

Ⅲ-A 406

硬質岩盤の減衰定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 上田 稔 佐藤 正俊

五洋建設○石垣 順 名古屋工業大学 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減衰定数を的確に評価する必要がある。しかし硬質岩盤そのものの減衰定数に関するデータは極めて少ない。これは、硬質岩盤を特徴づける割れ目を有する供試体を作成するして室内試験を行うのが、難しいこともその理由であろう。しかし硬質岩盤では割れ目の存在により、その減衰定数がその他の地盤材料と大きく異なることも予想される。そこで、本研究は、割れ目を有する岩塊より切り出した岩盤ブロックや、岩盤を構成している基質部と割れ目部をモデル化したモデル岩盤を対象に、一軸の繰り返し載荷試験を行い、硬質岩盤の減衰定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

(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。

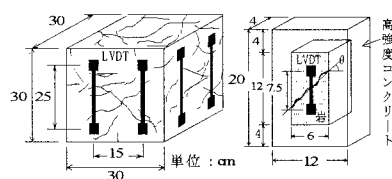
(2)モデル岩盤を図-1(2)に示す。ボーリングコアより切り出した岩石を割れ目 (1ヶ所) を供試体中央に配置し、その周囲を高強度モルタルで整形した。モルタル部の弾性係数は、岩盤ブロックの基質部の値程度で約 40 万 kgf/cm^2 である。割れ目部の角度 θ は 45° 程度である。

(2) 試験条件

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や岩盤上の構造物の自重により岩盤内の位置ごとに異なる。本試験では $10, 20, 40 \text{ kgf/cm}^2$ 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、5と $5000 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$ の2ケースとした。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。

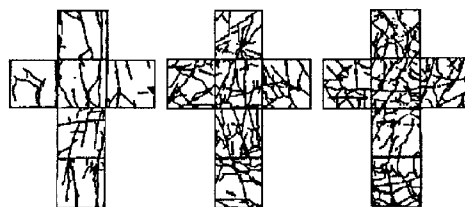
3. 試験結果

図-4に岩盤ブロックの応力-ひずみ曲線の例 (岩盤ブロック No.3, 載荷速度 $5 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$) 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。減衰定数は図-4に示すとおり、応力-ひずみ曲線の除荷・載荷のループを基に求めた。図-5に減衰定数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て示す。載荷速度は $5 \text{ kgf/cm}^2/\text{min}$



(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



(1) No. 1 (2) No. 2 (3) No. 3

図-2 岩盤ブロックの表面の割れ目の状況 (展開図)

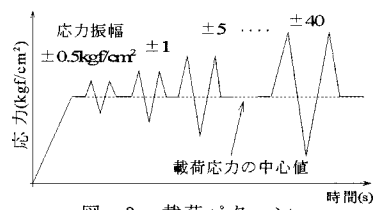


図-3 載荷パターン

キーワード：硬質岩盤、減衰定数、ひずみ振幅レベル依存性、載荷応力、載荷速度、繰り返し載荷試験
 〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山20-1 TEL 052(624)9184 FAX 052(623)5117
 〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-1 TEL 03(3816)7111 FAX 03(3816)7158
 〒466-0061 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052(735)5482 FAX 052(735)5482

