

## <巻頭言>



### コンクリートダム of 最近の進歩

野瀬 正 儀\*

#### 1) コンクリートダムの滑動に対する安定性

昔、重力ダムが破壊した事例は、アメリカに於て幾つかあるが、中でも有名なものは、セントフランシスダムの破壊である。この破壊の原因は河床中央部の基礎が悪く、ダムの中央ブロックが滑動し、次いでダム全体が破壊したと云う。それ以来重力ダムでは transverse joint には必ず key を設けることとなり、未だに常識となって続いている。

昭和の初め日本電力株式会社の石井穎一郎博士は、庄川下流の小牧ダムを設計する際、ダムの滑動に対する安定性をアーチ形状によって持たせるべくアーチ型重力ダムを築造した。この時彼はアーチエレメントとカンティレバーエレメントとを組み合わせた計算方法を考案しようと考えたが当時は世界中アーチ作用に関する考え方が未熟であったので上述の如くアーチ形状の重力ダムで終わっている。

その後スイスのストックキー博士が考案した Trial Load Analysis が発表され、アメリカの Bureau of Reclamation がフーバーダムの設計に際して、この計算方法を使用した。

#### 2) フランス、イタリアに於けるアーチダムの進歩

その後フランスにはコイン博士、イタリアにはセメンツァ博士が Trial Load Analysis に飽き足らずアーチダムの二次元計算によって double curvature のアーチダムが出現し、イタリアに於ては高さ265 m のヴァイヨントダム迄出現した。

#### 3) マルパッセダムの崩壊

一方フランスのコイン博士はマルパッセダムを設計した後、日本に來られてこんな薄いダムでも設計によっては出来るんだと云って講演された。その後マルパッセダムの貯水池内にある鉱山会社の補償問題によって湛水が遅れたが、昭和34年12月フランス地中海方面の大雨によってマルパッセダムは一気に満水面迄湛水してしまった。その途端に大音響と共にダムは一気に破壊したのである。

#### 4) 黒部ダムの設計問題

マルパッセダム崩壊の翌年、昭和35年5月に世界銀行から一通の手紙が来て、黒部ダムを視察したいと申し出て来た。一行は Hathaway 氏 (元 Corps of Engineers の chief

\* 旧日本大ダム会議会長

engineer であり、アメリカ土木学会の会長を経て世界銀行の顧問)を大将とし4人の世界中からピックアップしたアーチダムの権威者2人の地質学者で合計6人のB. O. C. (所謂 Board of Consultants)であった。

一行と第1回の会合を開いて驚いたことに昨年末マルパッセダムが崩壊した時、下流のプレジューズの町に洪水が押し寄せ、駅に急行列車を待っていた500人余の人が地中海に流されると云う大惨事を起こしたことを知らされ、これから世界銀行は自己の出資している薄いアーチダムを再検討する、アーチダムは力学的に安全であるとの意見は信じ難いとのことであった。5日間滞在後B. O. C.の意見として次のような結論を云われた。

- ① 黒部ダムの地質はマルパッセダムより悪い。
- ② 高さ186mは高過ぎる。このサイトには150m位の高さが適当である。

尚B. O. C.はマルパッセダムの崩壊を視察に行くので黒部からも一緒に行かないかと云われた。それに対して当方の意見はダムの高さは186mは決して高いとは思わない。上部は下部に比較して地質が悪いことは承知しているので、手当てをするつもりでいた。またダムは基礎コンクリートが既に25m迄打ち上っているので今更高さを変更することは不可能である。我々は今年の8月迄に上部に対する地質の悪い所、断層部分の除去方法を設計してワシントンに持って行くから世界銀行に於て議論をしよう云ってひと先づ高さ186mのダムの高さ変更は8月迄延びることになった。8月になって大議論を行った結果、次のような結論になった。

- ① ダムの高さ186mはB. O. C.の設計変更を呑むならばそのままでよい。
- ② 現場に於て大規模な現地ロックテストをする。その案はDr. Müllerが提案する方法とする。
- ③ 両サイドのアバットメントのdeformationは、elastic deformationとplastic deformationが同一程度迄地質改造をする。

遂にこの申し入れを呑んで186mはカットされずに済んだ。またマルパッセダムの視察は喜んで御供したいと申し入れ、一緒に視察に出掛けた。

マルパッセダムの現場に行くと先ずびっくりしたのは川幅が割合に広く、残骸のダムの断面が非常に薄いことであった。特に左岸は緩い丘陵で、そこに申し訳程度のスラストブロックがあって既にアーチ方向の力によって遙か上部に突き上げられてしまって本体から相当離れている。先づこれでダムのアーチ作用は無くなっている。一方ダムの中央から右岸に向ってはダムのコンクリートは立っているが、上流の基礎岩盤に1m近く亀裂が入り、その長さがアーチダムの基礎と平行にアーチ型をなし、殆んど右岸のアバットメント迄届いている。丁度大地震のため沖積層に幅1mの亀裂が数百米に渡って続いていると云う感じであった。水力のパワーは恐ろしいものと驚いた次第である。その前に現場視察に際してコイン事務所を訪問し、パリ事務所の総大将をして居られたテ

