

建設中の計測結果を活用した地下発電所空洞の維持管理法に関する検討

山口大学大学院 学生会員 石川昌義，石井啓一
 電源開発株式会社 正会員 福原明，池口幸宏
 (株)開発設計コンサルタント 正会員 吉元義隆
 山口大学大学院 正会員 清水則一，船津貴弘

1. はじめに

20世紀後半から，わが国においては大規模地下空洞を要する水力発電所が盛んに建設されてきた．今後それらが，相当な経過年数を迎え始めることになり，地下空洞の維持管理手法の研究と確立が望まれている．

本研究では，建設時から今日に至るまで継続的に現場計測が実施されている事例を取り上げ，建設時等の計測結果を活用した地下空洞の維持管理手法について検討するものである．

2. 維持管理のフロー

検討した維持管理手法のフローを図1に示す．基本的な流れは，(1)建設時の岩盤状況の把握：建設時の計測結果に基づき適切な地下空洞岩盤の力学モデルと物性値を評価する，(2)現状における岩盤状況の把握：建設終了時から今日に至るまでの挙動に基づき岩盤条件の変化(物性の変化やゆるみの新たな発生など)を評価する，(3)現時点の評価：現在の計測結果とあらかじめ設定した基準と比較し現段階における対応を定める，(4)将来の予測：(2)，(3)に基づき将来の岩盤条件の変化に関していくつかのシナリオを想定し，岩盤挙動を推定し基準と比較して対策を検討する，ものである．

3. 地下空洞掘削完了時の力学挙動の再現解析

掘削完了時の岩盤状況を把握するために，建設時の現場計測結果を用いて岩盤等の力学的挙動の再現解析を行う．解析には，不連続体解析コード UDEC¹⁾を用いた．

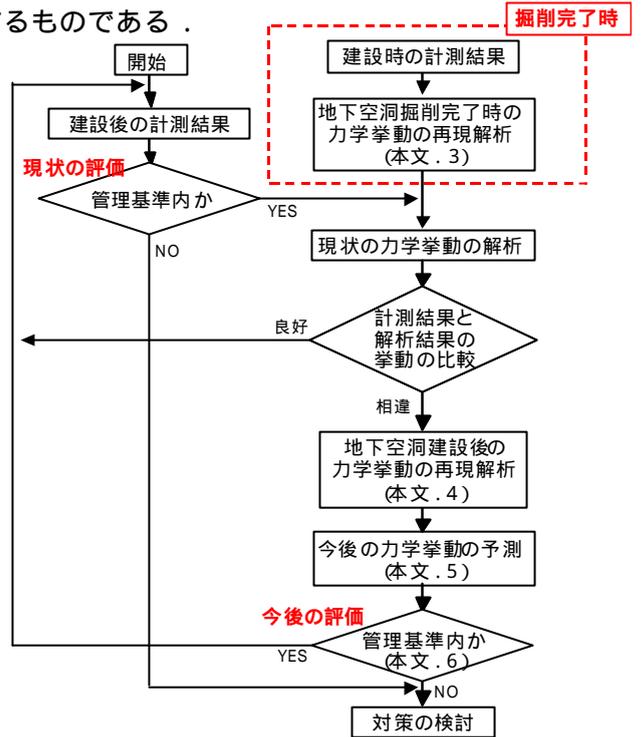


図-1 維持管理フロー

表-1 解析パラメータ

a) 岩盤の物性値	
弾性係数	4000 MPa
ポアソン比	0.25
密度	2700 kg/m ³
b) 破砕帯Aの物性値	
弾性係数	150 MPa
ポアソン比	0.25
密度	2700 kg/m ³
c) 不連続面の物性値	
鉛直剛性	150 MPa/m
せん断剛性	150 MPa/m
内部摩擦角	20°
	15 for C.I.
粘着力	0.3 MPa
引張強度	0 MPa
d) 破砕帯Bの物性値	
弾性係数	2000 MPa
ポアソン比	0.25
密度	2700 kg/m ³

