

III-69 空洞掘削時の側壁岩盤における発破直後の鉛直ひずみ挙動

関西電力(株) ○正会員 打田靖夫 前田 稔
(株) ニュージェック 正会員 浦山 克 正会員 中村隆浩

1. まえがき

大規模空洞の掘削過程における周辺岩盤の力学的挙動には、不明確な部分が多いのが現状である。筆者らは、地下発電所空洞掘削工事の機会を捕らえ、現行の空洞設計技術を検証することを目的として、鉛直ひずみ測定、区間水平変位測定、孔間弾性波速度測定、A E測定、BTVによる孔内観察および低圧透気・透水試験を側壁岩盤の同一箇所でも集中的に実施した¹⁾。本稿では、これらの測定結果のうち、側壁近傍で測定した発破直後における岩盤中の鉛直ひずみ挙動について若干の知見を得たので報告する。

2. 測定概要

測定現場は、兵庫県峰山・砥峰高原の東側斜面から約280mの地下に建設中の発電所空洞である。この空洞規模は、幅24m、高さ46.6mおよび長さ134.5mである。空洞周辺岩盤は、中世代の生野層群に属するひん岩であり、電中研式岩盤分類のCH～CM級で堅硬な性状を有している。

空洞掘削過程における各種測定には、先行掘削した併設トンネルから発電所空洞の長軸に直交して穿孔した6本のボーリング孔を使用した。発電所空洞の掘削ステップと測定用ボーリング孔の位置関係を図-1に示す。各種測定は、中央の測定孔を中心として、アーチ部切上げ時に±3m、ベンチ1～6の掘削時に±18mの平面的範囲を計測対象領域に設定して行った。これらの各種測定のうち、本稿で報告する発破直後における側壁岩盤中のA Eの発生および鉛直ひずみの挙動は、ベンチ3の掘削時の側壁近傍で測定したものである。これらの測定に用いたA Eセンサーおよび鉛直ひずみ計の埋設位置とベンチ3掘削時の発破位置の平面的関係を図-2に示す。発破は、掘削区画①～⑥の順番で施工された。A E測定は、素子共振周波数67kHzのP Z T素子を真ちゅう製容器の底面にエポキシ樹脂で張り付け、容器内をシリコンゴムで密封したセンサーを使用し、これにプリアンプを接続して所定の位置に埋設し、発破直後から2時間まで連続して行った。また、鉛直ひずみ測定は、BSM型小標点距離ひずみ計(標点間距離52mm)を所定の位置に埋設し、掘削時の発破30分前、発破後0、15、30、60、120、240、720および1440分に行った。

3. 測定結果と考察

ベンチ3掘削時の各掘削区画において、発破から1時間後および12時間後に計器No. M1～M5で記録した鉛直ひずみ量を表-1に示す。この表によれば、計器埋設位置に最も近い区画①および②の掘削によって顕著な鉛直ひずみ変化量が各計器で測定されている。この結果から、掘削区画①および②に絞り、A

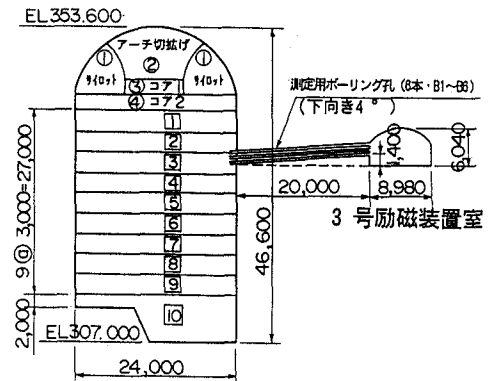


図-1 測定位置と掘削ステップの関係

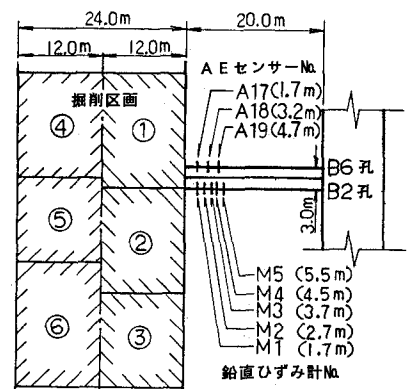


図-2 掘削区画と埋設計器の平面的位置関係(ベンチ3)

E発生状況を参考として発破直後の鉛直ひずみ挙動を検討した。

発破直後から2時間を経過するまでのAE発生個数および鉛直ひずみの経時変化を図-3・A～Cに示す。この図のAE発生個数は、レートカウンターを用いて1分間隔で記録した個数を10分間隔に整理したものである。なお、発破直後1分間の記録は、発破ノイズが含まれているので除外した。

