# 内在する不連続面の開口・接触が亀裂進展挙動に及ぼす影響に関する実験的検討

木更津工業高等専門学校　正会員　○石井　建樹
木更津工業高等専門学校　伊藤　理大
木更津工業高等専門学校　田中　健嗣

## 1. はじめに

不連続性岩盤は，節理と呼ばれる無数の不連続面を含む複雑な構造を有している．その強度特性や破壊挙動は，無数の不連続面の状態に依存する．また不連続面を含む脆性材料では，ウイングクラックと呼ばれる引張亀裂や二次亀裂と呼ばれるせん断破壊のような亀裂が生長する．

本研究では，単一の不連続面を含む供試体を対象とし，不連続面の特性が異なることで供試体における変形破壊挙動がどのように変化するのかを調査する．配置する不連続面には，開口しているものと接触しているものを準備する．こうした内在する不連続面の形状・特性の違いで，破壊挙動に各異なる傾向が認められたので，本稿で報告する．

## 2. 供試体と試験概要

不連続面を配置した石膏供試体を用いて一軸圧縮試験を行う．不連続面には，開口不連続面とテフロンシートを 2 枚挟んだ接触面の 2 種類を準備した．それぞれの不連続面を含んだ供試体を，以後，開口供試体，接触供試体と呼ぶ．

供試体の寸法は，160×88×40(mm)の角柱とし，供試体の中央に水平から 15°から 60°までの 15°間隔で不連続面を配置する．石膏の材料特性値は，ヤング率 5.38 GPa，ポアソン比 0.263，圧縮強さ 10.87MPa，引張強さ 2.17MPa であった．摩擦抵抗による拘束を軽減するために上下にテフロンシート 2 枚を挟み，0.01MPa/sec で圧縮する．

## 3. 破壊現象の計測方法

ウイングクラックの進展挙動を計測するために，**図-1** に示すように，予想される進展経路に 3 枚のひずみゲージを配置する．また，既存不連続面両側の柱部に載荷軸方向のひずみを計測するひずみゲージを設置する．

亀裂が無く健全な場合，ひずみゲージは線形的に反応する．やがて，ひずみゲージを亀裂が通過すると，変形（開口）しやすくなるため，ひずみゲージの値に何らかの変化が生じるはずである．したがって，その変化点を求めれば，亀裂の到達を知ることが可能であると考えられる．

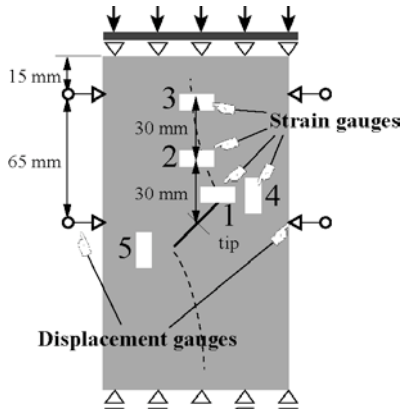


**図-1　ひずみゲージの設置箇所**

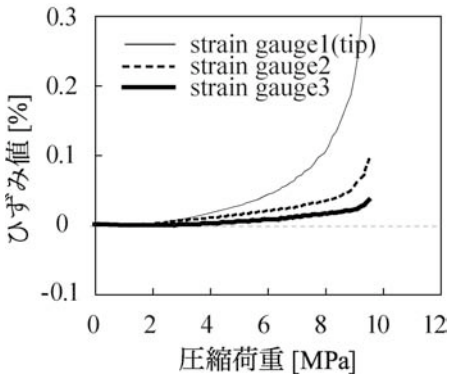


**図-2　ひずみゲージ値の推移（例：開口 45°）**

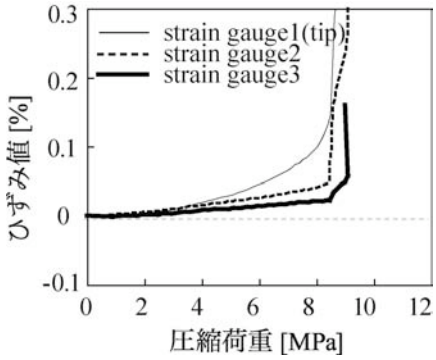


**図-3　ひずみゲージ値の推移（例：接触 45°）**

キーワード　二次亀裂　ウイングクラック　強度特性　脆性材料
連絡先　〒292-0041　千葉県木更津市清見台東 2-11-1　木更津工業高等専門学校環境都市工学科　ＴＥＬ0438-30-4156

