

講 演

第 21 卷 第 8 號 昭和 13 年 8 月

コンクリート高堰堤築造に就て

(昭和 13 年 5 月 29 日土木學會中部支部發會式講演會に於て)

會員 大 西 英 次*

要 旨 本文はコンクリート高堰堤築造に關し、地質調査、グラウチング及堤体内部温度上昇或はコンクリート施工法等に就て内外の諸實例に徴して講演せるものである。

本土木學會中部支部の發會式を舉行さるゝに當りまして何か講演をする様にと發起人の方から御話がありましたが、素より淺学非才到底其の任に非ずと存じまして辭退申上げたのでありますが、大体に内定して居るので今更変更は出来兼ねるとの事で御許しが出ませぬので、不得止後に御講演をなさいます方々の前座としまして時間ふさぎに此の演壇に立ちました様な譯で到底皆様に講演をするが如き資格はないのであります。

唯少し計り昨年歐米各國の堰堤工事を視察に参りました其の報告を兼ね、堰堤築造に對する自分の考へを少し計り申上げて見たいと思ひます。將來堰堤築造にたづさわられる方々に多少なりとも御參考になれば甚だ幸と存じます。御聞き苦しい事と存じますが暫く御靜聽を御願ひ致します。

第一に堰堤を築造致しまする位置の地質調査であります、從來はダムサイトに或間隔を置きましてボーリングを致しましてコアを取り、之のコアとボーリングの際の掘進速度とによりまして岩盤の硬軟、岩質等を判定するのが通例となつて居りますが、何分費用の點と調査期間とに制限されます關係上 10~15 m 毎にボーリング致しまして其に依つて其の間の岩質を推定するのであります。然るに河身に平行して斷層があると又斷層とまで行かなくても非常にもまれた部分とかが往々其のボーリングの間に介在しまして愈々工事に着手した場合思はぬ悪い部分が出まして、之が爲施工上非常に困難に遭遇する實例は非常に多いのであります。殊に多少共疑はしき地質の場合に於きまして單にボーリングのみに依りまして精密なる調査をすることは容易でないであります。之に對しましてアメリカでは堅にボーリングを致します以外に兩側より斜に或角度を以てボーリングして其の先端が殆ど出遇ふ様に掘りまして河身に平行な地質を調べる方法を取つて居りますが、斜に掘る事は仲々困難であります。之に對しまして最近我が會社で天龍川筋に建設したいと思つて居ります平岡發電所の堰堤(高 60 m)に於きまして、ボーリングをしました結果良好の岩盤であることは判明しましたが、念のために色々の地質學者の實地調査を御願ひしました結果、河身に平行して斷層がありはしないかとの疑ひがありましたので種々研究しました結果、遂に河身を横斷して河底に隧道を掘り調査することに致しました。

先づ左岸に深さ約 40 m の堅孔を掘りまして大体カットオフに相當する深さの處を河身を直角に横斷しまして對岸まで隧道を掘りまして實際目の當り河底の岩質を調査致しました結果、心配した様な斷層の如きものはないことが判然としました。之は單に斷層の有無を調査するのが目的でやりましたのでありますが、其の結果堰堤位置に於ける岩質の変化の状態、岩の目の有無及其の走行状態、並に浸透水の有無及其の量まで測定することが出来まして、將來施工に當り非常に參考になる資料を得たのであります。河底に隧道を掘ると申しますと非常に大げさの様であります、堅孔 40 m 河底の横孔 130 m で工費約 2 萬 5 千円でありました。假りにボーリングの費用

* 矢作水力株式會社理事

1 m 當り 45 円としますと約 560 m 分に相當します。一つのボーリングに 30 m づゝ掘進すると致しますと約 7 m ピッチに 19 ケ所ボーリングをする費用と同じであります。數百萬円の堰堤築造費に比較すれば問題ならん僅かの費用であります。其の上に工事の實施に當りまして、断層其の他悪い地質に遭遇致しまして莫大な費用と苦心を拂ふ事を思へば極く安いものと思ひます。

アメリカに於きましても最近では地質調査に非常の注意を拂ひ土木技術者のみならず専門的地質学者の意見を尊重しまして、事前の調査に萬遺漏なきを期して居る様であります。我國でも豫備調査に尙一段の努力を拂ひたいと思ひます。

