硬質岩盤の応力変位曲線に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 齋藤貴彦 市川太郎 正会員 長谷部宣男 中部電力株式会社 電力技術研究所 正会員 佐藤正俊 正会員 上田稔

1.はじめに

ダムや地下発電所など大型の岩盤構造物を設計・施工する際に,その基礎となる硬質岩盤の応力変位曲線 を知ることは大変重要なことである.硬質岩盤は不連続面と呼ばれる無数のクラックを有しており,現位置 平板載荷試験における結果は,一般に非線形なものとなる.試験結果からある規則性を見出せば,数多くの 試験を行わなくても,応力変位曲線を予測することが出来る.既に応力変位曲線を表す基本式が構築されて おり^{1,2)},本研究では,多くの現位置平板載荷試験の応力変位曲線が基本式により表されることを示す. 2.解析方法

文献 2)より,硬質岩盤の応力変位曲線を表す基本式は次式で表される.

$$V = \frac{a(\kappa + 1)}{G} \{ (fn + ft)\phi_1 + P\phi_2 \}$$

= $\frac{a(\kappa + 1)}{G} \{ (c_1 P^m \Phi_1 + (c_2 \Phi_1 + \phi_2) P \} \dots (1) \}$

ここで, $G,\kappa(\kappa=3-4\nu)$ はクラックを含んだ岩盤全体のせん断弾性定数 Gとポアソン比 ν , ϕ_1,ϕ_2,Φ_1 はクラックの形状に関する係数, c_1,c_2,m はクラック面の摩擦状態に関する係数である.また, fn,ftはクラック接触面の法線方向応力,接線方向応力である.この式はモデル岩盤において試験結果とよくフィットすることが分かっている^{1,2)}.

上式を硬質岩盤の現位置平板載荷試験結果に応用するため、応力 P で整理すると、以下の式に書き表せる.

$$V = AP^m + BP + D \qquad \dots (2)$$

本研究ではこの式を用いて平板載荷試験の除荷載荷曲線にフィットするように,係数A,B,D,mを決定する. 係数Dは残留変形に関係する項である.

3.対象地点の概要と解析結果

本研究で対象とする地点は、割れ目の量が異なる 17 地点のサイト(87 ヶ所の平板載荷試験結果)である. ここでは,岩種・岩級・割れ目の量が違う2箇所の概要と解析結果を述べる.

- (1) A 地点……岩盤は溶結凝灰岩である.岩盤分類はC_H級,C_M級である.現位置平板載荷試験は調査横坑
 2本で一ヶ所,9ヶ所の計10箇所で実施した.接線弾性係数は50000~150000kgf/cm²程度である.
- (2) B地点……ダム高 100m級のアーチダムサイトである.岩盤は中生代の流紋岩で全体的に堅硬である. 岩盤分類はC_H級,C_M級である.調査横坑ならびに地表から鉛直ボーリングを5本実施している.RQDの平均値は65で,割れ目間隔の平均値は16cmである.現位置平板載荷試験結果は3本の調査横坑内の8ヶ所で実施した.接線弾性係数は50000~120000kgf/cm²程度である.
- 4.考察

解析結果の例を図-1(A 地点),図-2(B 地点)に示す.上述のようにして決めた A, B, C, D, m によって表 される式(2)と試験結果は概ね良い精度で一致している.しかし,図-1 にあるように載荷応力段階の低いもの でズレが生じているものがある.理由としては,載荷初期段階ではまず岩盤内の無数のクラックなどが閉じ

キーワード:現位置平板載荷試験,屈折クラック,硬質岩盤,応力変位曲線 連絡先:〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 tel 052-735-5482 fax 052-735-5482 るのに応力が費やされ,破壊を生じているクラックの接触面の滑りが起こる高応力段階の変形とは異なった 性質を表すことが考えられる.また,載荷・除荷の最初の部分で,試験結果と解析結果にズレがみられる. これは,この後で述べる応力変位曲線にクリープの影響によると出ていることが考えられる.このような場 合は,載荷試験・除荷試験ともクリープの影響が大きい部分の曲線のデータを省いて A, B, C, D, m を決 める必要がある.

5.クリープが応力変位曲線に与える影響

現位置平板載荷試験では,各荷重段階の最大レベル,最小レベルに達したところで、一定の保持時間(5分間)をとっている.一定の荷重を保っている間にも変位が進行している.このようなクリープの影響を除いた 純粋な岩盤の応力変位曲線を求めるために,実験値のとり方を以下の手順で行った.

載荷の始めに,応力の変化に対して,あまり変位が進行していない部分がある(図-1の円部).図-3 に模式 的に示すように,この立ち上がりの部分は5分間の保持時間で変位が戻りきれなかった残留変位の残ってい るクリープの影響が大きいと思われる部分で,フィッティングに際しこの部分のデータを省くことにした. 同様に図-4 に模式的に示すように除荷の開始部分にもクリープの影響が考えられるが,除荷曲線と載荷曲線 の交点より下の部分の荷重では(図-2の円部),すでにクリープの影響が大きくないものとし,交点までのデ ータを用いた.

6.まとめ

以上のように,現位置平板載荷試験結果の応力変位曲線は,基本式(2)で表せられる.係数(A,B,D,m)により,平板載荷試験の結果を記述できる.岩盤の応力変位曲線は,荷重が60kgf/cm²レベル(載荷試験の最大荷重)までは式(2)で表される.しかしここまで述べなかったが,最大荷重260kgf/cm²まで載荷した載荷試験の結果も式(2)で表せるので,式(2)の適用荷重は60kgf/cm²は大きな荷重レベルにまで適用できると考えられる.



参考文献

- 川平・長谷部ら:屈折クラックを有する岩石の応力変位挙動に関する研究,第54回土木学会年次学 術講演会第 部門 1999,pp.658-659
- 2) 川平・長谷部ら:屈折クラックを有する岩石の応力変位挙動に関する研究,土木学会中部支部研究発 表会第 部門 2000,pp.247-248