

2. 1 ロックフィルダムのかさ上げに関する基礎的検討

研究年度：令和3年度

研究分野：ダムの改造・再開発に関する調査研究

調査研究名：ロックフィルダムのかさ上げに関する研究

研究者：山口嘉一*

【要約】

本研究では、ダム再開発手法のうち、フィルダムの中でも大規模ダムの建設に採用される型式であるロックフィルダムのかさ上げを対象として、既往の事例、研究事例などを収集整理し、ロックフィルダムのかさ上げに関する技術的課題についてとりまとめた。

【キーワード】

ロックフィルダム、再開発、かさ上げ、耐震性能照査、水圧破砕

1. はじめに

近年、洪水・渇水被害の頻発化や気候変動の影響の顕在化する中、我が国の厳しい財政状況や生産年齢人口の減少等を踏まえると、既存ストックを有効活用し、より効果的に洪水調節能力を高めることが社会的に求められている。このような社会的状況を踏まえ、国土交通省水管理・国土保全局では、既設ダムを運用しながら有効活用する「ダム再生」の推進方策を示す「ダム再生ビジョン(平成29年6月)」¹⁾がとりまとめられ、ダムの長寿命化、高機能化のための施設改良、気候変動への適用等への課題についての考え方が明確にされた。また、翌年には「ダム再生ガイドライン(平成30年3月)」²⁾が策定され、「ダム再生」の円滑な推進のために必要な既往事例に関する知見(ダム再生事業を実施する上での具体的方策、留意点等)が取りまとめられた。さらに、平成30年度には都道府県の補助事業におけるダム再生の検討を支援するため、「ダム再生計画策定事業」が創設され、ダム再生はより一層推進されている。

ダムの再開発事業によりダムの機能向上を想定した場合、水系全体の治水計画、流域全体の水利用計画などを総合的に検討したうえで、当該再開発事業において最も効果的かつ効率的な方策を、さまざまな方策の中から適切に選択する必要がある。

本研究では、ダム再開発手法のうち、フィルダムの中でも大規模ダムの建設に採用される型式であるロックフィルダムのかさ上げを対象として、既往の事例、研究事例などを収集整理し、ロックフィルダムのかさ上げに関する技術的課題についてとりまとめる。

2. ロックフィルダムのかさ上げ事例

2.1 フィルダムのかさ上げ方式

ロックフィルダムを含むフィルダムのかさ上げ方式は、コンクリートダム同様、「同軸かさ上げ」、「下流かさ上げ」、「下流新設」に分類される。なお、「下流新設」は、堤体構造に着目すると厳密にはかさ上げではないが、「下流新設」により既設ダムが水没するなど、新設ダムにその機能が取って代わられる場合にはダム再開発と分類されるため、ここでは広義の解釈として、かさ上げ型式の一つとして整理した。

国内においてはロックフィルダムのかさ上げ事例はあまり多くないが、ここでは、ロックフィルダムについて、「同軸かさ上げ」及び「下流かさ上げ」の比較的規模の大きいかさ上げ事例について紹介する。なお、「同軸かさ上げ」は堤体の遮水機能を受け持つ遮水ゾーン(コアゾーン)と新設ダムの遮水ゾーン(コアゾーン)を連続させるが、「下流かさ上げ」は既設ダムを上流仮締切のように新設ダムに取り込むものの、完成後の堤体の遮水機能は新設ダムの遮水ゾーン(コアゾーン)のみにより受け持つものである。

2.2 同軸かさ上げの事例(大川ダム)

既設大川ダムは鹿児島県営畑地帯総合土地改良事業として鹿児島県が建設した堤高33.7mの傾斜コア型ロックフィルダムであったが、その建設段階に鹿児島県名瀬市が上水道第5次拡張事業として15.5mかさ上げを計画し、かさ上げ工事を実施した。

