

(43) フィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化 ー片岩の場合ー

建設省土木研究所 正会員 ○ 松本徳久

建設省土木研究所 正会員 山口嘉一

1. はじめに

フィル堤体の盛土は、基礎地盤に上載荷重として作用する。このことは、地盤内の応力・ひずみに変化を与え、基礎地盤は変形し、これが地盤内の透水性を変化させることが考えられる¹⁾。筆者らのうちの1人は、第16回岩盤力学に関するシンポジウムにおいて、新第三紀の堆積岩を基礎とするフィルダムで行ったフィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形および透水性の変化の実測結果を紹介し、盛土により一時的に引張が生ずるが、その後圧縮に転じ、これに従って透水性も非常に小さくなることを示した²⁾。またこの傾向は、二次元有限要素法より求めたアバットメントの応力変化にも対応しているものであった。

今回の報告は、前回の対象岩盤が軟岩であるのに対して、硬岩を対象としたものである。すなわち、軟岩では変形量が大きいので、上記のような現象が起こることは十分考えられるが、硬岩の場合は変形量が小さいので、このような現象があるかどうかを確かめようとしたものである。また硬岩の中で片岩を選んだのは、片理面が発達しており、亀裂が比較的規則的に存在する岩種で、変形を受けたとき、透水性の変化を見出し易いと考えたからである。

ダム建設では、まず掘削により地山の応力を開放し、盛土又はコンクリート打設により地山を圧縮する。このような応力履歴が、地山の透水性に与える影響を解明することは、ダムの止水処理の方針立案に大きく寄与するものと考えられる。そこで、前回および今回の一連の研究結果を発表する次第である。

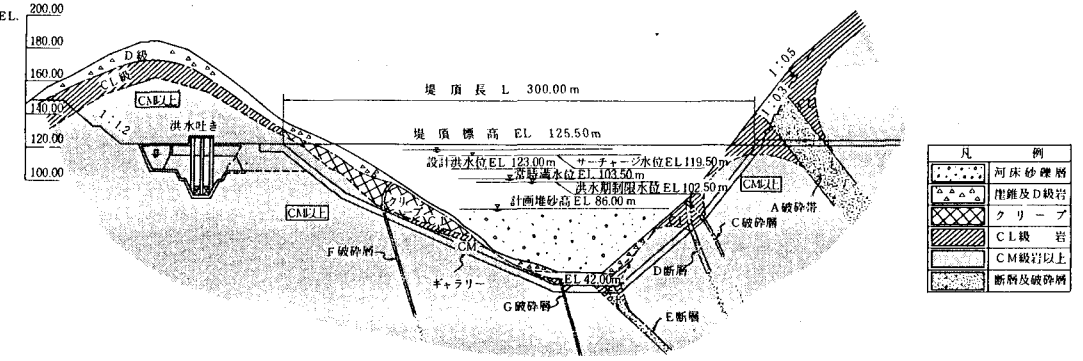
2. 四時ダムの諸元と地質

今回、堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化の実測を行った四時ダムは、福島県に建設された中央コア型のロックフィルダムである。四時ダムの諸元を表一に示す。またダム軸方向の地質図を図一に示す。ダムサイトの基礎は、古生層御所系系統の変成岩に属する緑色片岩および石英片岩で構成されており、これらの基礎岩盤を河成段丘および崖堆積物が被覆している。基礎岩盤のうち河床部から左岸一帯には緑色片岩が分布し、表層部の河成段丘・崖堆積物を除去すればかなり良好な基礎岩盤である。一方、右岸の一部に存在している石英片岩は、片理が発達し、かなり深部まで風化されている。右岸の片岩の片理の傾斜はアバットメントに対して急角度の差し目である。さらに、ダムの基礎岩盤中には大小かなりの数の断層・破砕帯が存在している。このうち、右岸河床部・右岸傾斜部に存在する断層・破砕帯は、かなりの高透水性を持つ。

