

岩盤せん断試験時における岩盤内ひずみ測定とAE測定と比較考察

建設省東北地方建設局玉川ダム工事事務所

柳川城二

○田村保憲

はじめに

コンクリートダム設計に必要なダム基礎岩盤のせん断強度を知るため原位置せん断試験が実施されるが、従来の方法は荷重に対応する岩盤内部の変化をアブロックに設置したダイヤルゲージによりアブロックの動きとして間接的に測定しているため岩盤内部の状況を正確に把握するには一定の限界がある。このため本試験においては、新たな試みとして、載荷初期から完全せん断点に至るまでの岩盤せん断面付近のひずみ挙動を把握する目的をもって岩盤内部にひずみ計を埋設し、ひずみの測定を行った。また、岩盤の降伏とAE(Acoustic Emissionの略で文字通り音の放出であり、固体が塑性変形もしくは破壊するとき音が発生する現象をさしている。)発生数の関係を定性的に把握することを目的として、ひずみの測定と同時にAE発生数の測定を行った。その結果、興味ある資料が得られたのでダム設計にあたって重要な意味を持つ各種の変化点を主体に、両測定を比較しながらここに報告するものである。

1. 試験地点及び方法

試験はダムサイト石岸試掘横坑で行った。岩盤は新第三紀中新世の溶結凝灰岩で堅硬、ち密であるがき裂が発達している。埋設ひずみ計の構造は長さ3cmの抵抗線ひずみ計を3方向に組みにしたロッドをエポキシ樹脂で包んだもので、岩盤にφ66mmのボーリングを行い、石こうで埋込んでいく(図-1)。またAE測定は、ピックアップ固定のためあらかじめステンレス製のアタッチメント(φ25mm、L=150mm)をアブロック側面に埋込み、AEを測定するピックアップは1KHzから40KHzまでの固有周波数を有する圧電型を使用している(図-1)。なお、荷重パターン、載荷速度等は「原位置岩盤のせん断試験-指針と解説-」に準じて行ったものである。

2. 測定結果

試験の結果得られたものは、コンクリートアブロックの変化を表わした荷重-変位量曲線、岩盤内部の変化を表わした荷重-ひずみ曲線、荷重-積算AE発生数曲線である。その他これらのグラフを要素別(例えば荷重-変位増分曲線、ひずみ増分曲線等)に分解したり、平均をとったりすることによって明確でなかった変化点が表わされる場合もあるので、可能な限りグラフを作成し変化点を判定した。その結果は表-2のとおりであり、全アブロックの完全せん断点に対するEY点の割合は77~73%の範囲にあることが判る。

3. 測定結果に関する考察

岩盤せん断強度はダムの滑動安定性の検討には最も重要な値であるが、使用される値は完全せん断点の値であ

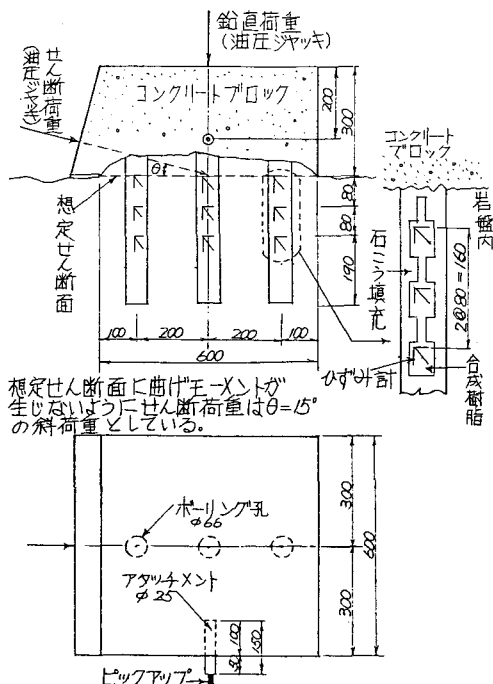


図-1 ひずみ計・AE測定器(アタッチメント、ピックアップ)埋設図

表-1 アブロック別測定項目

項目	アブロック No1	No2	No3	No4
変位量測定	○	○	○	○
ひずみ測定	○	○	X	X
AE測定	○	○	○	○

り、この値を基に適切な設計強度を決めている。

現在、ダム基礎全面についてのせん断摩擦安全率は4以上を確保すること、局所せん断摩擦安全率は2以上を確保することとされているが、多くのダムについての解析例では、安全率4以上あつても局所で2程度になるものがある。この安全率2については、従来行わ

