

ダ ム

正員 工学博士 畑 野 正*

1. 緒 言

わが国における高ダム発達の歴史はまた土木学会40年の歩みでもある。明治の末年から大正の初期にかけてダムの建設が緒につき、アースダム、コンクリート重力ダムが建設され初め、これから約10年を経た大正10年前後から高さにして50~60m、コンクリート量にして 15×10^4 程度のコンクリート重力ダムが建設されるようになり以後全体の建設数、建設量を次第に増大しつつその間施工技術面の除々なる発達を示しながら大戦に至つた。

戦後は各方面の急速な復旧建設にともなつて、発電洪水調節、灌漑水道等の面におけるダムが急速に多数建設されるようになり従来見られなかつた大規模な工事数量と工事速度をもつて人々を驚目させるものがある。

以下著者の接触する範囲の主として発電用ダムについて述べて見ることにする。

2. わが国におけるダムの趨勢

通産省水力課編さんの日本発電用高堰堤要覧を参照してわが国における高ダムの変化の概略を調べてみよう。

わが国には現在15m以上の発電用高ダムとして重力ダム178、アースダム15、バットレスダム6、アーチダム2、ロックフィルダム1が建設されている。

コンクリート重力ダムがほとんどその大部分を占めているが建設の歴史からいえば明治の末年から大正初期にかけて高さ30数m、堤体容積30数万 m^3 の規模のものを含むアースダムが12,3がまづ第一に建設された。これから以後はコンクリート重力ダムが支配的な型式となつてその間にバットレスダムを数個建設しつつ戦後に至つてロックフィルダム、アーチダムが実現されるようになった。

* 電力中央研究所土木部構造課長

今1910年から現在に至る45年間を5カ年をくぎりとし9つの期間に分け、重力ダム建設の趨勢を图表にして見ると図-1のようになる。1910年からの第一5カ年間に発電用の高ダムが初めて建設され、次の10カ年にややその数を増し、1925年から以降の各5カ年期間には数にして30内外、総コンクリート量にして百数十万 m^3 の建設が行われた。1ダム当りの大きさは数万 m^3 である。これが戦争直後の5ケ年の空白時代を経て1950年以降の5カ年には数にして50、総工事量にして約600万 m^3 という飛躍的な増大を見1ダム当りのコンクリートも10万 m^3 以上となつた。

これら各5カ年期間の中で最高及び最大容積のダムを取り出して見ると図-2のようになる。すなわち最

図-1

期 間	明43~大3	大4~8	大9~13	大14~昭4	昭5~9	昭10~14	昭15~19	昭20~24	昭25~29	30年新設
期 間	1910~1914	15~19	20~24	25~29	30~34	35~39	40~44	45~49	50~54	1955~
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

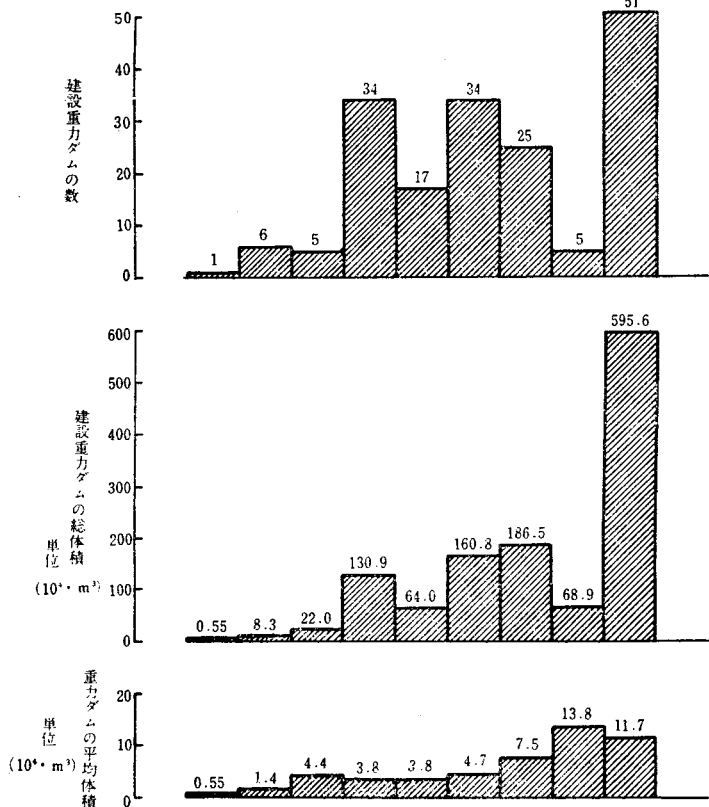
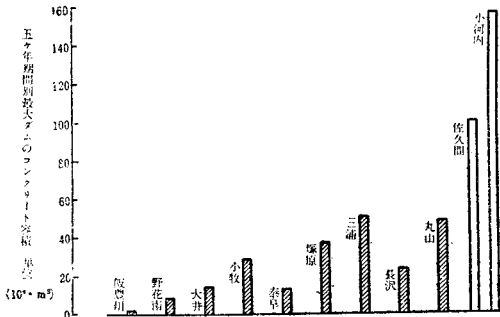
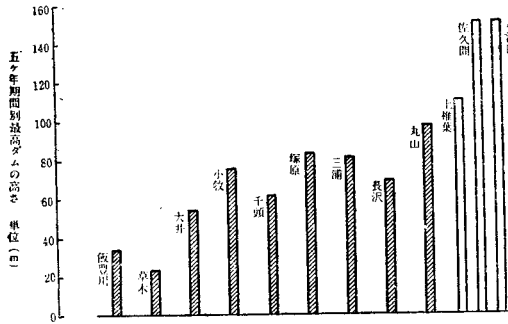


