

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

山口大学 学○深光良介 学 岩崎進一郎 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⁾。本研究では、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。

2. 現場概要と実験計画²⁾

実験は、図1および図2に示す地下空洞で実施した。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、1.5m×1.5m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。なお、SMARTは新しいケーブルボルトの軸力計である³⁾。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

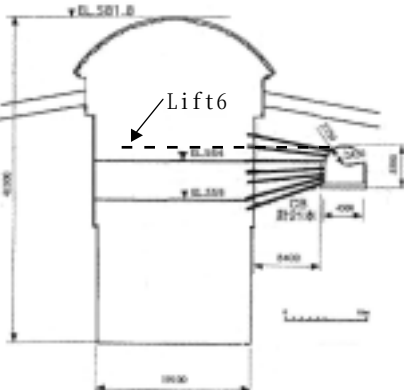


図2 ケーブルボルト打設位置²⁾

3. 計測結果

3.1 岩盤変位

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。図4にLift6(天端から約12.5m)の盤下げ以降の岩盤変位図を示す。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。

3.2 ケーブルボルト軸力

ケーブルボルトの軸力変化を把握するために、ケーブルボルト打設断面A断面、B断面、C断面のL-2、L-4、L-6に計9つの軸力測定機器をそれぞれケーブルボルトに備え付けて設置しケーブルボルトの軸力の変化を経時的に計測した。図5は、SMARTを設置したA断面のL-2のケーブルボルト軸力をLift6盤下げ時から経時的に示したものである。

表1 ストランドの種類¹⁾

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

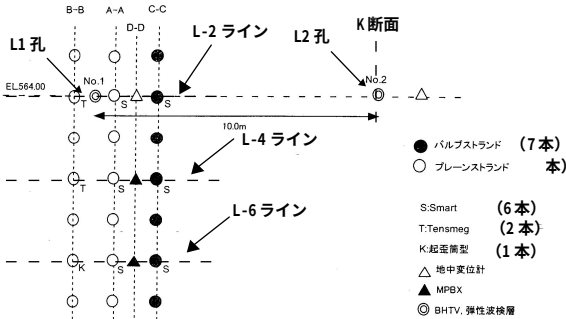


図3 ケーブルボルトとBHTVの配置²⁾

Key Words: Cablebolt, pre-reinforcement, underground opening, field experiments

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 深光良介
TEL 0836(35)9334 e-mail:b9294@stu.sv.cc.yamaguchi-u.ac.jp

4. 結果の評価と考察

4.1 岩盤変位の比較

前章で示したケーブルボルト打設断面D断面とケーブルボルトを打設しない断面K断面の岩盤変位の比較を行う。図6は、D断面L-2とK断面L-2の地中変位計により計測された最終岩盤変位を比較したグラフである。また、図中の α 、 β 、 γ は、BHTVによってD断面L-2で確認された岩盤の不連続面位置である。図6より、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。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。

4.2 ケーブルボルト軸力の評価

A断面、B断面、C断面のそれぞれのケーブルボルトに取り付けた軸力測定機器から得られた最終軸力を図7に示す。一方、D断面で計測された岩盤の最終変位を用いてケーブルボルトの軸力を解析的に逆算したものを図7の実線で示す。軸力の解析値と実測値の比較をすると解析値とA、C断面の実測値はほぼ同じ値が得られた。A、C断面で設置した新しい軸力測定機器のSMARTの有効性が示された。

次に、プレーストランドとバルブストランドについては、両者ともほぼ同じ軸力が発生している。また、解析によって推定したケーブルの付着せん断力も付着強度に比べて十分小さい(図8参照)。つまり、バルブストランドは、大きな変位に対しても付着切れを起こさず、ボルトとしての効果を発揮し続ける特徴があるが、本現場では、プレーストランドとの効果の違いが見られるまでの変形が生じなかったと考えられる。

5. 結論

- 2に示した3つの実験目的に対して次の結果が得られた。
- (1)ケーブルボルトの先行補強効果が示された。
 - (2)岩盤の挙動が小さかったため、バルブストランドとプレーストランドの効果の違いが見られるまでの変形が生じなかった。
 - (3)新しいケーブルボルトの軸力測定機器の、SMARTが有効であることが示された。

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，pp.1-7，1998。2) 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，pp.206-210，2001。3) Hyett, A.J., et al.: The S.M.A.R.T. cable bolt: An instrument for the determination of tension in 7-wire strand cable bolts, Proc. the 1st Asian Rock Mechanics Symposium, vol.2, pp.883-889, 1997。