次に基礎岩盤に對するグラウチングであります。從來我國では幾分申譯のと申しますと語弊がありますが、之のグラウトに關しまして簡單に考へ過ぎて居る傾きがありはしないかと思ひます。御承知のポルダダムでは 30~150 呎のグラウトホールを 5~20 呎毎に掘りまして其の延長は 87 000 呎に及び平均 8 袋のセメントを注入して居る。ノースダムでは 30 呎、40 呎、100 呎の各種のグラウトホールを上流面は勿論下流水即部分にも掘りまして多いものは 1 箇の孔に 200 袋から注入して居ります。佛國のジャンボンダムでは平均孔の深さ 30~50 呎、特に深きものは 130~160 呎で延長 10 000 呎に及び注入セメント量も 19 000 袋に及んで居る有様であります。其の注入方法も我々がやります様な一定の深さにグラウトホールを掘り一度に一定の圧力でモルタル注入を爲すのではなく順次孔の深さを増し上層部分よりモルタルで固めて最後には 1 000 呎/ロウに及ぶ高圧力で百數十呎の深さまで注入するのであります。注入モルタルの水比も地質、注入圧力等に對應しまして適宜変更することは勿論であります。前に申しました河底に横坑を掘つて見ますと相當立派な岩石の部分でも極く僅かの岩の目から水の浸透して居るのを見まして基礎岩盤に對するモルタル注入の如何に必要であるかを痛切に感じた次第であります。次にコンクリート用骨材に關してであります。アメリカに於て見学致しました或工事場に於きましても骨材の洗滌に關し非常の努力を拂つて居ることでありまして、我國で時々見受ける様な多少共泥氣を含んで居るものは絶対に見受けられませぬ、此の點コンクリート工事にたづさわるものと致しまして注意したいことと思ひます。尙アメリカでは最近ではセメントの經濟的使用と均質のコンクリートを造る目的のために使用骨材の篩分をやつて居ることでもあります。例を申しますとポートランドの北方 40 哩コロンビア河に施工中でありましたボンネビルダムや同河川の上流に築造中の有名なグランドクーリーダムに於きましては砂利は 4 種即ち #4~3/4", 3/4"~1 1/2", 1 1/2"~3", 3"~6" に篩分けして使用することにして居ります。之に對するセメント量も種々實驗の結果最小量で最大の強度を得る様決定されまして其の實驗から決定された割合にミキサーに計量して入れますから其のコンクリートの強度の如きは殆ど一定したものが出來ます。其の割合はボンネビルダムでは #4~3/4" が 28%、3/4"~1 1/2" が 25%、1 1/2"~3" が 22%、3"~6" が 25% でありましてグランドクーリーダムでは其が 26%、22%、27%、25% の割合になつて居ります。で我々が経験しました様な中に強度の高いものがあるかと思ふと又中には非常に弱いものがある様なことは何處の工事場の實驗室でも見受けられないのであります。從來我國で使用して居る様な切込砂利を使用し 1:2:4 とか 1:3:6 とか云ふ配合を無意味に使用することは一日も早く改善して經濟的且均質のコンクリートを作る様致したいと思ひます。前に申しました平岡發電所では從來の 1:3:6 の配合で行きますと使用するセメントの數量は 160 萬袋に及びます。今實驗中で判然と申上げ兼ねますが假に 5% の使用量を節約することが出來ると致しますと 8 萬袋約 12 萬円の節約が出來ることになりまして篩分設備に相當の費用を投じましても充分經濟的に施工出來ると思つて居ります。

次にコンクリート凝結並に硬化に際しての内部温度上昇に對處する問題であります。此の内部温度の上昇に

關しては近來特に喧しく研究される様になりました。最近實測されました内部温度の上昇は最高 $60^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 位であります。

私が建設致しました黒田貯水池堰堤に於て測定しました結果を申し上げますと 10 個の温度計を色々の位置に入れ測定致しましたが夏の 8 月 8 日午前 10 時外氣温が 24° の時に入れましたものが最高 54° まで、同じ 7 月 19 日午後 2 時外氣温 28° の時に入れましたものが最高 56° まで、春 5 月 2 日午前 9 時外氣温が 17° の時に入れましたものが最高 32° まで、同じく 4 月 14 日午前 8 時外氣温が 5° の時に入れましたものが 20° まで、冬 12 月 22 日正午外氣温が 0° の時に入れましたものが 18° まで上昇致しました。此の結果から見ますと堰堤の如きマスコンクリートは氣温の低い時即ち冬から春にかけて施工することが望ましいのであります。處が我國ではむしろ夏の方が日も永くて工事の施工能率も良いので多計り施工することは許されないのであります。

又測定の結果から色々研究して見ますと外氣温の堤体内部に及ぼす影響範圍は 2m 内外である様であります。其以上の距離には殆ど影響がない様であります。假りに 56° まで上昇しましたものが或年月の間に 10° 前後まで冷却されたと致しますと約 60 kg/cm^2 以上のストレスが起きますからイニシャルコンプレッションストレスがあるとしましても尙クラックの起きる心配はあるのであります。

