

## Ⅲ-A387

## 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

名古屋工業大学 学生会員 山本健一郎 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

## 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。これに対し、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<sup>1)</sup>であり、地震時に岩盤に生じるものとは異なっている。そこで、著者らはこれまでに原位置平板載荷試験の応力-変位曲線より硬質岩盤の弾性係数の応力振幅依存性を求める方法を提案してきた<sup>2)</sup>。本研究ではこれまでに提案した方法の妥当性を検証するため、通常の載荷方式と載荷応力の中心値一定で応力振幅を変化させた載荷方式の原位置平板載荷試験を実施し、両試験の応力-変形曲線より求めた応力振幅依存性について検討した。

## 2. 試験概要

対象とする岩盤はダムサイトの硬質岩盤で、岩種は溶結凝灰岩、電中研式岩盤分類でC<sub>M</sub>級である。

図-1に載荷パターンを示す。通常の原位置平板載荷試験<sup>1)</sup>と同様な載荷パターンA(図-1(a))とある応力を載荷応力の中心値とし応力振幅を変えた載荷パターンBである。載荷パターンBの波形は載荷速度を一定とするために三角波とし、各応力振幅において除荷載荷の1波形を含む波形とした。表-1に試験条件を示す。載荷応力の中心値は30kgf/cm<sup>2</sup>で、応力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<sup>1)</sup>である。変位の計測は、高精度な変位の計測が可能である非接触型変位計(ギャップセンサー)で行った。試験は載荷パターンAで載荷後、載荷パターンBで載荷を行った。

## 3. 試験結果及び弾性係数の算出結果

## (1) 載荷パターンAによる弾性係数の応力振幅依存性

図-2(a)に載荷パターンAの応力-変位曲線の例を示す。まずこのような応力-変位曲線よりある載荷応力を中心値とする除荷時の平均弾性係数の算出方法について述べる。載荷応力 $\sigma_0$ を中心値とし、 $\sigma_0$ と原位置平板載荷試験の段階載荷におけるピーク応力(図-3のA<sub>1</sub>やB<sub>1</sub>)の差(図-3のa、b)を片振幅とする除荷・載荷の応力-変位曲線は、図-3のそれぞれA<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>3</sub>A<sub>4</sub>A<sub>5</sub>、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>B<sub>3</sub>B<sub>4</sub>B<sub>5</sub>で表わされる。除荷曲線は原位置平板載荷試験の応力-変位曲線と同じで、載荷曲線は図中の点線である。除荷時の応力-変位曲線の平均の勾配として、直線A<sub>1</sub>A<sub>3</sub>の勾配、直線B<sub>1</sub>B<sub>3</sub>の割線の勾配をとる。この勾配より、2つの大きさの片振幅に対する除荷時の平均の弾性係数を算出する。

図-4(a), (b), (c)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を試験位置(No. 1, No. 2, No. 3)ごとに示す。載荷応力の中心値は、載荷パターンBの載荷応力の中心値30 kgf/cm<sup>2</sup>の場合の弾性係数と比較することを考え、30 kgf/cm<sup>2</sup>に近い25 kgf/cm<sup>2</sup>とした。載荷応力の中心値と最大応力段階30, 45 kgf/cm<sup>2</sup>までの2振幅に対して求めた弾性係数を■印で示す。(2)の載荷パターンBによる弾性係数の応力振幅依存性で述べるが、対象とし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は直線関係である。また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結果にも同様の関係がある<sup>3)</sup>。従って、図中に■印で示す最大応力段階30, 45 kgf/cm<sup>2</sup>に対応する弾性係数を直線で結んでいる。

## (2) 載荷パターンBによる弾性係数の応力振幅依存性

図-2(b)に載荷パターンBの応力-変位曲線の例を示す。応力-変位曲線全体を右側に示し、その左側には、載荷応力の中心値と応力振幅ごとの応力-変位曲線を併せて示す。応力-変位曲線の除荷時の上下の頂点を結ぶ直線の傾きから除荷時の平均の弾性係数を求めた。載荷応力の中心値30kgf/cm<sup>2</sup>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図-4(a), (b), (c)中に△印で示す。弾性係数は応力振幅が大きいほど小さい。弾性係数と応力振幅の載荷応力中心値に対する比の関係を近似した回帰直線を図中に波線で示す。回帰直線の相関係数はいずれの場合も約0.9であり、ほぼ直線関係である。

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

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

〒461 名古屋市緑区大高町字北関120-1 TEL 052(624)9184 FAX 052(623)5117

#### 4. 載荷パターンA, Bより求めた弾性係数の応力振幅依存性の比較

図-4(a), (b), (c)中の載荷パターンAより求めた載荷応力の中心値  $25\text{kgf/cm}^2$  の場合の回帰直線と載荷パターンBの載荷応力の中心値  $30\text{kgf/cm}^2$  の場合の回帰直線は、ほぼ一致している。

以上、通常の載荷パターンと載荷応力の中心値一定で応力振幅を変化させた載荷パターンの原位置平板載荷試験結果より求めた岩盤の弾性係数依存性は、ほぼ一致することが明らかとなった。よって岩盤の弾性係数の応力振幅依存性は、通常の載荷パターンの原位置平板載荷試験結果から上記の方法で求めることが可能である。

#### 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—解説と設計の指針—，pp.3-16,1983.
- 2)佐藤正俊・上田稔・近藤寛通・長谷部宣男：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)浅野浩史・長谷部宣男・佐藤正俊・上田稔・近藤寛通：硬質岩盤の弾性係数の振幅レベル依存性について，土木学会第51回年次学術講演会，pp.810-811,1996.

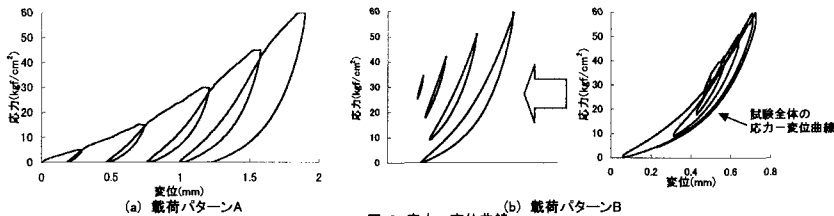
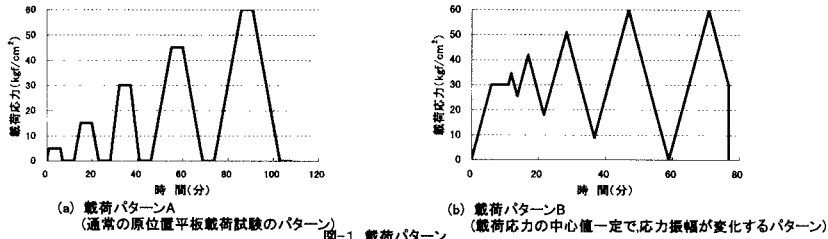


表-1 試験条件

| (a) 載荷パターンA                   |                                          | (b) 載荷パターンB                       |                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| 応力段階<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 載荷速度<br>( $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$ ) | 載荷応力の中心値<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 応力振幅<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 載荷速度<br>( $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$ ) |
| 5<br>30<br>60                 | 15<br>45<br>5                            | 30                                | 5<br>10<br>20<br>30           | 5                                        |