## 4. 不連続面の接触有無による亀裂進展への影響

**図-2**，**図-3** に開口および接触供試体の，載荷過程におけるひずみゲージ値の推移を示す．想定通り，初期段階では線形的に推移するが，載荷が進むにつれて，非線形的に増加している．亀裂先端部のひずみゲージは，開口供試体，接触供試体において目立った違いは見て取れない．それに対して，ひずみゲージ 2,3 の計測値は，開口供試体は緩やかに非線形的に増加するのに対して，接触供試体では折れ曲がるように急増する．これは開口供試体では，徐々に亀裂が進展して，その先端に破壊進行領域が形成されるのに対して，接触供試体では破壊進行領域が形成されずに瞬時に亀裂が進展することを示唆している．

そこで**図-4**，**図-5** に，各種供試体においてひずみ値が変化した圧縮荷重を示す．また，強度特性との関係を検討するために，ピーク荷重と降伏荷重も併せて示す．開口供試体では，降伏してしばらくしてゲージ 2 にウイングクラックが到達しているが，接触供試体では，ほぼ降伏と同時にゲージ 2 まで到達している．また，接触供試体ではゲージ 2 に到達してすぐにゲージ 3 まで亀裂が進展している．

ピーク荷重とゲージ 3 に到達した荷重とを比較すると，開口供試体ではピークに至る直前にようやくゲージ 3 に到達しているが，接触供試体ではピークよりは比較的早い段階にゲージ 3 まで到達していることがわかる．このように不連続面の特性に依存してウイングクラックの進展挙動が大きく異なることがわかった．

## 5. 破壊時の亀裂進展性状

**図-6**，**図-7** に開口，接触での供試体の破壊時の写真を示す．二次亀裂は，不連続面との同一平面方向やウイングクラックの反対方向の 2 つの方向に発生することが知られている [1)]．**図-6** の開口供試体では，これらの 2 種類の二次亀裂と思われる亀裂が確認できる．しかし，接触供試体では，同一平面というよりも水平方向に潰されたような亀裂が見られた．この亀裂の詳細については十分な検討ができていないので，今後の課題としたい．

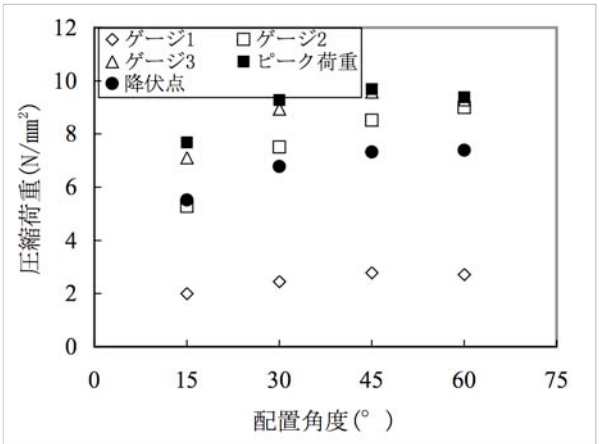


**図-4　亀裂到達時の圧縮荷重（開口）**

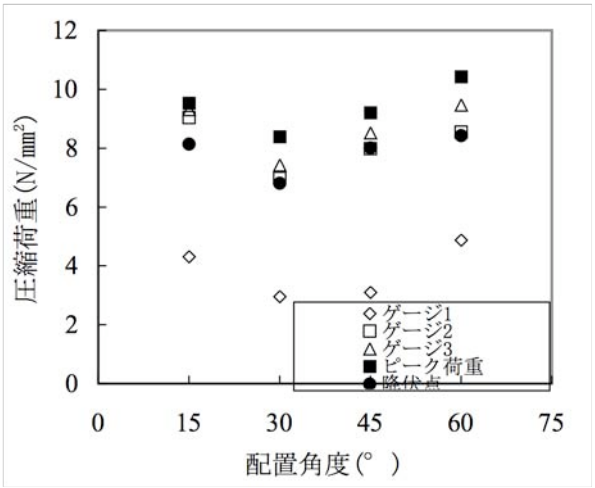


**図-5　亀裂到達時の圧縮荷重（接触）**

**図-6　破壊の状況（例：開口 45°）**

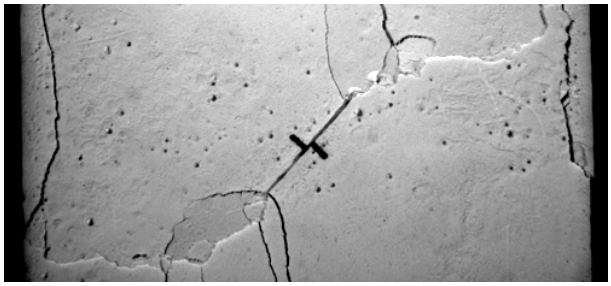

**図-7　破壊の状況（例：開口 45°）**

### 参考文献

1) Bodet, A.: The initiation of secondary cracks in compression, *Engineering Fracture Mechanics*, 66, 187-219 (2000)