

Ⅲ - A304

硬質岩盤の弾性係数のひずみ振幅レベル依存性について

中部電力 電力技術研究所 正会員 ○佐藤正俊 上田稔

名古屋工業大学

学生会員 浅野浩史 正会員 長谷部宣男

1. まえがき

ダムなど岩盤上に建設される重要構造物の地震時挙動を把握するために、構造物と岩盤の連成応答解析が実施される。この解析において地震時の岩盤の動的剛性を的確に評価する必要がある。地震時に構造物基礎岩盤内には上部構造物の自重等による静的応力に加え地震による動的応力が発生する。この動的応力は振動レベルに応じ変化する。そこで本研究は硬質岩盤の弾性係数のひずみ振幅レベル依存性について実験的に検討したものである。

2. 試験概要

2. 1 供試体

硬質岩盤の代表として、アーチダムサイトの岩盤より供試体を採取した。地質は流紋岩(中生代)でかなり堅硬である。供試体は次の2種類である。(1)岩盤ブロックを図-1(1)に示す。原位置で採取した割れ目の多い岩塊よりダイヤモンドカッターで切り出し作製した。表面の割れ目の観測結果の展開図を図-2に示す。割れ目の量が少ない方からNo1,2,3の順である。(2)モデル岩盤を図-1(2)に示す。ボーリングコアより切り出した割れ目(1ヶ所)を供試体中央に配置し、その周囲をモルタルで整形した。モルタル部の弾性係数は、岩盤ブロックの基質部の値程度である約40万kgf/cm²となるように、高強度モルタルで作製した。割れ目部の角度 θ は45°程度である。

2. 2 試験条件

試験は一軸圧縮試験で、サーボコントロール型剛性試験装置で行った。図-3に載荷パターンを示す。ある応力を載荷応力の中心値とし応力振幅を変えた試験を行った。波形は載荷速度を一定とするために三角波とした。各応力振幅において、処女載荷部を除き除荷載荷の1波形を含むように1.5波形とした。表-1に試験条件を示す。載荷応力の中心値は岩盤上の構造物の自重や岩盤内の位置により異なる。本試験では10,20,40kgf/cm²の3ケースとした。応力振幅(片振幅)は、試験装置の性能上可能な最小の振幅から載荷応力の中心値と同じ大きさまでの範囲とした。載荷速度は、原位置平板載荷試験で標準的な速度である5kgf/cm²/minと、その1000倍の5000kgf/cm²/minとした。

供試体の変位を差動変圧器(LVDT)で計測した。LVDTは図-1に示すように、供試体側面に直接接着した。岩盤ブロックでは、割れ目の分布が複雑である。供試体全体の変形をとらえるために、供試体側面の8ヶ所で変形を計測した。計測精度を十分なものとするため、応力振幅によらず1波形あたり100点の計測を行った。供試体数は岩盤ブロックが3体、モデル岩盤が5体である。なお試験は供試体を気乾状態にして行った。

3. 試験結果及び考察

図-4に岩盤ブロックの応力-ひずみ曲線の一例を示す。試験全体の応力-ひずみ曲線を右側に示し、その左側には、載荷応力の中心値と応力振幅ごとの応力-ひずみ曲線を併せて示す。載荷時除荷時それぞれの応力-ひずみ曲線の、上下の頂点を結ぶ直線の傾きを求め、それらを平均してループ全体の平均の弾性係数を求めた。

図-5に岩盤ブロック、モデル岩盤の微小ひずみ振幅領域の弾性係数 E_0 (最小の応力振幅0.5kgf/cm²での弾性係数)を、供試体と載荷応力の中心値ごとに示す。供試体ごとの記号を表-2に示す。載荷応力の中心値は供試体にかかわらず40,20,10kgf/cm²の順に丸印、四角印、三角印で示す。図-5は載荷応力の中心値が40kgf/cm²のときの E_0 の大きい方から順に左から示している。 E_0 は岩盤ブロックでは割れ目の少ない供試体ほど大きく約10~60万kgf/cm²程度、モデル岩盤は割れ目の状態により異なり約5~20万kgf/cm²程度の範囲である。岩盤ブロック、モデル岩盤とも載荷応力の中心値が大きいほど E_0 は大きく、 E_0 が大きい供試体ほど載荷応力の中心値の差異による E_0 の差異も大きい傾向がある。

弾性係数 E を E_0 で基準化した弾性係数比(E/E_0)とひずみ振幅レベルの関係を、岩盤ブロックとモデル岩盤それぞれに対し図-6(1),(2)に示す。載荷速度5kgf/cm²/minの場合である。供試体と載荷応力の中心値ご

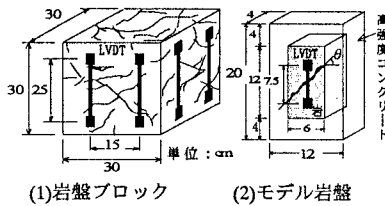
Key Word : hard rock mass, amplitude level dependence, modulus of elasticity, dynamic loading test, loading rate dependence

〒461 名古屋市緑区大高町字北関山20-1 TEL 052(624)9184 FAX 052(623)5117

〒466 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052(731)2111 FAX 052(735)5503

