

地下空洞の変形抑制に関するケーブルボルトの支保効果の研究

関西電力 正会員○袋井 肇，波多野眞司，西内元弘  
ニュージェック 正会員 中村 真，柿原 満

1. はじめに

近年、地下空洞における永久支保としてケーブルボルト（以下 CB とする）が使用される事例が増えてきているが、CB による支保効果については未解明な部分が多いのが現状である。本論文では、CB と PS アンカーの両方に対して掘削に伴う地下空洞変形の抑制効果について原位置試験を行い、両支保の効果を比較することにより CB の支保部材としての適用性を検討する。

表 - 1 鋼材の諸元

|       |           |
|-------|-----------|
| 直径    | 15.2mm    |
| 呼称    | SWPR7BL 型 |
| 長さ    | 10m       |
| ヨリ線本数 | 7 本       |

2. 原位置試験概要

試験は地下発電所試験横坑内の試験空洞（幅 5m，高さ 5m，長さ 21m）内で実施し、同空洞内に CB3 本と PS アンカー 2 本を打設して 3m の盤下げ発破を行った。CB および PS アンカーには同じ部材の直径 15.2mm の 7 本鋼ヨリ線を用いることとし、グラウトの水セメント比等は施工事例を参考に決定した<sup>1)</sup>。CB および PS アンカーとして用いた鋼材の諸元を表 - 1 に示す。また、空洞壁面には光波測量用のターゲットを設置して発破前後の変位を測定した。CB，PS アンカーの配置、及び壁面測量の測点配置を図 - 1 に示す。

3. 試験結果

測点別に得られた壁面はらみ出し方向の変位量を図 - 2 に示す。同図において、壁面変位は無支保領域では 10mm 以上であるのに対し、CB を打設した区間で 5～10mm 程度、PS アンカーを打設した区間では 4～7mm となり、PS アンカー区間での平均変位が CB 区間のそれに比べておよそ 2mm 程度小さくなっている。

今回の検討で対象とした破砕帯およびそ

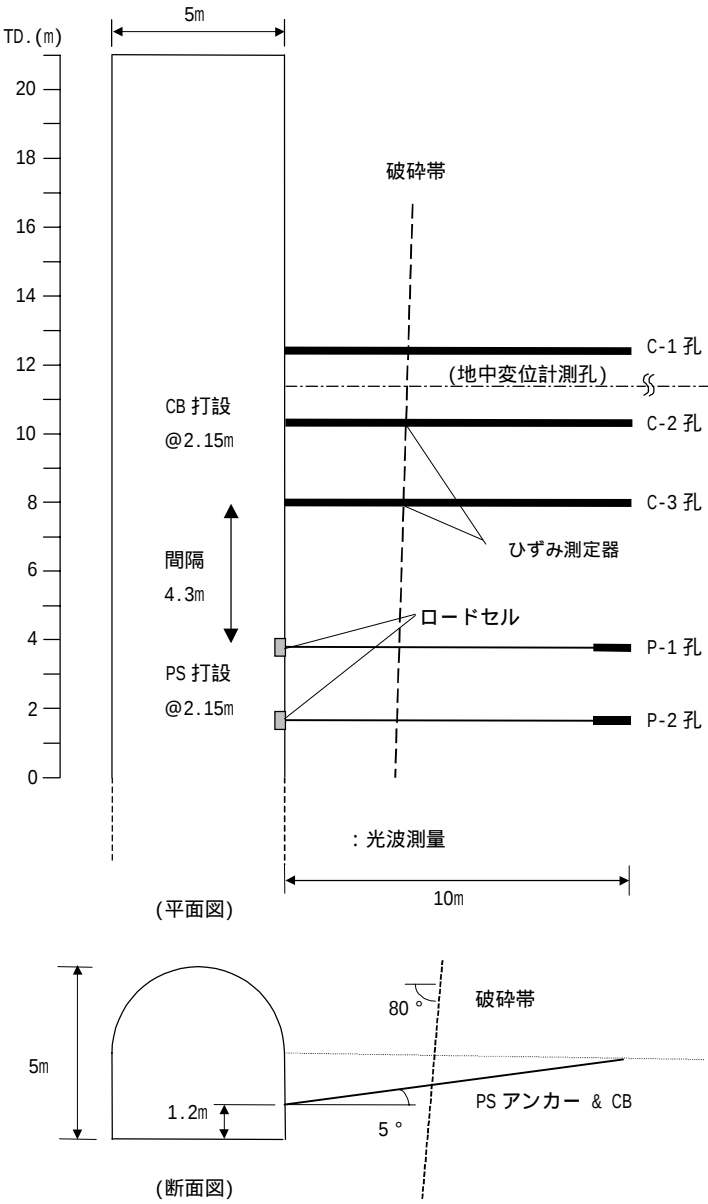


図 - 1 測定配置

キーワード：岩盤不連続面，ケーブルボルト，PS アンカー，変形抑制効果，原位置  
連絡先：〒542-0082 大阪府中央区島之内 1-20-19 ニュージェック Tel/Fax 06-6245-4901/06-6251-2565

