

第6回 国際大ダム会議に出席して

吉 田 徳 次 郎*

1. ま え が き

私は 昭和 33 年 8 月 26 日に 羽田を立ち、San Francisco に行き、Boulder, Shasta, Trinity, Bonneville, Mc Nary, Rocky Reach, Chief Joseph, Grand Coulee, 等の 大ダムを見学したのち Denver に行き Bureau of Reclamation を 訪問し、Chicago に行き Portland Cement Association の実験所、Illinois 大学、等を 訪ねたのち、9 月 10 日 Canada の Montreal につき St. Lawrence Seaway and Power Development Project, Shippingport の原子力発電所、等を 見学して、9 月 15 日午前 1 時に New York に つきました。

第 6 回 国際大ダム会議は 9 月 15 日から 9 月 19 日まで New York で開催されました。会議で 私は 課題第 21 の 総括報告をし、また コンクリート委員会および執行理事会にも 出席しました。9 月 21 日から 会議後の 南部見学旅行班に参加し、Tennessee Valley Authority (TVA) の South Holston, Watauga, Boone, Fontana, Hiwasee 等のダム、Aluminum Company of America の Chilhowee, Calderwood, Nantahala, 等のダム、Alabama Power Co. の Lewis Smith ダムその他 および Corps of Engineers U.S.A. の Waterways Experiment Station を見学して Jackson につき、San Francisco をへて 10 月 2 日に羽田に 帰りました。

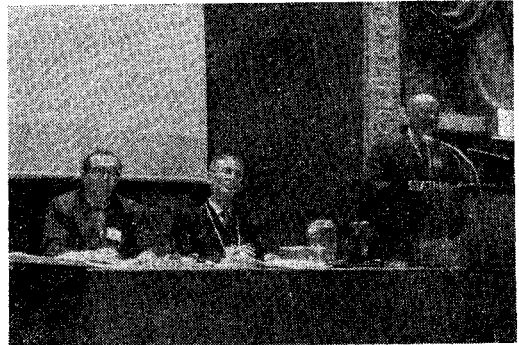
日本から 会議に 19 人が 出席しました。会議の模様、見学したダム、等については 各出席者が分担して 日本国内委員会の報告会で 報告し その報告は 雑誌“大ダム”に のせられることになつており、また 論文の主なものは 訳されて“大ダム”に のせられることになつております。それで ここでは 課題第 21 の論文の ごく概要と 私の アメリカにおける見聞とを 申上げて 編集委員会の御依頼にたいする私の 責を ふさぎたいと思います。

2. 課題第 21 にたいして 提出された論文

課題第 21 は“ダムおよびダムの基礎 および アバットメントにおこる 応力および、変形の観測、これらの観測と 計算および小型模形試験結果との比較”であ

*正員 工博 日本学士院会員、九州大学名誉教授

第 6 回 国際大ダム会議に出席中の筆者（中央）



【小林 泰氏 撮影による】

ります。

大きいコンクリート ダムの 内部におこる温度状態を知るために、コンクリートに 各種の温度計を埋め込むようなことは 大分古くから行われていたのですが、ダムの安全性およびダム建設の目的達成の程度を 数学的に評価するために、ダムの働き方の観測が 必要であることが 一般に認められ、これが 実行されるようになつたのは 比較的 近來のことです。今度の会議で この問題が 課題として 取り上げられたのも そのためである と思われます。そして、ダムの働き方の観測結果を解析し、これを 計算および模形試験の結果と比較し 観測の結果を 實際上 役に立つようにする方法が 近來 いちじるしく進んできたのであります。

課題第 21 にたいして 提出された論文の数は 59 でありまして、イタリーから 23、ソ連から 9、フランスから 5、ポルトガルから 4、日本から 3、アルゼリヤ、アメリカ、ドイツから 各 2、オーストリア、チェコスロバキア、イギリス、インド、メキシコ、スエーデン、スイス、トルコ、ユーゴ、から 各 1 つずつ、合計 17 カ国からであります。

ほとんど すべての種類のダムについての論文が あります。そして、観測方法および測定機械だけについて書いたもの、観測結果だけを書いたもの、主として 計算について 書いたもの、観測結果と 計算または模形試験結果とを 比較したもの、課題第 21 によく適合するもの、等があります。また 著者の得意とする 特別の事項を 詳細に書いた論文もあり、ダムの観測全体に

