

PCアンカーの支保効果に関する実験的研究

中部電力(株) 吉田 明
中部電力(株) 正会員 三浦 雅彦
中部電力(株) ○松井 伴和

1. まえがき

大規模地下空洞掘削に伴う岩盤補強工としてPCアンカーが広く用いられている。PCアンカーのタイプとしては、定着部のグラウト、PCアンカーの緊張・定着を行った直後に2次グラウトを行うボンドタイプと、2次グラウトを行わないアンボンドタイプがあり、対象とする岩盤や構造物によって使い分けられている。しかしながら、これらのPCアンカーが掘削中の岩盤の変位によってどのような影響を受けているかについて経時的に計測した例はほとんどないのが現状である。そこで、地下発電所空洞の側壁に施工したボンドタイプのPCアンカーについて、空洞掘削中の挙動を計測したのでその結果について報告する。

2. 施工概要

(1) 地下発電所の概要

本実験は、現在建設中の中部電力(株)奥美濃水力発電所(1500MW)の地下発電所掘削工事に実施したものである。地下発電所は、地山被り約360mの地下にあり、発電機室と主変室の2つの平行する大規模地下空洞と、その周辺に配置された多くのトンネルからなる(図-1参照)。発電機室(幅20.5m、高さ44.1m、長さ129.0m)は、綿密な地質調査、FEM解析によって標準的な支保工(アーチコンクリート、PCアンカー、ロックボルト、吹付コンクリート)を計画し、掘削中は地質、周辺岩盤の挙動、アーチコンクリート応力、PCアンカーの荷重、内空変位等を観察しつつ、これらの情報を元設計にフィードバックし支保工の補正を行っている(図-2参照)。

(2) PCアンカーの挙動実験

当地点のPCアンカーとしては、PC鋼より線(19本より $\phi 17.8\text{mm}$)が用いられている。しかし、直径数mmの鋼線に歪ゲージを貼付けた場合、PCアンカーの緊張時の計測は可能であるが、歪ゲージの耐久性の問題から経時的計測が不可能と判断されたため、今回の計測には総ネジPC鋼棒($\phi 23\text{mm}$ ゲビンデスタープ)を用いて歪ゲージの接触面積を増やし、経時的計測に対する耐久性を向上させることとした(図-3参照)。

計器の設置は、① $\phi 86\text{mm}$ 、長さ10mのボーリング孔の削孔(図-4参照)、②コア観察による不連続面の位置確認、③定着用グラウト材の注入、④PC鋼棒の挿入(グラウト材が硬化するまで3日間放置)、⑤アンカープレート、定着具等のセット及び緊張荷重5, 10, 15, 20t時の歪測定(最終的に緊張荷重20tで定着する)、⑥緊張終了後直ちに2次グラウトを実施、という手順で行った。

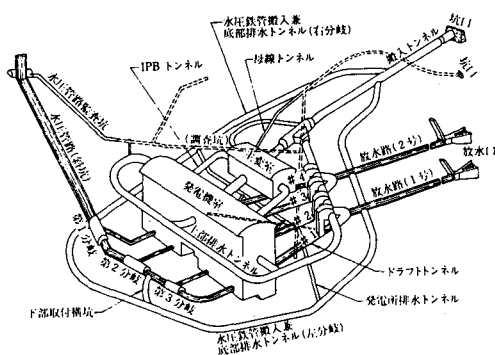


図-1 地下発電所全体図

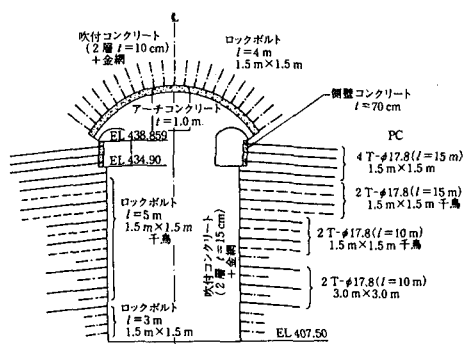


図-2 支保標準パターン図

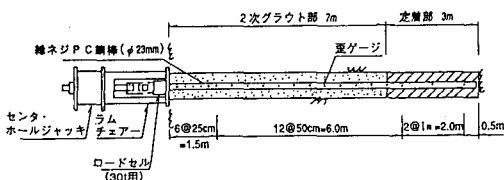


図-3 PCアンカーの設置状況図

3. 実験結果及び考察

(1) 空洞掘削時の計測結果

2次グラウト終了後の計器の値を初期値としてそれ以後の増分歪を測定した結果のうち、空洞掘削終了時のP Cアンカーの歪分布を図-5に示した。空洞掘削によりP Cアンカーに発生した歪は最大5000 μ 程度であり、緊張時に生じた歪(約2000 μ)と合わせると7000 μ 以上の歪が生じている。すなわち、2次グラウトを緊張後直ちに施工した場合、部分的に降伏状態を超えていることになる。さらに、歪の分布は1点に集中するのではなく、2~4 m程度の幅を持って分布していることがわかる。