大川ダムの標準断面図を図-1に示す。

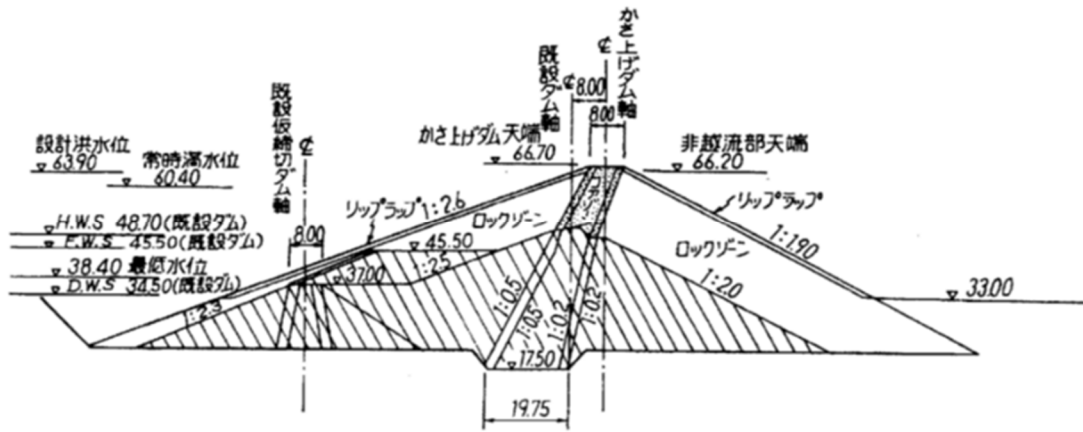


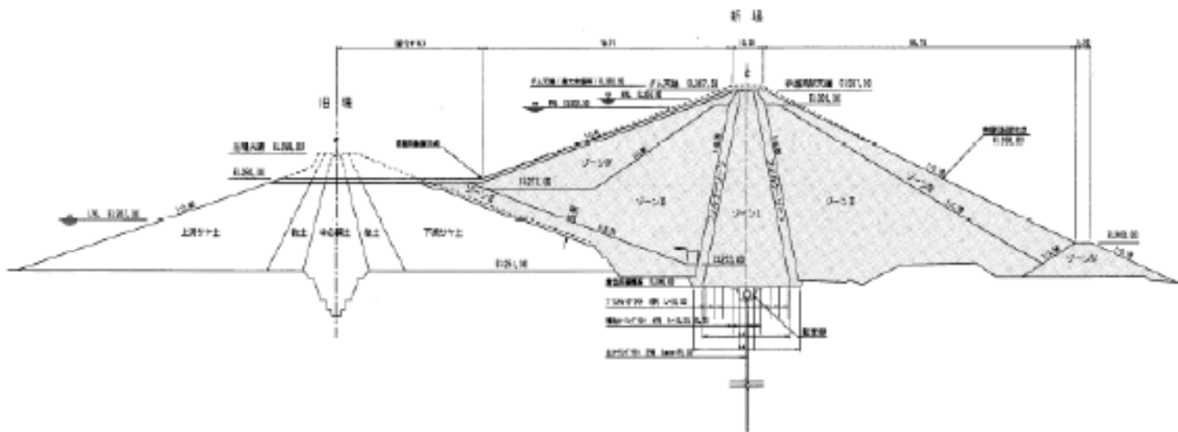
図-1 大川ダムの標準断面図

2.3 下流かさ上げの事例 (山王海ダム)

既設の山王海ダムは、かんがい用水の補給を目的とする利水ダムとして1952年に完成した堤高37.4mのゾーン型アースダムである。再開発事業は、農業用水不足を解消するため、隣接する葛丸川に建設された葛丸ダムの非かんがい期余剰水を導水して貯留する目的で、かさ上げによる貯水容量の増加を行った。新設ダム(堤高61.5m)は、既設ダム(堤高37.4m)を24.1mかさ上げするもので、かさ上げ後の有効貯水容量(37,600千 m^3)は、既設ダム(9,590千 m^3)の約4倍である。

新設堤体は、ダム軸を下流に約100~150mを移設した中央土質遮水型ロックフィルダムとして建設された。新設堤体は、上流透水性ゾーンが既設堤体にオーバーラップする配置とされた。ダム建設は、既設ダムの貯水池水位を維持した状態で行われ、既設堤体は上流仮締切として、既設洪水吐きは、仮排水トンネルと連結することで、転流工の流入部として利用された。

山王海ダムの標準断面図を図-2に示す。



ゾーン名	ゾーン区分	築堤材料
ゾーンⅠ	遮水ゾーン	ダム上流の河床砂礫と山麓牧場付近に分布するローム材との混合
ゾーンⅡ	緩衝ゾーン	ダム上流の河床砂礫
ゾーンⅢ	透水性ゾーン	洪水吐および堤敷掘削で得られる安山岩および安山岩質火山角礫岩
ゾーンⅣ	透水性ゾーン	葛丸ダムの原石山を継続して使用するもので堅硬な安山岩
フィルターゾーン	半透水性ゾーン	購入材(C-40とダスト分の混合材)

