

VI-10

キー形状を用いた重力式コンクリートダム設計

国土交通省 東北地方整備局 長井ダム工事事務所

○波多野 政博

同上

横山 喜代太

同上

鈴木 雄次

1. まえがき

長井ダムサイトの低位標高部には、「低角度弱層」と呼ばれる剪断力が低い変質粘土脈及びその周辺の岩盤劣化部が低角度（ $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ）に分離・分断しながらも連続して分布している。一方、右岸下流斜面の表層は薄い崖錐堆積物で覆われ、その地山も地表からの深度最大約25mまでの区間で割れ目が開口し、緩んだ状態となっている。この「緩みゾーン」の分布は幅約200m、比高約250mにおよんでいる。

ダム形状を通常の重力式コンクリートダムと同様に三角形断面として低角度弱層下をダム基礎とした場合、堤趾部の掘削法面はこの緩みゾーン下部を大きく掘削し、この斜面の安定上重要な堅岩をも掘削することから大規模な抑止工が必要であるとともに施工中に崩落が発生する事が懸念される。このため「緩みゾーンに極力影響を与えないダム基礎掘削計画」とともに「FEM（有限要素法）を用いた安定解析」を行い、「弱層の対策規模を検討」する必要が生じ、低角度弱層・右岸下流斜面（緩みゾーン）対策で考えられたのが「キー形状」である。

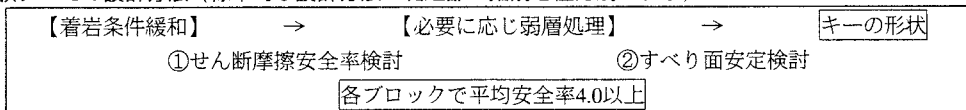
2. 堤体形状検討

1) 検討方法〔堤体基本形状〕

・基本的な設計方法

堤体の安定条件 ①ミドルサードの条件：外力の合力を堤体水平断面のMiddle Thirdに入れること。②滑動の条件：Hennyの式で安全率が4.0以上であること。③許容応力度：堤体中発生応力が許容応力度を超えないこと。）

・当該ダムでの設計方法（標準的な設計方法+堤趾部の掘削を極力浅くする）



2) 設計荷重の考え方（解析モデル）

安定検討は、FEM 応力解析を行い、FEM 応力解析の結果を用いてすべり面沿いの安全率を算定する。揚圧力（ $U_1 + U_2$ ）は、すべり面沿いの安定計算時にすべり面沿いに作用させる。岩盤自重を考慮しない場合、下流側の高角度弱層を通るすべりほど安全率が小さくなるという矛盾を生じることが明らかになったため、岩盤自重を考慮することとした。（図-1に岩盤自重を考慮しない場合と考慮する場合の概略図を示す。）