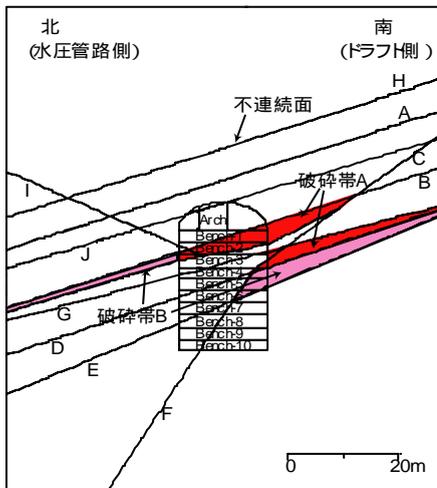


図-2 解析モデル

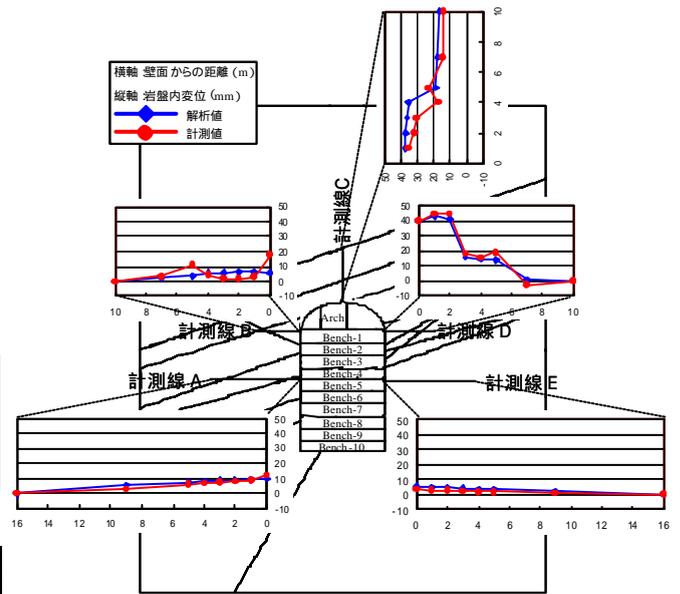


図-3 岩盤内変位分布(掘削完了時)

キーワード 地下空洞，維持管理，現場計測，不連続体解析，限界ひずみ

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9334

解析モデルを図 2 に示す . 解析モデルおよび物性値は地質調査結果と掘削中の現場計測結果に基づき推定する . もっともうまく実際の挙動を再現したと考えられるモデルと物性値を表 1 に示す . 岩盤の弾性係数は 4000MPa とした . 空洞南側上部の北落ちの不連続面には含まれた破碎帯 A について , 周辺岩盤より弾性係数を 150MPa まで低下させた . 計測結果と解析値を比較したものを図 3 に示す .

4. 地下空洞建設後の力学挙動の再現解析

地下空洞掘削完了時から 10 年後の計測結果に基づき , 力学的挙動の再現解析を行う . 建設完了後 , 計測線 A , B , および , E において変位の増加が見られ , 新たに破碎帯 B (もともと地質図には示されていたが , 掘削完了時には弱層として取り扱わなかった) の弾性係数を 2000MPa まで低下させた . 計測結果と解析値を比較したものを図 4 に示す .

5. 今後の力学挙動の予測

将来 , 岩盤条件がどのように変化するかを予測することは困難である . ここでは , 岩盤条件が変化 (劣化) することを想定して , 3 つのシナリオを考えた . すなわち , (case1) 不連続面の剛性が 2/3 (約 70%) に低下する場合 , (case2) 空洞周辺に 3m のゆるみ領域が生じる (弾性係数が 50% 低下) , (case3) case1 および case2 が同時に生じる場合 , である . 図 5 に case3 の解析結果を示す . その結果 , 掘削完了後 10 年経過より天端沈下が約 15mm , 計測線 A , E 間の内空変位が約 30mm 増加する .

解析によって得られる (将来見込まれる) 変位と管理基準値とを比較し , 基準値を超える場合について , 想定したシナリオが現実起こりえるものかどうか (その可能性) で管理することもひとつの考え方である .