図-2 山王海ダムの標準断面図

3. 既往の検討成果の収集整理

3.1 収集成果

収集整理した検討成果は以下のとおりある。

- (1) フィルダムのかさ上げ技術に関する調査（平成13年～平成16年：土木研究所）³⁾
- (2) ロックフィルダムのコア幅の合理的設計方法に関する研究（平成13年～平成20年：土木研究所）⁴⁾
- (3) 既設ロックフィルダムのかさ上げに関する検討（平成21年度：ダム技術センター）⁵⁾

3.2 フィルダムのかさ上げ技術に関する調査³⁾

既設ロックフィルダムやアースダムからロックフィルダムへのかさ上げにおいて、複数のかさ上げ型式（図-3参照）を対象にすべり安定解析を行い、適切なかさ上げ型式を選定した。また、それらを対象に築堤解析、湛水解析、動的解析を行い、かさ上げ型式が築堤時、湛水時および地震時におけるかさ上げダムの安定性に及ぼす影響について検討を行った。

安全性検討の結果、得られた主要な成果は以下のとおりである。

① かさ上げ型式

・型式3は、上流面に強度の低いコアが配置されるため、安定計算において所定の安全率を満足しないことから現実的なかさ上げとは考えられない。

② 築堤解析

・築堤解析による安全性については、型式1及び型式2ともに局所安全率が1を下回る部分が無い。
・築堤時の安定性にのみ着目すると、既設堤体がロックフィルダムおよびアースダムである場合ともに、震度法による設計による所定の安全率を満たすのに必要な堤体積が若干少なく、ダム全体施工工程に最も影響するコアの体積が少ない型式2が有利と考えられる。

③ 湛水解析

・湛水解析による安全性について、型式2はコアゾーンに勾配変化点があることから水圧破碎について留意が必要である。

・型式2を採用する際には、水圧破碎に対する安全性評価に留意する必要があることから、湛水時には

型式2に比べて型式1のほうが有利であると考えられる。

④ 動的解析（地震時）

・既設堤体がロックフィルダムである場合には、型式1と型式2とですべり量に大きな差は見られず、かさ上げ型式の違いが安全性に及ぼす影響は小さいと考えられる。一方、既設堤体がアースダムである場合、型式1では型式2に比べてすべり量が大きくなり、型式2の方が有利であると考えられる。

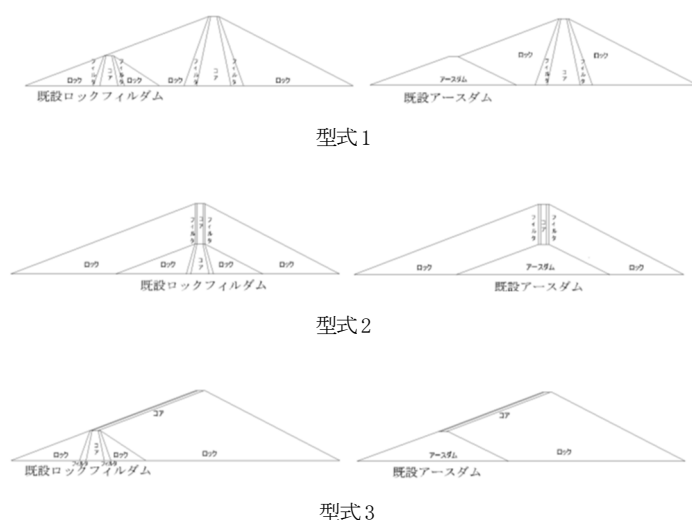


図-3 フィルダムのかさ上げ型式³⁾

型式1、型式2を対象に、せん断破壊や水圧破碎に対する安全性の評価および耐震性の評価を行い、明らかとなったかさ上げ設計上の留意点を表-1に示す。

表-1 フィルダムかさ上げ設計方法に関する評価³⁾

	型式1	型式2
経済性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・既設ダムの形状に照らして現実的な形状ですべりに対する安定性を確保できる。 ・型式2と比べ、コアの体積が大きくなるため、必要なコア量および施工日数の確保が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設ダムの形状に照らして現実的な形状ですべりに対する安定性を確保できる。 ・既設堤体の上流側にも新設堤体を築造するため、型式1と比べて貯水量が少なくなる。
せん断破壊、水圧破碎に対する安全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤時、せん断破壊に対して安全性を確保することが比較的容易である。 ・築堤時、型式2と比べ、既設堤体上流斜面や新設堤体との境界部において、上流側への変形が大きくなる傾向があるため、変動挙動の監視が特に重要である。 ・湛水時、水圧破碎に対して安全性を確保することが比較的容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤時、せん断破壊に対して、安全性を確保することが比較的容易である。 ・湛水時、かさ上げ高が高くなるにしたがって、勾配変化点付近における水圧破碎に対する検討が重要となる。特に既設堤体がロックフィルダムである場合は既設堤体の標高が高い部分において、既設堤体がアースダムである場合は新設堤体の標高が低い部分において注意が必要である。
耐震性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・既設堤体がアースダムである場合、地震時に、上流側斜面のすべり量が大きくなる傾向があるため注意が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震性に大きな問題はない。