決定した掘削基本形状に対して、低角度弱層沿いのすべりに対する安定検討を行い、必要に応じて掘削形状の修正検討を行った。

標準的な設計方法（岩着条件を基本とする設計）で掘削形状を検討し、緩みゾーンに及ぼす影響を評価する

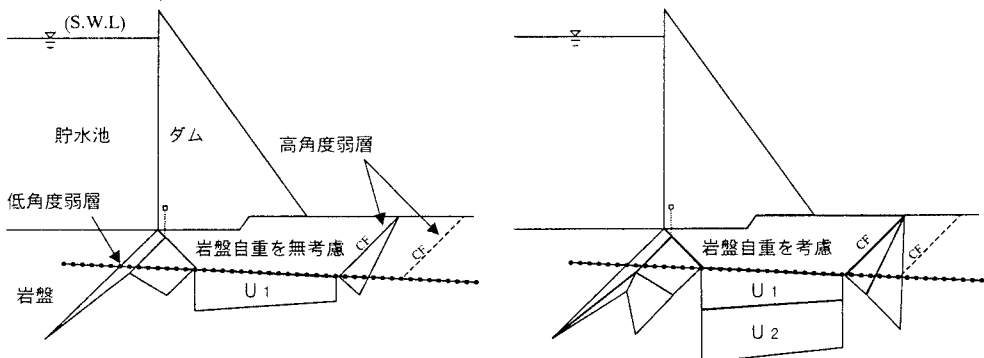
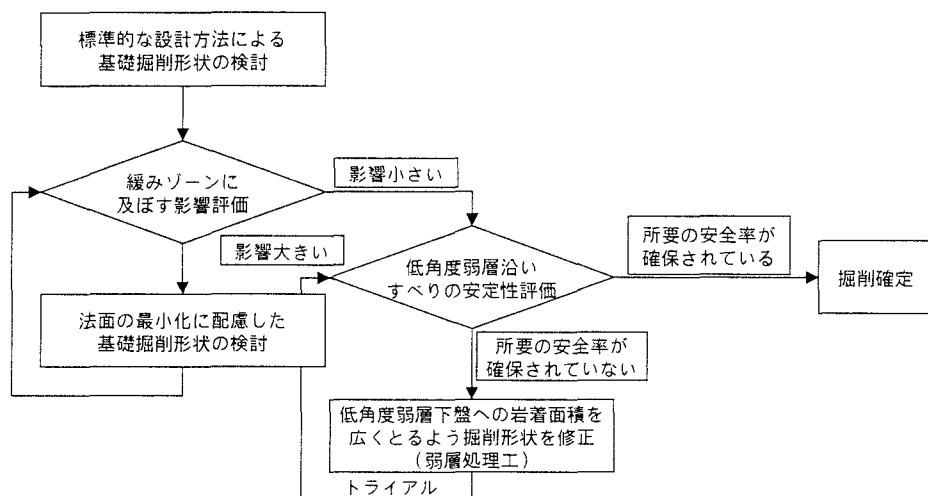


図-1 岩盤自重を無考慮・考慮ケースの概略図



図－２ 長井ダム掘削形状検討フロー

と、切土法面が緩みゾーンにかかる掘削形状となる。そこで、緩みゾーンを掘削せず及び緩みゾーンに対して影響が小さいように法面の最小化に考慮した基本掘削形状を決定した。この検討フローを図－２に示す。

３．検討結果

従来の堤体の形状に比べて、堤体をキー形状にすることによって、右岸下流斜面对策を考慮した最適な堤体設計を実現することができた。また、基本三角形（旧掘削形状）とキー形状（新掘削形状）での諸量について比較を表－１に示す。キー形状にすることによって、「掘削量」「堤体コンクリート量」「斜面アンカー工」で数量を減少でき、コスト縮減につながった。

- ① 右岸下流緩み岩盤の斜面对策が大きく減少する。
- ② ダム堤体積、掘削量が減少する。

表－１ キー形状を用いた対策による数量比較

項 目	旧 掘 削 形 状	新 掘 削 形 状	数 量 差
堤体コンクリート量 (m ³)	1,099,000	1,074,000	25,000
基 礎 掘 削 量 (m ³)	1,503,000	1,464,000	39,000
右 岸 下 流 斜 面	緩みゾーンを大きく掘削するとともに、堅岩の高まりも掘削する。 大規模な右岸下流緩み岩盤の斜面对策（斜面アンカー工等）が必要である。	緩みゾーンをやや掘削する程度で、堅岩の高まりを掘削しない。 右岸下流緩み岩盤の斜面对策（斜面アンカー工等）が大きく減少する。	

４．まとめ

今回の検討のポイントとしては、低角度弱層と右岸下流緩みゾーンの対策である。このため、工事においては３つの条件を満たさなければならない。

- ① 緩みゾーンに与える影響を調査時と変えないよう、堤趾部掘削標高を変えてはならない。
- ② 堤趾部掘削を強度の小さい浅い位置に設定したことにより、堤体中央部は低角度弱層下盤の堅硬な岩盤に着岩面を広く取ることとしている。この位置は、弱層沿いの安定条件も満たしている。したがって、弱層岩盤において、堅硬な岩盤が現れても所定の深度まで掘削しなければならない。
- ③ 堤趾部掘削を浅くし、上流側水圧を軽減するよう上流掘削を浅くしている。したがって、上流側の岩盤状況が調査時の推定より悪くても、直ちに掘削を掘り下げることをしてはならない。

本体掘削時には、本ダムの堤体設計を考慮しながらの施工管理・岩盤検査等の対応がスムーズに遂行されるよう、掘削管理システムにより実施するものである。