

I-551 地中連壁を有するロックフィルダムに関する研究（その1） （初期応力解析について）

千葉県庁 正会員 高田 穰
埼玉大学 正会員 渡辺 啓行

＜研究の目的＞

河川の中下流部にダムを建設する場合、河床堆積物が厚く堆積していて経済的に除去することが困難な場合がある。解決策の1つに河床堆積物中に遮水のための地中連壁を埋設しその上にダムを建設するという工法（図1）があり外国では普及している。日本ではその耐震性が要求されるが、本研究ではまず、耐震性の基礎となる築堤時及び湛水時における地中連壁を有するダムの安定性を解明することを目的としている。

＜解析手法＞

図1のような標準断面に対して図2のように離散化を行う。すなわち、ダム及び河床堆積物を三角形要素に、地中連壁を梁要素に離散化し、地中連壁と周辺地盤との接触面にはジョイント要素を導入して、有限要素法の理論により解析を行った。また、地中連壁の材料としては普通コンクリートと、これに比べて剛性の小さいベントナイト混入コンクリートとについて検討した。各材料の物性値は表1に示す通りである。

築堤解析はダム建設時の施工順序と同等の逐次盛り立て解析、すなわち、ダム本体を6層に分割し1層ずつ積み上げていくという方法を採用した。また、湛水解析は全体系を浸水する上流部分と浸水しない下流部分とに分割し、上流側では浮力分に相当する応力を築堤完了時の応力から差し引くことによって湛水時の応力とし、下流側ではコア上流面及び地中連壁に、静水圧と浮力による除荷圧とを作用させてこれによる応力を算出し、これを築堤完了時の応力に加え合わせるによって湛水時の応力とするという方法を採用した。

＜解析精度の検討＞

図2のモデルと図2において地中連壁の周辺を図3のようにさらに細かく分割したモデルとで築堤解析を行った。地中連壁先端部に発生する圧縮応力と地中連壁先端に接続しているジョイント要素に発生する圧縮応力とが、本来、剛であるべきジョイント要素のバネ定数の値を小から大へ変化させるにつれて一定値に収束する状況を図4に示す。図において粗いメッシュ分割のモデルではバネ定数が大きくなるにしたがって地中連壁に発生する応力とジョイント要素に発生する応力とが逆転していることが判る。これはメッシュ分割が粗いことにより、応力が本来有り得ない位置に集中し得ることを示すものと考えられる。

安定した応力集中を示す細かいメッシュ分割のモデルを用いて、実際のダムで用いられている接合材の効果を検討した。接合材の剛性をコア材の剛性の1倍から1/10倍まで変化させて築堤解析を行った結果、地中連壁に発生する応力の分布は図5のようになる。この図より接合材の剛性が小さくなるとともに地中連壁の上部において顕著に応力集中が緩和されていることが判る。また、この時の解析結果と実際のダムでの実測結果とを比較すると築堤後の圧密などにより築堤前と異なるはずの接合材の剛性はコア材の剛性の1/5倍程度であることが判明した。

＜解析結果＞

築堤解析、湛水解析の結果のうちの平均有効主応力の分布図を普通コンクリートの場合とベントナイト混入コンクリートの場合とについてそれぞれ図6及び図7に示す。図6より築堤完了時には地中連壁上方において、普通コンクリートの方が大きな圧縮応力を示しており、地中連壁周辺では逆に小さくなっている。さらに、地中連壁頭部周辺では引っ張り応力が発生している。これらのことから、普通コンクリートの場合には比較的剛性が大きいために、より大きな応力集中が起り、応力の伝播がスムーズに行われていないことが考えられる。湛水後では、築堤解析の結果と同様の傾向であるが上流の浸水する領域において浮力による除荷が見られる。また、普通コンクリートの場合、地中連壁頭部周辺の引っ張り応力は解消されていない。

<結論>

地中連壁を有するロックフィルダムの初期応力解析に関する解析手法を確立すると共に、この解析手法を用いた解析結果とダム現場での実測値との比較により、この解析手法の有効性が確認できた。また、有限要素のメッシュ分割の影響及び接合材の剛性の影響を明らかにした。さらに、築堤解析及び湛水解析の結果、地中連壁の材料としては周辺地盤の変形特性に近い、すなわち、剛性がある程度小さい材料の方が全体的な応力の分布性状がスムーズになり有利であるという結論を得た。