3.3 ロックフィルダムのコア幅の合理的設計方法に関する研究⁴⁾

ロックフィルダムの工期およびコスト削減を図るため、堤体施工全体のクリティカルパスとなっているコアの施工の高速化が求められており、コア幅の合理的な設計（縮小）が求められている一方、現在のコア幅は経験的に設定されている。適切なコア幅の設計は、現行設計方法であるすべり安定解析だけでなく、湛水時の水圧破碎に関する安定性検討に基づいて、実施する必要がある。

本研究では、ロックフィルダムのコア材料の水圧破碎試験、築堤・湛水解析に基づくコアの水圧破碎に対する安全性評価に基づいた、コア幅の合理的な設計方法を検討した。この研究成果は、ロックフィ

ルダムのかさ上げ設計を行う際に有用な成果を提供している。

得られた主な知見は以下のとおりである。

なお、ロックフィルダムのかさ上げにおいて、特に重要となるのは、①～③であり、「コア幅の狭いダム」のかさ上げ（水圧増）は注意が必要であること、「コア上流面の勾配を急変させてコア幅を狭くしないこと」である。

① コア敷幅 B と堤高 H の比である B/H は、最低でも 0.25 以上とする必要がある。

② コアの勾配が急になるほど（コア幅が狭いほど）、フィルタの勾配が急になるほど（フィルタ幅が狭いほど）、コアにおける最小主応力（全応力）が小さくなり、水圧破碎に対する安全率が小さくなる。

③ コアの勾配が変化する場合は、概ねコア幅に応じた水圧破碎の安全率分布となる。勾配変化点が低いほど安全率が低下する傾向にある。

④ コアの断面積（体積）が同じである場合、上流側勾配を相対的に緩くした形状の方がコア幅に応じた安全率分布を示す傾向にある。

また、コアおよびフィルタの物性に関する検討も実施されており、以下の知見が得られているため概要を示す。

① コア剛性およびフィルタ剛性が大きくなるほど、水圧破碎に対する安全率が小さくなる。～特にフィルタの勾配を1:0.35としてかなり幅広いフィルタとしてフィルタへの応力集中を防止するケースでは、フィルタの剛性増加に伴う安全率の減少が大きい。

② コアの初期ポアソン比が大きくなると、水圧破碎に対する安全率は大きくなる。

3.4 既設ロックフィルダムのかさ上げに関する検討

5)

我が国では、フィルダムのかさ上げ事例のほとんどが小規模なアースフィルダムのかさ上げであり、ロックフィルダムのかさ上げはきわめて少ない。

本検討では、今後、ダム再開発事業の増加に伴い、ロックフィルダムのかさ上げを検討する場合を想定して、かさ上げを実現するために必要な検討項目、留意点を明らかにした。

1) 制約条件

① 調査・設計上の制約

既設ダムをかさ上げする場合、まず既設堤体と基礎地盤の健全性を評価する必要がある。このためには既設堤体と基礎地盤の調査が不可欠となるが、既設ダムを運用しつつ調査しなければならないケースがほとんどであり、調査の実施に際してさまざまな制約がある。

ロックフィルダムの場合、既設堤体や基礎地盤の健全性を評価する際に、堤体コアゾーンやコア着岩面の状況を把握する必要があるが、貯水状態にあるダムのコアゾーンに数多くの調査ボーリングを行うと堤体の安定性に支障を及ぼしかねないため、調査数量が自ずと限定される。

このため、ダム工事誌、建設当時の施工記録などの関連情報をできるだけ多く収集することが重要であるが、古いダムの場合は収集可能な資料が断片的であることが少なくない。

限られた資料をもとにダム堤体や基礎地盤の健全性を評価することになるので、ダムの地質や設計に関する経験豊かな専門家の意見を聞くとともに、ダム建設当時の設計施工担当者が健在であれば、当時の状況をヒアリングすることも有効である。

② 施工上の制約

かさ上げ工事は施工時水位が低いほど施工しやすいが、既設ダムの利水機能を維持するために施工時水位を高く設定せざるを得ない場合が少なくない。このため、貯水池内に設置する仮締切は大規模にならざるを得ない。再開発工事期間中も、洪水期には従来どおりの洪水調節を行うことが優先されるため、堤体の大がかりな改造工事の施工は非洪水期が中心となる。