ついて ごく大体を書いた論文もあります。それで これらの論文を その内容に応じて 正しく分類することはできませんが ごく大体について 分けてみますと、測定方法および測定用機械に関する論文が 10、ダム の働き方の 数学的解析および数量的の解明についての論文が 11、観測でえられた測定値、計算、小型模形試験結果、等の 比較に関する論文が 38、であります。

これらの 沢山の論文を読みまして 私が興味深く感じました ことの いくつかを 簡単に申し上げます。

(1) ダムの観測方法 および 測定機械に関するもの

測地測量におけるような 精密な三角測量によつて、ダム および その基礎地盤の 変形および移動の絶対値を求めるに適する方法が 進んできて、精度の 0.5~1 mm の、絶対値が 一般に えられることが 示されております。

三角測量の基線測量において 従来一般に用いられていた インバル テープの代りに 鋼線を用い、鋼線の温度変化を 少なくするため 鋼線を箱の中に置き、また 温度変化にたいする修正を十分に 好結果をえたことが 示されております。

ダムの観測のために行う三角測量は できるだけ 短時間内に これを行わないと、温度の影響をうけやすいダムでは、測定の結果に 大きい影響のあることが 示されて おります。

従来の測量方法では、コンクリート ダムと その働き具合が 全く異なっている ロックフィル ダムの変形状態を 正しく つかむことが すこぶる困難であります。地上に 長い基線を設け 立体写真平面方法 (Stereophotogrametry) を応用して ロックフィル ダムの 表面全体の検査をし、写真の記録を のこすことが できるので 迅速に、正確に、費用も少なくして ロックフィル ダム観測の目的を 達することができることが 示されて おります。

(2) ダムの観測結果、応力および変形の数学的解析 および 数量的解明に関するもの

コンクリート ダムは 一般に 堅固な岩盤上に これを造らなければならないと 考えられて おりますが、揚圧力の測定を 十分に行い適当な設計をすれば コンクリート ダムを 土の地盤の上に 安全につくることができた実例が 示されて おります。

土の地盤の上につくつた コンクリート ダムの沈下が 実験室でえられた 土の変形係数から計算すると 20~24 cm であつたが、実測の結果は 10~15 cm であつたことが 示されて おります。

弱い岩盤中に施工した グラウト カーテン を 15 年後に ボーリングによつて検査したら 害をうけていたことが 示されて おります。

揚圧力の測定および排水孔の注意事項について よい参考となる論文があります。

ダム および その基礎におこる 応力および変形の理論的解析には 非常に いろいろの困難があります。それで たとえば アーチ ダムの計算方法についても 沢山の方法が 提案されて おりますのでありますが、どれが一番よい方法であるかは まだ はつきり わかつて おります。今日のところ、試的荷重方法 (Trial load method) が 広く用いられて いるようであります。しかし 非常に うすいアーチ ダムにたいしては 試的荷重方法によつた 計算値よりも 他の計算方法によつた値の方が 実測結果に よく合うことも 示されて おります。

従来は ダム観測の結果を 十分に利用することが困難でありましたが 観測の結果を解析して利用する方法が 近來非常に 進んできました。そして、沢山の観測値から 水圧、温度変化、基礎の変形および移動、時間、等のパラメーターが ダムの応力、変形、等におよぼす影響を 解明することが できるようになつたことが 示されて おります。この点について 一般的解析を試みた 論文もありますし、たとえば アーチ ダムの たわみ を 水圧によるものと 温度変化によるもの に 分けることを述べている論文もあります。

ダムに関する各種の計算が 正しく 早く できるようになつたのは 電子計算機の利用によるところが多いことが 示されて おります。

ダムの働き方の観測結果から ダム コンクリートの弾性係数を求めた結果、ダム コンクリートの弾性係数は 貯水池に 貯水したときの方が 排水したときよりも 小さいことを 示しているものがあります。

アーチ ダムの内部における 温度変化の研究、重力ダムの 施工におけるリフトの高さと 熱応力との関係についての 理論的および実験的研究、等の 興味ある論文もあります。

マス コンクリートに できる ひびわれ の 防止については 従来 沢山の文献が ありますが、この点について U.S. Army Corps of Engineers の施工方法は 実際の、経済的、これによれば 温度ひびわれ を ほとんど 防止できることが 示されて おります。

(3) ダムの観測値、計算、小型模形試験結果、等の比較に関するもの

測定結果と 計算値とを 比較した論文は 6つありまして、上椎葉ダムの論文は その一つであります。これらの論文は 今日用いられている ダムの計算方法が 大体において 実用的のものであることを 示して おります。ことに、ダムの たわみ については計算結果が 実測結果と 比較的良好に 合うことを示して おります。