次に、計器設置後⑦、⑧ベンチ掘削終了時(1ないし2ベンチ掘削相当)のP Cアンカーの歪の値を表-1に示した。表-1より、⑦ベンチ掘削終了時のP Cアンカーの歪の値は、全ベンチ掘削終了時のP Cアンカーの歪の値の21~76%であり、⑧ベンチ掘削終了時には全ベンチ掘削終了時の57~90%であった。つまり、計器設置位置より下の2ベンチの掘削が終了した時点でP Cアンカーの最大歪の57~90%が発生していたことになる。したがって、アンカー設置位置より下の2ベンチ掘削終了後に2次グラウトを行うことによって、P Cアンカーに発生する歪を概ね半分に低減できると言える。また、図-6に計器を設置したボーリング孔のコア観察結果と空洞壁面の亀裂観察結果から推定された不連続面の位置とP Cアンカーに最大歪が発生した位置とを併せて示した。図-6より、No. 1, 3, 4についてはコア観察結果等から不連続面が推定された位置で最大歪が発生しているが、No. 2の計器ではコア観察結果等からは不連続面が推定されなかった位置で最大歪が発生している。また、No. 1~4の最大歪の発生位置はほぼ一直線に並んでおり、コア観察や空洞壁面の亀裂観察結果からは推定できなかった潜在亀裂が開いたためと考えられる。

(2) 数値モデル解析

断層が存在する場合に、グラウト材の付着切れを考慮したボンドタイプP Cアンカーの挙動について、現在FEMによる解析を実施中である。

4. 結論

- ①ボンドタイプのP Cアンカーにおいては、不連続面が開いても極端に狭い範囲で歪は集中しない。
 - ②発電所空洞本体のP Cアンカーのように、アンカー設置位置より下方2ベンチ掘削終了後に2次グラウトを行うことによって、P Cアンカーに発生する歪を概ね半分に低減できる。
- また、シュミレーション解析結果を反映させ、現場での実験データを集積することによって、さらに空洞掘削時のP Cアンカーの挙動について解明していくことが課題である。

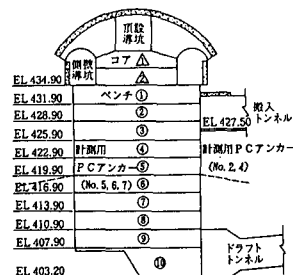


図-4 発電機室掘削ベンチ割り及び計器位置図

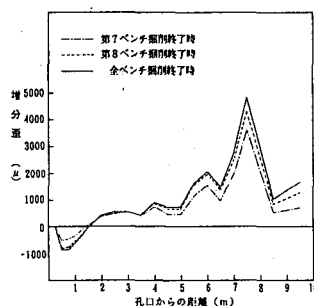


図-5 空洞掘削終了時のP Cアンカー(No. 2)の歪分布

表-1 各掘削段階のP Cアンカーの最大歪

	P Cアンカーの最大歪(μ)				
	No. 2	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
第7ベンチ掘削終了	3639 (76)	3274 (51)	1515 (21)	2350 (34)	1384 (59)
第8ベンチ掘削終了	4325 (90)	4724 (74)	4959 (57)	4371 (64)	1994 (86)
掘削終了	4815	6372	7186	6865	2327

()内は掘削終了時の最大歪に対する割合(%)を示す。

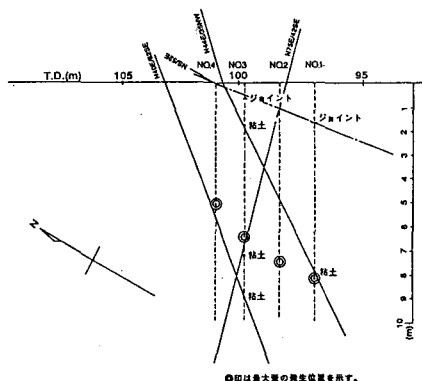


図-6 不連続面位置と最大歪発生位置の関係