

SCB 試験による破壊靱性の寸法効果に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 学部 4 年 上野宏次郎

1. はじめに

地下鉱山の開発、山岳トンネルのみならず CO₂ 地中貯留など地下の開発や利用において、岩盤の力学的安定性を確保することは極めて重要である。岩盤はインタクトロックと節理やき裂、断層等の不連続面で構成されており、不連続面の挙動を把握することが重要である。き裂の発生や進展は、破壊靱性値によって定量的に評価することができる。岩石の破壊靱性値の評価には複数の方法があり、Short Rod(SR)試験は ISRM の推奨案のうちの一つである。それ以外でも例えば Semi-Circular Bend(SCB)試験片などは岩石力学の分野で研究が行われてきており、普及しつつある。しかし、本手法により得られた破壊靱性値については試験片の寸法にも留意しなければならず、SCB 試験片の破壊靱性値における寸法効果について、Chong et al. (1987) は実験から SCB 試験片の直径を規定する次式を提案している。

$$D \geq 2.0(K_{IC} / \sigma_t)^2 \quad (1)$$

ここで D :試験片直径、 K_{IC} :モード I 破壊靱性、 σ_t :引張強度である。

上記の背景から、本研究で異なる寸法の SCB 試験片を作製し実験に供した。また、破壊靱性値の比較のために ISRM 推奨案の一つである SR 試験片による破壊靱性値も評価した。

2. 試験概要

本研究では島根県産の来待砂岩と長崎県産の諫早砂岩の 2 種類の砂岩を採用した。破壊靱性試験の実施に先立ち、岩石の力学特性を把握するために、一軸圧縮試験と圧裂引張試験を実施した。それぞれの岩石の力学特性を表 1 に示す。両者の力学特性を比較すると諫早砂岩の方が一軸圧縮強度および引張強度ともに 2.5~3 倍程度高くなっていることが分かる。そこで、寸法効果について検討するために、破壊靱性試験に用いる供試体の直径を変化させて試験に供した。なお、来待砂岩の直径 2R を 50, 60, 70 および 100mm、諫早砂岩の直径を 50, 75mm とした。両試料とも、試験片厚さ、 a/R 、 $s/2R$ など他の寸法は一定条件とした。また SR 試験は諫早砂岩にのみ実施した。

a :ノッチ長さ、 s :サポートローラ間の長さ

3. 試験結果および考察

図 1 に試験片寸法と破壊靱性との関係を示す。同図から来待砂岩、諫早砂岩ともに破壊靱性は試験片の直径が大きくなるにしたがって増加していることが分かる。これより来待と諫早の両砂岩においては破壊靱性に対して SCB 試験片の寸法依存性が認められた。次に諫早砂岩の SR 試験片の結果を表 2 に取りまとめる。SCB 試験片と SR 試験片から評価された破壊靱性を比較すると、SCB 試験片の $2R=50\text{mm}$ から得られた破壊靱性と K_{SR} が一致し、SCB 試験片の $2R=75\text{mm}$ から得られた破壊靱性は K_{SR}^C と一致している。諫早砂岩は来待砂岩と比べて引張強度が高く、その結果として、ノッチ先端の塑性領域は来待砂岩より小さくなると考えられる。そのため、諫早砂岩の $2R=75\text{mm}$ では塑性域の影響が十分小さくなり、SR 試験片レベル II 破壊靱性と同等程度の値をとったと考えられる。次に、SCB 試験片により評価させる破壊靱性の寸法効果を調べるために、来待砂岩 2 種類の岩石に対して寸法を変化させた試験片を作製し室内試験を実施した。その結果、来待砂岩、諫早砂岩ともに破壊靱性の寸法効果が認められた。ここで式(1)より、両砂岩の最小寸法を算出すると、来待砂岩では 198mm、諫早砂岩では 60mm となる。本研究で採用した寸法と比較すると来待砂岩ではいずれの寸法においても式(1)を満たさない。他方、諫早砂岩では $2R=50\text{mm}$ は式(1)を満たさないものの、 $2R=75\text{mm}$ は式(1)を満たす。(1)を満たさない場合には、例えば SR 試験の p のように塑性の度合いのような指標によって補正する、あるいは塑性域の大きさから破壊靱性評価点における実際のき裂長さを評価するなどの補正が必要になる可能性がある。諫早砂岩の SR 試験の結果との比較により Chong らの提案した式を満たす場合には SCB 試験片から評価される破壊靱性は SR 試験片のレベル II 破壊靱性と同等程度の値をとり、岩石の材料定数として有意な値となり得ることが示唆された。

表 1 諫早砂岩、来待砂岩の力学特性

	諫早砂岩	来待砂岩
一軸圧縮強度(MPa)	144.5	50.8
引張強度(MPa)	9.11	3.78

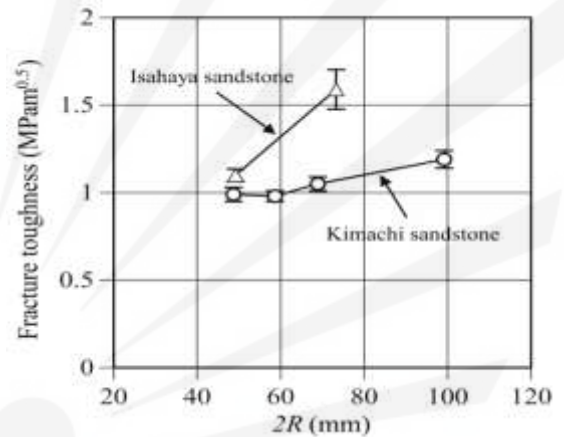


図 1 SCB 試験片による破壊靱性と試験片直径との関係

表 2 SR 試験片による破壊靱性

K_{SR} (MPam ^{1/2})	p	K_{SR}^C (MPam ^{1/2})
1.10	0.390	1.59