空洞模型試験による周辺岩盤の損傷評価

(㈱大林組 〇鈴木健一郎, 並木 和人

埼玉大学 小田匡寛 核燃料サイクル開発機構 中間茂雄

1.はじめに

岩盤空洞周辺の脆性破壊現象を再現し,定量的に評価することを目的に空洞模型試験を実施した.ここでは, 花崗岩の薄板に円孔を有する物理モデル(空洞模型)を作成し,二軸圧縮試験により空洞周辺岩盤の脆性破壊 がどのように発生し,進行していくかを,周辺岩盤の円周方向と半径方向のひずみ,AE計測による位置標定, 空隙径分布の測定により調べた結果について述べる.

2.供試体および試験方法

空洞模型は,花崗岩の 500 mm × 500 mm × 50 mm の平板の中心に直径 160 mm の円孔を有するものである.この円形空洞を有する平板を岩盤多機能試験装置¹⁾を用いて,鉛直方向および水平方向からの二軸状態で 載荷し,平面応力状態における円形空洞周辺岩盤の挙動を調べた.空洞模型の周辺は,高強度モルタルにより キャッピングし,平行度を保ち,載荷板とのなじみをよくした.

載荷は,x方向荷重およびz方向荷重を所定の荷重となるまで,10kN/minの速度で載荷し,その後,z方向の載荷を変位制御により0.025mm/minの速度で載荷し,破壊または破壊以前の所定の荷重にて除荷した. 試験状況を**写真-1**に示す.

円形空洞を含む平板全体の変形は,渦電流式非接触変位計により計測した載荷板の変位により代表させた. 空洞周辺岩盤の挙動を調べるために次の3項目の計測を行った.(1)空洞側壁および周辺岩盤のひずみ分布: 空洞壁面に,天端,底盤,左右側壁の4点において周方向の5mm長さのワイヤーストレインゲージを,周 辺岩盤に,側壁から10mmと30mmの同心円上に左右側壁および天端,底盤の4ヶ所の裏表に,それぞれ 円周方向と半径方向に32点の5mm長さのワイヤーストレインゲージを設置した.(2)損傷の進展状況:8個 のAEセンサーにより損傷の位置標定を行った.(3)空隙径分布:除荷後に,天端部と側壁部から直径15mm の小口径ボーリングを行い,採取したコアを空洞側壁から0-5mm,10mm前後,20mm前後,30mm前 後の位置で,それぞれ厚さ5mm程度に切断し,空隙径分布を計測した.

3.試験結果および考察

等方 40 MPa の状態から, z 方向に 58MPa (破壊時 74MPa の 80%)の軸差応力を負荷し,除荷したケースにおける損傷の進展について述べる. 図-1には,

空洞側壁部のひずみを軸差応力に対して示した.側壁 部のひずみ(#36 および#40)は圧縮 3000 µに達し, 天端(#34)および底盤(#38)では,1000 µ程度の引 張ひずみが発生した.除荷時に残留ひずみが生じてい ることから,これらの位置では局所的な破壊状態にあ ったと考えられる.**図-2**は,空洞境界からの距離10 mmの位置におけるひずみの変化である.天端および 底盤においては,半径方向(#1,#9,#17,#25)に 数10 µ程度の圧縮ひずみ,周方向(#2,#10,#18, #26)には引張ひずみが300~400 µ現れている.空 洞側壁部には,左右および表裏およそ等しく1000~



写真 - 1 試験状況

キーワード 花崗岩,空洞, クラック,連絡先:〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-0916

2000 µの圧縮ひずみと半径方向に若干の引張が現れている.**図**-3は,空洞境 界から 30 mm の位置におけるひずみである.天端および底盤においては,半 径方向(#3,#11,#19,#27)に100 µ程度の圧縮ひずみ,周方向(#4,#12, #20,#28)に100 µ弱の引張ひずみが現れている.境界近傍より引張は小さ く,圧縮は大きくなっている.空洞側壁部には,左右および表裏およそ等しく 1500 µ程度の圧縮ひずみと半径方向には,近傍において現れていた引張側の ひずみが圧縮側に変わっている.

次に, AEの発生状況の一例を図-4に示す.この場合, 空洞右側壁からイベントがみられるようになったのは破壊のおよそ 50%程度

の軸差荷重が負荷された段階(左図参照)からである.この段階で,空洞境界部での圧縮ひずみは 1500 µ(0.15 %)であり(図-1参照),岩石供試体の破壊ひずみ(1%程度)より小さな値となっている.

空隙径分布の測定は異なるケースのもについて実施した. 間隙率を空洞側壁からの距離で整理した結果を図-5 に示 す.図には等方 30MPa で破壊時軸差応力の 90%で除荷し た場合と等方 20MPa で破壊まで載荷後除荷した場合の2 ケースについて計測した結果をプロットした.新鮮花崗岩 のデータを損傷のないものとして空洞壁面からの距離 40 mm 位置に()付きで示した.図より空洞壁面からの距離に 対して,およそ 20mm 離れると損傷の影響はなくなり,新 鮮花崗岩の間隙率と変わらない状態となっている.図-6に は,空洞側壁からの距離と平均空隙径との関係を示した. プロットおよび()付き表示は図 5と同様である.おお よその傾向として平均径は,空洞側壁から離れるに従い減 少している傾向がある.しかし,側壁最近でなく少々離れ たところに間隙径のピークが見られることは興味深い.新 鮮部の平均径が大きくなる点は検討課題として残された.

4.おわりに

鉛直方向応力が側方より卓越する場合には,脆性破壊が 応力集中により空洞側壁部から進展していくことを,ひず み,AE,間隙径の増加で捉えることができた.今後は,AE 計測結果の詳細な分析

と損傷進展の分布を点 ではなく領域として捉 えていく必要がある. 参考文献 1)例えば,鈴木 ほか,亀裂性岩盤の大型ブ ロックせん断試験,第55 回土木学会年次学術講演 会, - A271,(2000)



(左:等方 30MPa,90%載荷,右:側圧 20MPa,100%)(左:等方 30MPa,90%載荷,右:側圧 20MPa,100%)



図 - 1 空洞側壁のひずみ



図 - 2 空洞側壁 10mmのひずみ(左:天端,右:側方)



図 - 3 空洞側壁 30mmのひずみ(左:天端,右:側方)



図-4 AEイベント発生応力レベルと位置