

土地改良事業計画設計基準
設計「ダム」

基準書

技術書

[共通編]

平成15年4月

農林水産省農村振興局

農林水産省農村振興局

土地改良事業計画設計基準

平成 15 年 4 月 16 日 改 定

設 計「ダ ム」

(制定) 昭和 56 年 4 月 1 日

(改定) 平成 15 年 4 月 16 日 14 農振第 2437 号



14農振第2437号
平成15年4月16日

各 地 方 農 政 局 長 殿
北 海 道 開 発 局 長 殿
沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿

農林水産事務次官

土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の制定について

国営土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令（昭和44年農林省訓令第26号）に基づき、別途のとおり、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」が制定されたので、国営土地改良事業の実施に当たって遺憾のないようにされたい。

また、これに伴い、「土地改良事業計画設計基準（設計ダム）の制定について」（昭和56年4月1日付け56構改D第233号農林水産事務次官依命通達）は廃止されたので申し添える。
以上、命により通知する。



14農振第2438号
平成15年4月16日

各 地 方 農 政 局 長 殿
北 海 道 開 発 局 長 殿
沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿

農村振興局長

土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の運用について

平成15年4月16日付け14農振第2437号をもって土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」が制定されたのに伴い、その運用について別添のとおり定めたので国営土地改良事業の実施に当たって遺憾のないようにされたい。

これに伴い、「土地改良事業計画設計基準（設計ダム）の運用について」（昭和56年4月1日付け56構改D第234号構造改善局長通知）は廃止する。



14農振第2439号
平成15年4月16日

各地方農政局整備部長 殿
北海道開発局農業水産部長 殿
沖縄総合事務局農林水産部長 殿

農村振興局整備部設計課長

土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の基準及び運用の
解説、技術書について

「土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の制定について」（平成15年4月16日付け14農振第2437号農林水産事務次官通知）及び「土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の運用について」（平成15年4月16日付け14農振第2438号農村振興局長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」の基準及び運用の解説、技術書について別添のとおり作成したので、国営土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

目 次

1. 改定の要旨	i
2. 土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」基準書	1
3. 土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」技術書〔共通編〕	I-1

改定の要旨

1 趣 旨

土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」が昭和56年に制定されてから20年以上が経過し、この間数多くの農業用ダムが建設され、ダム技術もめざましく進展してきた。

近年のダム建設は、良好な基礎地盤を有するダムサイトの減少や良質の築堤材料の確保が困難等の状況に加え、コスト縮減や自然環境及び景観との調和にも配慮することが必要となってきた。このため、コスト縮減に係わる取組み、ダム築造に関する新技術、新工法、ダム再開発技術、環境配慮技術及びこれまでの施工実績、研究の成果を基準等に反映させることとした。

また、今回の改正では、土地改良事業計画設計基準の再編整備の方針に沿って「基準書」、「技術書」に再編するとともに、関係する各種技術基準との整合を図ることとした。

2 経 緯

コンクリートダム基準は、昭和27年に制定され、その後、昭和40年にダム設計基準（日本大ダム会議）との調整を図るべく第1回目の改定が行われた。

フィルダム基準は、昭和28年「土堰堤」として制定され、昭和31年に「アースダム（改訂案）」が出され、昭和41年に「フィルダム」として第2回目の改定が行われた。

その後、昭和51年の「河川管理施設等構造令」の施行に伴う見直しが必要となったことから、昭和56年に従来のダム別基準を設計基準「ダム」として統合した。

平成10年には施工実績やこの間の技術の進展を踏まえ、本基準を改定すべく改定要望項目の全国調査を行い、同年9月に土地改良事業計画設計「ダム」改定委員会（以下「改定委員会」という）を設け、基準案のとりまとめを開始した。

なお、今回の改定案については、平成11年3月にかんがい排水審議会に諮問し、同審議会の検討審議を経て平成13年3月に食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会に報告し、諮問案が適当とする答申がなされている。

(1) 土地改良事業計画設計・設計「ダム」改定委員会

改定に当たっては、内容が広範囲かつ多岐に亘ることから、改定委員会の中に水文・水理、フィルダム、コンクリートダムの小委員会を設置し、各種検討項目に対する技術的検討を行った。

改定委員会は、平成10年9月1日に第1回委員会を行って以来、平成13年2月16日の最終委員会までに11回委員会を開催した。（通常他の工種の設計基準では3回程度）

また、改定委員会の前段には、各小委員会において検討が行われ、合同で行ったものを含め、水文・水理小委員会（4回）、フィルダム小委員会（8回）、コンクリートダム小委員会（8回）を開催した。

なお、改定委員会及び小委員会のメンバーは以下のとおりである。（敬称略）

改定委員会

委員長 長谷川 高士

委員 青山 威康 浅井 喜代治 大西 亮一 大根 義男 風間 彰
田中 忠次 竹内 睦雄 仲野 良紀 粉倉 克幹 (五十音順)

小委員会

○水文・水理小委員会

委員長 大西 亮一

委員 中 達雄 永井 明博 早瀬 吉雄 (五十音順)

○フィルダム小委員会

委員長 田中 忠次

委員 向後 雄二 谷 茂 増田 明德 毛利 栄征 粉倉 克幹 安中 正実
(五十音順)

○コンクリートダム小委員会

委員長 青山 威康

委員 豊田 裕道 長束 勇 藤本 直也 毛利 栄征 (五十音順)

(2) 事務局

事務局は、各小委員会に呼応した専属的な運営を行うため、改定案を作成するための作業部会を設け検討を行った。

なお、事務局を構成した主なメンバーは以下のとおりである。

市野吉造、伊藤定由、有働秀憲、大村 行、木内正人、菊池由則、清原拓治、桑原一登、上月良吾、小坂隆幸、櫻庭光一、信野安重、渋谷孝一、関岡英明、瀬戸太郎、大黒 理、高橋禎一、高橋日出男、高橋三夫、田口高士、竹谷喜代春、田中玄太郎、南部明弘、野添浩彦、畑山元晴、備前信之、松田文秀、水小田英俊、宮北順一、宮崎敏行、渡邊昭弘、渡辺博之 (五十音順)

3 基準の改定方針

(1) 設計基準の基準書と技術書への再編整備

近年の土木技術等の発展・進歩は著しく、設計基準類においては、新工法及び新材料などに的確に対応することが望まれるとともに、現地の条件や地域の特性を生かした柔軟な設計が求められている。

しかしながら、これまでの設計基準の記述は絶対的なものと解釈されがちであったことから、構造物の機能上守るべきことと、現地の条件によって選択性のあることを明確に区分することが必要となってきた。

このため、平成6年度から設計基準については基準が本来持つべき規範性と技術に求められる即時性、柔軟性、選択性などを両立して確保し、農業農村整備事業の適切かつ円滑な執行に資するため、設計基準を次のように再編整備することとしており、本基準もこれに沿って再編整備した。

現行の設計基準を「基準書」と「技術書」に区分して再編整備する。

「基準書」には、地域の特性や個別の現場条件などにかかわらず、すべての設計において遵守すべき事項を規定する。

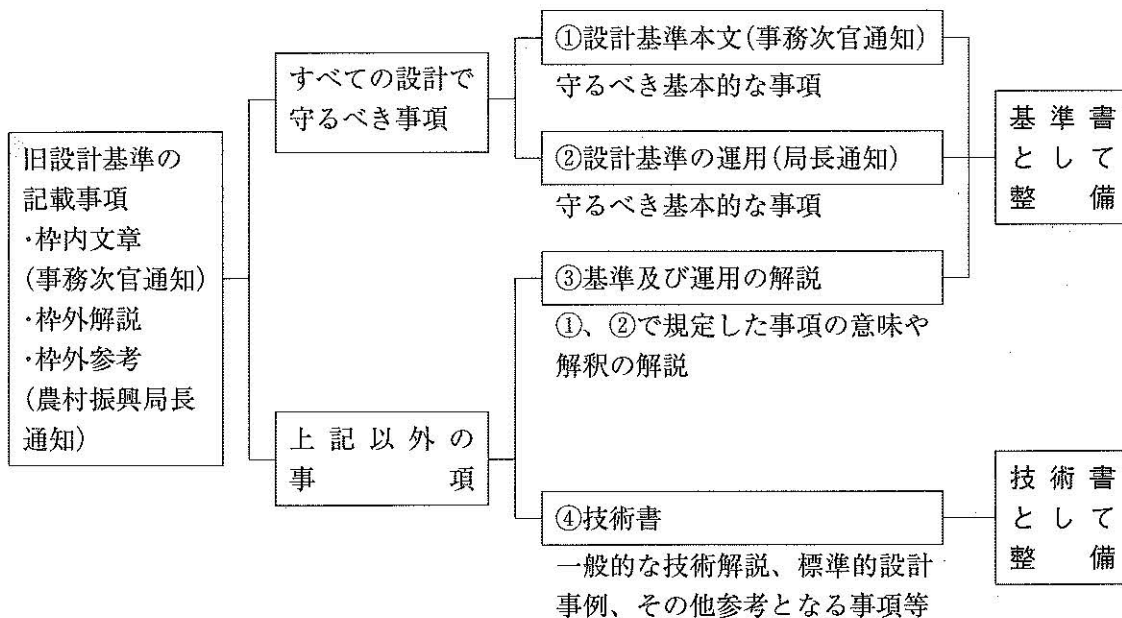
このうち、①設計基準本文（事務次官通知）には、基本的・規範的な事項

②設計基準の運用（農林水産省通知）には、具体的な規定事項

をそれぞれ定める。

上のように守るべき事項のみを条文として記述した①、②だけでは、設計者はこの規定の根拠や背景等が理解できない。このことは、規定した事項の適切な適用や技術の向上にとって好ましいことではないので、①や②で規定した事項の根拠や解釈を、③基準及び運用の解説として整備する。