ルミナシオン博士に会って話を聞いたが、彼の意見は専ら地質が非常に悪いことに終始しマルパッセダムの基礎を形成する雲母片岩は水に漬けて置けば3ヶ月位で膨張すると云われたので現地視察の時に岩片を持って帰って黒部の事務所でピーカーに漬けて1年間経ってからもう1度調べて見たが全然変化はなかった。その時コイン博士の言訳はコイン事務所はダムの設計のみ委託され、基礎の地質は他者に委託されたのだと。然しダムの地質を考えないで上部のダムだけを設計することが出来るだろうかと云う疑問が湧いて来る。結論的に云って世界銀行の B. O. C. は二次元アーチの際どい設計は力学的に考えても丈夫なものではないと見たらしく世銀が投資しているイランのデズダム、アフリカのカリバダムを再検討すると云って日本を去っていった。

#### 5) ロックフィルダムの発達と経済性

第二次世界大戦によって飛行場建設の機械化、装甲車の大型化により、パワーショベル、ブルドーザ、トラクター、ダンプトラック等の土を扱う機械が発達した結果、ロックフィルダムの施工が機械化し大規模のダムがスピーディーに仕上げられることになり、特に寒帯地方、地質がよくない地点には非常に有利になった。然しダムそのものが弾性理論によって解析出来ないために地震力に対する安定性が不明であるため上下流の勾配が不必要に大きく取られ、体積が増加する傾向が出て来た。

#### 6) コンクリートダムの経済性

ロックフィルダムの機械化施工がその経済性を高めるものであるならば、それと同じような方法でコンクリートダムを施工することが出来れば体積が5分の1乃至は6分の1で済むコンクリートダムの方が経済的に行くのではないかと云う発想の下に R. C. C. タイプのダム施工法がイタリアで発案され国際大ダム会議に発表され、それが直ちにアメリカの Corps of Engineers がコンクリートダムに応用し Bureau of Reclamation もまたこの方式を以てダムを築造して見た。両者ともアメリカ政府から解散を云々されていたので経済性追求が過度であったように思われ、漏水が甚しく安全性に疑問が投げかけられた。

#### 7) Dr. M. Dunstan 氏のフライアッシュ使用による High Paste Concrete

英国人の Dunstan 氏は R. C. C. に用いられるコンクリートの組成を改善することが最も必要であると考え、フライアッシュを大量に利用すると R. C. C. の持つ欠点を修正することが出来ると考えた。①先づフライアッシュを大量に使用することにより透水係数を  $K=10^{-9}\sim 10^{-13}\text{cm/sec}$  とよくし漏水を減少することが出来る。②フライアッシュを増すことによりセメントの成分中  $\text{C}_2\text{S}$  ( $=2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) を増加させ長期強度を増して発熱量をそれ程に増加させない。そのために容積変化が小さく済む。従ってジョイントの間隔を広げることが出来る。彼はセメント60kg に対しフライアッシュ90kg を入れ、セメント+フライアッシュ(C+F)を150kg とすればコンクリートの強度(90日)を350kg/cm<sup>2</sup>にすることが出来たと云っている。



#### 8) フライアッシュの生産量

日本に於てはフライアッシュの生産は専ら石炭火力のコットレルによって造られている。ピアノ線に静電気を通して、これに附着したフライアッシュを時々振動を与えて落して集めるのであるが、最も沢山の石炭火力発電所を所有している電源開発の場合を説明すると、先づ横浜磯子火力発電所に於ては、3万5千トンのフライアッシュを硅酸加里肥料を製造するために使用されている。この硅酸加里肥料の製造は元京大奥田総長の御推薦によるもので目下全量農協に買い上げて貰っている。その他の石炭火力発電所、高砂、竹原、若松、松島、松浦1号、石川の合計出力は約500万kWであるから約30万トン/年生産出来ていることになる。

然し現在はコンクリート重力ダムの建設が少く、電力会社も含めて、フライアッシュの需要が少い。また石炭火力発電所から出る膨大な石炭灰が公害のために土捨場を設けて投棄することが出来ない。一方セメント会社に於ては、セメント材料の粘土を採取することが困難になって来たので粘土の代りにフライアッシュ、石炭灰をセメント製造に使用し、電力会社とセメント会社との相互流通によって誠に都合のよいリンクスが出来ている。従ってフライアッシュは石炭灰と共にセメント工場へ行ってしまうことになる。

若しフライアッシュがハイペーストコンクリートのために必要ならば、火力発電所に於て別に分けて出せば、いくらでも出て来ることになると思う。

結論はコンクリートダムをハイペーストコンクリートその他設計の面に於て色々と工夫し、また一方施工の面から R. C. D. 乃至は R. C. C. の改良によって、両者相俟って経済的に、他の種類のダム、例えばロックフィルダムより良好なコンクリートダムを設計することが重要であると思う。