

III-A 405

硬質岩盤の弾性係数の振幅レベル依存性について

名古屋工業大学 学生会員○浅野浩史 正会員 長谷部宣男
中部電力 電力技術研究所 正会員 佐藤正俊 上田稔 近藤寛通

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。この動的応力は振幅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振幅レベル依存性について実験的に検討するとともに、原位置平板載荷試験結果からも弾性係数の振幅レベル依存性を検討し比較したものである。

2. 試験概要

2. 1 供試体の種類

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。(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クラック（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（早強モルタルにシリカフュームを混入）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-2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5体、モデル岩盤が6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-3に岩盤ブロックの応力-変形曲線の一例を示す。試験全体の応力-変形曲線を右側に示し、その左側には、載荷応力の中心値と応力振幅ごとの応力-変形曲線を併せて示す。1kgf/cm²以下の微小応力振幅の応力-変形曲線は、線形で可逆的で弾性係数は一定である（図-3に例として、載荷応力の中心値が20 kgf/cm²の場合の応力-変形曲線を拡大して示す）。それ以上の応力振幅ではループを描いている。このループは応力振幅が大きい程ループの幅が太くなっている。載荷時除荷時それぞれの応力-変形曲線の、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。弾性係数は、載荷応力の中心値と応力振幅により大きく異なる。載荷応力の中心値が大きく応力振幅が小さい程、弾性係数は大きい。

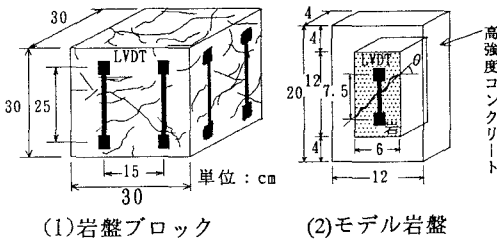
図-4(1)に、岩盤ブロックとモデル岩盤の弾性係数と応力振幅の載荷応力の中心値に対する比の関係を示す。応力振幅が大きくなる程弾性係数は小さくなっている。図中には回帰直線（回帰直線の切片は、一定値である1kgf/cm²以下の応力振幅の弾性係数である）を示すが、その相関係数は0.85～0.99である。

よって、弾性係数と応力振幅の荷重応力の中心値に対する比は、ほぼ直線関係にあると言える。弾性係数の低下の程度は、弾性係数が大きい程大きい傾向があり、最大振幅の弾性係数は微小振幅の約30～60%である。

図-4(2)に、岩盤ブロックやモデル岩盤を作製するための岩塊やボーリングコアを採取した地点の、調査横坑内で行った原位置平板荷重試験結果より、2つの応力振幅に対して求めた弾性係数と応力振幅の荷重応力の中心値に対する比を示す¹⁾。図-4では2つの応力振幅に対する弾性係数を直線で結んでいる。応力振幅が大きい方が弾性係数は小さく、弾性係数の低下の程度は、弾性係数が大きい程大きい傾向がある。これらは、単一割れ目を有するモデル岩盤、複数の割れ目を有する岩盤ブロックの結果と似ている。

参考文献

1) 著者ら：硬質岩盤の地震観測記録と原位置平板荷重試験から求めた微小変形領域の弾性係数の整合性について、本概要集



(1) 岩盤ブロック (2) モデル岩盤
図-1 供試体および計測位置

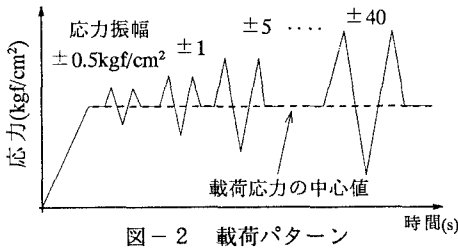


図-2 荷重パターン

表-1 試験条件

荷重応力の中心値 (kgf/cm ²)	応力振幅 (kgf/cm ²)	荷重速度 (kgf/cm ² /min)
10	0.5, 1, 2.5, 5, 7.5, 10	5
20	0.5, 1, 5, 10, 20	
40	0.5, 1, 5, 10, 20, 30, 40	

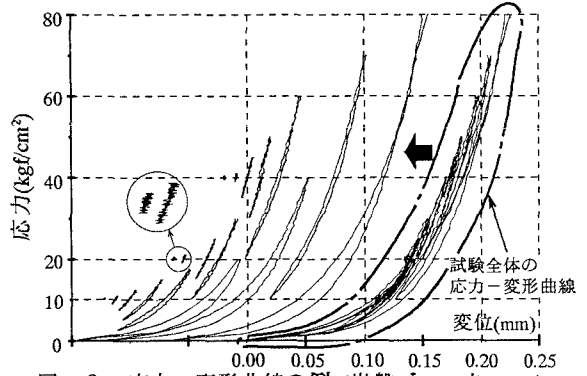
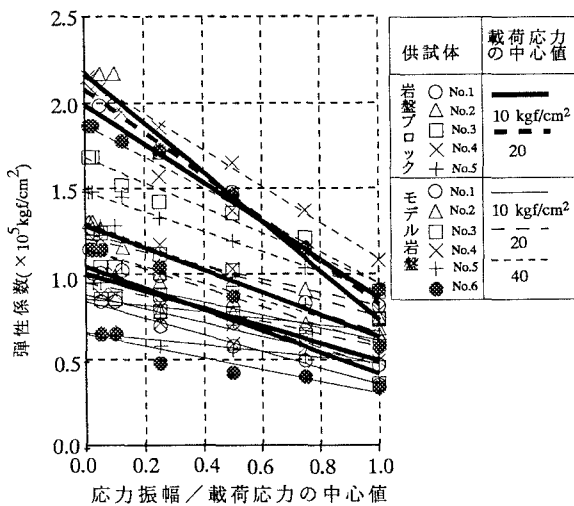
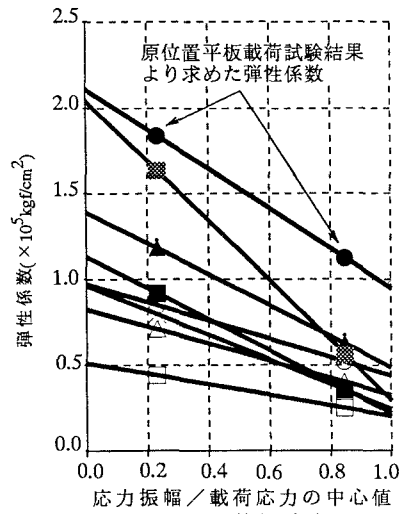


図-3 応力-変形曲線の例 (岩盤ブロック No.3)



(1) 岩盤ブロック, モデル岩盤



(2) 原位置岩盤

図-4 弾性係数と応力振幅/荷重応力の中心値の関係