

Ⅲ-A388

原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より求めた硬質岩盤の弾性係数の応力振幅依存性

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 名和朋功 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。しかし硬質岩盤を対象とした弾性係数の振幅レベル依存性に関する研究は極めて少ないようである。そこで本研究は硬質岩盤を対象に、原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より振幅レベル依存性の大きさを評価する最小弾性係数比を求め、この最小弾性係数比を基に弾性係数の振幅レベル依存性について検討したものである。対象は5地点の岩種、岩級の区分で8種の硬質岩盤である。

2. 原位置平板載荷試験の応力-変位曲線に基づく最小弾性係数比の算出方法

通常行われる原位置平板載荷試験は、応力ゼロまでの除荷と再載荷を繰り返す載荷方式¹⁾であり、地震時に岩盤に生じるものとは異なっている。著者らはこれまでに、硬質岩盤の弾性係数の応力振幅依存性を通常行われる原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より求める方法を提案してきた。算出方法の詳細は文献²⁾に譲る。この方法により求めた硬質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は、載荷応力の中心直一定で応力振幅を変えた原位置平板載荷試験結果より求めた場合の関係とほぼ一致し、直線関係であることを示した³⁾。この弾性係数 E と応力振幅の載荷応力の中心値に対する比の関係(図-1参照)において、最大の応力振幅に対する弾性係数(最小弾性係数 $E_{\min}$)を微小振幅領域の弾性係数 E_0 で基準化した値を最小弾性係数比($E_{\min}/E_0$)とする(図-2参照)。この値は弾性係数の応力振幅依存性による最大の低減率を表しており、この値を比較することにより応力振幅依存性の程度を比較可能である。

3. 算出結果と考察

図-1に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の一例として流紋岩 C_M 級岩盤の場合を示す。応力振幅が大きいくほど弾性係数は小さい。図は略すが他のサイトの岩盤でも同様の傾向がある。図-2に図-1と同じ岩盤の弾性係数比(E/E_0)と応力振幅の中心値に対する比の関係を示す。図中の横軸1のラインとの切片が最小弾性係数比($E_{\min}/E_0$)である。以下この値を基に応力振幅依存性について検討を行う。

(1) 岩種、岩級と最小弾性係数比の関係

図-3に最小弾性係数比を地点、岩種、岩級別に示す。全地点とも載荷応力の中心値が $15 \sim 20 \text{ kgf/cm}^2$ の場合での値である。地点(流紋岩)の C_H 級と C_M 級、C地点(流紋岩)の C_M 級と C_L 級に見られるように、同一地点、同一岩種では下位の岩級の方が、最小弾性係数比は小さい。すなわち下位の岩級の方が応力振幅依存による弾性係数の低下率が大きい傾向にある。

(2) 割線弾性係数と最小弾性係数比の関係

図-4に原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より応力振幅依存性を求めた除荷載荷ループの中で、最大応力が最も大きい場合の除荷載荷曲線より求めた割線弾性係数と最小弾性係数比の関係を示す。割線弾性係数が小さいほど最小弾性係数比は減少する傾向がある。図-4では岩級ごとに記号を変え、図中の右側に各岩級ごとの最小弾性係数の値の範囲を示している。本研究で対象とした硬質岩盤では最小弾性係数比は C_H 級で $0.5 \sim 0.3$ 、 C_M 級で $0.4 \sim 0.25$ 、 C_L 級で $0.3 \sim 0.2$ 程度の範囲の値をとるが、サイトと岩種が異なっても、岩級が低く割線弾性係数が小さくなるほど、最小弾性係数が小さい認められる。すなわち割線弾性係数が小さくなるほど、応力振幅依存による弾性係数の低下率が大きい傾向にある。

Key Word: 硬質岩盤, 弾性係数, 応力振幅依存性, 応力-変形曲線, 原位置平板載荷試験

〒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

図-4には割線弾性係数と原位置平板載荷試験の応力-変形曲線より求めた最大減衰定数の関係⁴⁾も併せて示す。サイトと岩種が異なっても、岩級が低く割線弾性係数が小さくなるほど最小弾性係数比は小さくなり、最大減衰定数は大きくなる傾向が認められる。同様の関係は複数の割れ目を有する岩盤ブロックや、単一割れ目を有するモデル岩盤の弾性係数と減衰定数の関係と似ている⁵⁾。