表一. 四時ダムの諸元

事業者	福島県
型式	中央コア型ロックフィルダム
堤高	83.5m
堤頂長	300.0m
堤体積	252万m ³
完成年	昭和57年6月 盛立完了 昭和57年12月 湛水開始

以上のような地質条件の中、今回、ダムの盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化の調査を行ったのは、



図一. ダム軸方向地質図

右岸中標高部の岩級がC_M級以上良好な部分である。

ダムサイトのC_M級以上の岩に対して行った岩石試験の結果は表-2に示すとおりである。ただし、試料の採取場所は左岸の洪水吐付近である。

3. 変形と透水性の変化の実測方法

四時ダムの堤体盛土に伴う右岸アバットメントの変形および透水性の変化を知るために、右岸中標高部のアバットメントに岩盤変位計と透水試験孔を設置した。岩盤変位計・透水試験孔の設置位置は図-2に示すとおりである。

岩盤変位計の設置は、監査廊下に2カ所、上流フィルター敷に1カ所の計3カ所に行い、各設置点とも水平・鉛直2方向に設置している。使用した岩盤変位計は、歪ゲージ式の変位計（アンカ部と検出部の間のロッド長さ：10m、測定容量：100mm、精度：±2%）である。

透水試験孔は鉛直方向のみの2ヶ所に設置した。試験孔長は10mで、試験方法はシングルバックラーを用いた1ステージのルジオンテストとした。透水試験は各試験相互の比較が容易になるよう、圧力の昇降パターンを口元圧力で、0→2→0（kg/cm²）と簡単なものとした。各圧力段階では、10分間の総流入量を平均することによって流入量を求めた。

4. 実測結果

4.1. 盛土高と岩盤変位

コア・フィルターの盛土高と岩盤変位量の経時的な変化を図-3に、岩盤変位計設置地点の盛土高 H と岩盤ひずみ（岩盤変位量/アンカ長（10m））の関係を図-4に示す。この2つの図から以下のことが言える。

- (1) 概して変位量は、鉛直方向の方が水平方向よりも大きくなっている。この結果は、通常堤体内の応力は鉛直方向の方が水平方向より大きいという事実からも容易に推測できる。
- (2) 前回のシンポジウムで報告したような、盛立標高が岩盤変位計設置標高に近い場合、水平方向の岩盤変位が引張側に転ずるとい、いわゆる“伸びる”という現象は観測されなかった。

- (3) 盛土高が高く（上載荷重が大きく）なるに従って、基礎岩盤の剛性が大きくなり変形しにくくなっている。
- (4) 図-4(a)において、盛土高 H と鉛直ひずみの関係から岩盤の変形係数を推定すると、盛土高が20m以下の場合、およそ 3.5×10^4 kg/cm²である。ただし、コアの湿潤重量は2.1 g/cm³として計算した。

4.2. 盛土高と透水性の変化

透水試験孔設置地点の盛土高 H と透水試験孔で行ったルジオンテストより求めたルジオン値との関係を図-5に示す。図-5から以下のことが言える。

- (1) 両試験孔のルジオン値には、1オーダー以上のひらきがあるが、両結果とも盛土に伴ってルジオン値が小さくなっていることがわかる。

表-2. C_M級以上の岩の岩石試験結果（洪水吐）

岩石試験項目	岩種	緑色片岩	石英片岩
真比重		3.02	2.75
含水比		0.19%	0.08%
有効間隙率		1.01%	0.29%
単位重量		3.02 g/cm ³	2.75 g/cm ³
動ポアソン比		0.34	0.33
動弾性係数		5.8×10^5 kg/cm ²	4.6×10^5 kg/cm ²
一軸圧縮強度		960 kg/cm ²	750 kg/cm ²