の場合で、供試体と載荷応力の中心値ごとに記号を変えて示している。表-2 に記号の説明を示す。

図中には割線弾性係数 E を微小ひずみ振幅領域の弾性係数(応力振幅 0.5kgf/cm^2 での弾性係数 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との関係も併せて示す。ひずみ振幅 10μ 程度までは応力-ひずみ曲線は線形で、減衰定数はゼロである。これ以上のひずみ振幅の範囲で減衰定数はひずみ振幅の増加に伴い大きくなる。なお応力-ひずみ曲線のループが小さいために減衰定数の算出精度に問題があると思われる場合は値をプロットしていない。減衰定数の最大値は岩盤ブロック、モデル岩盤とも $2\sim 6\%$ 程度である。図-6(1),(2)に岩盤ブロック No.2 とモデル岩盤 No.2 の減衰定数のひずみ振幅レベル依存性を載荷応力の中心値と載荷速度を変えて示す。減衰定数は載荷応力の中心値が大きいほど小さい。この点に関しては硬質岩盤の原位置の平板載荷試験の応力-変位曲線から求めた最大減衰定数も試験応力の中心値が大きい程小さいことと対応している¹⁾。載荷応力の中心値 10kgf/cm^2 の場合の減衰定数に対し、 40kgf/cm^2 の場合の値は 50% 以上も低下している。図-6 には載荷速度が $5000\text{kgf/cm}^2/\text{min}$ の場合の結果も点線で示しているが、載荷速度が大きい方が減衰定数が大きい。以上のことは、図は略すが他の供試体でも同様に認められた。割れ目が一個存在するモデル岩盤の応力-ひずみ曲線がループを描くことより、減衰は割れ目の存在により生じるといえる。

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 $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$
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	

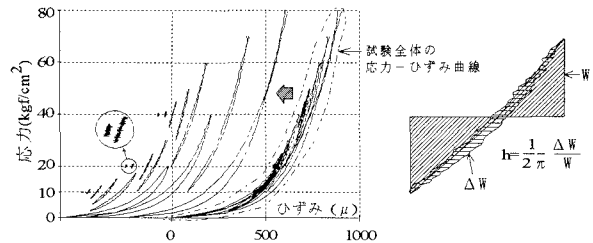


図-4 応力-ひずみ曲線の例と減衰定数の算出
(岩盤ブロック No. 3、載荷速度 $5\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

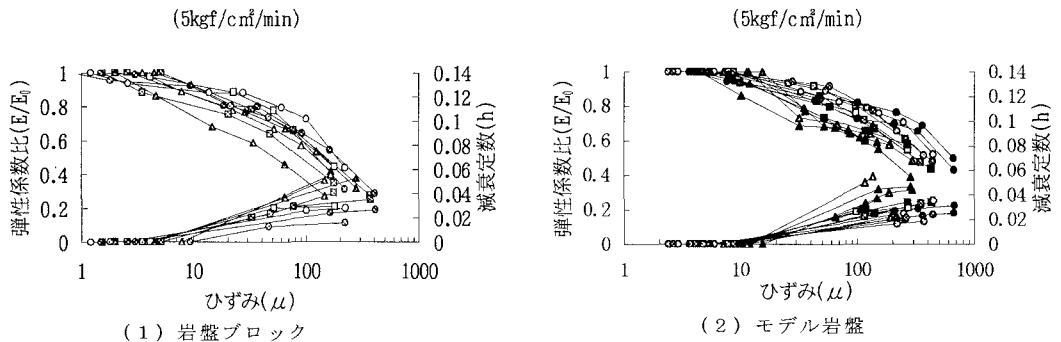


図-5 減衰定数と弾性係数比のひずみ振幅レベル依存性

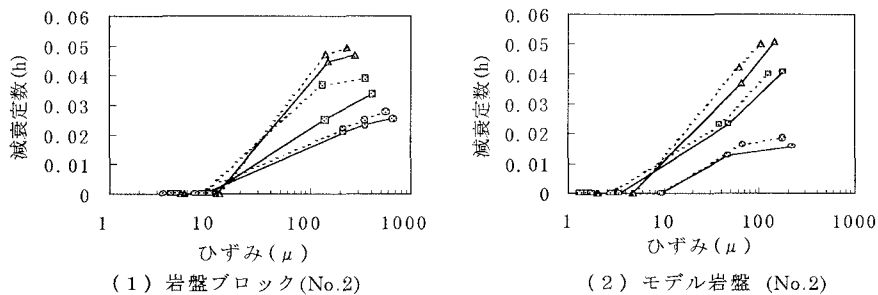


図-6 載荷応力の中心値や載荷速度と減衰定数のひずみ振幅レベル依存性

参考文献

- 1) 著者ら：ダムサイト硬質岩盤の原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より求めた最大減衰定数について，土木学会第53回年次学術講演会要集第一部，1998。

表-2 図 5, 6 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	
▨ No.2	
■ No.3	
□ No.4	
■ No.5	
載荷速度	
5 $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$	
5000 $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$	