なお、再開発工事の洪水の転流規模は、洪水期間中は既設ダムの洪水吐きの放流能力とし、非洪水期間中は非洪水期の計画洪水規模相当の洪水とすることが一般的であり、新設ダムの場合に比べてはるかに大きな転流流量となることに注意する必要がある。

洪水調節と利水補給を実施しつつ、所要の洪水転流規模を確保しながらの施工となることから施工計画が複雑なものとなるため、効率的な施工計画を立案することが重要である。工事期間中の毎年、洪水期と非洪水期の期別ごとに施工時水位、洪水転流方法、工事施工箇所等を明らかにした施工計画を検討し、さまざまな制約条件に抵触せず円滑に施工可能な案となるまでブラッシュアップする必要がある。

また、再開発工事の施工が既設堤体や基礎地盤に及ぼす影響を最小限に抑えるために、発破制限を設けることが一般的であり、堤体や基礎地盤の振動速度を2~5kine (1kine=1cm/s) 程度に制限して施工が行われる。既設堤体や堤体掘削や基礎掘削に用いる施工機械や施工方法については、最近の先例ダムの事例を参考にすると良い。

2) 設計上の検討項目と留意点

① かさ上げ形状

既設ダムを運用しながらかさ上げする場合は、貯水池上流側への腹付けは困難であるため、下流側腹付けがかさ上げ形状の基本となる。貯水池上流側への腹付けは、かさ上げ工事期間中貯水池を空虚にできるという特別な条件が揃わない限り採用は困難である。

現行構造令に基づいて設計された既設ダムと同じ堤体材料を用いる場合は、既設ダムの下流のり面勾配と同じ勾配で腹付けすれば堤体の安定性は確保できる。

上下流かさ上げではなく、かさ上げする部分だけ上下流面の勾配を急にして現ダム軸でかさ上げする方法は、良質な材料を厳選して丁寧に締め固めるといった基本的な考え方のもと、品質管理や施工管理上の特別なかつ厳格な条件を設定するのであれば可能性がないとはいえない。しかし、地震時にロックフィルダム堤体の高位標高部が最も揺れるため推奨はできない。

② 洪水吐き改造形状

既設ダムの堤体と洪水吐きが接している場合は、洪水吐きコンクリートと堤体コアゾーンの接合部(セパレートウォール)が、ロックフィルダム堤体の安全確保上重要な箇所である。このため、かさ上げ部分のコア接合部の勾配は、既設ダムと同等以上の緩勾配とする必要がある。接合面勾配は1:0.5以上の緩勾配とし、接合面の高さは30m程度以下とする。治水計画の見直しや河川管理施設等構造令の適用により洪水放流量の見直しが生じる場合、あるいはかさ上げに伴って既設洪水吐き改造や移設が必要となる場合は、洪水吐きの改造工事が大きかりで複雑なものとなるので、施工計画について慎重な検討が必要となる。

③ 既設堤体の健全性評価

かさ上げダムを設計する場合、既設ダムの堤体と基礎地盤の健全性評価を行う必要がある。堤体と基礎地盤に関する情報を得るために、工事誌やダム建設時の施工データをできる限り収集する。堤体材料の物性値、ダム基礎地盤の岩級区分や変形性、基礎

地盤内に存在する断層や破碎帯の分布や性状のほか、ダム設計時に考慮した断層や安定性検討結果などの情報を収集する。また、基礎地盤内の高透水ゾーンの分布、既設ダムのグラウト計画、施工時の水押し試験やルジオンマップ、グラウトの注入結果等を収集する。これらの情報収集とともに、既設堤体及び基礎地盤に対しての調査ボーリング等を実施する。新しく堤体基礎地盤となる範囲に対して、調査ボーリング、孔内水平載荷試験等を実施する。これらの情報をもとに、既設堤体と基礎地盤の健全性を評価する。

④ 堤体材料等の調査

かさ上げ時の堤体材料の調査として、既設堤体及び新堤体の堤体材料について物性の調査を行う。既設堤体は建設年代が古いダムほど締め固め密度が低い場合が多く、試料は気泡ボーリングなどのように不攪乱状態でサンプリングする必要がある。

⑤ 堤体安定性の検討

かさ上げ断面の設計は、構造令に規定する円弧すべり計算で所要の安全率を確保するように設計するとともに、修正震度法による安定性の照査も行う。新旧堤体接合部に使用する盛立材料等材料特性を考慮した検討を行う場合はFEM解析を行うが、既設堤体の材料物性値を精度良く評価することが重要である。