4. まとめ

対象とした硬質岩盤では、弾性係数は応力振幅が大きいほど低下する。この弾性係数の応力振幅依存性を評価する値として弾性係数の低下率の最大値である最小弾性係数比を求め、岩種、岩級や割線弾性係数との関係を調べた。その結果、岩級が低く割線弾性係数が小さい岩盤ほど最小弾性係数比は小さいことより弾性係数の応力振幅依存性が大きいことを明らかにした。今後はより多くの硬質岩盤に対して弾性係数の応力振幅依存性が求められることが望まれる。

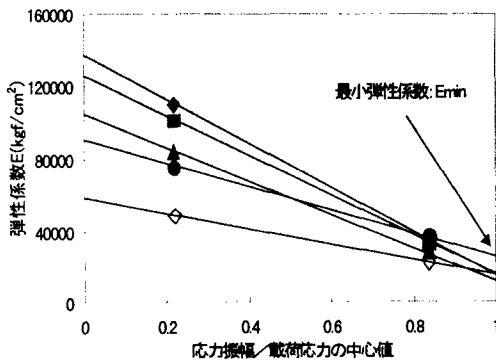


図-1 弾性係数と応力振幅の載荷応力の中心値依存性の関係の一例（流紋岩 C_M 級）

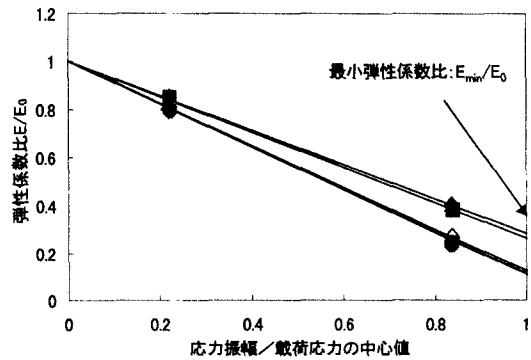


図-2 弾性係数比と応力振幅の載荷応力の中心値依存性の関係の一例（流紋岩 C_M 級）

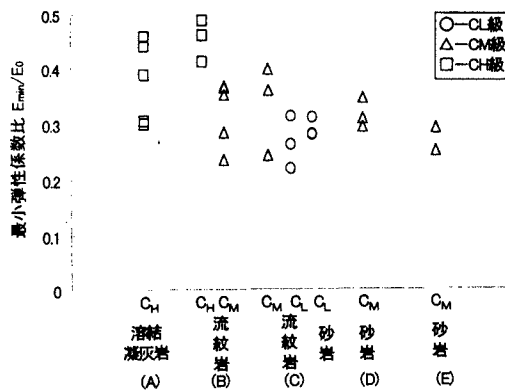


図-3 地点ごとの最小弾性係数比

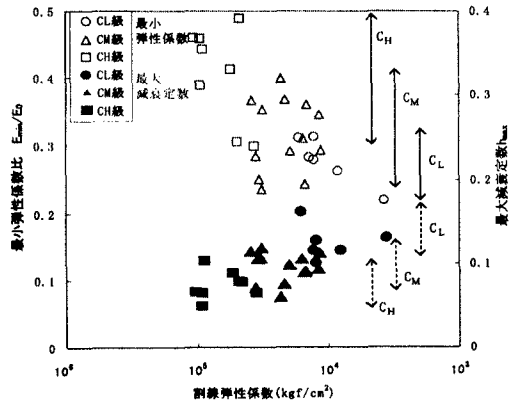


図-4 最小弾性係数比と割線弾性係数との関係

参考文献

- 1) 土木学会：原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針一解説と設計の指針一，pp.3-16,1983.
- 2) 佐藤正俊・上田稔・近藤寛通・長谷部宜男：硬質岩盤の地震観測記録と原位置平板載荷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，土木学会第51回年次学術講演会，pp.812-813,1996.
- 3) 山本健一郎・長谷部宜男・佐藤正俊・上田稔：硬質岩盤の弾性係数の応力振幅依存性を原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より求める方法，本概要集
- 4) 上田稔・佐藤正俊・長谷部宜男：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，pp.706-707,1998.
- 5) 上田稔・佐藤正俊・長谷部宜男：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，土木学会第53回年次学術講演会，pp.808-809,1998.