①や②で一律に定めない事項、地域の特性や現場の条件等によって選択性のある事項、一般的な技術解説、標準的な設計事例、その他参考となる事項等については、基準書とは別の、④技術書として整備する。



(2) 設計基準「ダム」の構成

改定内容が広範かつ多岐に亘り、調査計画、参考事例等の更なる充実を図ったため、現行基準と比較して全体量が大幅に増加した。このため単一の構成では技術基準書としての利便性、機能がそこなわれるため、フィルダム、コンクリートダム、共通する事項を分冊することとし、「基準書・共通編」、「フィルダム編」、「コンクリートダム編」の3分冊構成とした。

(3) 主要改定内容

I. 共通編

(1) 「ダムの歴史的経緯」の追加

(2) 「ダム分類と構成」

①フィルダムの分類を中心遮水型と傾斜遮水型に細区分するとともに、コア型は中心遮水壁型と名称を変更した。

②ダムの構成を、堤体、取水・放流設備及び管理設備に規定した。

(3) 調査計画

①土質分類方法を米国統一分類法（ASTM 統一分類法）から日本統一分類に変更した。

②ダムの建設過程毎に応じた調査区分（予備、計画、設計、施工時及び試験湛水時）とし、各段階毎の調査の精度、頻度などを取りまとめた。また、予備～施工時及び試験湛水時までの一連の調査フロー図を作成した。

③各地質調査を踏まえた基礎地盤の力学性及び透水性の総合評価の方法について記述した。

④グラウチング試験、第四紀断層調査、斜面对策調査、環境調査、関連工事の調査（工事用道路、建設発生土受入地、仮設備等）などについて近年の知見を踏まえ、追加・拡充し、内容の充実を図った。

⑤間接流域の取扱いについて追記した。

II. フィルダム編

(1) 堤体

①実績及び近年の研究成果等を踏まえ、有限要素法による安定性検討手法、飽和・不飽和浸透流の考え方、及び耐震設計の向上に関する考え方等を記述した。

②基礎処理の設計において、地盤毎の特性と基礎処理を行うに当たっての留意事項を記述するとともに、グラウチングの改良目標及び範囲についての考え方を具体的に記述した。（フィル及びコンクリート）

③監査廊をカルバート型とトンネル型に分類し、近年の施工実績を踏まえ、詳細な設計手法を記述した。

(2) 取水・放流施設

①側水路型洪水吐の側水路の設計において、経済性を考慮し、水理模型実験等の結果をもとに遮壁擁壁を採用可能であることとした。

②円弧堰、ラビリンス堰等の設計手法を追記した。

(3) 貯水池及びその周辺の整備

環境への影響を低減するための措置について追加した。（フィル及びコンクリート）

(4) 管理設備

構造物の管理設備としてダムの挙動計測のための計器配置計画、計測頻度、計測結果の評価方法についての内容を充実した。（フィル及びコンクリート）

(5) 施工

①最近の施工実績を踏まえ、グラウチングの孔配置、効果判定の考え方について内容を充実した。（フィル及びコンクリート）

②最近の施工実績を踏まえ、監査廊のコンクリート打設方法、養生方法等について内容を充実した。

(6) 試験湛水

試験湛水の目的と試験湛水計画書の策定方法について具体的に記述した。（フィル及びコンクリート）

(7) 嵩上げ

ダムの嵩上げの方法や調査等の留意点を事例を含めて追加した。(フィル及びコンクリート)

Ⅲ. コンクリートダム編

(1) 堤体

- ①設計せん断強度の決定手法と留意点について取りまとめるとともに、基礎地盤に低角度断層や弱層部のある場合の安定性の検討手法について追加した。
- ②ダム用コンクリートの性質、特徴について記載し、RCD工法、拡張レヤー工法等について追加するとともに、配合設計手順等をフローチャート化し、実績について取りまとめた。
- ③温度規制について発生機構、温度規制計画についてフロー図を示し、解析法について記述した。
- ④近年の事例が少なく、今後建設がほとんどないと考えられる複合ダム、アーチ式ダム及び中空重力式ダムについては、概要の説明程度にとどめた。

(2) 施工

柱状工法と面状工法に区分し、施工方法の詳細について記述した。

(4) SI単位移行について

平成11年10月からSI単位に全面移行したことに伴い、一部使用が認められている非SI単位をのぞき単位の表示はすべてSI単位とした。

土地改良事業計画設計基準

設 計
ダ ム

基 準 書

基 準 書 目 次

(基準 (事務次官通知))	(基準の運用 (農林振興局長通知))	(関連する技術書)
1 基準の位置付けと適用範囲	1 基準の運用の位置付けと適用範囲……………4	第1章 ダムの歴史的経緯…………… I -5
1.1 基準の位置付け	1.1 基準の運用の位置付け……………4	
1.2 基準の適用範囲	1.2 運用の適用範囲……………6	
2 ダムの構成	2 ダムの構成……………10	第2章 ダムの分類と構成…………… I -21
	2.1 堤体……………10	
	2.2 取水・放流設備……………12	
	2.3 管理設備……………12	
3 関係法令の遵守等	3 関係法令の遵守等……………14	第3章 ダムの建設に関係する法令等…………… I -26
	3.1 遵守すべき関係法令等……………14	
	3.2 関係する他の計画との整合……………14	
4 設計の基本	4 設計の基本……………18	第4章 設計の基本…………… I -29
	4.1 配置計画……………18	
	4.2 施設設計……………18	
5 調査計画	5 調査計画……………20	第5章 調査計画…………… I -30
	5.1 調査の段階区分……………20	
	5.2 調査項目……………22	
6 調査	6 調査……………24	第6章 調査…………… I -40
6.1 気象・水象調査	6.1 気象・水象調査の目的と調査内容……………24	
6.2 河川状況の調査	6.2 河川状況の調査……………24	
6.3 地形調査	6.3 地形調査の目的と調査内容……………26	
6.4 地質調査	6.4 地質調査……………26	
6.5 堤体材料の調査	6.5 堤体材料の調査……………32	
6.6 関連工事の調査	6.6 関連工事の調査……………36	
6.7 環境等の調査	6.7 環境等の調査……………38	
7 ダムサイトの選定	7 ダムサイトの選定……………42	第7章 ダムサイトの選定…………… I -330
8 貯水池等の諸元	8 貯水池等の諸元……………44	第8章 貯水池等の諸元…………… I -346
	8.1 ダム設計洪水流量……………44	
	8.2 貯水池の水位……………44	
	8.3 貯水容量……………46	
	8.4 非越流部の高さ……………48	
9 堤体及び基礎地盤の設計	9 堤体及び基礎地盤の設計……………50	第9章 フィルダムの設計 (フィルダム編)…………… II -7
9.1 設計の条件	9.1 設計の条件……………50	
9.2 フィルダムの設計	9.2 フィルダムの設計……………60	第9章 重力式コンクリートダムの設計 (コンクリートダム編)…………… III -7
9.3 コンクリートダムの設計	9.3 重力式コンクリートダムの設計……………72	
9.4 複合ダムの設計	9.4 複合ダムの設計……………80	第23章 複合ダムの設計 (コンクリートダム編)…………… III -428
10 取水・放流設備の設計	10 取水・放流設備の設計……………80	第10章 取水・放流設備の設計 (フィルダム編)…………… II -209
10.1 設備の配置	10.1 設備の配置……………80	第10章 取水・放流設備の設計 (コンクリートダム編)…………… III -131
10.2 設備の設計	10.2 設備の設計……………86	

11 転流工の設計	11 転流工の設計	96	第11章 転流工の設計 (フィルダム編)	II-313
	11.1 転流工の規模と形式の決定	96	第11章 転流工の設計 (コンクリートダム編)	III-222
	11.2 仮締切堤の設計	96		
	11.3 仮排水路の設計	96		
	11.4 閉塞工の設計	96		
12 貯水池及びその周辺の整備	12 貯水池及びその周辺の整備	98	第12章 貯水池及びその周辺の整備 (フィルダム編)	II-335
	12.1 堆砂及び背水対策	98	第12章 貯水池及びその周辺の整備 (コンクリートダム編)	III-239
	12.2 貯水池周辺地山の斜面安定対策及び漏水対策	98	第20章 貯水池周辺地山等の斜面安定対策の施工 (コンクリートダム編)	III-410
	12.3 貯水池周辺の整備	98	第23章 貯水池周辺地山等の斜面安定対策の施工 (フィルダム編)	II-545
13 管理設備	13 管理設備	100	第13章 管理設備の設計 (フィルダム編)	II-351
	13.1 構造物管理設備の設置	100	第13章 管理設備の設計 (コンクリートダム編)	III-256
	13.2 操作管理設備の設置	100		
14 施工の基本	14 施工の基本	102	第14章 フィルダムの施工計画 (フィルダム編)	II-393
			第14章 コンクリートダムの施工計画 (コンクリートダム編)	III-288
15 転流工の施工	15 転流工の施工	104	第16章 転流工の施工 (フィルダム編)	II-412
			第16章 転流工の施工 (コンクリートダム編)	III-310
16 堤体及び基礎地盤の施工	16 堤体及び基礎地盤の施工	104	第17章 基礎掘削 (フィルダム編)	II-420
	16.1 堤敷等の掘削	104	第17章 基礎掘削 (コンクリートダム編)	III-319
	16.2 基礎処理の施工	106	第18章 基礎処理の施工 (フィルダム編)	II-431
			第18章 基礎処理の施工 (コンクリートダム編)	III-322
	16.3 フィルダムの堤体等の施工	106	第19章 堤体の施工 (フィルダム編)	II-460
	16.4 コンクリートダムの堤体の施工	108	第19章 堤体の施工 (コンクリートダム編)	III-349
17 取水・放流設備の施工	17 取水・放流設備の施工	110	第19章 堤体の施工 (コンクリートダム編)	III-349
			第22章 取水・放流設備の施工 (フィルダム編)	II-539
18 試験湛水	18 試験湛水	110	第21章 湛水計画 (コンクリートダム編)	III-412
	18.1 試験湛水計画の策定等	110	第24章 湛水計画 (フィルダム編)	II-547
	18.2 試験湛水の実施	110		
19 ダムの供用	19 ダムの供用	112	第22章 管理 (コンクリートダム編)	III-421
			第25章 管理 (フィルダム編)	II-556