れている岩盤せん断試験における変位の測定から得られる値を目安にしているので、岩盤の状況に応じては重要な意味を持つものと思われる。

本試験の測定結果では、変位から求める湧上り点は必ずみ、AE測定結果とは必ずしも一致しない。弾性限界点に相当するIY点は、必ずみ測定、AE測定から明確に判定できた。せん断破壊に対するIY点の割合は、岩盤の状況によって異なり、表-2によれば57~73%（平均66%）で、現在一応の目安となっている破壊荷重の60%値（ $n = \frac{100}{80} \approx 2$ ）と平均的に概ね一致する。しかし、ブロック4のように湧上り点のせん断強度がIY点のせん断強度より大きくなることもあるので、今後設計にあたっては留意する必要がある。

必ずみ測定はIY点、岩盤内部のひずみ分布、応力分布の把握を可能にする貴重な資料が得られるが、試験箇所の岩盤に穿孔しなければならぬこと、準備作業・測定作業及び解析がはん雑で経費がかかる。AE測定は岩盤を傷める（非破壊）ことなく測定できること、準備作業・測定作業及び解析が容易で経費も多く要しない。このことから両測定の比較検討によりAEとの対応が明確になれば、AE測定の長所を活かして利用できるものと思われる。

4. 今後の課題

AE測定は本試験箇所の岩盤を対象に行ったもので固有の現象・成果であることも考えられる。それ故に今後の課題として、1)異なる岩種・岩盤等級で測定し、結果の蓄積・把握を行うこと。2)AEを検出するピックアップを岩盤及びブロックに数値埋設し、AE発生源の位置を明確にすること。3)周波数が高い経発生数も多く、より良好であるので本測定に用いた周波数領域（15, 3.6, 12, 24 KHz）の他に高周波数領域（40 KHz以上）でのAE測定を行うこと。が必要であると思われる。なお、これらを実施するにあたっては、岩盤内部の状況を正確に把握するため埋設必ずみ計測定を併用することが望ましい。

おわりに、

本試験の結果岩盤内部のひずみ分布・応力分布・き裂の影響及び岩盤せん断強度については相応の成果を得たものと思われる。また特に弾性限界点であるIY点については、明確に判定できた他AE測定と岩盤の変化点の間に有為な関係を見出すことができた。なお、埋設必ずみ計については土木研究所ダム構造研究室に、AE測定器については東北大学工学部資源工学科にご協力をいただいたので心から謝意を表します。

（参考文献）土木学会岩盤力学委員会：「原位置岩盤のせん断試験—指針と解説—」1978年11月、建設省河川局；多目的ダムの建設第3巻、建設省土木研究所；「土木技術資料」1981年1月、東北地方建設局玉川ダム工事業務所；「玉川ダムサイト岩盤せん断試験報告書」1981年2月。

表-2 変化点総括表

ブ ロ ッ ク 番 号	初期 荷重 トン	せん断 面積 cm ²	湧上り点			I Y 点			P Y 点			完全せん断点		
			D	ひ	て	D	ひ	て	D	ひ	て	D	ひ	て
1	4	3600	$\frac{80}{27\%}$	6.86	21.47	$\frac{200}{66\%}$	15.44	53.66	$\frac{270}{87\%}$	20.52	72.44	$\frac{301.82}{100\%}$	22.81	80.98
2	28	3600	$\frac{150}{59}$	18.56	40.25	$\frac{170}{67}$	20.00	45.61	$\frac{220}{87}$	23.59	59.03	$\frac{253.78}{100}$	26.02	68.09
3	16	3600	$\frac{80}{36}$	10.20	21.47	$\frac{160}{73}$	15.95	42.93	$\frac{200}{91}$	18.82	53.66	$\frac{220.00}{100}$	20.26	59.03
4	40	3600	$\frac{100}{71}$	18.30	26.83	$\frac{80}{57}$	16.86	21.47	$\frac{120}{86}$	19.74	32.20	$\frac{140.00}{100}$	12.81	37.56

1. IY点: Initial Yield Pointの略で最初の降伏点と言われている。IY点は「この値以下では何回載荷しても破壊しないが、この値以上の荷重をくり返し載荷すると破壊するに至る点」とされている。
2. PY点: Principal Yield Pointの略で完全せん断点近傍にみられるものである。
3. ひ: 垂直応力 kg/cm^2 、て: せん断強度 kg/cm^2 、D: ジャッキ出力 ton
4. ジャッキ出力D横の下段数値は、完全せん断点を100%とした場合の比率。