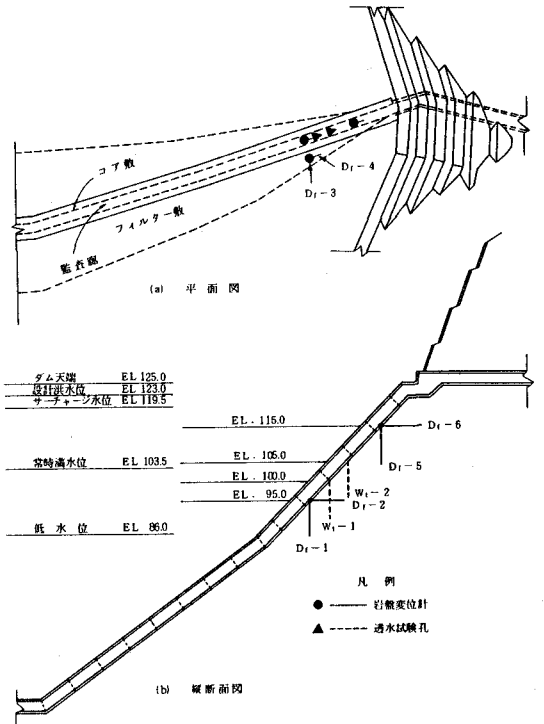


図-2. 岩盤変位計および透水試験孔の設置位置

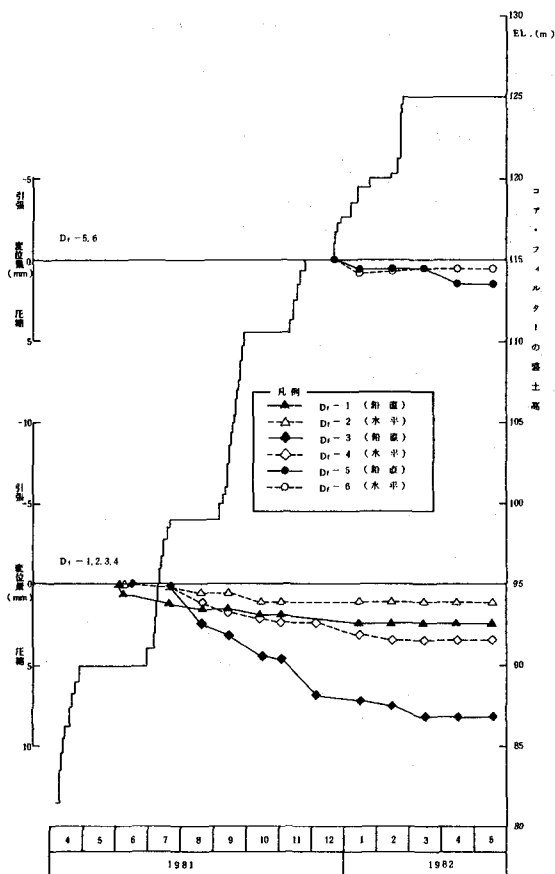


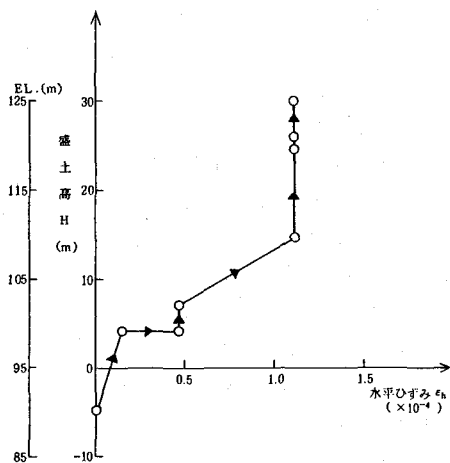
図-3. 岩盤変位量の実測値

透水試験孔 $Wt-2$ 孔の試験では、最初の試験で限界圧力以上に水圧を加えた。このときに岩盤が局部的に破壊されたと考えられ、2回目の試験で得たルジオン値は、1回目の試験で得たルジオン値より大きくなっている。しかし、この場合でもその後の盛土に従ってルジオン値は小さくなる傾向にある。