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p>1 基準の位置付けと適用範囲</p> <p>1.1 基準の位置付け</p> <p>この基準は、国営土地改良事業の実施に当たり、ダムの調査、設計及び施工を行う際に、遵守しなければならない基本的な事項を定める。</p>	<p>1 基準の運用の位置付けと適用範囲</p> <p>1.1 基準の運用の位置付け</p> <p>この基準の運用（以下「運用」という。）は、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」（以下「基準」という。）を適用する際の運用について定める。</p> <p>ダムの調査、設計及び施工を行うに当たっては、基準及び運用に定めた基本的な事項を遵守するとともに、その目的、位置、規模、地形条件、地質条件及び施工条件等の実情に即して適切に行わなければならない。</p>

基準及び運用の解説

基準1及び運用1は、この基準及び運用の位置付けと適用範囲について定めたものである。



基準1.1及び運用1.1は、この基準及び運用の位置付け（事業及び行為）について定めたものである。この基準及び運用は、「国营土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令（最終改正昭和52年農林省訓令第19号）」に基づいて定められたものであり、適用の対象となる行為は、土地改良法（昭和24年法律195号）に規定されている国营土地改良事業で新築又は改築（ここで、改築とは施設全体にわたる改造工事をいう。）するダムへの調査、設計及び施工である。したがって、国营土地改良事業以外の土地改良事業（補助事業等）に基づく行為については、この基準及び運用の適用を受けるものではないが、この場合においても、それぞれの事業主体やその行為を行う者が、独自の判断のもとで、この基準及び運用を準用することを妨げるものではない。

この基準及び運用は、農業用ダムを前提として、ダムへの調査、設計及び施工を行うに当たって遵守しなければならない基本的な事項を定めたものである。このため、共同事業によりダムを建設する場合にあつては、事業の目的が達成できるように他事業と十分な調整を行う必要がある。また、個々のダムにおいては、当該ダムの実情に即して、基準及び運用を適用する必要がある。

なお、この基準及び運用は、河川管理施設等構造令（昭和51年政令第199号、以下「構造令」という。）及び河川管理施設等構造令施行規則（昭和51年建設省令第13号、以下「施行規則」という。）の規定にも準拠している。また、ダムへの完成後の管理については、「5構改A第362号土地改良施設管理基準 ダム編」（平成5年6月15日）及び河川法（昭和39年7月10日法律第167号）の適用を受けるダムについては同法第47条第1項に規定する操作規程により（河川法の適用を受けない河川等に設けたダムは、これに準じて）適切に管理されることを前提としている。

土地改良事業計画設計基準

設 計
夕 么
技 術 書

【共通編】

技 術 書 目 次

第1章 ダムの歴史的経緯	I - 5
1.1 フィルダムの歴史的変遷	I - 5
1.2 コンクリートダムの歴史的変遷	I - 13
第2章 ダムの分類と構成	I - 21
2.1 ダム等	I - 21
2.2 ダムの分類	I - 21
2.2.1 フィルダムの分類	I - 21
2.2.2 コンクリートダムの分類	I - 22
2.2.3 ゾーン型フィルダムの各ゾーンの機能と材料	I - 23
2.3 ダムの構成	I - 23
2.3.1 堤体	I - 23
2.3.2 取水・放流設備	I - 25
2.3.3 管理設備	I - 25
第3章 ダムの建設に関する法令等	I - 26
第4章 設計の基本	I - 29
4.1 配置計画	I - 29
4.2 施設設計	I - 29
第5章 調査計画	I - 30
5.1 調査と設計・施工の流れ	I - 30
5.2 調査の段階区分	I - 30
5.2.1 予備調査	I - 30
5.2.2 計画調査	I - 31
5.2.3 設計調査	I - 31
5.2.4 施工時及び試験湛水時の調査	I - 31
5.3 調査項目	I - 36
5.3.1 開発計画に関する調査	I - 36
5.3.2 気象・水象調査	I - 36
5.3.3 河川状況の調査	I - 37
5.3.4 地形調査	I - 37
5.3.5 地質調査	I - 37
5.3.6 堤体材料の調査	I - 38
5.3.7 関連工事の調査	I - 38
5.3.8 環境等の調査	I - 38
第6章 調査	I - 40
6.1 気象・水象調査	I - 40
6.1.1 調査項目	I - 40
6.1.2 気象・水象観測	I - 41
6.1.3 資料の収集整理	I - 43
6.2 河川状況の調査	I - 44

【関連基準】 <関連運用>

【1 基準の位置付けと適用範囲】
<1.1 基準の運用の位置付け>
<1.2 運用の適用範囲>

【2 ダムの構成】
<2.1 堤体>
<2.2 取水・放流設備>
<2.3 管理設備>

【3 関係法令の遵守等】
<3.1 遵守すべき関係法令等>
<3.2 関係する他の計画との整合>

【4 設計の基本】
<4.1 配置計画>
<4.2 施設設計>

【5 調査計画】
<5.1 調査の段階区分>
<5.2 調査項目>

【6 調査】
<6.1 気象・水象調査の目的と調査内容>
<6.2 河川状況の調査>
<6.3 地形調査の目的と調査内容>
<6.4 地質調査>
<6.5 堤体材料の調査>

6.2.1	河川形状、河床堆積物等の調査	I-44
6.2.2	水質調査	I-45
6.2.2.1	ダム建設によって生じる可能性のある特異な水質現象の概要	I-45
6.2.2.2	調査内容	I-49
6.3	地形調査	I-56
6.3.1	概説	I-56
6.3.1.1	調査の目的と意義	I-56
6.3.1.2	調査項目と内容	I-56
6.3.2	地形図作成調査	I-58
6.3.2.1	調査段階別の地形図作成内容	I-58
6.3.2.2	地形図作成方法	I-58
6.3.3	地形分類調査	I-60
6.3.3.1	概説	I-60
6.3.3.2	調査内容	I-61
6.3.3.3	調査方法	I-61
6.3.3.4	ダム築造上留意すべき地形	I-64
6.4	ダムサイト周辺の地質調査	I-65
6.4.1	概説	I-65
6.4.1.1	地質調査の区分と用語の定義	I-65
6.4.1.2	調査の目的と重要性	I-66
6.4.1.3	調査の手順と項目	I-68
6.4.2	ダム基礎としての地質の特徴	I-72
6.4.2.1	地質別の一般的な特徴	I-72
6.4.2.2	地盤透水性の特徴	I-77
6.4.2.3	ダム基礎としての留意点	I-81
6.4.3	調査段階別の調査内容	I-84
6.4.3.1	予備調査	I-84
6.4.3.2	計画調査	I-86
6.4.3.3	設計調査	I-90
6.4.3.4	施工時及び試験湛水時の調査	I-92
6.4.4	調査方法と結果の整理	I-101
6.4.4.1	地質構造調査	I-101
6.4.4.2	力学性調査	I-120
6.4.4.3	透水性調査	I-129
6.4.5	グラウチング試験	I-160
6.4.5.1	概説	I-160
6.4.5.2	調査段階別の試験内容	I-160
6.4.5.3	試験の方法	I-161
6.4.5.4	試験結果の整理	I-165
6.4.6	調査結果の総合評価	I-167
6.4.6.1	概説	I-167
6.4.6.2	力学特性の評価	I-168
6.4.6.3	透水性の評価	I-184
6.5	第四紀断層調査	I-185
6.5.1	概説	I-185
6.5.2	調査計画	I-189
6.5.3	段階別の調査内容	I-189
6.5.3.1	予備調査	I-189
6.5.3.2	計画調査	I-190
6.5.4	調査方法	I-193
6.5.5	調査事例	I-195
6.5.5.1	Aダム	I-195
6.5.5.2	Bダム	I-198
6.6	斜面对策調査	I-201
6.6.1	概説	I-201

