

III-36

横方向ロッド載荷試験機を用いた比較的軟質な岩盤の変形特性

建設省 土木研究所

○豊田 光雄

建設省 森吉山ダム工事事務所

木村 清隆

1. はじめに

ダムサイト岩盤の変形特性は、地形・地質構造等のちがいに必ずしも一様ではなくばらつきを有している。現在、数点の平板載荷による変形試験の結果から、岩盤を代表する変形特性を求めているが、簡便な方法で測定点数を増やすことができれば、変形特性は精度よく把握できると考えられる。このために筆者らは平板載荷試験を補足するために、土質等で用いられてきた横方向ロッド載荷試験機を用い、いくつかの岩盤でその適用性について検討¹⁾してきたところであるが、C M級岩盤では現状の横方向ロッド載荷試験では適用上の限界があることがわかってきた。

本報文では横方向ロッド載荷試験機を改良し、それを用いてC M級岩盤への適用性の確認と岩盤の変形性について平板載荷試験と比較検討した結果を述べる。

2. 試験概要

横方向ロッド載荷試験は、一対の鋼棒（ロッドという）を地盤面から所定の深さに挿入して、ロッド間で地盤面に平行な引張荷重を作用させ、各荷重段階毎に載荷ロッドの頂部の水平変位を読みとり、得られた荷重－変位曲線の直線部分の勾配（ $\Delta P / \Delta \delta$ ）から岩盤の変形係数を求めるものである。

2.1 横方向ロッド載荷試験機と弾性床上梁による計算曲線

横方向ロッド載荷試験にはこれまで用いられてきた直径 $\phi = 38\text{mm}$ のロッドを有する機器（ $\phi 38$ 型という）と新しくC M級岩盤用に改良した $\phi 54\text{mm}$ のロッドを有する機器（ $\phi 54$ 型という）2機種を用いた。その仕様と $\phi 54$ 型の概観をそれぞれ表－1、図－1に示す。 $\phi 54$ 型は今回の試験で初めて使用した。改良のポイントは $\phi 38$ 型を用いた試験においては変形係数が 2000kgf/cm^2 以上の岩盤になるとロッドの剛性の不足のため $\Delta P / \Delta \delta$ の値があまり変化しなくなることがわかったので、変形係数の大きい領域での分解能を上げるためロッド径を大きくしたことである。

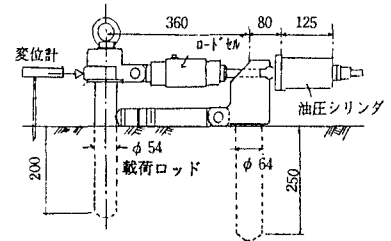
横方向ロッド載荷試験から得られる値は $\Delta P / \Delta \delta$ であり、この値と変形係数との関係は、載荷ロッドと地盤との相互作用を弾性床上の梁で近似して求めている¹⁾。図－2に $\phi 38$ 型と $\phi 54$ 型の変形係数 E と $\Delta P / \Delta \delta$ の関係（弾性床上梁による計算曲線）を示す。

2.2 測定対象とした岩盤

今回試験対象にした岩盤は想定される変形係数が $100 \sim 1000\text{kgf/cm}^2$ の苦鉄質細粒凝灰岩、ガラス質細粒凝灰岩と $2000 \sim 5000\text{kgf/cm}^2$ の凝灰角礫岩である。

2.3 試験方法

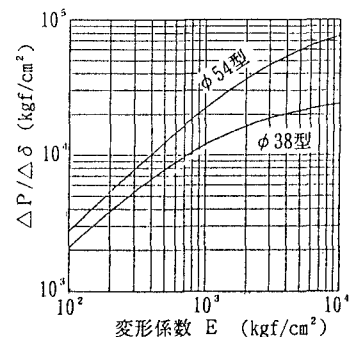
試験は平板載荷試験と横方向ロッド載荷試験を同一ヶ所で行った。横方向ロッド載荷試験は、平板載荷試験終了したのちに、平板設置位置の中心部に反力ロッドを挿入し3～4方向で試験した。同一ヶ所で測定するために試験面が破壊しない段階で除荷、載荷をくり返した。横方向ロッド載荷試験の試験条件を表－2に示す。一方、平板載荷試験は土木学会編の「平板載荷による原位置岩盤の変形試



図－1 $\phi 54$ 型横方向ロッド載荷試験機の概要

表－1 横方向ロッド載荷試験機の仕様

呼 び 名	$\phi 38$ 型	$\phi 54$ 型
載荷ロッド径	$\phi 38\text{ mm}$	$\phi 54\text{ mm}$
載荷ロッドの根入れ深さ	200 mm	200 mm－150 mm
荷重計（容量）	3000 kgf	10000 kgf
変位計（分解能）	1/200mm	1/500mm