⑥ 新旧堤体境界部の検討

堤体の設計においては、新旧堤体の境界部に対する検討が重要である。新堤体については、現場密度、現場透水係数、施工含水比、粒度など、新設ダムと同様の品質管理項目を設定する必要がある。

⑦ 基礎処理設計

基礎地盤の強度、透水性を知るために、既設ダムの工事記録等を収集するとともに、新たに調査ボーリングを行う。基礎処理の設計においては、ダム規模、地質構造、地盤の水理的性状、地盤の改良特性等を考慮して施工範囲を検討する。

⑧ 計測設備

計測設備の設置にあたっては、「河川管理施設等構造令」に規定のある安全管理上必要な計測項目を対

象とする。なお、かさ上げ設計時に課題となった事項がある場合には、施工時及び湛水時の堤体の挙動を確認するために必要な計測装置を設置する。新旧堤体面の境界面の相対変位の測定を行う場合もある。

5m程度以下を想定)を行う場合の、課題および設計において検討すべき内容を表-2にまとめた。

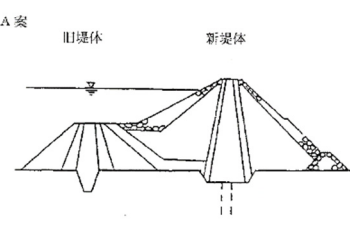
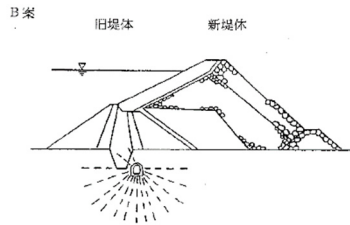
4. ロックフィルダムと同軸かさ上げに関する技術的課題の整理

既往の事例及び既往の検討成果を踏まえて、ロックフィルダムを対象に同軸かさ上げ(比較的小規模:

表-2 ロックフィルダムの同軸かさ上げの課題と対応策

技術的課題		技術的課題の対応策
1. 既設堤体の健全性	かさ上げダムを設計する場合、既設ダムの堤体と基礎地盤が健全であることが前提となる。このため、既設堤体の健全性評価を行う必要がある。	●堤体と基礎地盤に関する情報を得るために、工事誌やダム建設時の施工データをできる限り収集する。情報収集とともに、既設堤体及び基礎地盤に対しての調査ボーリング等を適宜実施し、既設堤体と基礎地盤の健全性を評価する。
2. 堤体安定性検討手法	かさ上げダムの安定性を「現行基準」に基づき的確に評価する必要がある。	●かさ上げ断面の設計は、「河川管理施設等構造令」に規定する円弧すべり計算で所要の安全率を確保するように設計するとともに、修正震度法による安定性の照査も行う。既設堤体の材料物性値を精度良く評価し、新旧堤体接合部に使用する盛立材料等材料特性を考慮して応力・変形解析(FEM)を行うことが望ましい。【参考文献5】
3. かさ上げ基本形状	貯水池を運用しながらかさ上げする観点から、かさ上げ部分だけ上下流面の勾配を急にする方策の適用について	●良質な材料を厳選して丁寧に締め固めるという基本的な考え方のもと、品質管理や施工管理上の特別なかつ厳格な条件を設定するのであれば可能性がないとはいえない。しかし、地震時にロックフィルダム堤体の高位標高部が最も揺れるため推奨はできない。【参考文献5】
4. 非越流部標高の確保	・「河川管理施設等構造令」適用前のダムかさ上げにおいては、「構造令」に基づく付加高さが不足していることがあるため、再開発に伴う貯水位の上昇以上に盛土高が大きくなる可能性がある。(フィルダムの付加高さは、コンクリートダム+1m)	●ダムの非越流部標高(付加高さ)を極力低くしてかさ上げ高を抑制する対策として、「設計洪水位」を下げる方法が挙げられる。 ●限られた用地で「設計洪水位」を低くするには、洪水吐き呑口部を改造して「ラビリンズ堰」等を導入する案がある。
5. 洪水吐きのかさ上げ	・「河川管理施設等構造令」適用前のダムかさ上げにおいては、「構造令」に基づく“ダム設計洪水流量”の放流能力が不足していることがあるため、洪水吐きの放流能力を大幅に増大させる改造が必要となる場合がある。	●呑口部に加えて導流部全体のかさ上げや減勢工の大幅な改造も必要となる場合があるため、水理機能の網羅的な検証が必要となる。 ●導流部のかさ上げや減勢工の改造が困難な場合は、別途洪水吐きを増設する等により対応することも想定される。