《6.6 関連工事の調査》

《6.7 環境等の調査》

6.6.2	調査計画	I -207
6.6.3	調査段階別の調査内容	I -211
6.6.3.1	予備調査	I -211
6.6.3.2	計画調査	I -211
6.6.3.3	設計調査	I -215
6.6.3.4	施工時及び試験湛水時の調査	I -215
6.6.4	精査地すべり及び要対策地すべりの判定	I -215
6.6.4.1	計画調査（精査）の必要性の検討	I -215
6.6.4.2	対策工の必要性の検討	I -217
6.6.5	斜面崩壊の事例	I -224
6.7	コンクリートダム用骨材の調査	I -228
6.7.1	コンクリートダム用骨材の一般的性質	I -228
6.7.2	コンクリートダム用骨材の調査	I -230
6.7.2.1	一般事項	I -230
6.7.2.2	調査計画	I -231
6.7.2.3	骨材の試験	I -237
6.7.2.4	購入材料の調査項目	I -241
6.8	フィルダム材料調査	I -247
6.8.1	自然材料の分類と一般的性質	I -247
6.8.2	フィルダム材料の調査	I -257
6.8.2.1	一般事項	I -257
6.8.2.2	調査計画	I -257
6.8.2.3	材料採取地の調査	I -260
6.8.3	遮水性材料の試験	I -262
6.8.4	透水性及び半透水性材料の試験	I -280
6.8.5	フィルタ材料の試験	I -295
6.8.6	人工遮水性材料の試験	I -300
6.8.6.1	アスファルト混合物	I -300
6.8.6.2	ジオメンブレン	I -304
6.9	関連工事の調査	I -313
6.9.1	工事用道路	I -313
6.9.2	建設発生土受入地	I -314
6.9.3	仮設備	I -314
6.10	環境等の調査	I -315
6.10.1	環境調査	I -315
6.10.1.1	環境調査の基本	I -315
6.10.1.2	環境影響評価法の概要	I -318
6.10.1.3	法令等の適用を受けないダムの環境等の調査	I -323
6.10.2	補償等に関する調査	I -326
6.10.2.1	河川構造物、権利等の調査	I -326
6.10.2.2	補償調査	I -327
6.10.3	施工条件に関する調査	I -329
第7章	ダムサイトの選定	I -330
7.1	ダムサイト候補地の選定	I -330
7.2	ダムサイトの決定	I -335
7.2.1	ダムタイプの概定	I -335
7.2.1.1	ダムタイプ別の特徴	I -339
7.2.2	ダムサイトの比較検討	I -341
第8章	貯水池等の諸元	I -346
8.1	洪水時の流量	I -346
8.1.1	ダム設計洪水流量	I -346
8.1.1.1	200年確率洪水流量（A 項流量）	I -346

【7 ダムサイトの選定】
〈7 ダムサイトの選定〉

【8 貯水池等の諸元】
〈8.1 ダム設計洪水流量〉
〈8.2 貯水池の水位〉
〈8.3 貯水容量〉
〈8.4 非越流部の高さ〉

8.1.1.2 既往最大洪水流量 (B 項流量)	I -350
8.1.1.3 地域最大洪水流量 (C 項流量)	I -350
8.1.1.4 間接流域の取扱い	I -354
8.1.2 その他の流量	I -354
8.2 貯水池の水位	I -355
8.2.1 設計洪水位	I -355
8.2.2 常時満水位	I -357
8.2.3 サーチャージ水位	I -357
8.2.4 最低水位	I -358
8.3 貯水容量	I -358
8.3.1 総貯水容量	I -358
8.3.2 有効貯水容量	I -358
8.3.3 堆砂量	I -363
8.3.4 容量配分	I -382
8.4 堤体の非越流部の高さ と 堤頂の高さ	I -383
8.4.1 堤体の非越流部の高さの基準	I -383
8.4.2 波浪の貯水面からの高さ	I -384
索引	I -390

第1章 ダムの歴史的経緯

関連事項〔基準1、運用1.1～1.2〕

農業用ダムの設計・施工技術は、水源開発の歴史のなかで、先人たちがため池の築造・決壊・補修の繰返しを通じて培ってきた技術や経験を礎とし、その後、アメリカの土質力学の導入、岩盤工学などの基礎学問の発達、構造解析などの計算及び計測技術の進歩、施工技術の向上などを背景として発展してきており、築造の経験と近代の工学理論との融和によって体系化されてきたものである。

これらの技術の発展は、ダムの設計・施工に係わる信頼性向上を促すとともに、過去には変形性や透水性の点からダム建設が困難と考えられていた基礎地盤上においても、安全なダムを建設することを可能としてきた。しかし、体系化されたダム技術の分野においても、さらに経済的で、かつ安全なダムを建設するため、土質工学や材料工学などの学問分野でのさらなる発展、設計・施工面での合理化のための技術の追求、今後増えるであろうダムの更新のための技術の蓄積などに向けて、多くの技術者が努力を積み重ねている。また、近年では環境に対する社会的関心が高まってきており、環境との調和に配慮したダムの設計・施工技術の開発が必要となってきた。

この技術書は、現時点の技術水準をもとに取りまとめたものであるが、ダム技術は前述のとおり過去の蓄積をもとに日々発展するものであり、この技術書は過去から将来への一通過点を取りまとめたものに過ぎない。

ここでは、今日まで蓄積されてきた技術の変遷の概要について示す。なお、詳細については、過去に刊行されたダムに関する土地改良事業計画設計基準等を参照する。

1.1 フィルダムの歴史的変遷

(1) 土堰堤による経験蓄積の時代（～1885年頃）

この時代は、土堰堤（「ため池」ともいう）の時代であり、幾度かの決壊、修理、復旧等に基づく経験の蓄積により施設が築造された。初期のものは主として粘性土、又は砂質土からなる土堰堤（アースダム）で、古代より築造され、現存する土堰堤は21万余基¹⁾といわれており、その多くが高さ15m以下の小規模なものである。

わが国で最も古い土堰堤は、今からおよそ2000年前に河内国狭山（現在の大阪府）に造られた依網池、荊坂池、反折池とされている²⁾。著名なものとしては香川県の満濃池、愛知県の入鹿池等がある。

なお、この時代の土堰堤は均一型、傾斜遮水ゾーン型がほとんどであり、明治以前に築造されたものの中で堤高25m以上のものは30基以上ある³⁾。

(2) ゾーニングの芽生え、土質工学理論の導入の時代（1886～1945年頃）

1887年頃、中心遮水ゾーン型フィルダムの堤体設計の考え方がイギリスやフランスから導入され、国内において金吹池（1910年完成、 $H=22.0\text{m}$ 、滋賀県、かんがい用）、大野ダム（1914年完成、 $H=37.3\text{m}$ 、山梨県、発電用）、村山ダム（1923年完成、 $H=24.2\text{m}$ 、東京都、上水道用）等が建設された⁴⁾。

また、農業用ダムに関する技術的検討については、1907年に農業土木学会の前身である耕地整理研究会が発足し、専門的研究を開始するとともに、研究態勢の整った大学や専門学校等で

独自の研究が進められた⁹⁾。

昭和の幕開け(1927年～)とともに、Terzaghi(テルツァギー)の有効応力と圧密理論を骨子とする近代土質工学が全世界に急速に広まった。また、1933年には、Proctor(プロクター)の「転圧アースダムの設計と施工について」が発表され、この中で「締固めの最適含水比」という新しい概念が提示された。なお、アメリカでは、アースダムの安定性に対する信頼度が高まる(土質試験や現場の測定機器の普及、Proctorの施工管理の原則の適用、建設機械の大型化、設計の専門化)なかで、水需要が増加したため、堤高30mを越える大規模なアースダムが数多く建設された⁹⁾。

農業用ダムである聖台ダム(1937年完成、 $H=26.1\text{m}$ 、北海道、中心遮水壁型フィルダム)では、堤体断面のゾーニングを行うとともに、遮水壁の下部においてグラウチングが施されている。

(3) 技術発展の時代(1946～1955年頃)

戦後の復興計画の一環として大規模な農業水利事業が展開され、干拓堤防、アースフィルダム、ロックフィルダム等の大型構造物の建設が精力的に進められた。

この時期は、アメリカの土質工学理論の本格的な導入などにより、フィルダムの技術が目覚ましく発展した時期であり、1953年には土地改良事業計画設計基準「土堰堤」が制定された。この基準では、堤体内の浸潤線の決定方法、堤体設計へのせん断すべり安全率の適用、統計的処理による水文諸量から洪水吐等の規模を決定する方法、側溝式洪水吐の水理解析などが規定されている。また、この基準では、ダムの基礎地盤は十分な支持力を有すること、及び浸透水による破壊が生じないことが重要であることを定めるとともに、亀裂性の岩盤において漏水を抑制するためグラウチングを施すことも示されている。

この時代の代表的なダムとしては、小淵ダム、山王海ダム、羽鳥ダムなどがある。

① 小淵ダム(1952年完成、 $H=20.5\text{m}$ 、岐阜県、コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム：図-1.1-1)

わが国最初のロックフィルダムであり、岩塊を水力採掘用のジェット噴射装置でかん水し、ローラで転圧

② 山王海ダム(1954年完成、 $H=37.4\text{m}$ 、岩手県、中心遮水ゾーン型アースフィルダム：図-1.1-2)

- (i) 洪水吐能力を統計的処理を行った水文諸量により決定し、水理模型実験によりその能力を確認
- (ii) 土質試験結果を使用し、設計と施工管理を系統化
- (iii) 安定解析については円形すべり面法を採用
- (iv) 転圧機械としてタンピングローラを開発し、高含水比材料と施工可能日数の制約の下で、機械化による短期施工を実現

③ 羽鳥ダム(1956年完成、 $H=37.1\text{m}$ 、福島県、中心遮水ゾーン型アースフィルダム：図-1.1-3)