図-2

明43 ~大3	大4~8	大9~13	大14~ 昭4	昭5~9	昭10~14	昭15~19	昭20~24	昭25~29	昭29以降
1910~14	15~19	20~24	25~29	30~34	35~39	40~44	45~49	50~54	1954~
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



初の1カ年より以後は高さにして50~80m、容積にして20~50万m³程度の中規模のものが最大のダムとして建設されて来たのであるが、戦後に至つて丸山ダム、上樺葉ダムの100m級から佐久間ダム、小河口ダムの150m級となりコンクリート量も100万m³から150万m³級の大規模なものが建設され始めるようになった。そして今後もこの程度の規模のものが幾つか考えられるようになったのである。

数と規模及びこれに関係する工事速度の飛躍的な増大が以上によつてうかがわれるのである。

3. ダムの設計

ダムの設計内容の変化は以前に比してどうであろうか。前述のようにダムの型式としては圧倒的にコンクリート重力ダムが多く撰ばれているのであるが、これはわが国で初期に建設された多くのダムがその高さに比して堤長が長く、洪水量が大きく、また設計施工が比較的単純に考えられたこと等によつて、まづ最初重力ダムがとりあげられ、そのままの状態が永く続いてロックフィルダムやアーチダムの研究があまり行われなかつたことに起因するものではあるまいか。

わが国のコンクリートダムの設計は剛体の力学に初

まりいわゆる応用力学的計算によつて現在まで行われている。アーチダムや高い重力ダムはアメリカ開拓局の荷重試算法がそのまま採用されている。また一部には応用弾性学を用

いた解や模型実験が行われて局部的な応力状態の検定がなされさらに最近では実物ダムの変形、歪、応力、揚圧力等の実測が次第に行われるようになりダムの実情を知ることが近い将来に期待されるようになった。しかし現在のところではきわめて単純化された仮定のもとにおける推定によつて設計が行われ実在の状態との対比がないのである。将来ダムの実情が把握されコンクリートや岩盤その他ダム材料の性質の研究が進めばこれらの非弾性的な性質を加味した実際の状態に近い姿で設計ができるようになるであろう。

さてこのような40年近くの重力ダム一本槍の趨勢に対して戦後はじめてロックフィルダム、アーチダムがとりあげられるようになったのは、あまりにも遅きにすぎたとはいえ自然の傾向であろう。

ロックフィルダムとしては高さ48m容積41×10⁶m³の石淵ダムが完成しておりその他二、三のものが建設中である。

アーチダムとしては小規模のものとしてはすでに二、三実現されていたのであるが、戦後に高さ110mコンクリート量33×10⁶m³の上樺葉ダムが建設され近く完成を見んとしている。その他アーチダム建設計画中のものが数ヶ地点数えられるようになった。

これらの建設にたづさわつた人々に対してはわが国における開拓者として満腔の敬意を表さねばならない。

現在計画されているダムで重力ダム一本槍で他をかえりみないものがあるのはまことに遺憾である。地形、地質、洪水量、堤体材料取得の難易等によりその地点ごとにかなる型式のダムを選ぶべきかは根本的な重要問題である。経済性、安全性の点から最良のものとして考えられる型は各地点によつておのおの異なるものであろう。初めから重力ダムがかなる場合にも経済的で安全であるという考え方は、過去の惰性にとらわれた謬見で強く反省されなければならない。