6. 洪水吐きとの接合部	<ul style="list-style-type: none"> ・既設堤体と洪水吐きが接している場合は、堤体安全確保上重要となる「接合形状」に注意する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ●このため、かさ上げ部分のコア接合部の勾配は、既設ダムと同等以上の緩勾配とする必要がある。接合面勾配は1:0.5以上の緩勾配とし、接合面の高さは30m程度以下とする。治水計画の見直しや河川管理施設等構造令の適用により洪水放流量の見直しが生じる場合、あるいはかさ上げに伴って既設洪水吐き改造や移設が必要となる場合は、洪水吐きの改造工事が大きかりで複雑なものとなるため施工計画について慎重な検討が必要となる。【参考文献5】
7. コア及びフィルター の盛土形状	<ul style="list-style-type: none"> ・コアの上流面は「水圧破碎」に対する安全率が相対的に小さくなりやすいため、作用水圧増大に伴い問題無いか検証が必要となる。 ・既設コアの上下流面勾配をそのままにして、立ち上げるとコアの施工幅が狭くなる場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ●コア幅が狭いダムやコア上流面勾配が急なダムは、水圧破碎に対する安全性が小さくなり易い。【参考文献3】このため、FEM解析による湛水解析を行い、水圧破碎に対する安全性の検証を行うことが重要である。 ●コアは極力急変が生じない滑らかな形状とする。かさ上げ部は、地震時の応答が大きくなる高標高部であること、及びコア上流面は遮水上特に重要となることから、明確な折れ点は設けない等の配慮を行う。 ●コアを上方にかさ上げできない場合は、接合幅を厚く確保して、下流斜め上方にかさ上げする方法も考えられる。 ●小規模のかさ上げであれば、コア天端幅に余裕のある(3.0m程度以上)ダムであれば、無理のないコア形状でかさ上げを実施できる可能性がある。
8. 底設監査廊の安全性確保	<ul style="list-style-type: none"> ・かさ上げにより、上載荷重が増大して、鉄筋コンクリート構造の監査廊の構造安全性が保持できなくなるリスクがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ●コア幅を確実に確保できるような形状とする。(地震でコアにクラックが生じた「緑川ダム」の脇ダムではコア幅を確実に確保するようにフィルターゾーンまで拡幅している(図-4)。) ●コアの余盛は、既設コアの経過年数等考慮して設定する必要がある。(地震で堤頂部にクラックが生じた「浅河調整池」の補修として、建設後約60年以上経過していること、補修範囲が堤頂部のみに限られることから、今後大きな沈下の発生は低いと考え、余盛は「堤高の0.5%程度」として盛土高が設定された(図-5))

<p>9. 基礎処理</p>	<p>・基礎の透水性が高い場合、グラウチングの連続性が課題となる⇒既設堤体に監査廊が無い場合は、グラウチングのために既設堤体基礎にトンネル監査廊が必要となる(下記B案)</p>  	<p>●既設止水ライン上の追加カーテンが困難な場合は、止水ラインを移設する。貯水池を運用しながら施工する場合は、山王海ダムのように、下流側に堤体をかさ上げする方法(A案)が考えられる</p>
<p>10. 堤体材料</p>	<p>・新設の盛り土材料に加えて既設盛土材料についても物理・力学性状を把握する必要がある。</p>	<p>●既設堤体及び新堤体の堤体材料について物性の調査を行う必要がある。既設堤体は建設年代が古いダムほど締め密度が低い場合が多く、試料は気泡ボーリングなどのように不攪乱状態でサンプリングする必要がある。【参考文献5】</p>
<p>11. 施工計画</p>	<p>・貯水池を運用しながらのかさ上げ施工となることが多いため、工事中の既設堤体の安全性確保と現有機能確保を考慮した、合理的な施工計画が重要となる。</p>	<p>●既設ダムのかさ上げに先行して洪水吐きセパレートウォールをかさ上げする必要がある。洪水吐きセパレートウォールは、既設堤体を掘削して基礎地盤を露出させて堤体側に腹付ける方法と、セパレートウォールのり面をそのまま上に延長し洪水吐き側に腹付ける方法がある。既設堤体を大きく掘り込むことを避けるために後者を採用すると、洪水吐きの一部が使用できなくなり、洪水吐きの放流能力が低下する。このため、工事中の放流能力低下分を補う放流設備の新設等を検討する必要がある。【参考文献5】</p>