- (i) 洪水吐の水理模型実験を実施
- (ii) 現場土質試験により施工管理を実施
- (iii) 遮水性材料に混合材を使用

④ 相野々ダム(1961年完成、 $H=40.8\text{m}$ 、秋田県、均一型フィルダム：図-1.1-4)

- (i) 土質試験により堤体の設計強度を設定し、円形すべり面スライス法により断面を決定
- (ii) 浸透流の把握のための模型実験を実施しドレーンを設計
- (iii) 乾燥密度による施工管理を実施

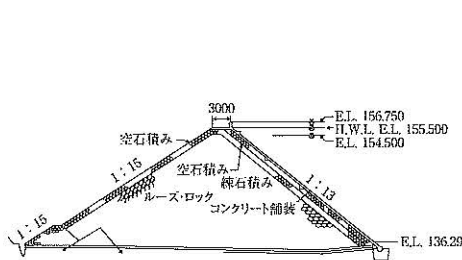


図-1.1-1 小淵ダム

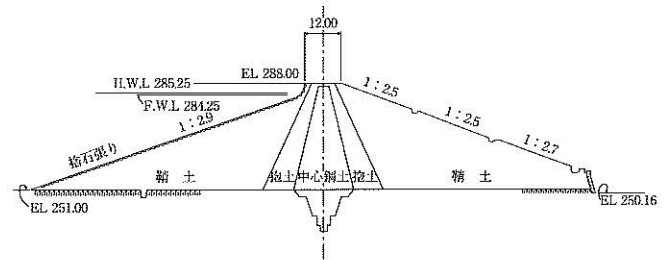


図-1.1-2 山王海ダム

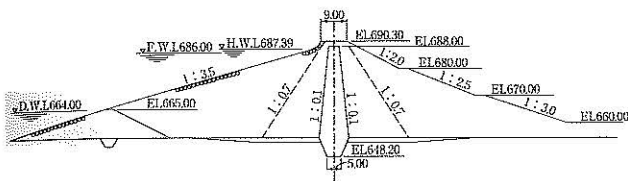


図-1.1-3 羽鳥ダム

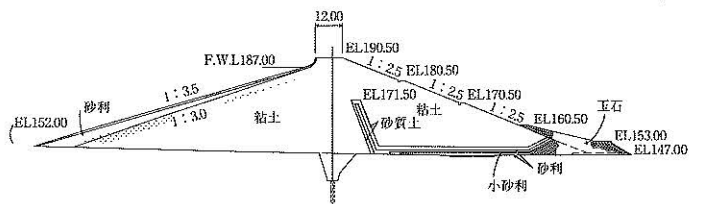


図-1.1-4 相野々ダム

(4) フィルダム技術確立の時代 (1956~1965年頃)

現在、堤体の安定性の検討で定着している円形すべり面スライス法は、1956年に制定された土地改良事業計画設計基準「アースフィルダム (改定案)」で取上げられた。

この時代の代表的なダムとしては、以下に示す岩洞ダム、牧尾ダムであり、ロックフィルダムの設計・施工技術の確立、大型機械の導入が図られ、フィルダムの大規模化の幕開けとなった。ダムタイプとしても、ダムサイトの基礎地盤の状況に応じて中心遮水ゾーン型、表面遮水壁型、傾斜遮水ゾーン型等の様々なタイプが採用された。

また、砂礫玉石を利用した青山ダム (1963年完成、 $H=35.5\text{m}$ 、北海道、傾斜遮水ゾーン型アースフィルダム)、軟岩を利用した厚真ダム (1971年完成、 $H=38.2\text{m}$ 、北海道、中心遮水ゾーン型ロックフィルダム)、軽石凝灰岩 (いわゆるシラス) を利用した二の倉ダム (1970年完成、 $H=37.0\text{m}$ 、青森県、表面遮水壁型アースフィルダム) 等、様々な材料が築堤に利用されるようになった。また、ほとんどのフィルダムでグラウチングが施工されるようになるとともに、軟弱地盤をサンドパイル工法により改良した大塩ダム (1969年完成、 $H=31.9\text{m}$ 、群馬県、均一型フィルダム)、透水性地盤に地中連続壁による止水処理を実施した日新ダム (1974年完成、 $H=29.5\text{m}$ 、北海道、傾斜遮水ゾーン型ロックフィルダム) など、最新技術が導入された。

これらの技術の成果は、1966年の土地改良事業計画設計基準「フィルダム」の制定、1971年の同基準の一部改訂に反映され、基準はフィルダム建設の教科書的存在となった。

- ① 岩洞ダム (1960年完成、 $H=40.0\text{m}$ 、岩手県、傾斜遮水ゾーン型ロックフィルダム：図-1.1-5)

施工可能日数が少ないことから、我が国で最初の傾斜遮水ゾーン型を採用

- ② 牧尾ダム (1961年完成、 $H=105.0\text{m}$ 、長野県、中心遮水ゾーン型ロックフィルダム：図-

1.1-6)

- (i) アメリカの技術援助を受け、調査、設計、施工を一貫した技術思想のもとに実施
- (ii) 大型土質試験により築堤材料の管理を実施
- (iii) 堤体の安定計算を修正フェレニウス法により実施

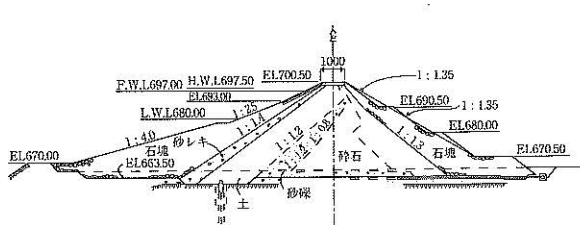


図-1.1-5 岩洞ダム

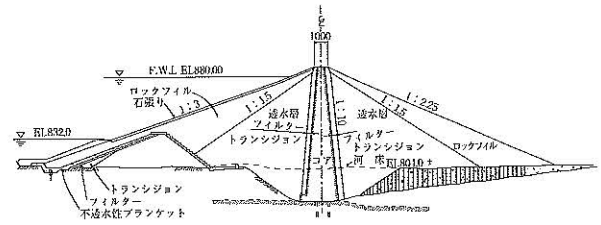


図-1.1-6 牧尾ダム

(5) フィルダム技術の高度化の時代 (1965年頃～)

(a) 設計技術の高度化

表-1.1-1にこの時代の特徴的な農業用ダムを示す。1965年以降は、コンピュータ、精密機器等の発達に伴い、調査、設計及び施工の精度が飛躍的に向上した。堤体又は基礎地盤内の応力

表-1.1-1 特徴的な農業用フィルダム

事 項	ダ ム 名 (堤 高、 所 在 県、 ダ ム タ イ プ)	
堤高100m級の High ダム	日中ダム (H=101.0m、福島、RC)	榊谷ダム (H=100.4m、福井、RC)
	新鶴子ダム (H=96.0m、山形、RC)	大柿ダム (H=84.5m、福島、RC)
	二庄内ダム (H=86.0m、青森、RC)	
複合ダム	永源寺ダム (H=73.5m、滋賀)	菖蒲川ダム (H=31.1m、山形)
傾斜遮水ゾーン型ダム	合所ダム (H=60.7m、福岡、RS)	矢の目ダム (H=29.0m、栃木、RS)
	長柄ダム (H=52.0m、千葉、ES)	
嵩上げダム	山王海ダム (H=61.5m、岩手、RC)	
軟岩材料を利用したダム	南外ダム (H=21.4m、秋田、EC)	五位ダム (H=57.0m、富山、RC)
	菰野ダム (H=28.4m、三重、ES)	浪岡ダム (H=52.4m、青森、RC)
特殊土を利用したダム	目谷ダム (H=49.7m、広島、RC、マサ)	二の倉ダム (H=37.0m、青森、EF、シラス)
	矢の目ダム (前出 関東ローム)	赤坂ダム (H=30.4m、佐賀、RC、オンジャク)
表面遮水壁型(アスファルトフェイシング)を採用したダム	深山ダム (H=75.5m、栃木、RF)	二の倉ダム (前出)
	双葉ダム (H=61.4m、北海道、RF)	
全面ブランケットを行ったダム	東原調整池 (H=21.0m、宮崎、EH、アース)	
	万場調整池 (H=28.6m、愛知、EF、堤体表面：アスファルト、貯水敷：ジオメンブレン)	
液状化を考慮したダム	又木戸ダム (H=34.6m、青森、EH)	浪岡ダム (前出)
	南椎尾調整池 (H=27.4m、茨城、RS)	伊仙中部ダム (H=29.0、鹿児島、ES)
間隙水圧消散のための水平ドレーンを設置したダム	日指ダム (H=40.0m、大分、EC)	清願寺ダム (H=60.5m、熊本、EC)
	深田ダム (H=55.5m、福島、EC)	
初期の監査廊設置ダム	都田川ダム (H=55.0m、静岡、RC)	大柿ダム (前出)

RC：中心遮水ゾーン型ロックフィルダム RS：傾斜遮水ゾーン型ロックフィルダム RF：表面遮水壁型ロックフィルダム
 EC：中心遮水ゾーン型アースフィルダム ES：傾斜遮水ゾーン型アースフィルダム EF：表面遮水壁型アースフィルダム
 EH：均一型フィルダム

