

III-113 岩質材料の亀裂進展及びひずみ軟化特性について

埼玉大学 正員 赤島良吉 法政大学 正員 山下清明
三井建設 正員 有藤道正 大林組 正員 坂田 晴

1. まえがき

通常、地盤は不連続力学的特性を有する場合が多く、特に大型構造物基礎では、こうした不連続性が地盤の力学的特性を支配し、これらの不連続性を有する節理及び亀裂性材料の力学的特性を明らかにすることが急務である。本研究では、こうした節理及び亀裂性材料の力学的特性を支配すると考えられる以下の2点を明らかにするのを目的としている。

(a) 亀裂が任意に分布する亀裂材の亀裂伝播特性と強度特性

(b) 材料のひずみ軟化、グイラタンシー特性

2. 理論解析

亀裂性材料の強度特性は荷重増大による亀裂の進展を忠実に追跡しうる解析法が必要とする。本研究では、節理系地盤の解析に用いた解析法(1,2)を用いて、こうした岩質材料の亀裂伝播特性を調べることとした。こうした亀裂進展を正確に追跡するため、図1に示されるような境界要素モデルを新たに考案し、境界上の2点において降伏、破断、再接触の判定を行った。また、岩質材料のせん断能力-ひずみ特性は一般に、ひずみ軟化、グイラタンシー特性を示すので、これを表現しうるような non-associated flow rule と基礎的な定式化を行い、ひずみ軟化、グイラタンシー特性が示す非線形性を指数関数の形で表現した。

3. 結果

(a) 亀裂材の亀裂伝播特性及び強度特性:-

図2は石膏材料(石膏重量:水重量=1:1)による圧縮試験結果を示したものであり、クラックが入る寸前における鉛直断面上の水平方向応力分布を示したものである。上、下端部に圧縮水平集中応力が作用し、その他の断面で引張水平応力が作用していることがわかる。図2は載荷角度 $\psi=40^\circ$ の場合を示しており、この場合、クラックは上下端部から発生し、ほとんど瞬時的にクラックが全断面に進展する。このクラック発生位置は、載荷角度 ψ が大きくなるに従い断面中央部に移り、 $\psi=12^\circ$ においては断面中央部において発生したクラックがほぼ瞬時的に端部に進展し、破断で観察される現象に近しい現象を示している。図3は載荷角度 ψ の違いによる荷重変形曲線を示しており、載荷角度により強度特性が大きく変化することがわかる。これより圧縮問題に載荷部を接触問題として厳密に取り扱う必要がある。実験値ではクラック発生点において $\psi=12\sim15^\circ$ 、圧縮強度 $P=400\sim450\text{ kg}$ であり、計算結果は数分位目に出ている。図4は断面中央部に2mmのスリット(スリット厚1mm)を入れた場合のスリット角度の変化による強度特性を示したものであり、 $\psi=8\sim12^\circ$ の場合の計算結果は実験結果と良好対応を示している。

(b) 一面せん断試験

図5は一面せん断試験に対する解析結果であり、図6は荷重-変位曲線を示し、Point-3において急速に強度が低下していることがわかる。これは図6の normal stress からわかるように断面にL'の中央部において引張応力が作用しており、Point-3においてこの引張応力が許容応力値に達することにより断面中央部からクラックが発生し、これにより図6に示されるように一帯に引張強度が低下することになる。このように一面せん断試験に現れる softening 現象は材料特性のみでなく、実験手法に相当、帰因し、こうした材料特性と7.1では構造特性と十分吟味する必要があると思われる。

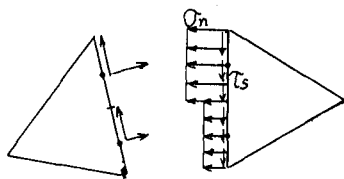
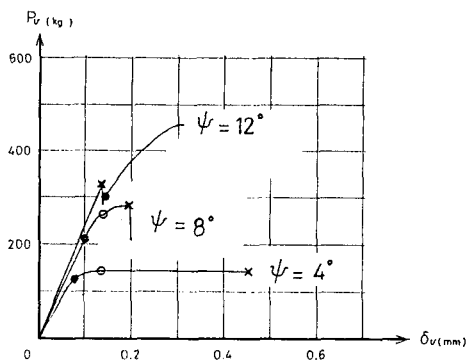


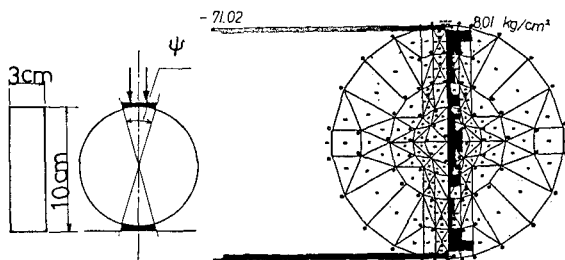
図-1. 境界要素モデル

- INITIAL CRACK
- YIELDING
- × FRACTURE



$P_v - \delta_v$ CURVE (NO SLIT)

図-3. 圧裂試験：荷重-変形曲線



STRESS DISTRIBUTION

図-2. 圧裂試験：水平向応力分布

- $\psi = 12^\circ$
- $\psi = 8^\circ$
- × $\psi = 4^\circ$
- ▲ EXPERIMENTAL

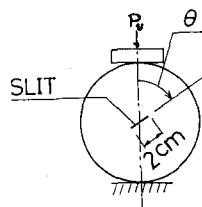
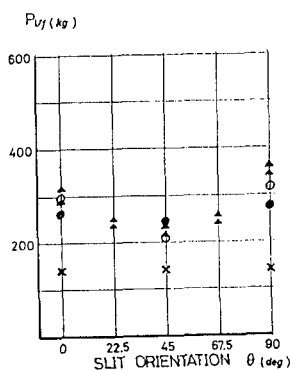


図-4. 圧裂試験：スリット角度の変化

参考文献

- (1) R. Hamajima and T. Kawai:
"On the Discrete Analysis of
the Jointed Rock Media",
応用地質 22巻 2号, 1981,
pp. 15-22.
- (2) R. Hamajima and T. Kawai:
"Stress Transfer Mechanism
of the Jointed Rock Media
with Strong Anisotropy",
応用地質 22巻 7号, 1981,
pp. 1-8.

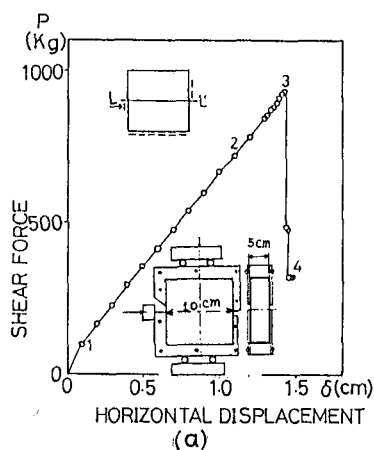


図-5 一面せん断試験計算結果

