一軸圧縮下における接触不連続面を有する石膏供試体の強度特性と破壊挙動

筑波大字大字院	字生会員	○月崎	艮一
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 正会員 嶋野 慶次
 - 日本大学 米元 真介

1. はじめに

岩盤のように不連続面を有する材料の強度特性や破壊挙動は、不連続面の配置条件や開口・閉合の違いによって 影響を受ける^{1),2)}.本研究では、3つの接触不連続面を有する石膏供試体の一軸圧縮試験を実施して、不連続面の配 置条件による強度特性や破壊挙動を観察する.その際、文献の強度予測式³⁾に基づいた4種類の実験供試体を準備 して、実験結果が予測値と異なった場合に生じた不連続面付近での特徴的な破壊挙動を捉える.そして、明らかに したメカニズムに基づいて新たな強度予測式を構築し、再度比較検討を行う.

2. 実験供試体の概要

実験供試体の寸法は全て88×160×40mmで,水平からの角度のでステンレス板を挟んだ不連続面を配置する.不連続面の配置条件は,文献の強度予測式³⁾に基づいて決定した.

図1に示すように、文献の強度予測式³⁾では載荷に伴う変形や破壊パターンの違いなどは一切考慮せず、断面AA'での破壊として考えると、断面AA'に作用する圧縮応力P' [MPa]は、接触不連続面での垂直抗力だけ差し引いて、載荷面と柱部との面積比で求めることができる。そのため、既存不連続面の長さを2*a*、供試体の幅を2*b*、奥行きを1とすると、圧縮応力P' [MPa]が材料の圧縮強さσ[MPa]を超えたときにピーク強度を発現するので、P'=σとして、石膏供試体の一軸圧縮強さP[MPa]は

$$P = \sigma \frac{b - a \cos \theta}{b - a \cos^3 \theta} \tag{1}$$



により計算できる.

本実験では、不連続面の配置条件による連結作用の影響を検討するために、図2に示す4種類の石膏供試体を準備 した.これらの石膏供試体は、式(1)によれば不連続面の配置角度のに応じて同じ圧縮強さが予測される.配置パタ ーンAでは不連続面から発生するウィングクラックの進展、配置パターンBでは連結の有無、配置パターンC、Dで は二次き裂の進展に着目し、不連続面の配置条件が強度特性や破壊挙動に及ぼす影響を検討する.配置角度のは15°、 30°、45°、60°の4種類を準備する.なお、使用した石膏の一軸圧縮強さσは11.13[MPa](平均値)であった.





-629-

3. 石膏供試体の強度特性と圧縮破壊挙動

図3に各配置パターンの一軸圧縮強さの式(1)による予測値と実験 値を示す.配置パターンA~Cでは,予測値と実験値がおおよそ同じ 値を示している.しかし,配置パターンDの一軸圧縮強さは,予測値 を大幅に下回っている.

そこで、配置パターン D の一軸圧縮強さに強く影響する特徴的な 挙動を調査した結果、図4に示すように配置パターン D では、隣接 する不連続面間が二次き裂により連結していることが確認できる. 従って、既存不連続面が二次き裂により連結する場合は石膏供試体 の一軸圧縮強さが大幅に低下することが示唆される. さらに、配置 角度 θ の違いによって二次き裂が形成する破壊面は図4に示すよう に開いているものと閉じているものの 2 種類あることが確認された.

4. 不連続面の連結を考慮した新たな強度予測

配置パターンDの石膏供試体では,既存不連続面が二次き裂により連結することが一軸圧縮強さを精度良く評価できない要因である と示唆された.そこで,不連続面の連結を考慮した新たな強度予測 式を構築し,再度比較検討を行う.

石膏供試体の形状を,接触不連続面(3つの不連続面の長さ:2*l*₀, 角度:θ),二次き裂が形成する破壊面(2つの破壊面の長さ:2*l*_c,角 度:α),柱部の領域に分けて考え,式(1)を整理すると,破壊面が開 口している場合の載荷面に作用する圧縮荷重*P*[MPa]は

$$P = \sigma \frac{(b - l_0 \cos\theta - l_c \cos\alpha)}{(b - l_0 \cos^3\theta)}$$
(2)

である.

一方,破壊面が閉じている場合の載荷面に作用する圧縮荷重 P[MPa]は

$$P = \sigma \frac{(b - l_0 \cos\theta - l_c \cos\alpha)(b - l_0 \cos\theta)}{(b - l_0 \cos^3\theta)(b - l_0 \cos\theta - l_c \cos^3\alpha)}$$
(3)

となる.

図5に,式(2)と式(3)を用いた強度評価の結果を示す.配置 パターンDでは,不連続面のすべり挙動によって不連続面を連 結する破壊面の状態を考慮することで,D30,D45,D60の実 験値が評価できる可能性が確認された.しかし,現在の連結を 考慮した新たな強度予測式では,十分な有用性はないので,今 後検討を行う必要がある.



参考文献:

- 1) Park, C.H., Bobet, A.: Crack coalescence in specimens with open and closed flaws: A comparison, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, Vol.46, pp.819-829, 2009.
- Park, C.H., Bobet, A.:Crack initiation, propagation and coalescence from frictional flaws in uniaxial compression, Eng. Frac. Mech., Vol.77, pp. 2727–2748, 2010.
- 3) 石井建樹,田中健嗣:単一不連続面を含む石膏供試体の圧縮破壊挙動とその強度特性,土木学会応用力学論文集, Vol.13, pp.293–300, 2010.