・変形状態、貯水に伴う浸透流の状態、地震時の堤体の挙動等を把握するため、有限要素法を用いた応力・変形解析、浸透流解析、地震時応答解析等が実施されるようになった。

農業用ダムで最初に有限要素法による解析が行われたダムは、電源開発(株)との共同事業で建設された深山ダム(1974年完成、 $H=75.5\text{m}$ 、栃木県、アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダム)である。このダムは、築堤から貯水時までの堤体及び監査廊の応力・変形解析を実施し、実測値との比較を行った。この深山ダムの建設を契機として、応力・ひずみ関係の研究等が進められた。また、解析技術の進歩に伴い、表-1.1-2に示すように浸透流解析結果をもとにした基礎処理設計、応力・変形解析結果をもとにした堤体設計等が他のダムにおいても行われるようになった。

また、これらの解析の基礎資料を収集するための調査、試験方法も新技術が開発された。例えば、コアパッキングチューブの開発(1980年頃)、さらには近年の気泡ボーリング工法等の開発によるボーリングコア採取率の向上、ボアホールTVスキャナーによるボーリング孔内の観察、物理探査や物理検層技術の向上、基礎地盤の変形係数を把握するための孔内水平載荷試験や築堤材料の強度定数を把握するための高精度大型試験機等の開発が挙げられる。

表-1.1-2 各種解析を利用したフィルダムの設計事例

検討項目	ダム名	ダムタイプ	堤高(m)	堤長(m)	総貯水量(千 m^3)	基礎地質	検討概要	
(1)堤体の応力状態と変形量を把握	日中	RC	101.0	423.0	24,600	流紋岩	堤体自重による沈下量・変形量を把握するため、築堤中及び築堤後の堤体内の応力・変形解析を実施	
	榑谷	RC	100.4	345.9	25,000	砂岩、粘板岩		
	大柿	RC	84.5	262.0	19,500	花崗岩		左岸アバットがやせ尾根であり、地震時の地山と堤体挙動を把握するため、地震時応答解析を実施
(2)基礎地盤内の応力状態と変形量を把握	新鶴子	RC	96.0	283.9	31,500	安山岩	床掘岩盤表面の引張亀裂や監査廊内の応力状態を把握するため、有限要素法による応力・変形解析を実施	
	船上山	RC	43.9	232.1	720	凝灰角礫岩		
	西高尾	RC	46.2	237.0	2,006	凝灰角礫岩		
	深山	RF	75.5	333.8	25,800	流紋岩		
	早瀬野	RC	56.0	285.9	13,500	火山砕屑岩		
(3)地下水浸透流挙動の考慮	新鶴子	RC	96.0	283.9	31,500	安山岩	堤体及び基礎地盤内の浸透流の状況と漏水量を予測するため、有限要素法による浸透流解析を実施	
	船上山	RC	43.9	232.1	720	凝灰角礫岩		
	相川	RC	40.3	168.0	1,770	粘板岩		
	万場	RF	28.6	370.0	5,390	土石流堆積物	ダムタイプの選定、沈下・変形・液状化現象の検討を実施	
(4)軟質地盤上に建設するダムの検討	小田	RC	43.5	520.0	9,720	泥岩	軟岩(泥岩)、洪積地盤上に建設するダムのタイプ選定、基礎処理工法の検討を実施	
	底原	RC	29.5	1331.0	13,000	河床堆積物		
	沼田	RC	44.9	395.0	34,800	泥岩		応力・変形解析により破碎帯を迂回する監査廊を採用
	蔵王	RC	56.0	370.0	4,790	花崗岩、粘板岩		
	天神	RC	62.5	441.7	6,700	砂岩、頁岩		

RC：中心遮水ゾーン型ロックフィルダム RF：表面遮水壁型ロックフィルダム

表-1.1-3 農業用ダム技術年表 (フィルダム)

年 代	1930	1945	1950	1955	1960	1965
ダム技術の期別区分	ゾーニングの芽生え 土質工學理論導入の時代	フィルダム技術発展 の時代			フィルダム技術確立 の時代	フィルダム技術
設計の基礎となった工學	初歩的えん堤工學 コンクリート工學、物理学	土質工學、水文學、水理學 機械工學			統計學、推計學 土木地質學	基礎工學 (圧密理論)
土地改良事業計画設計基準				1953.2「土堰堤」	1956.6「アースフィルダム(改定案)」	1966.6「フィ
河川法・構造令等	1935.5河川えん堤規制					1964河川法改正
日本大ダム會議 ダム基準					1957.9刊行	
設計洪水流量 の決定	最大時雨量1時間排除又は日雨量6~8時間排除			50年1位 降雨量	1956.6 1/200確率	1966.6 1/10 既往最大×1.1 フィルダムは
フィルダムの 安定解析理論 (手法)	物理的釣合 ← 水平撓動安定計算		← 水平せん断安定計算円形すべり面法による安定計算 ← 静的せん断理論			(修正フェレニウス法) でチェック
代表的な フィルダムの 実施例 (注)H:堤高(m)	'34 聖台ダムH=26.1 '37 '35 鍾沢ダム H=24.0 '48 '40 昭和池H=23.1 '42	'46 山王海ダム H=37.4 '48 '49 小淵ダムH=20.5 '52 '44 羽島ダム(一時中止 '49再開) H=37.1	'53 '54	相野々ダム H=40.8	'59 東郷ダムH=31 '61 '62 新小戸六ダムH=21.8 '66 '56 岩洞ダム H=40.0 '60 '64 柳山ダムH=21.8 '67 '56 '57 牧尾ダムH=105.0 '61 '62 厚真ダム H=3	'55 鯉 '64 大塩ダム H=31 '65 二の倉ダム H= '65 日新
ダム技術に関する 特記事項	光明池鉄筋コンクリート取水塔設計 昭和池(H=23.1m)側溝余水吐設計 鍾沢ダム(H=24.0m)ボーリング調査・グラウチング施工 聖台ダム(H=26.1m)土質試験・グラウチング施工 男鹿地盤(1939)M#6・7	山王海ダム(H=37.4m) ・コンクリート表面遮水型を採用 ・岩塊をジェット噴射装置でかん水し、ローラーで転圧 小淵ダム(H=20.5m) ・タンピングローラー開発 ・土質試験結果をもとに施工管理を実施 ・洪水吐規模を1/200離率雨量により決定 ・水理學の観点から洪水吐構造を決定	羽島ダム(H=37.1m) ・観測計器による安全監視を実施	平和池(H=19.6m)決壊(1951) ・遮水性材料に混合材を使用 ・土質試験・施工管理実施 ・観測計器による安全監視を実施	当麻ダム(H=21.3m)15トンダンプ・モータスクレーバ施工 相野々ダム(H=40.8m)堤体模型実験によりインテグレート設計 岩洞ダム(H=40.0m)傾斜遮水ゾーン型ロックフィル採用 牧尾ダム(H=105.0m) ・観測計器による安全監視を実施 ・大型土質試験による材料管理を実施	東郷ダム(H=31.0m)プランケット工法設計 青山ダム(H=35.5m)砂利玉石盛立・七面土圧計埋設 ・農業用ダムで堤高100m級のダムに着手 ・修正フェレニウス安定解析実施 ・大型土質試験による材料管理を実施 東郷ダム(H=31.0m)施工中の異常間隙水圧発生により滑動 厚真ダム(H=3.0m)軟弱材料使用を決定 ・御母衣ダムH=13.1m 1961完成 ロックフィル式 新潟地盤(1964)M#7・5 鍾山ダム(H=21.8m)プランケット工法採用(池敷、被覆) 大塩ダム(H=31.0m)土質基礎をサンドパイル処理 二の倉ダム(H=37.0m)施工中の異常間隙水圧発生により滑動
(注)()は 農業土木以外の 著名なダム事項						

運用変更による貯水容量の再配分、③洪水吐の規模拡大等による安全度の向上、④既設堤体及び貯水池の機能の回復あるいは改善等がある。

堤体の嵩上げについては、1954年より供用している山王海ダム（2001年完成、 $H=61.5\text{m}$ 、嵩上げ高 24.5m 、岩手県、中心遮水ゾーン型フィルダム、第27章参照）の嵩上げ、既設のため池を嵩上げした大谷内ダム（1990年完成、 $H=23.2\text{m}$ 、嵩上げ高 4.7m 、新潟県、均一型フィルダム）等の事例がある。堤体の嵩上げでは、嵩上げ高さに比較して増大する容量が大きいこと、新たな補償問題・環境面への影響が少ないこと等の利点を有するが、一方で、既設ダムの安全性の評価、既設ダムを供用しながら施工する場合の転流の方法等、検討する課題も多い。

また、最近ではダムの堆砂問題がクローズアップされている。貯水容量を回復する方法としては、堆砂の掘削又は浚渫、排砂放流管による排砂等があり、農業用ダムでは、牧尾ダム（前出）において地震時の地山崩壊で流入した堆砂の掘削除去が行われている。堆砂対策を行うに当たっては、大量に発生する浚渫土又は掘削土の処分方法、下流の河川に土砂等を放流した場合の自然環境に与える影響等について、十分に検討する必要がある。

1.2 コンクリートダムの歴史的変遷

(1) 粗石モルタル、粗石コンクリートダム主流の時代（～1945年頃）

コンクリートダムの設計・施工技術は、明治後半よりヨーロッパからわが国に伝えられた。1872年にイギリス人 W.J.M.Rankin（ランキン）がダムの安定条件として、①最大主応力が材料の許容応力以内であること、②ミドルサードの条件を満たすこと、③滑動に対して安全な重さを有することを提案した⁸⁾。これを契機として設計理論は大きく進歩し、1889年には、コンクリート材料で施工した最初のダムである San Mateo ダム（ $H=52.0\text{m}$ 、サンフランシスコ市の上水用）が完成した。