とに記号を変え (表-2)、全ての場合に対して示している。ひずみ振幅レベルが大きくなるほど弾性係数比は小さく、その最小値は岩盤ブロックでは0.3、モデル岩盤では0.4程度である。E0は供試体や載荷応力の中心値により大きく異なっているにもかかわらず、岩盤ブロック、モデル岩盤ともに弾性係数比のひずみ振幅レベル依存性はある程度の範囲に収まっている。これは岩盤の弾性係数のひずみ振幅レベル依存性は、岩盤の基質部に相当する岩石コアの変形は線形であることから割れ目に起因するが、割れ目の量や割れ目の状態が及ぼす影響が小さいことを意味している。

図-7(1),(2)に岩盤ブロックNo.1,2の弾性係数比のひずみ振幅レベル依存性を示す。載荷応力の中心値がひずみ振幅レベル依存性に及ぼす影響をみてみると、岩盤ブロックNo.2では載荷応力の中心値が大きい程、弾性係数のひずみ振幅レベル依存性は小さいが、岩盤ブロックNo.1では載荷応力の中心値が20 kgf/cm²と40 kgf/cm²の差は小さく、岩盤ブロックNo.3 (図-6(1)中の●,■,▲印) ではほとんど差がない。以上のことは、モデル岩盤でも同様に認められた。これらから推察するに弾性係数比のひずみ振幅レベル依存性は、その大きさは供試体により異なるが、載荷応力の中心値が小さい範囲ではその値が大きいほど小さく、ある大きさ以上ではその影響は小さいと考えられる。図-7には載荷速度が5000kgf/cm²/minと速い場合の結果も点線で示しているが、載荷速度のひずみ振幅レベル依存性への影響は小さい。



(1)岩盤ブロック (2)モデル岩盤

図-1 供試体形状とLVDTによる計測

表-1 試験条件

載荷応力の中心値 kgf/cm ²	応力振幅 kgf/cm ²	載荷速度 kgf/cm ² /min
10	0.5, 1, 2, 5, 7, 5, 10	5
20	0.5, 1, 5, 10, 20	5000
40	0.5, 1, 5, 10, 20, 30, 40	5000

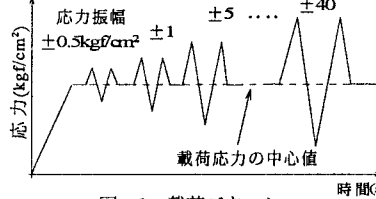


図-3 載荷パターン

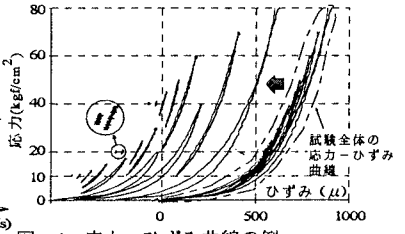


図-4 応力-ひずみ曲線の例
(岩盤ブロック No.3, 5kgf/cm²/min)

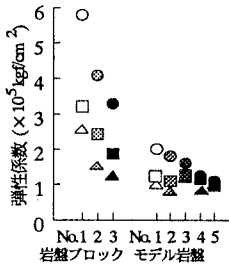
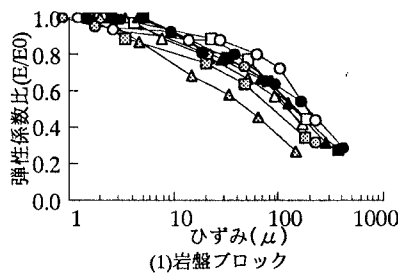
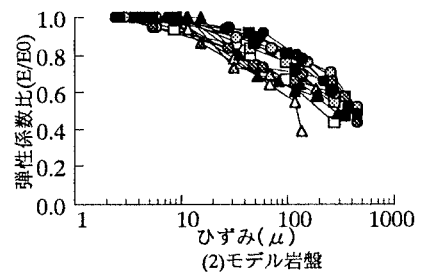


図-5 微小ひずみ振幅領域の弾性係数



(1)岩盤ブロック

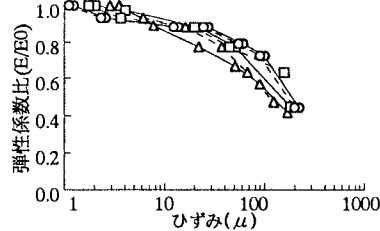


(2)モデル岩盤

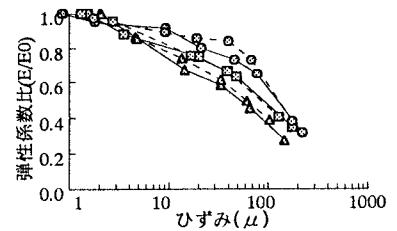
図-6 弾性係数比とひずみ振幅レベルの関係

表-2 図-5,6,7の記号の説明

供試体	載荷応力の中心値
岩盤ブロック	
□ No.1	○ 40kgf/cm ²
▨ No.2	□ 20kgf/cm ²
■ No.3	△ 10kgf/cm ²
モデル岩盤	
□ No.1	載荷速度
▨ No.2	5kgf/cm ² /min
■ No.3	5000kgf/cm ² /min
□ No.4	5000kgf/cm ² /min
■ No.5	5000kgf/cm ² /min



(1)岩盤ブロック No.1



(2)岩盤ブロック No.2

図-7 弾性係数比のひずみ振幅レベル依存性と載荷速度の関係