日本国内委員会から出された論文には、丸山、佐久間、

長瀬、鳴子、殿山、の 5つのダムについての観測結果が示してあります。長瀬ダムでは数ブロックにねじり作用がおこっていることが観測されております。

須田貝ダムでは縦収縮継目にグラウチングをしないで、ダムが大體単体的に働くことが観測されております。

実験室および現場における研究の結果から、水流による圧力のパルセーションによつて、ダムは振動の共鳴をおこすことはまずないが、剛性が不足する構造部分では共鳴をおこして被害のあることもあることに注意を要することが示されております。

応力および変形の観測値と計算および小型模形試験の結果とを比較した論文は9つあります。

ダムにおこる応力および変形の解析はすこぶる手間のかかる面倒なものでありますから計算の結果をチェックする目的ではじめ小型模形試験が行われたように思われますが、なるべく実際の状態に近い計算上の仮定を定めるために小型模形試験が用いられるようになり、今日では不規則な断面のダム地点にアーチダムをつくる場合、アーチダムに余水吐を設けるとか、アーチの厚さが急変するとか、ひびわれが出たとか、というような場合、等においてダムにおこる応力、変形、等を評価するには模形試験によるのが唯一の方法であると考えられるようになっており、またアーチダムの経済的な形を設計するにはまず各種の形のアーチダムについて模形試験を行い、模形試験で定めた経済的な形のダムの応力を計算によつてチェックするというように進んできていると思われまゝす。しかし、実際のダムの状態を模形に再現させることは、計算において実際のダムの状態を計算式にあらわすことよりもすこぶる容易ではあるにしても、まだ實際上幾多の困難があり、また十分な模形試験をするためには大きい実験所と熟練な技術者が必要であります。

小型模形試験においてダムの表面のある点におこるひずみを測定することは容易であります。これを実際のダムにおける実測結果と比較しようとすると、計算値と実測値とを比較する場合と同様に、考えなければならぬむづかしい事柄が沢山あります。それは実際のダムのある点のひずみの実測値は基礎岩盤の状態が複雑で齊等でないこと、コンクリートの打ち方、施工中におけるコンクリート品質のばらつき、ダムの各部におけるコンクリートの材令の差、等によつて各部のコンクリートの品質に差のあること、収縮継目のグラウチングの時期が影響すること、等のために模形試験の場合におけるように局部的のひずみを示すものではなく、ダム全体とし

ておこつたその点のひずみを示しているからであります。しかし、これらのことを十分考慮すれば、小型模形の試験結果と実際のダムにおける測定結果とは一般に相当よく合うことが示されております。

多くの論文は実測値と計算値と小型模形の試験値とが大體において一致していることを示しておりますが、これは今日のところ計算方法および小型模形試験の手段方法をどう改良すれば正しい実測値と合わせるができるようになるかの研究に努力している結果であると思われまゝす。

ダムの外面の温度変化とダムの内部の温度変化との関係については小型模形試験結果と実際のダムにおける実測値とがよく合うことが示されております。

これを要するに、多くの論文は精確な観測方法の進歩、ことに応力計の進歩、計算理論の発達と電子計算機の利用、小型模形試験用の材料の研究および模形試験技術の進歩、等の三者が相より相助けて将来のダムが一そう安全に一そう経済的に建設されることを示していると考えられます。

3. 課題第 21 にたいする 将来の研究問題

(1) ダム地点の地質調査と地盤の改良

近來は地質のよくないところにもダムをつくらなければならぬようになってきましたので、ダム地点の地質調査と基礎地盤の改良とが従来よりも一そう大切になつてきました。

地質調査については、ダム用コンクリートの記録方法が国際大ダム会議で定められているように、地質調査の記録の書き方について一定の形式を定めることが必要であろうと考えます。なお地盤の物理的性質は測定方法によつて大きい差を示すものでありますから、測定方法を詳細に書くことおよびある程度まで測定標準方法を定めることが必要であろうと考えます。

基礎地盤の改良については弾性波と地盤の支持力との関係を一そう研究することが大切であると考えます。どれくらい基礎を掘ればよいか、グラウチングがどれくらい有効であつたか、どれだけグラウチングを行う必要があるか、等がこれによつて一そうよくわかるようになれば、安全なダムの設計が経済的にできるようになるからであります。