之に對しまして御承知の通り最近アメリカに於てはボルダーダムとかグランドクーリーダムとか云ふ大堰堤に於きましては柱狀式コンクリート施工法が採用される様になつたのであります。之は御承知の通り約 50 呎角に柱形にコンクリートを施行するのであります。唯單に 50 呎角に施工しましても前に申しました様に外氣の影響が假に 2m 以上に及ばないとすれば柱形の内部の温度を下げることは出來ないのであります。でボルダーでもグランドクーリーでも約水平に 6 呎毎に高さで 5 呎毎に一面に径 1 吋のクーリングパイプをコンクリートの中に埋込みまして出來上つた後之に冷却水を通しまして或温度まで冷却するのであります。斯く充分に冷却しまして其のブロックとブロックとの間に布設してありますグラウトパイプによりまして萬遍なくモルタルを注入しまして其の柱形と柱形とを打つて一塊のものとするのであります。此のクーリング並にグラウチングに對するパイプは數千哩に及びまして、又其の冷却モルタルの方法等はアメリカで實地を見て其の完備せるに驚いたのであります。斯くしてこそ初めて此の施行方法の價值あることを知つたのであります。然るに新らしき事がベストなりとの考へから冷却並にモルタル注入を考ふることなしに輕々に此の柱狀式コンクリート施工法を採用したとしますると其の害や恐るべきものがあると思ひます。アメリカに於きましてもボルダーダムとかグランドクーリーダムとか云ふ大堰堤工事に於きましては施工能率の點から申しましても此の方法が最善の方法として採用されて居りますが、それ以外の 300 呎前後のものには採用されて居りませぬのみならず一部の技術者は此の施工方法に反對意見を述べて居られる次第であります。

我國でも將來ボルダーダムとかグランドクーリーダムとかに匹敵する大堰堤を築造される様になつた場合には別問題であります、鉄材に乏しく且機械工業の伴はない現在としましては矢張從來の堤削に直角に約 50 呎前後にコントラクションジョイントを設けた施工法により工事中の養生に一層の注意を拂ひ、夏季コンクリート施工の際は熱せられたる骨材を撒水其他現場現場に適した方法によつて冷却し、内部温度の上昇を極力遞減する様に努力する外はないと思ひます。

コンクリート工事の養生の必要なることは恐らく土木工事に關係するものとして誰知らない者はないのであります、兎角おこたり勝と云ふよりも工事に當つては殆ど忘れられて居るかの感があるのであります。此の點アメリカの各工事場を見学致しまして其の行届いて居るのに感心したのであります。一例を申しますと堰堤工事場に

於きまして出来上りました部分に対してはパイプを引廻しまして之にプレッシャーウォーターを通しまして此の
パイプの小さい穴から霧の様にしてコンクリートの面に噴きつけて居るのであります。之がため晝夜間断なく湿
氣を興へて居るのであります。又施工打継面に対しましても充分の撒水を間断なくやつて居ります。之の打継面
もコンクリート打設後 10 間前後で其の面を綺麗に洗つてレータンス等は完全に洗ひ落してしまうのであります。
之の洗ひました水の処理はは断面を中凹みにコンクリートを打ちまして其の凹みの中央にパイプを立てまして自
然流下して最下部のギャレリーの中に入り此處からポンプアップしまして外部に出して居ります。斯くしますと
思ふ存分に撒水も出来ると思ひます。然るに我が國の堰堤工事に於ける此の汚水の処理は私の寡聞かも知れませ
ぬが充分でない、處によつては幕板に穴をあけて汚水を出す様にしたり又スコップやバケツでかい出したり非常
に苦心して居ります。従つて撒水も充分に行かない様な譯であります。

従來の施工方法の場合には柱状式施工法に比して其の打継面も廣い關係上此の汚水処理のパイプを數箇所へ建込
む様にして樂に自然的に處理出来る様考慮せば撒水も充分に出来ると思ひます。斯くして充分の注意を以て施工
せば莫大な費用を要する柱状式施工法を採用する必要はなからうと思ひます。萬一クラックを生じた場合に
はモルタル注入をして其の危険を防げば良いと思ひます。堤体コンクリート中にモルタル注入することは餘り效
果がない様に思はれますが、我社で昨年完成しました岩倉貯水池堰堤に於きまして灌水して見ますと第 4 ブロッ
クで下流面に多少水の滲透がありますので色々調査して見ました結果此のブロックは夏季の眞最中に施工しまし
た處で且ミキシングプラントから遠い距離にありました爲シユートが非常に長かつた爲砂利とモルタルと分離し
まして灰鉄が充分に行かなかつたことに起因して居ると思ひまして、此のブロック 20 m 間に 8 ヶ所のモルタル
注入孔を掘りまして 300 #/ロの封度のモルタルを注入して見ましたらば多きはセメント 4 袋、少なきも 2 袋の注
入を致すことが出来まして水の滲透に對しまして非常に良結果を得た様な譯でありますからコンクリート中にも
相當モルタル注入は出来ることと思ひます。

尙コンクリート施工方法又は搦固めとしましてパイプレーターの使用 其の他色々申し上げたいのでありますが
餘り長くなりますので省略させて頂きます。

終りにのぞみまして私の此の度の旅行に於てアメリカは勿論歐洲に於ける堰堤は相當數多く時日の許す限り見
学して通つたのでありますが、漏水のないものは殆どないと言つてよい位であります。アメリカテンネシー河に最
近出来ましたノリスダムの如きアメリカ土木の粹を集めて作つたと言ふ自慢のダムでありますが、其でも數箇所
堤体よりの漏水があり又監査孔内の如きも相當漏水のあるのを見まして如何に堰堤工事の至難であるかを痛感し
た次第であります。電力國家管理や河水統制等のため益々高堰堤築造の機會が多いことと思ひます際願くは益々一
致協力して其の完成に邁進したいと思ひます。永らく御静聽を煩しましたことを感謝致します。