6. 管理基準との比較

Case3 に対して求めた内空変位を空洞幅で除してひずみとし , 岩盤の弾性係数に対して図 6 にプロットした . 掘削完了時 , および , 掘削完了後 10 年経過の内空変位に対するひずみは , 限界ひずみ²⁾ の下限以下であり安全な状態と判断される . 一方 , case3 に対しては (相当厳しい条件であるにもかかわらず) , 注意から警戒にかかるレベル程度である .

7. むすび

建設時から現場計測が実施されている事例を取り上げ , 計測結果を活用した地下空洞の維持管理手法を検討した .

参考文献

- 1) Itasca Consulting Group, Inc.: UDEC version4.0 User's Guide, 2004.
- 2) 桜井春輔 : 土木学会論文報告集 , No.337, pp93-100, 1982.

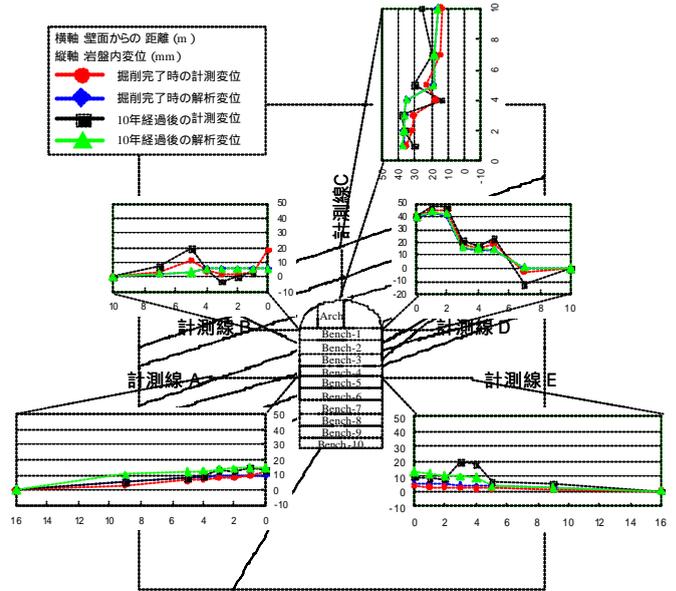


図-4 岩盤内変位分布 (建設後10年)

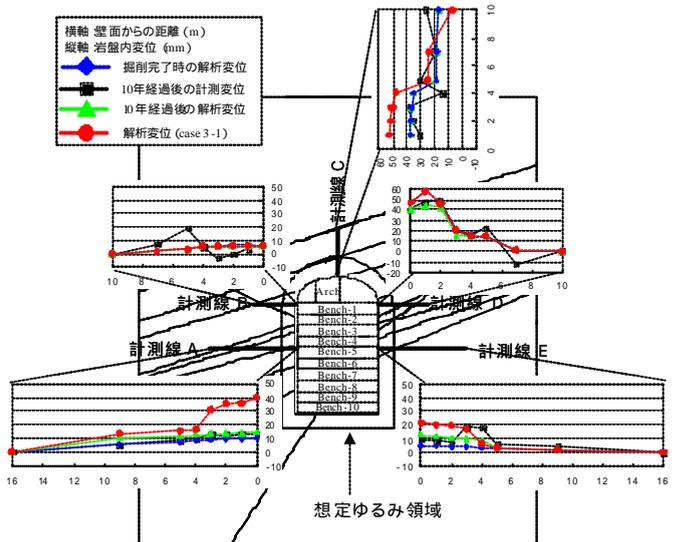


図-5 岩盤内変位分布(想定最悪シナリオ)

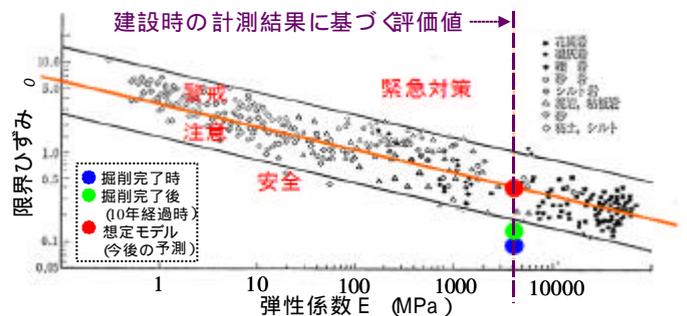


図-6 限界ひずみを用いた管理基準 (例)