(2) 地震にたいするダムの安定と強さとの研究

日本のように地震の多い国で安全で経済的なダムを設計するために地震にたいするダムの安定と強さとの研究を今日におけるよりも一そう盛んにすることがぜひ必要であると考えられます。これがためにはまずできるだけ多くのダムに地震計を設置して観測をつづけること、ダム技術者と地震学者とが

一致協力すること、小型模形試験用材料および試験方法の研究、等が 大切であると思われま

(3) 観測の組織

ダムについての われわれの知識を進め 新しい型の安定なダムをつくつて ダムの経済性を高めるためにダムの工事中および完成後の長年月にわたる ダム観測結果の詳細な記録が いかほど大切であるかは 課題第 21 の論文だけから見ても 明白であります、かような記録をつくるためには ことに 長年月にわたる記録をつくるためには 適当な組織が なければなりません。どうい

(4) アーチ ダムの極限強さ設計方法の研究

安全で 経済的な構造物をつくるために、構造物が破壊するまでの 働き具合全体を考

(5) プレストレスingの応用

ダムにおける プレストレスingの応用は 現今 まだ 特別の場合に 限られておりますが、どうすれば プレストレスingを応用して ひびわれ の でないダムを 経済的に つくることが できるか

4. アメリカでの見聞

(1) アメリカのダム

アメリカで見学しましたダムは みな 立派に よくできておりました。親切丁寧な施工で できているという点で 一番私が感心したのは Hiwasee ダムで ありました。しかし Hiwasee ダムのような ものでも われわれが 努力すれば 十分できると 思いました。

(2) 機械力の応用

アメリカで 土木工事における機械力の応用が 非常に進んでおるとい

おりましたが、アメリカの工事現場に行つて 機械力の応用を実際に見て 非常に感心したのでありますから やつぱり よく知つて いたかつたのだと いうことが わかりました。

アメリカで 機械力の応用が盛んであるのは 労働賃金が高いこと、工業が 非常に進んでいる上に 金持であること、等によるものと 考

(2) Portland Cement Association の実験室

Portland Cement Association の 昨年でき上つた 2つの実験室は 私が アメリカで最も感心したものの一つであります。

構造実験室は クリープ試験のために並べてあつた スパン 12m くらいの PC ばり 約 10 本が 実験室のかた隅を占めるにすぎない

耐火研究室も 構造実験室と 同じくらい 大きいもので、耐火試験用の スパン 12m くらいの PC ばりが 12 本くらい 片隅に並べて

測定装置が完備しているのは、実にうらやましい限りでありました。なお PC ばりの耐火性はコンクリートに含まれる水分の影響をうけることが非常に大きいので、コンクリートの水分を電氣的に計つておりました。

(3) 原子力発電所

Shippingport の原子力発電所を見まして 想像していたよりも 簡単であるのに驚きました。創設するのは 実に むずかしいことでしょうか できてしまえば これからは たいしたものではないと 思いました。間違っているかも知れません。

(4) アメリカの自動車

アメリカは 自動車の国であります、あまり自動車が発達しすぎて 人間が 自動車に使われている場合も多いことを 感じました。アメリカのお土産には 自動車が一番よいと聞かされましたが、残念ながら われわれの生活程度では 手が とどきません。

(5) 大学の飛行場

Illinois 大学で 大学所属の飛行場を見ました。その一部を借りて 飛行会社が 営業しております。二、三人乗の 大学の飛行機が 5~6 機ありました。大学生は 1 年 250 ドルを納めて勉強すると 一年で 飛行士の免許が えられるとのことでした。日本で自動車の運転士の免許をえるよりは 少し むづかしいくらいだと聞きました。それで、飛行機について 日本が いかにおかれているかが よく わかりました。

(6) 英語の勉強

私が会いました アメリカの二、三の大学教授は “日本の研究生は 非常に優秀であるが 英語が 一向に話せないのだから きてから 3 カ月くらいは 役に立たない。

もつと 英語を勉強してから きてほしい”と申して いました。これから渡米される会員諸君に 特に御留意 願いたいことと 思います。

(7) アメリカの老教授

約 40 年前に Illinois 大学で お世話になりました八十歳歳の Moor 教授を 訪問しました。息子さんも娘さんも みな 立派になつておられるのに 養老院で独り 淋しく暮しておられる先生の御様子を見まして、年をとつた私には これでは アメリカの生活は うらやまし くないと思ひました。

5. あとがき

今回 私の 国際ダム会議への出席につきましては、沢山の方々の非常な御世話になりました。ことに東京電力の 藤井敏夫君、小野田セメントの 堀 素夫君、電源開発の 石山 豊君、は 総括報告書をまとめるために 120 日間 私と一緒に 働いて下さいました。御世話になりました皆様方に 深く感謝致しております。

