

Ⅲ-A309 岩石の動的破壊強度に及ぼす荷重速度の影響

資環研 歌川 学, 和田有司, 緒方雄二, 瀬戸政宏
横浜国大 丁 佑鎮, 三宅淳巳, 小川輝繁

1. 緒言

近年、都市構造物の発破解体が増加し、将来に向けその高度化が期待されている。また、地下空間利用の拡大に伴い、地下空間の開削における発破においてその高度化が期待されている他、長期にわたる地下空間利用から、岩盤に動的荷重が作用した場合の健全性評価が課題になっている。発破解体・掘削においては、従来は経験則による施工が行われて、動的荷重の作用した場合の岩石・コンクリート材料の健全性評価に関しては、試験法も確立しているとは言い難く、動的破壊強度評価のデータも十分とは到底言い難い。また地下水存在などの岩石・コンクリート材料の強度評価のデータも十分とは到底言い難い。

そこで本研究では、岩石・コンクリート材料の動的条件における破壊強度の影響を求めるため、岩石試料を対象に検討を行った。

2. 実験方法

本研究では、稲田花崗岩、来待砂岩、田下凝灰岩の3種類の岩石を用いて岩石の引張強度を実験的に求め、破壊強度に及ぼすひずみ速度及び湿潤条件の影響について検討を行なった。試料は実験前には試験片を105℃で48時間、または60℃で120時間乾燥させ、真空ポンプで24時間脱気乾燥させた。湿潤条件の試料は、上記の乾燥試料を水を張ったデシケーター内において24時間以上真空脱気し飽和させた。試料の飽和度は来待砂岩が9%、田下凝灰岩が15%、稲田花崗岩は0.3%である。

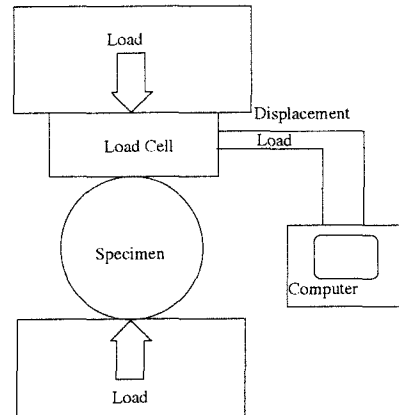


図1 低ひずみ速度領域の実験装置の概要

2.1 低ひずみ速度領域の実験装置・計測方法の概要

ひずみ速度が低い場合(概ね 10^{-3} [s⁻¹]以下)の引張強度は、圧裂試験(Brasilian test)を用いて求めた。実験はひずみ速度一定の条件で岩種毎に4~11種類のひずみ速度により行った。湿潤状態の試験は、前述の方法で飽和させた試料の飽和状態を保持するため、水を張ったステンレス製の容器内において行った。図1に実験装置の概要を示す。荷重、変位などのデータは試験機からコンピュータへ送り、ディスクに保存した。

2.2 高ひずみ速度領域の実験装置・計測方法の概要

ひずみ速度が高い場合(概ね 10^0 [s⁻¹]以上)の引張強度は、ホプキンソン効果(Hopkinson's effect)を利用して求めた。実験では試料の一端に精密雷管の起爆による衝撃圧を加え、他端の変位速度をレーザー振動計で計測した。図2に実験装置の概要を示す。

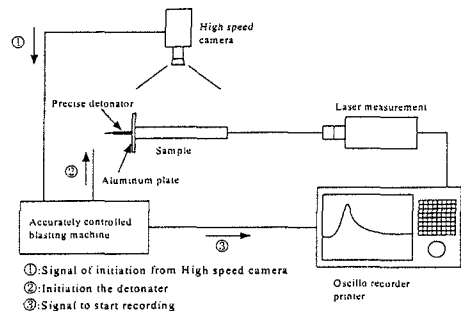


図2 高ひずみ速度領域の実験装置の概要

岩石、引張強度、動的強度、荷重速度、湿潤環境、

〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-3資源環境技術総合研究所安全工学部構造安全研究室

3. 結 果

3.1 ひずみ速度の影響

図3に來待砂岩の乾燥条件におけるひずみ速度と引張強度の関係を示す。各岩石ともひずみ速度が低い場合も高い場合も、ひずみ速度の増加に伴い、引張強度が増加する。

(1) 低ひずみ速度領域 10^{-4} [s⁻¹] 以下の低いひずみ速度では応力腐食割れの影響を受け、引張強度が顕著に低下する。図中に示した実線は、線形破壊力学において応力腐食割れを考慮し、引張強度を予測した強度であり、次式で表される。

$$\sigma_i = \{2E \dot{\epsilon} (n+1) / AY^{n(n+2)} a^{(n+2)/2} \dot{\epsilon}^{-n+1}\}^{1/(n+1)} \quad (1)$$