一方、わが国におけるコンクリートダムの歴史はフィルダムに比較して浅く、1900年に完成した五本松ダム（ $H=33.3\text{m}$ 、兵庫県、重力式、上水用）が最初であり、これ以降、発電用、上水用の水源施設として建設が進められるようになった。なお、戦前に建設された農業用コンクリートダムは10基程度あり、上田池（1929年完成、 $H=41.5\text{m}$ 、兵庫県、粗石モルタル、図-1.1-8）は Molesworth の式による理論断面に安全を見込んだ設計が行われ、豊稔池（1930年完成、 $H=30.4\text{m}$ 、香川県、マルチプルアーチ式）では基礎地盤の状況を考慮して日本初のマルチプルアーチ式が採用された。

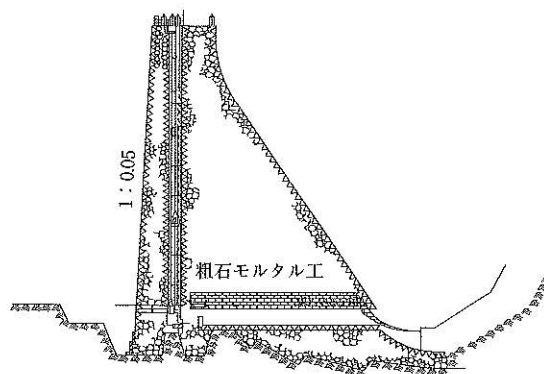


図-1.1-8 上田池

発電用ダムでは、この時期に既に High ダムの建設が行われており、その代表的なダムである小牧ダム（1930年完成、 $H=79.2\text{m}$ 、富山県、重力式、発電用）は、内部応力、水密性を考慮した4種の配合からなるコンクリートの打設、温度収縮を考慮した10～27m 間隔の横継目の設置等の設計・施工がなされている。

1940年代に入り、設計においては、物部の式による理論断面の決定や応力解析、水平及び収縮継目の設置、水理模型実験の実施等が、施工においてはバッチャープラントによるコンク

リート製造、ブロック打設、バイブレータを用いた硬練りコンクリートの締固め等が行われ、戦後の農業用コンクリートダムの設計・施工技術発展の源となった⁹⁾。

(2) コンクリートダム技術確立の時代 (1945年頃～1960年頃)

戦後の経済復興に伴う電力需要に応えるため、全国的にダムが多数建設された。戦前では80m程度が限度であった電力ダムも、佐久間ダム (1956年完成、 $H=155.5\text{m}$ 、愛知・静岡県、重力式)、上椎葉ダム (1955年完成、 $H=110.0\text{m}$ 、宮崎県、アーチ式)、田子倉ダム (1959年完成、 $H=145.0\text{m}$ 、福島県、重力式)、奥只見ダム (1960年完成、 $H=157.0\text{m}$ 、福島県、重力式)、黒部ダム (1961年完成、 $H=186.0\text{m}$ 、富山県、アーチ式) 等の High ダムが次々に建設された。これらの技術は、欧米諸国からの設計技術の導入や施工機械の導入に負うところが大きく、これらを強化しつつ日本のコンクリートダムの総合的技術が培われた。

このような中において農業用コンクリートダムについては、1960年代までは比較的良好な基礎地盤上に鴨川ダム (1951年完成、 $H=42.2\text{m}$ 、兵庫県、重力式) 等の重力式コンクリートダムが建設され、1965年の土地改良事業計画設計基準「コンクリートダム」の制定により、設計・施工技術の体系が確立された。

(3) コンクリートダム技術高度化の時代 (1960年～)

(a) 設計技術の高度化

1960年頃より、ダムサイト適地が少なくなり、必ずしもコンクリートダムの基礎地盤として良好でないダムサイトにおいて、設計・施工の工夫を行いダムが建設された。例えば、代表的なダムとしては、困難な基礎処理を実施して完成した津風呂ダム (1963年完成、 $H=54.3\text{m}$ 、奈良県、重力式)、大規模な断層処理を行った大日川ダム (1967年完成、 $H=59.9\text{m}$ 、石川県、重力式) があり、中でも以下に示す呑吐ダムのマットコンクリート工法による破碎帯処理や大川瀬ダムのダウエルコンクリート工法による弱層処理は、有限要素法による解析結果をもとに設計が行われた。

① 呑吐ダム (1987年完成、 $H=71.5\text{m}$ 、兵庫県、重力式、図-1.1-9)

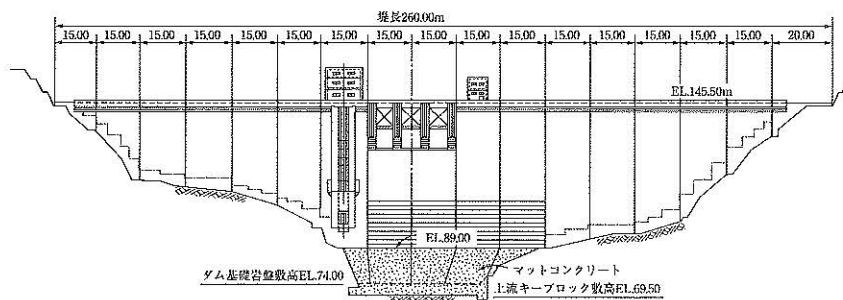
(i) 岩盤状況

河床部に2本の断層が介在する破碎帯 (幅30～60m) が存在。

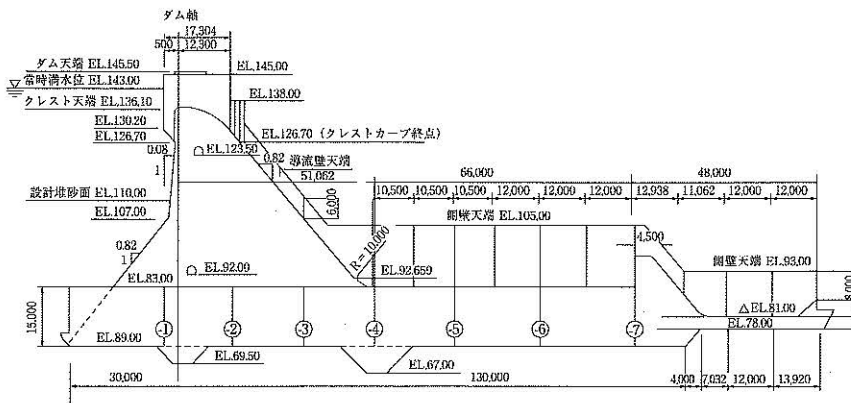
(ii) 対策工法

堤体に作用する荷重を極力両岸堅岩部に受け持たせるとともに、減勢工の水叩きを積極的に利用する方法として、マットコンクリート工法を開発。

また、解析の結果、マットコンクリート内に大きな引張応力が発生することが判明したため、くさび形ジョイントを採用。



ダム上流図縦断



ダム標準断面図(越流部)

図-1.1-9 吞吐ダム

② 大川瀬ダム (1991年完成、 $H = 50.8\text{m}$ 、兵庫県、重力式、図-1.1-10)

(i) 岩盤状況

堤体基礎地盤内の比較的深部に、せん断摩擦抵抗力の低い非溶結薄層が水平に存在。

(ii) 対策工法

非溶結薄層とその上下部の脆弱な岩盤をコンクリートで置換するダウエルコンクリート工法を採用。

また、この工法の採用事例はほとんどなかったことから、有限要素法による解析により特に注意すべき箇所(挙動計測が必要な箇所)を抽出し、計測により安全性を確認。

1960年代は、経済性の観点からコンクリート量の少なくなるアーチ式や中空重力式が採用された。農業用ダムでは、刀利ダム(1966年完成、 $H = 101.0\text{m}$ 、富山県、図-1.1-11)及び大迫ダム(1973年完成、 $H = 70.5\text{m}$ 、奈良県)でアーチ式が、内の倉ダム(1972年完成、 $H = 82.5\text{m}$ 、新潟県、図-1.1-12)で中空重力式が光弾性応力解析や三次元模型実験等¹⁰⁾を用いて設計され、それまでの重力式コンクリートダム一色から様々なダムタイプが採用されるようになった。

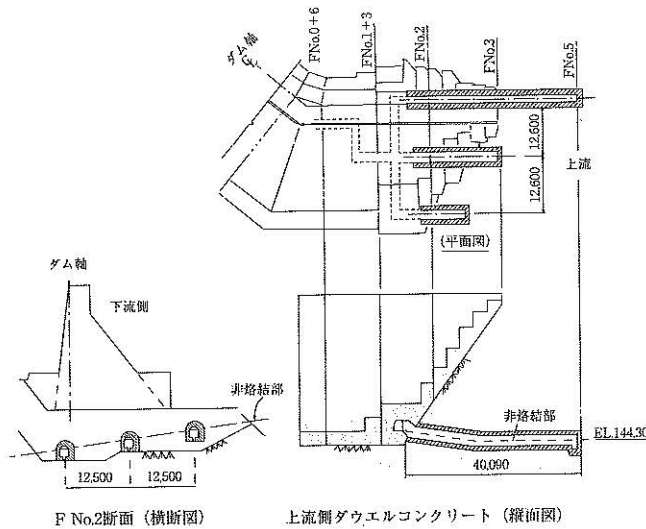
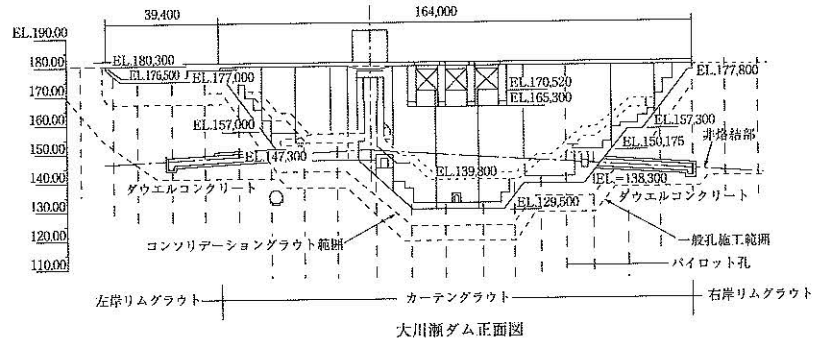