4. ダムの施工

わが国におけるダムの設計上の進歩が遅々として進まない状態にくらべて施工上の進歩は大きいといふことができる。

前述各5カ年期間の代表的コンクリートダムにつきコンクリート施工の概略を表示して施工上の進歩の跡をたどつて見よう。

表-1

期 間	1925~1929	1930~1934	1935~1939	1940~1944	1945~1949	1950~1954
ダム 最小セメント使用量 (kg/m ³)	小 牧 210		緑 原 220	三 浦 200	神 瀬 228	丸 山 160
w/c	—		0.70	0.70	0.70	0.64
打設量 m ³ /day	最大 1700		平均 600	最大 1800	最大 500	最大 5000
G/S	2.00		21.0	2.15	1.68	2.30
骨材	天然骨材		砕石砕砂	天然骨材	砕砂	天然骨材
A E 剤	ナシ		ナシ	ナシ	ナシ	使
設備	斜めシュート		ケーブルクレーン	ケーブルクレーン	ケーブルクレーン	ケーブルクレーン
冷却	ナシ		ナシ	ナシ	ナシ	ブローリング

上表から戦後の進歩が特にいちじるしいことがわかる。最近完成した丸山ダムの例についていえば、骨材採取設備、篩分け設備、コンクリート混合プラント、打設設備、冷却設備等施工機械は欧米技術の導入によつて飛躍的に改良され工事速度の非常な増大となつている。また打設コンクリートの性質も設備の進歩とA E 剤の使用等により使用セメント量水量の減少、コンクリート品質の均等となつてきわめて進歩のあとが大きい。また骨材を現場岩石から製造する技術の進歩もいちじるしい。骨材の分級が砂3種類、砂利4種類程度のもが行われ、粒度の調整も粗粒率±0.1程度が可能となり、セメント使用量が150 kg/m³程度に下り、使用水量の少ない硬練りコンクリートをケーブルクレーンで高速度に打設し、ブローリング、パイプクレーンを実施している現状は初期のシュート打設の当時のコンクリートにくらべて隔世の感がある。

材料面でも中庸熱セメントの優秀なるものが生産されるようになりまた最近では須田貝ダムのようにフライアッシュが使用されるようになった。

施工上の進歩はアースダム、ロックフィルダム等においても施工機械の発達によつていちじるしいものがある。特にロックフィルダムは工事速度及び工費の点からコンクリートダムにくらべてまさる場合が多いことを注意しなくてはならない。

5. 結 論

以上わが国の高ダムの概略を述べたのであるが、これを欧米の世界的ダム技術の水準から見た場合どうであろうか。

わが国高ダムの技術の最も大きな特徴は何かといえば、それは独自の個性というものがないということではなからうか。なるほど国内での進歩成長の面ではいちじるしいものがあるが、わが国ダム技術の初期から今日まで一貫して流れてきたものは外国技術の導入であつた。アメリカ技術にある年数の間隔をおいて追隨して来たに過ぎないというのは過言であらうか。

アメリカにはアメリカの施工技術設計技術がある。フランスにはフランス独自の設計技術施工技術がある。イタリーしかり、ドイツしかりであつておのおの独自の発達により世界ダム技術に貢献している。ひとりわが国のダム技術はアメリカの設計施工技術に追隨するにのみ熱心で、独自の型を生み出す努力に全く欠けているのはいかなる理由によるのであらうか。

著者は安易な模倣を事とする国民性もさることながら専門者の養成に欠けるわが国の制度にその一半の理由があるのではないかと考える。各部門を一生を賭して専門に勉強し続け、その抱負を実行できる制度がなく外国文献を翻訳し、外国の材料を購入使用することのいかに早いかが問題の焦点になつている現状では、この情けない状況を脱することはできないだろう。

表-2 はやや古い資料であるが欧米のダムの趨勢の

表-2

国 名	ダム数	建設年代	ダム高さの範囲	ダ ム の 種 類										
				E.	G.	A	GA.	B.	R.	ER.	GE.	CE.	C	
アメリカ	145	?~1953	20~218 m	85	20	13	2	2	2	5	4	3	7	その他
フランス	58	1680, 1830~1935	20~136.5 m	6	36	9	—	4	2	—	—	—	—	その他
イギリス	60	1799~1936	20~91.5 m	48	5	1	—	—	—	—	—	—	6	
インド諸国	67	1867~1927	19~64 m	42	24	—	—	1	—	—	—	—	—	
オーストラリア	32	1871~1940	16~75 m	14	12	5	—	—	1	—	—	—	—	

注: 1. 本表は Liste des Fiches du Registre Statistique International des Grands Barrages による。
 2. E: 土 B: バットレス G: 重力 R: 石塊 A: アーチ C: コンクリートダムで種別不明のもの
 3. アメリカのダムは Bureau of Reclamation 及び Corps of Engineers のもののみを挙げてある

一半を知ることができる。これから見てもわが国が世界の有数なダム国であることがわかる。ダムの技術年令

40 才と世界のダムの数からいつても独り立ちの方向に努力する必要がある。