の系の不連続面の傾斜はほぼ垂直であるため、はく離挙動が支配的であると考えられる。そこで図 - 3 に示すケーブルボルト等の鋼材を両端固定の梁としてモデル化する EQR 解析<sup>2)</sup>の構成式において、CB による垂直剛性増分を求めると以下ようになる。

$$Kn^* = Nb \cdot Eb \cdot Ab / Lb \quad 250 \text{ MN/m}^3$$

但し、 $Kn^*$  : CB による垂直剛性増分

$Nb$  : CB の打設密度 ( $1/2.15^2 \text{ m}^2$ )

$Eb$  : CB の弾性係数 ( $190 \text{ GN/m}^2$ )

$Ab$  : CB の断面積 ( $0.015^2 \pi / 4 \text{ m}^2$ )

$Lb$  : CB の変形区間長 ( $0.03 \text{ m}$ )

従って、無支保の場合の垂直剛性  $500 \text{ MN/m}^3$  に対して CB 打設領域の垂直剛性は  $750 \text{ MN/m}^3$  となる。このことから、CB 打設領域の変位量は無支保の場合の  $2/3$  程度となり、光波測量による壁面変位計測結果とも整合する。

2mm の変位量は PS アンカー軸力で 6kN 程度に相当し、PS アンカーの初期導入力効果が現れた形となっている。

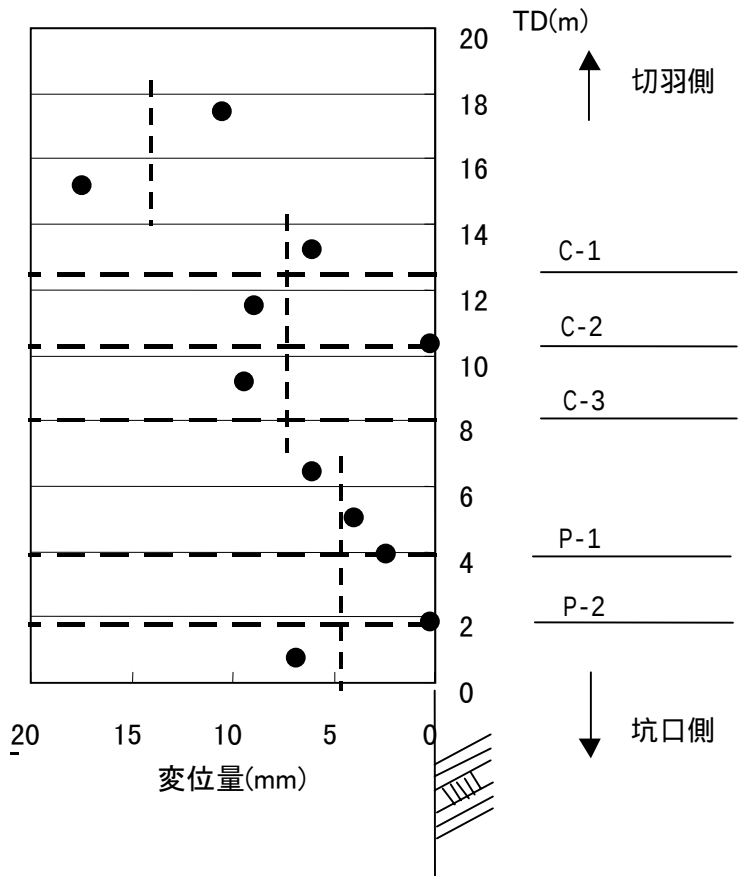


図 - 2 壁面変位測定結果

#### 4. 結論

本研究における試験の結果、CB を用いた場合でも PS アンカーに遜色ない変位抑制効果を期待できることを確認した。今後は、支保効果のメカニズム解明のための試験を重ね、CB の支保工としての適用性をより明確にしていく必要がある。

#### 5. 参考文献

- 1)伊藤文雄，羽馬徹，清水則一，成川麻里子：ケーブルボルト施工のためのグラウト注入実験，土木学会年次学術講演会講演概要集，2000．
- 2)北條明，中村真，打田靖夫，櫻井春輔：不連続性岩盤におけるロックボルトの設計法について，土木学会論文集，No.553 / -33，1996．

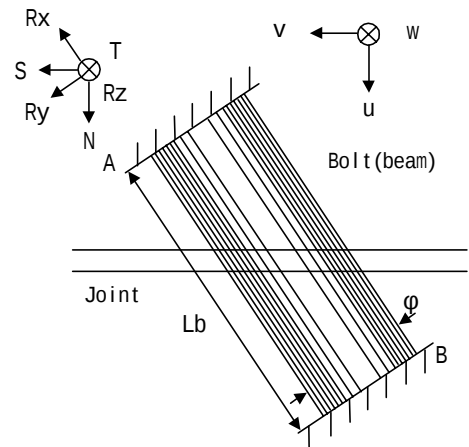


図 - 3 ケーブルボルトのモデル化