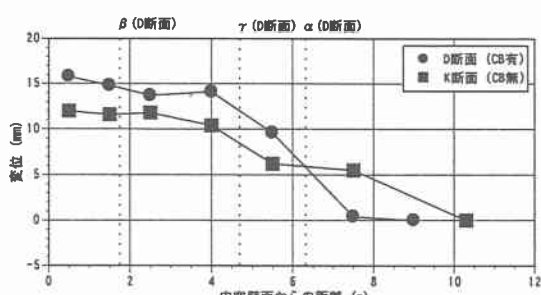


図8 岩盤変位比較 (最終盤下げ時)

5. むすび

本研究からケーブルボルトについて次のことが示された。

初めに述べた3つの研究目的の1つ目であるケーブルボルトの有無による先行補強効果の評価について検証した。これは、ケーブルボルト打設断面であるD断面とケーブルボルトを打設しない断面であるK断面に設置された地中変位計により計測された岩盤変位と両断面のボアホールテレビにより確認された不連続面からケーブルボルトの先行補強効果は、あったと考えられる。

その他の計測結果については、順次発表予定⁴⁾である。

参考文献

- 1) 清水則一：ケーブルボルト工法による地下空洞岩盤の先行補強，電力土木，No.275，pp1-7，1998。
- 2) 清水則一，Peter K.Kaiser，Mark S.Diederichs，D.Jean Hutchinson：海外におけるケーブルボルトの設計法，トンネルと地下，vol.28,no.4,pp43-52,1997
- 3) 清水則一，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の先行補強に関する現場実験について，第31回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp206-210，2001.1。
- 4) 清水則一，深光良介，岩崎進一郎，柏柳正之，鳥羽瀬孝臣，伊藤文雄：地下空洞岩盤のケーブルボルトによる先行補強に関する現場実験結果，平成13年度土木学会全国研究発表会，2001.10。(投稿中)