図－2 弾性梁による計算曲線（ $\Delta P / \Delta \delta - E$ ）

験の基準」に準じた。

3. 変形特性

3.1 横方向ロッド載荷試験から得られる荷重・変位曲線

今回の試験で得られた岩盤の荷重-変位曲線のパターンは図-3のように大別できる。タイプAは凝灰岩の岩盤で見られたもので弾塑性的傾向がよく現れている。一方、タイプBは凝灰角礫岩でみられたもので一定の荷重に達するまでは変形が大きくなる挙動を示している。タイプBのような挙動は亀裂が閉塞して岩盤が硬化したためと考えられる。なお、 $\Delta P/\Delta \delta$ の求め方の一例を図中に示す。

3.2 横方向ロッド載荷試験の変形係数 $E\pi$ と平板載荷試験による変形係数 Eo の関係

平板載荷試験により求めた変形係数 Eo と横方向ロッド載荷試験より求めた変形係数 $E\pi$ の関係を図-4に示す。

$E\pi$ は $\Delta P/\Delta \delta$ の対数平均値を用い図-2の較正曲線より求めた値である。図中の○印は凝灰岩を対象とした $\phi 38$ 型、●印は凝灰角礫岩を対象とした $\phi 54$ 型の結果である。両者の関係の回帰式は次のとおりである。

$$\log E\pi = 0.98166 \log Eo + 0.0203 \quad \text{相関係数 } \gamma = 0.973$$

この関係において傾きはほぼ1.0で、切片もほぼ0を示していることから、 $E\pi = Eo$ と評価しても支障はないと考えられる。また、相関係数がともに0.95以上であることから横方向ロッド載荷試験のもつ試験精度は良好であると言える。

3.3 岩級と変形係数 $E\pi$ の関係

図-5は凝灰岩、凝灰角礫岩の岩級（D～CM級）と $E\pi$ の関係を示したものである。

$E\pi$ はD級で平均値100kgf/cm²、CL級で600kgf/cm²（302～1023kgf/cm²）、CM級で4500kgf/cm²（2416～6999kgf/cm²）の値が得られており、岩級がよくなるに従いその値は増加しており、岩級区分においてひとつの数値的な指標として利用できる。また、各岩級内の最大、最小値の開きは約3倍であった。

4. まとめ

比較的塊状に近い岩盤を対象として平板載荷試験と横方向ロッド載荷試験の両方を行い次の結論を得た。

- 1) $\phi 54$ 型によって約7000kgf/cm²の岩盤の変形係数を求めることができた。
- 2) 横方向ロッド載荷試験と平板載荷試験との対応は比較的良好であるので、岩盤の変形係数は横方向ロッド載荷試験で数多く測定することが可能である。
- 3) 岩級区分を横方向ロッド載荷試験の試験値を用いて指標化することが可能である。

参考文献 1) 中村昭、豊田光雄：フィルダムの基礎岩盤の変形試験法への横方向ロッド載荷試験の適用性に関する検討、ダム技術NO. 92、1994. 5

表-2 横方向ロッド載荷試験法

	$\phi 38$ 型	$\phi 54$ 型
載荷方法	荷重制御	荷重制御
サイクル数	3	5
荷重ピッチ	処女載荷	100 kgf
	除荷	200 kgf
	再載荷	200 kgf
荷重保持時間	クリープ発生まで	10秒
	クリープ発生後	60秒

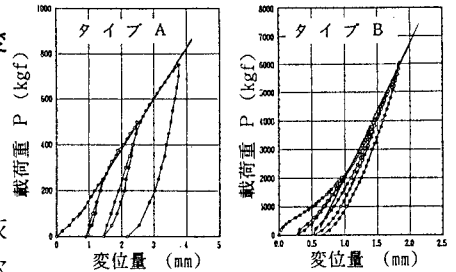


図-3 典型的な荷重-変位曲線の例

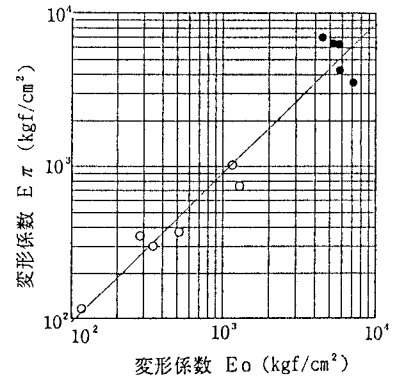


図-4 変形係数の比較（ Eo と $E\pi$ ）

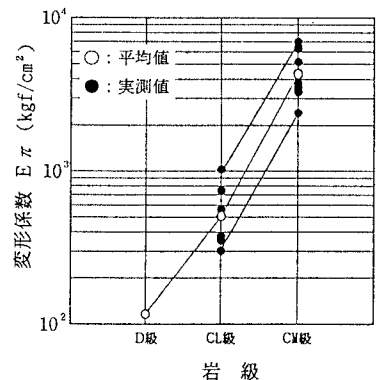


図-5 岩級と変形係数 $E\pi$ の関係