

I-566

地中連壁の地震時応力解析に関する研究

埼玉大学工学部 正会員 渡辺 啓行
 埼玉大学大学院 学生員 ○高田 穰

1. はじめに

我が国の水力開発は、上中流部の高落差中小流量の得られる地点において盛んであり、低落差であるが大流量の得られる中下流部においてはあまり行われていなかった。その理由の一つとして、中下流部では河床堆積物が厚く堆積しておりダムを建設する際の基礎処理が困難であるということが挙げられる。その解決法の一つとして、図1のように河床堆積物を掘削除去せずその上にダムを建設し、ダム底と基礎岩盤とをコンクリート性の地中連壁で接続することによって河床堆積物中の浸透流を遮断し貯水するという工法が考えられる。しかしながら、このような場合に地中連壁がダムの堤体及び河床堆積物に対して及ぼす影響については未だ不明点が多いので、本研究では、築堤時、湛水時及び地震時における地中連壁と周辺地盤との相互作用を明らかにすることを目的として解析的な検討を試みた。

2. 解析の方法

図1のような断面のダムを想定し、河床堆積物及びダム堤体に対しては三角形要素を、地中連壁には曲げ特性を表現しやすい梁要素を用いて離散化し、有限要素法を用いて解析を行った。図2はそのメッシュ分割図である。また、地中連壁と地盤との接触面にはジョイント要素の概念を導入して不連続性を考慮した。さらに、このジョイント要素に対して滑りや剝離を考慮し非線形性をも考えた。動的解析の際には、等価線形化手法を用いることにより構成材料の非線形特性（ひずみ依存性）を考慮した。

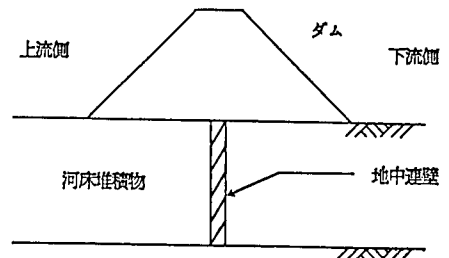


図1. 概念図

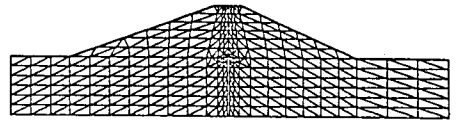


図2 要素分割図

3. 築堤及び湛水の影響

解析の対象は上述のように図2の如く分割したモデルであり、断面寸法及び構成材料の物性値は現在建設計画が進行中であるAダムのもので使用した。また、地中連壁の材料としては、剛性の小さいベントナイト混入コンクリートと、これに対して剛性の大きい普通コンクリートとの二種類の材料について検討した。表1は各構成材料の物性値である。

このモデルに対して築堤解析を行い、これに次いで湛水解析を行った。この時、湛水解析では浮力による除荷及びコアにかかる水圧のために上流側浸水ゾーンに引張り応力が計算されることがある。この現象は系を連続体として計算しているために起こるが、実際のダムではこのような現象は観測されていない。したがって、本解析ではこの問題を取り除くために次のような方法を用いた。すなわち、湛水時には全体を上流側浸水ゾーンと下流側非浸水ゾーンとに分けて考え、前者に対しては築堤過程において見受けられる主応力比一定の応力経路を浮力による除荷時の応力配分にも適用し、各要素の応力が主応力比一定のまま浮力の分に相当する応力を減

ゾーン	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	密度 (g/cm ³)
ロック	380.0	0.35	1.95
フィルター	380.0	0.35	2.00
コア	265.0	0.40	1.85
河床堆積物	1700.0	0.35	1.85
ベントナイト コンクリート	15000.0	0.30	2.10
普通 コンクリート	240000.0	0.17	2.50