図-3・Aの柱状グラフは、AEセンサーA17による掘削区画①の発破後の記録である。これによると、AE発生個数は、発破後10分までが247個で最も多く、それ以降に激減し時間の経過に従って減少する傾向がある。掘削区画②の記録は割愛したが、AE発生個数は非常に少なく、発破後10分間の記録でも22個であった。また、図-3・BおよびCに示したA18およびA19についても、A17の記録と同様の傾向を示している。

一方、図-3に折れ線で示した鉛直ひずみは、全般的に発破後30分までのひずみ速度が大きく、その後の時間経過に伴い緩やかに変化する傾向がある。図-3・Aはひずみ計M1の記録であるが、鉛直ひずみは掘削区画①の発破によって発破直後に僅かに引張側に变化し、その直後に圧縮側に転じ増加している。これに対して、掘削区画②の場合の鉛直ひずみは、発破直後に圧縮側に顕著に変化した後、経時的にその量を減少する傾向を示している。図-3・Bに示したM2およびM3による鉛直ひずみは、①の発破後に両者とも引張側、すなわち解放側に増加したのに対し、②の発破ではそれぞれ圧縮側、その逆の引張側に増加している。図-3・Cに示したM4による鉛直ひずみは、②の発破直後に圧縮側へ顕著に増加し15分後に引張側に転じているが、120分後には①、②の発破により引張側の同程度の値を示している。しかし、M5による鉛直ひずみは、①および②の発破直後の変化量も小さく、いずれも圧縮側への増加を示している。

上述のように、鉛直ひずみが掘削区画②の発破直後に圧縮側あるいは引張側に顕著に変化し、その後の時間経過に伴い引張側に増加した岩盤領域、すなわちM1～M4の計器埋設位置は、既に報告した累積鉛直ひずみ、区間水平変位、低圧透気試験などの測定結果から、側方拘束力の減少により発生したゆるみ量の大きな不安定領域であると推測されている¹⁾。したがって、上述の測定結果は、空洞側壁岩盤のゆるみ量の大きな不安定領域における鉛直ひずみ挙動の特徴を表していると考えられる。

4. あとがき

今後、空洞掘削に伴う不連続性岩盤の力学的挙動を解明する一助とするため、得られた測定データの詳細な分析を継続する予定である。これらの測定のご指導をいただいた電力中央研究所の金川 忠氏および山口大学の石田 毅博士に深謝いたします。

参考文献) 1) 打田他：地下発電所空洞掘削における側壁岩盤の挙動、第24回岩盤力学シンポ、pp.316、1992

表-1 各掘削区画における発破後1 hr, 12hrの鉛直ひずみ量 (μ)

ひずみ計Na	側壁からの距離m	発破後の経過時間hr	掘削区画No. (発破順)					
			①	②	③	④	⑤	⑥
M1	1.75	1	-18	-30	-1	-7	0	0
		12	-30	-33	-3	-9	0	0
M2	2.75	1	55	-11	0	-17	-2	0
		12	50	-21	-4	-25	-3	-2
M3	3.75	1	9	29	0	3	1	0
		12	14	30	0	1	2	0
M4	4.55	1	37	30	2	8	1	3
		12	42	53	5	7	1	3
M5	5.55	1	-30	-17	1	-12	-1	0
		12	-45	-25	-1	-29	-3	-2

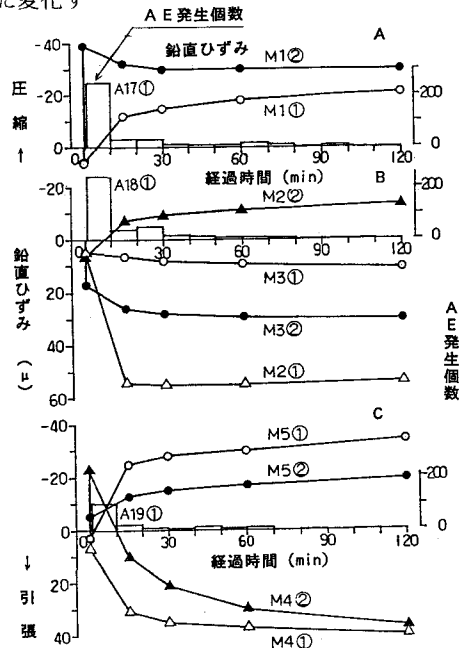


図-3 発破後のAE発生個数と鉛直ひずみの経時変化