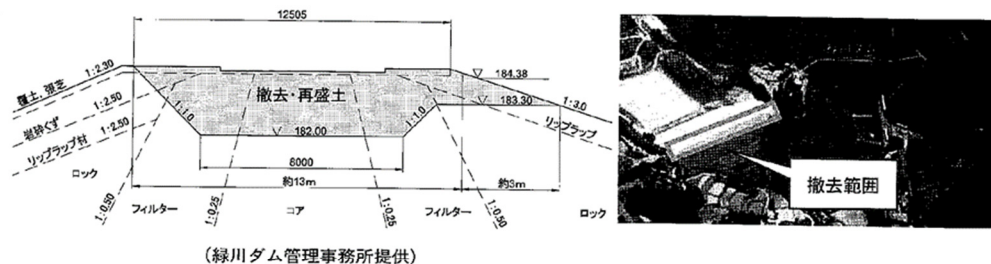


図-4 緑川ダム脇ダムのコア修復方法⁶⁾

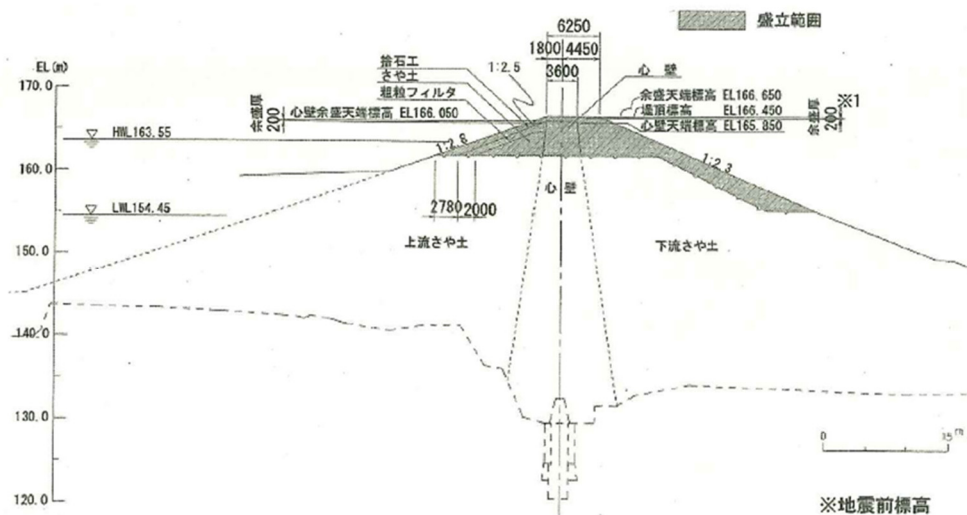


図-5 浅河調整池の堤頂部補修方法⁷⁾

5. おわりに

本研究では、ダム再開発手法のうち、フィルダムの中でも大規模ダムの建設に採用される型式であるロックフィルダムのかさ上げを対象として、事例や研究・検討成果を収集整理するとともに、ロックフィルダムのかさ上げに関する技術的課題についてとりまとめた。成果の概要は、以下に示すとおりである。

- (1) 比較的規模の大きい「同軸かさ上げの事例」として大川ダム、「下流かさ上げ」の事例として山王海ダムの事例を紹介した。
- (2) ロックフィルダムのかさ上げに関する研究・検討成果として、独立行政法人土木研究所（現 国立研究開発法人土木研究所）及び（財）ダム技術センター（現 （一財）ダム技術センター）による成果の概要をとりまとめた。
- (3) 上記の調査、分析結果を踏まえ、ロックフィルダムを対象に同軸かさ上げ（比較的小規模：5m程度以下を想定）を行う場合の課題および設計において検討すべき内容を取りまとめた。

【参考文献】

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン、平成 29 年 6 月。
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ガイドライン、平成 30 年 3 月。
- 3) 山口嘉一、富田尚樹、佐藤弘行、小堀俊秀：フィルダムの嵩上げ技術に関する調査、独立行政法人土木研究所、運営費交付金（治水勘定）、平成 13 年度～平成 16 年度。
- 4) 山口嘉一、佐藤弘行、林 直良：ロックフィルダムのコア幅の合理的設計方法に関する研究、独立行政法人土木研究所、運営費交付金（一般勘定）、平成 17 年度～平成 20 年度。
- 5) 吉田 等、弓削 章、藤澤侃彦：既設ロックフィルダムの嵩上げに関する検討、平成 21 年度ダム技術研究所調査研究活動報告書、（財）ダム技術センター、平成 22 年 5 月。
- 6) 木元敏徳：平成 28 年熊本地震によるダム被害と復旧に関する調査報告、ダム日本、No. 887、平成 30 年 9 月。
- 7) （財）日本ダム協会；フィルダムの施工、平成 21 年 10 月