表1 解析に使用した物性値

じられると仮定した。すなわち、築堤完了時の各要素の応力を $\{\sigma\}$ で表した時、湛水時の応力 $\{\sigma_s\}$ を、

$$\{\sigma_s\} = \frac{\rho_{sr} - \rho_w}{\rho_r} \{\sigma\}$$

ρ_r : 築堤完了時の材料密度

ρ_{sr} : 材料の飽和密度

ρ_w : 水の密度

のように仮定した。後者に対しては、静水圧及び上流側浸水ゾーンにおいて浮力により減ぜられる有効応力の減少分に相当する除荷圧を加えて、新たに応力を計算した。

以上のような方法により行った解析の結果を図3、図4に示す。図3が築堤による河床堆積物及びダムの堤体内部に発生する応力の平均有効主応力の分布状況であり、図4は湛水の影響による応力を加え合わせた応力の分布図である。どちらの図を見ても地中連壁の材料として普通コンクリートを用いた方が地中連壁周辺での応力集中の程度が高くなっていることが判る。

4. 動的解析

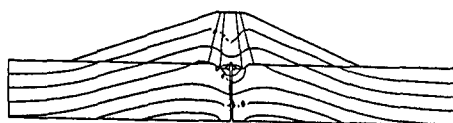
次に、上で述べた応力状態を初期応力状態として考えて動的解析を行った。入力地震動には1980年6月29日の伊豆半島東方沖地震の強震記録を用いた。その解析結果を図5に示す。この図は地盤と地中連壁との接触面に生ずるせん断応力の時刻歴応答であり、値が継続して零になっている区間ではジョイント要素が剥離していることを表し、極値付近でへこんでいる区間では滑りが生じていることを表している。この図より、普通コンクリートの場合もベントナイト混入コンクリートの場合も共に地中連壁上部において滑りや剥離が生じていることが判る。しかし、その回数やその継続時間はベントナイト混入コンクリートの方が少なくなっている。

5. まとめ

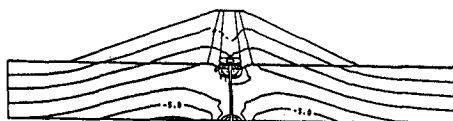
図1のような断面を想定し、非線形領域まで考慮した築堤解析、湛水解析及び動的解析を行った。その結果、応力集中の程度や接触面の挙動から考えた場合には地中連壁に使用する材料として、剛性の小さいベントナイト混入コンクリートの方が普通コンクリートよりも有利であると考えられる。

◇参考文献

- ①渡辺啓行・馬場恭平 “ロックフィルダムの耐震設計手法に関する一考察” 電力中央研究所報告, 研究報告379027, 昭和55年4月
- ②桜井達美 “有限要素法の構造解析への応用” 情報処理月例会資料28, 1967年9月19日

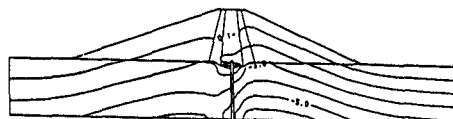


ベントナイト混入コンクリート

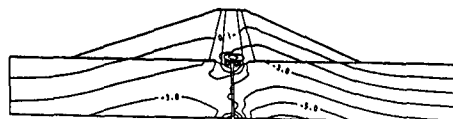


普通コンクリート

図3 築堤完了時の応力分布図(平均有効主応力)



ベントナイト混入コンクリート



普通コンクリート

図4 湛水時の応力分布図(平均有効主応力)

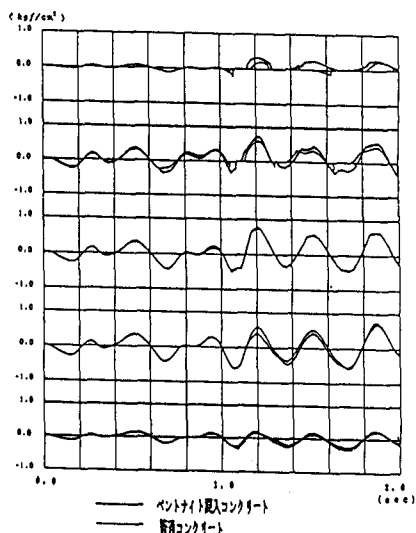


図5 地中連壁の層性の違いによるジョイント要素のせん断応力応答の比較