

講 演

第25巻第12號 昭和14年12月

鴨綠江水豊堰堤工事概要

(昭和14年10月30日土木學會創立25周年記念講演會に於て)*

會員 久保田 豊**

1. 鴨綠江發電の企業沿革並に概要

朝鮮に於ける水力發電は既に發電して居るものが約60萬キロ、工事中のものが鴨綠江發電を除いて、凡70萬キロに及び、内54萬キロ及36萬キロは夫々私共で開發し又は工事中のものであります。滿洲國に於きましても數拾萬キロの火力發電が行はれ、其の産業5ヶ年計畫の目標は電力に於ても相當の量を要求して居るので、之等兩方面の生産擴充に於ける重要な立場は御了解願へると思ひますが、實は電力資源があり其の開發が急激に着手せられたので、これ等の産業が此の地方に集中して來ることになると申しても云ひすぎではないと思はれます。

鴨綠江は滿洲事變前までの政治的狀勢と産業態勢では、多大の水力資源を包藏して居ると想像され乍らも、開發を許し得なかつたのでありますが、今般日滿一體の政治經濟的緊密さは之が開發の緒についたのであります。即ち滿鮮兩當局に於て外交的措置を取り協同開發の協定をなし、朝鮮に於ては資本金5千萬圓の朝鮮鴨綠江水力發電株式會社を、滿洲に於ては勅令による特殊法人たる資本金同額の滿洲鴨綠江水力發電株式會社が夫々成立し、國籍の異なる2つの會社が共同事業として一體不可分にて仕事をする、即ち其の爲には株主、役員、従業員が全部共通で、共同以外に於ては仕事が出来ないと云ふ實際は一社と同じ働きの會社が出来て起業に當つて居ります。

鴨綠江は堰き止め得る狹窄部隨所に存在し、岩盤もよいので大堰堤を隨所に築き得るのであります。計畫の概要は海拔標高500mから5mまでの間の7ヶ所の堰堤式發電所により、累計440mの落差を利用して164萬5千キロ(最近の修正計畫では2百萬キロに昇ります)の發電をなすもので、殆ど貯水池と發電所との連続となり、悠久幾千萬年流れて止まなかつた鴨綠江、又國境河川として有名な鴨綠江、筏流しの情緒豊かな鴨綠江も近代的設備を施されて、産業の隆盛と文化の向上に大きな役割を演ずることゝなつたのであります。

今回の題目となつて居ります水豊堰堤は上流より6番目、下流より2番目に當り、河口より約140km上流に當ります。

2. 水豊貯水池並に發電所計畫の概要

水豊堰堤に流入します流域面積は凡そ50000km²であります、内上流地域に流域變更がありますので45400km²が將來の實面積となるのであります。15ヶ年の平均流量は約800m³/secで最大月平均2500m³/sec、最小月平均80m³/sec(2月の結氷時最渴水)であり、發電所で約1000m³/sec見當を使用する設備を持つて居ります。

貯水容量は116億m³有効容量76億m³(1箇年平均全流量の約3割5歩)、貯水池最高水位面積345km²、水深97mの内27.5mを有効水深として使用します。1ヶ年の總發電力は上流に貯水池が出来ると本貯水池單獨で40~50億kW/hを出せる見込であります。

* 著者の都合により講演會に不出場なりしたため、原稿のみを掲載す

** 工學士 長津江水電株式會社常務取締役

発電所は堰堤と連続して直下流に並行し、容量に於て世界的記録機たる 10 萬 kW 水車発電機が 7 臺掘付けられ、鮮満サイクルの差異に對し 50 と 60 兩サイクル兼用機 3 臺、各サイクル専用機 3 臺宛で、水車全部と発電機 3 臺とは國産品であります。発電々壓 15.6 kV を 220 kV に昇壓し、鮮満折半して生産擴充の線に沿ひ需要地に送電することゝなつて居ります。

3. 水豊堰堤の計畫

堰堤高は最大 110 m、長さ 950 m、直線重力式溢流型で、堤頂約 400 m を最大洪水時 7 m、計量洪水時 10 m の水深で溢流せしむることゝなり、尙此の 400 m の溢流幅では不足するので満洲側の鞍部を切り開いて別の溢流堰を作ることゝなつて居ります。洪水量は最大 28 000 m³/sec、計量洪水量 42 000 m³/sec を安全のため定められ、水門の揚程其の他の施設は皆之に該當せしむることゝなつて居ります。