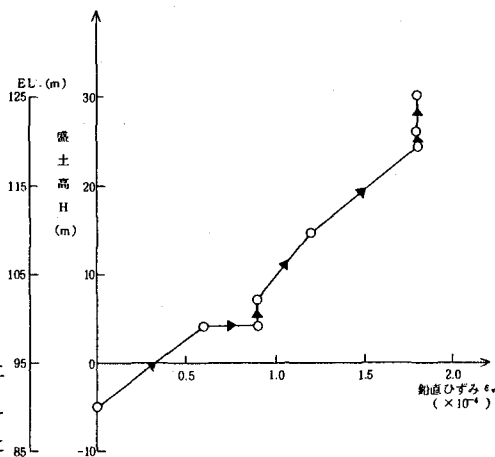
- (2) 盛土高 H がマイナスの時点、つまり、盛土材料の盛立標高が透水試験孔設置標高に達しない時点からルジオン値は小さくなる傾向を示している。さらに、盛土高 H が 5 m 前後になるとルジオン値が一定値に収束している。ルジオン値が一定値に収束するという傾向は、前回の報告の軟岩基礎のダムでの実測ではみられなかった。

4.3. 岩盤変位と透水性の変化

4.1. から「堤体盛土に伴って岩盤は圧縮される」、
4.2. から「堤体盛土に伴って岩盤の透水性は小さくなる」という2つの事実が明らかになった。この2つの事実から「堤体盛土に伴って岩盤が圧縮され、その結果透水性が小さくなる」ということが定性的

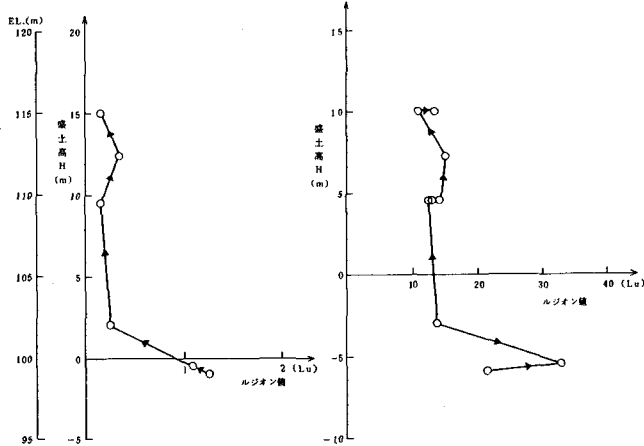


(a) 盛土高 H と鉛直ひずみ ϵ_v の関係 (D_f-1)



(b) 盛土高 H と水平ひずみ ϵ_h の関係 (D_f-2)

図-4. 盛土高 H と岩盤ひずみの関係



(a) $Wt-1$ 孔

(b) $Wt-2$ 孔

図-5. 盛土高 H と岩盤の透水性の変化

には容易に理解できる。ただし、これらを定量的に把握するためには、同標高で同時点に岩盤変位と透水性の計測を行う必要があるが、あいにく今回はそうした計測を行っていない。そこで、EL. 95mとEL. 100m付近アバットメントの岩盤は、ともにC_M級以上ということで類似しているうえ、斜面勾配も一致していることを利用して岩盤のひずみとルジオン値の関係を図化することを試みた。具体的な手順は以下に示すとおりである。

- (1) EL. 95 mの岩盤ひずみ（鉛直 ϵ_v 、水平 ϵ_h ）と盛土高 H の関係を図-4に示すようにプロットする。
- (2) EL. 100 mで行ったルジオンテストの結果を図-5(a)に示すようにプロットする。
- (3) ルジオンテストを行った時の盛土高 H に対応する岩盤ひずみ ϵ_v 、 ϵ_h を図-4から読み取る。
- (4) ルジオン値と(3)で読み取ったひずみ ϵ_v 、 ϵ_h の関係を図化する。