皆様の 実に一方ならぬ御援助にもかかわらず 私が 年老いた驍馬であるため 十分な努力さえもできず 総括報告書は まずいものであり、英語さえ 話すことも聞き分けることも 思うようになりませんので、私の役目を 十分に果すことが できませんでしたことは まことに申訳なく存じております。

私が 会議に出席しまして 一番深く感じましたことは 自分の学力の足りないことであります。そして 今更ながら もつと勉強しておけば よかつたと 後悔したのであります。蹉跎白髮年の感にたえなかつたのであります。若い会員諸君、どうぞ 私の後悔を くり返さないよう 一そう御勉強あらんことを切望致します。

論文集 59号・別冊 (3-2)

正員 工博 奥田 秋夫 著

B 5 判
54ページ

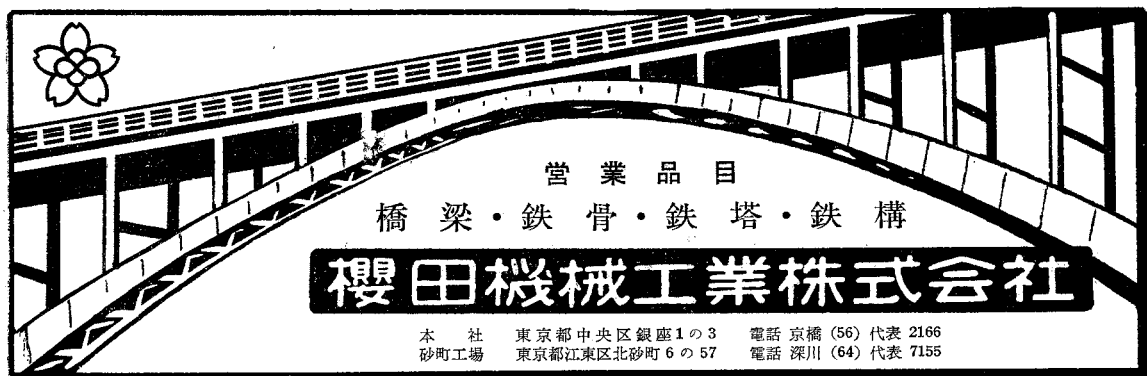
コンクリート舗装の施工合理化に関する研究 定価 250 円 (〒 20 円)

論文集 59号・別冊 (3-3)

正員 田中五郎・正員 西脇威夫・准員 島田静雄 著

B 5 判
16ページ

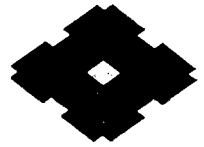
吊橋用スパイラル・ロープの弾性的性質 定価 80 円 (〒 10 円)



営業品目
橋梁・鉄骨・鉄塔・鉄構

櫻田機械工業株式会社

本社 東京都中央区銀座1の3 電話 京橋 (56) 代表 2166
砂町工場 東京都江東区北砂町6の57 電話 深川 (64) 代表 7155

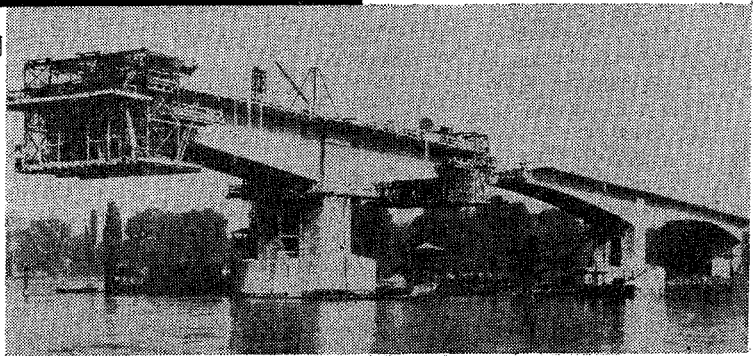


住友電工の

新しい建設材料

PC鋼棒

プレストレストコンクリート用
ピアノ線・鋼棒



弊社が西独ディッカーホーフ・ヴィドマン社と技術提携せる
ディヴィダーク式 P. S コンクリート工法による架橋状況

住友電気工業株式会社

本	社	大阪市此花区恩貴島南之町六〇
東京支社		東京都港区芝琴平町一
		名古屋支店・福岡営業所
製作所		大阪・伊丹・名古屋