図3の通り、予測値は本実験で得られた実測値とよく一致している。他の岩石でも同様の結果が得られ、岩石の引張強度の予測可能性が示されたことになる。

(2) 高ひずみ速度領域 10^0 [s⁻¹] 以上の高いひずみ速度では、來待砂岩で動的引張強度 S_0 とひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は、同図の破線で示す直線 $S_0 = 5.27 \dot{\epsilon}^{0.25}$ で近似でき、ひずみ速度の約1/3乗に比例する関係にある。他の岩石でも高ひずみ速度領域において岩石の動的引張強度はひずみ速度の約1/3乗に比例する結果が得られ、動的引張強度の予測可能性が示されたことになる。

3.2 湿潤条件の影響

図4に來待砂岩の湿潤条件におけるひずみ速度と引張強度の関係を示す。來待砂岩はひずみ速度が低い場合も高い場合も、ひずみ速度の増加に伴い、引張強度が増加した。他の岩石でもこの傾向が確認された。なお、來待砂岩と田下凝灰岩の飽和条件で、ひずみ速度が低い場合には同速度が変化しても引張強度には変化が見られない。

(1) 低ひずみ速度領域 10^{-4} [s⁻¹] 以下の低いひずみ速度の場合、応力腐食割れの影響を受けることにより、引張強度が低下したが、乾燥条件の場合よりも低下率は小さい。これは、湿潤条件の場合には、ひずみ速度による影響以上に、摩擦係数、格子間結合力が大幅に低下し、この影響が表れた可能性が考えられる。

(2) 高ひずみ速度領域 10^0 [s⁻¹] 以上の高いひずみ速度の場合、來待砂岩では乾燥条件に比べ、引張強度が低下したが、乾燥条件のようなひずみ速度との関係は確認されなかった。他の岩石でも同様の結果が得られた。

4. 結 言

岩石の破壊強度に及ぼすひずみ速度及び湿潤環境の影響について検討するため、乾燥及び湿潤条件におけるひずみ速度を変化させた圧裂引張試験及びホプキンソン効果を利用した実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 岩石の引張強度は、ひずみ速度及び湿潤条件の影響により、変化すること。
- (2) 低ひずみ速度領域において、乾燥条件では岩種によらず、引張強度は線形破壊力学に基づく応力腐食割れを考慮した予測式によく一致すること。
- (3) 高ひずみ速度領域では、乾燥条件では岩種によらず引張強度とひずみ速度の1/3乗とは比例関係にあること。
- (4) 湿潤条件ではこれらの関係は必ずしも成立しないこと。

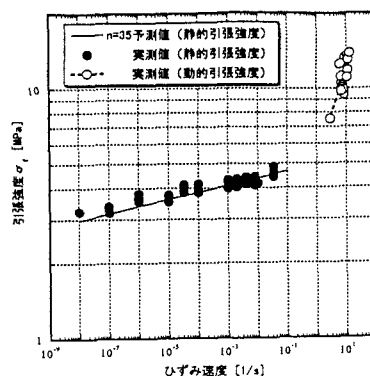


図3 乾燥状態におけるひずみ速度と引張強度の関係

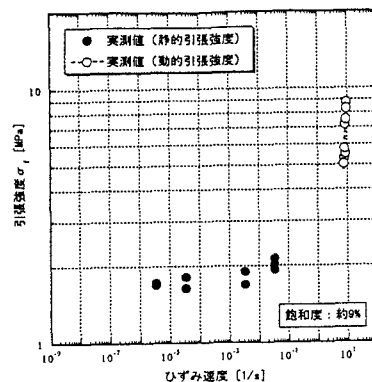


図4 湿潤状態におけるひずみ速度と引張強度の関係