この手順に従って求めたルジオン値と岩盤ひずみの関係を図化したものを図-6に示す。この図から以下のことが言える。

- (1) あきらかに圧縮ひずみが増加するにつれてルジオン値は小さくなる。これは岩盤内の微小亀裂がふさがれたためだと考える。
- (2) ルジオン値は、ひずみが小さい領域ではその低減率が大きく、ある程度以上になるとほぼ一定値に収束するようである。よって、ある程度岩盤圧縮が大きくなると、岩盤圧縮イコール岩盤の透水性の改善とは言い切れないことがわかる。

5. 結論

今回は、フィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化を片岩を基礎とする四時ダムにおいて実測した。その結果、堤体の盛土に伴って岩盤が圧縮され、そのために透水性が小さくなることがわかった。ただし、岩盤は盛土が進むにつれて変形しにくくなるとともに、透水性も岩盤のひずみが小さいうちはかなり改善されるが、ある程度以上岩盤のひずみが大きくなると透水度は一定となり、軟岩の場合とは異っている。

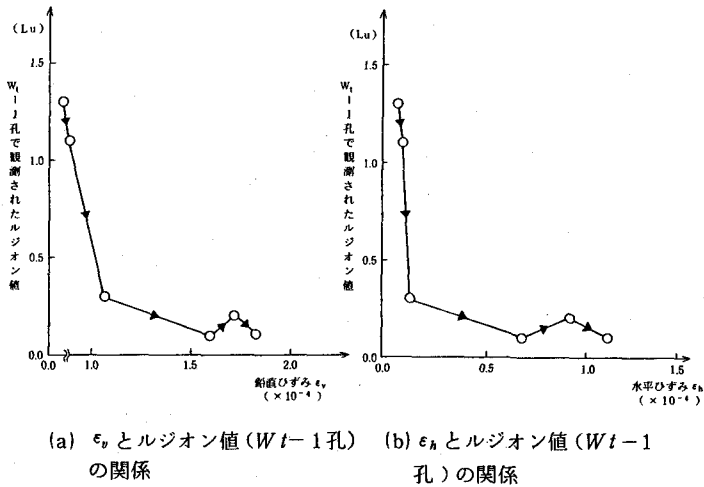


図-6. 岩盤ひずみと透水性の変化

<参考文献>

- 1) 仲野良紀：ダム築造によるアバットメント部における亀裂の発生について，日本大ダム会議第10回ダム技術講演討論会論文，1978年3月
- 2) 松本徳久・池田隆：フィル堤体の盛土に伴うアバットメントの変形と透水性の変化，第16回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，1984年2月

(43) The Deformation of Dam Abutment and Change of Permeability
due to the Fill Placement in Embankment Dams

Norihisa Matsumoto
Yoshikazu Yamaguchi

Public Works Research Institute
Ministry of Construction

Summary

Fill placement works on the dam foundation as overburden loading. This loading influences the stress states in the foundation resulting in the change of strain and permeability in the underground. At the 16th Symposium on Rock Mechanics of J.S.C.E., one of the authors showed the observed results of the change of deformation and permeability in the dam abutment due to the fill placement. These results indicate that the tensile strain occurs temporarily in the abutment and then it turns to compressive strain in accordance with the decrease of permeability. These phenomena correspond to the stress and strain change obtained from computation.

This paper describes the measured results of these mechanisms in case of hard rock foundation, as compared with the case of soft rock foundation in the previous paper. The authors tried to confirm the fact that the decrease of permeability occurs even in the hard rock foundation in despite of small deformability.

Measured results indicate that permeability changes due to fill placement even in hard rock foundation as in case of soft rock. However, the change of permeability occurs while the fill placement reaches to five meter, and does not occur after that.

The authors feel that these results are very helpful for the determination of effective grouting and seepage control design in the foundation of fill dams.