図-1.1-10 大川瀬ダム

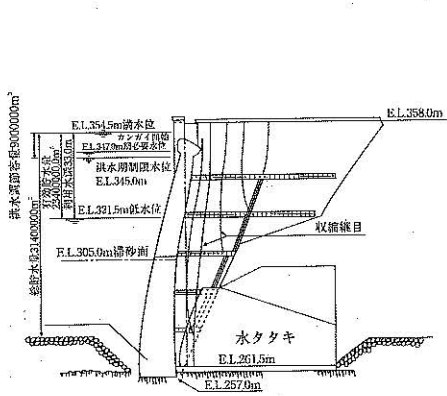


図-1.1-11 刀利ダム

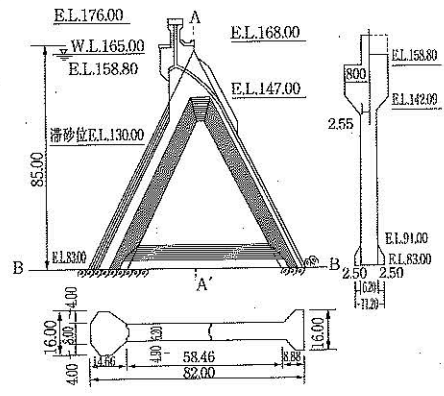


図-1.1-12 内の倉ダム

(b) 施工技術の高度化

1960年代後半に日本経済が高度成長期に入ると、人件費の上昇などから相対的に材料費が安くなり、高度な技術を駆使して堤体積の少ないアーチ式や中空重力式コンクリートダムを建設する経済的有利性が薄れ、むしろ機械化施工を導入し、人件費を削減する方が経済的である場合が多くなってきた。また、基礎地盤の良好なダムサイトが次第に少なくなるにつれ、堤体の底面積が大きく基礎地盤に力をより分散して伝えられるダム型式（重力式コンクリートダム）が採用される機会が多くなった。1970年代半ばを境に、コンクリートダム建設の経済性の追求

は、堤体積の減少から、機械化施工導入によるコストの削減へと向かう傾向になり、堤体に関する新技術の開発が設計面から施工面へと大きく移行することとなった。

重力式コンクリートダムにおいて経済性を追求する取組みとしては、①柱状工法における作業の効率化と安全性の向上のため、骨材の製造及び貯蔵設備、コンクリートの製造設備、運搬設備等の大型化と一連の作業の自動化等の改良、②経済的なダムを建設するための新たな打設工法の開発がある。

前記②の新たな打設工法としては、海外で実施されている RCC 工法、わが国で実施されている RCD 工法及び拡張レーヤ工法がある。なお、これらの工法は、従来のコンクリート打設工法が桶形状で隣接ブロックとの高低差が生じるのに対して、面状に施工を行いリフト差をほとんど生じさせない工法である。

海外で採用されている RCC 工法は、採用初期には貧配合のコンクリート（骨材は水洗いしない）をダム軸方向に30cm 程度の薄層に敷き均し、水平打継目のグリーンカット及び敷きモルタル、横継目の設置及び上下流面の型枠設置を行わずに振動ローラ等により締固めを行っていた。この施工方法は、非常に早い施工速度でコンクリートを打設することが可能であったが、水密性が十分に確保できず、多くのクラックも生じた。このため、最近では、富配合コンクリート（単位結合材料150kg/m³程度以上）の使用、横継目の設置、型枠の設置、グリーンカットの実施等、それぞれのダムにおいて施工方法を取捨選択している。なお、RCC 工法の施工速度は、図-1.1-13¹¹⁾に示すように後述する RCD 工法よりも極めて早い。

わが国で採用されている RCD 工法は、堤体内部に貧配合コンクリート（単位結合材料120kg/m³程度、ゼロスランプコンクリート）を用いて、50~100cm 程度に敷き均し、振動ローラにより締固めを行う工法で、横継目の設置、水平継目のグリーンカット及び敷きモルタルを行う。農業用ダムでは、新宮川ダム（建設中、H = 69.0m、福島県、重力式）において採用されている。

また、拡張レーヤ工法は、柱状工法で使用していた有スランプコンクリートを用いて、面状にコンクリートを敷き均し、パイプレータにより締固めを行う。RCD 工法と同様に施工性及び作業の安全性が良好であり、農業用ダムでは、上津ダム（2001年完成、H = 63.5m、奈良県、重力式）において採用された。

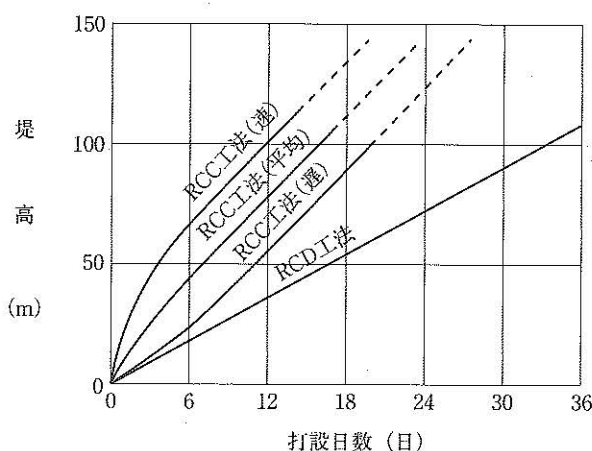


図-1.1-13 RCC 工法と RCD 工法の打設速度

表-1.1-4 農業用ダム技術年表 (コンクリートダム)

年 代	1930	1945	1950	1955	1960	1965
ダム技術の 期別区分	粗石コンクリート 主流の時代		コンクリートダム技術確立の時代			コンクリートダム技術高度化の時
設計の 基礎となった工学	初歩的えん堤工学 コンクリート工学、物理学		水文学、水理学	機械工学	統計学、推計学 土木地質学	基礎工学
土地改良事業計画設計基準			1952.12「コンクリートえん堤」			1965.10「コンクリ
河川法・構造令等	1935.5河川えん堤規制					1964河川法改正
日本大ダム会議 ダム基準			1957.9刊行			
設計洪水流量 の決定	最大時雨量1時間排除又は日雨量6~8時間排除		50年1位 降雨量		1956.6 1/200確率	1966.6 1/100 既往最大×1.2 フィルダムは更
コンクリートダムの 安定解析理論 (手法)	(Molesworth 公式断面設計) 応力解析 摩擦抵抗による安定性の検討			せん断すべり安全率による検討	(岩盤載荷試験) Henny 公式・ミドルサード条件の適用	(ブロックせん断試験)
代表的な コンクリートダム の実施例 (注)H:堤高(m)	'33 大谷池H=26 '37 '37 十曾ダム H=23.4 '46 '34 犬上ダム H=45.0 '46 '29 見玉えん堤H=27.5 '37		'50 北山ダム H=53.3 '57 '54 津風呂ダム H=54.3 '63 '47 鴨川ダム H=42.2 '51 '39 (工事中)野洲川ダム H=55.7 '50 '51 (豊沢ダムサイト変更) 豊沢ダムH=59.1 '60		'61 刀利ダム H=101.0 '66 '60 大日川ダム H=59.9 '67 '63 大迫ダム '62 永源寺ダム H=7 '56 新沢ダム H=65.8 '66 '60 面河ダムH=73.5 '64 '63 高階ダムH=47.0 '67	
ダム技術に関する 特記事項	見玉えん堤部公式で設計、ブロック施工 男座地震(1939) M#6.7 犬上ダム(H#45.0m) 水理模型実験 大谷池粗石コンクリートダム(H#26.0m) Molesworth公式適用		十曾ダム(H#23.4m) 近代的断面設計 犬上ダム(H#45.0m) 索道・バッチャープラント施工		豊沢ダム(H#59.1m) サイト変更 (井川ダム1957完成 中空重力式) (佐久間ダムH#155.5m 1956完成 重力式) 豊沢ダム(H#59.1m) 貧配合コンクリート採用 (黒部ダムH#186.0m 1961完成 アーチ式) 新湯地震(1964) M#7.5 面河ダム(H#73.5m) (重力式)完成 刀利ダム(H#101.0m) ブロックせん断試験・光弾性模型実験開始 大日川ダム(H#59.9m) プリッジ工法置換断層処理 内の倉ダム(H#82.5m) 三次元模型実験による中空式検討 (イタリーパイオントダム越流(1963.10)、アーチ式)	
(注)()は 農業土木以外の 著名なダム事項						