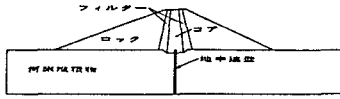


図1 標準断面図

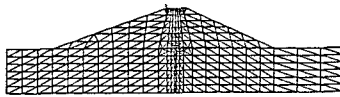
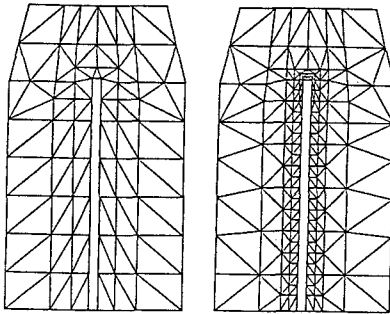


図2 要素分割図



比較的小いメッシュ分割 比較的小さいメッシュ分割

図3

表1

初期応力解析用物性値（線形）

マテリアル	弾性係数 (kg/cm ²)	ポアソン比	密度 (t/m ³)	単位体積重量 (kg/cm ³)	せん断弾性係数 (kg/cm ²)
ロック	15000	0.20	2.65	2.65	5.5
フィルター	100	0.25	2.65	2.65	0.5
コア	100	0.25	2.65	2.65	0.5
河床砂礫	1000	0.25	2.65	2.65	0.5

初期応力解析用物性値（非線形）

$$E = A \sigma_y^2 \quad (\text{松井氏による})$$

$$\nu = C + F / (\sigma_y \pm D)$$

マテリアル	弾性係数		ポアソン比		せん断弾性係数
	A	B	C	D	
ロック	150.0	0.131	0.20	0.947	0.35
フィルター	100.0	0.131	0.25	0.925	0.37
コア	100.0	0.131	0.25	0.945	0.37
河床砂礫	1000.0	0.131	0.20	0.943	0.35

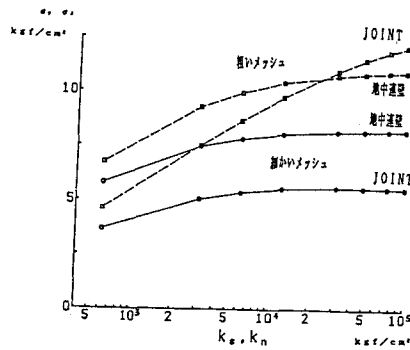


図4 ジョイント要素と地中連壁の応力

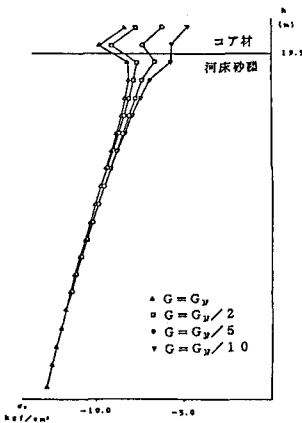


図5 地中連壁の応力分布

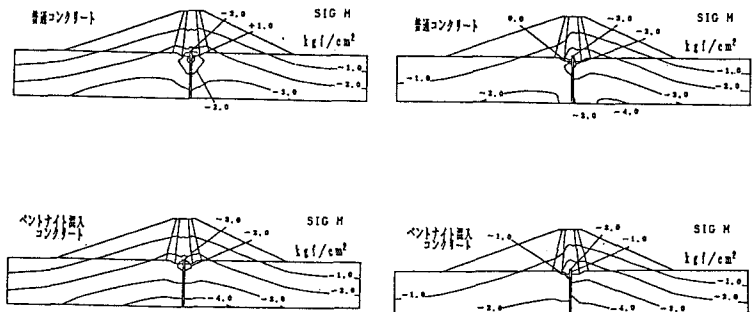


図6 築堤時の平均有効主応力分布

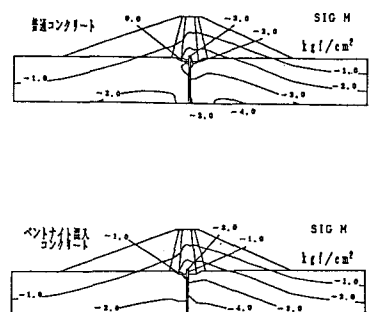


図7 湛水時の平均有効主応力分布