堰堤の基礎岩盤は先寒武利亞系に屬する片麻岩を主とする堅硬なる變成岩で、着手前試錐及堅坑、横坑試掘により充分安全なる基礎なることを確認し得たのでありますが、實際掘鑿しました現在に於ても申分なく、コンクリート施工に當りましても基礎からの湧水の始末に困つたと云ふ様な事は一度もないのであります。堤體は上流面が 0.05 下流面が不溢流部 0.75、溢流部 0.78 なる基本三角形で總容積は約 320 萬 m³ となります。堤體の伸縮接手の距離即ちブロックの幅は 15 m を原則とし、工事中の排水路の出來る處は 16 m、又発電所の鐵管の入る箇所は 18 m に夫々已むを得ぬ事情に従ひました。ブロック間には凸凹部即ちノッチを 3 本入れ、又鋼板により止水致しました。

堰堤施工方法の根本方針として、種々検討しました結果最近の大堰堤の施工法に倣ひ、柱狀式即ちブロック式施工法を採ることになりました。即ち堤軸に並行に施工接手を設けたのであります。此の繼手にも垂直方向に凹凸を作り、繼手の兩端及上下約 20 m づゝを 1 區間とし鐵板でシールして、繼手面には注膠碗を持つた注膠配管を堤體監査廊内から出して居ます。即ち後日生ずる隙間を充分注膠する積りであります。硬化熱の處理につきましては此の柱狀式施工法が幾分熱の發散に役立つこと、後述します通り低熱セメントの使用、必要ならざる限りセメント使用量を制限すること、又現地が夏季數 10 日を除いては氣溫低きこと等により、特別に冷却装置を施すことは見合せました。次にコンクリートの配合であります。先づ骨材は鳴緑江の本支流の河砂利を 2 ヤード電動ショベル 8 臺及積込機により、廣軌鐵道を敷設して 1 日 8 000 m³ の計畫で採集します。この骨材は砂利として 3 段に即ち 150~100 mm、100~50 mm、50~#4 に、砂は 2 段に夫々洗滌篩分けをして居ります。砂は Zone classification となつて居りますので確然と寸法的には分けて居りません。之等の骨材を混合工場でなるべく最大密度ならしむる様、定めた指定割合で混合します。勿論骨材採集場に於ける細粗混合の割合は一定して居りませぬが、篩分後の貯藏所よりの使用量に應ずる爲餘り片寄つて、捨てる必要が生じた様なことはなく、大體指定比率で混合出來て居ります。1 m³ 當りのセメント量は打込箇所及標高により 220 kg より 270 kg 迄の間として居りまして、接水側及下流露出面は水密性及耐久性のため富配合とすべきですが、中央部は所要強度を與へる程度に止めて、セメントを必要以上に入れると云ふ事は、發熱の點より云ふも又近年盛んに論議され初めた plastic flow の點より云ふも面白くないのではないかと考へ適宜減量して居ります。コンクリートは水セメント比の小なる硬練りとし、之が混練りにはスミス型の反轉式混合機を用ひ、運搬には鐵塔棧橋式による移動旋廻式ジブクレーンによりバケット積のものを積み却す方法を取りました。コンクリートの 1 回施工高即ち 1 リフトは 150 cm として居りますが、夏は少しく低くし冬は之を厚くする事として居ります。空氣式 2 人持のバイブレーター 4 臺を以て 1 ブロックの施工

を致させて居ります。

使用セメントは気温の高い5月より10月初め迄は中庸熱セメントを用ひ4月及10月、11月頃の低温期(夜間しばしば氷點下となります)には普通品を使ふことゝしました。大塊コンクリート施工に當りその硬化熱の處理が、重要な事となつて居るのは申す迄もない事で、低熱セメントの利用はその一つの方法であります。サンドセメント、シリカセメント等従来のポルトランドセメントに混合物を添加する方法とか又ポルトランドセメントを粗目の粒に粉碎して發熱量をコントロールするとか色々ありますが、本工事に於ては強度、仕事の仕易さ及耐久性等を考へまして結局 compound composition の制限により發熱量をコントロールする低熱品を使ふ事と致しました。而してこの低熱セメントに就き製造者側と色々交渉論議しました結果、極度の低熱品、即ち4週で70 cal/gr 級のもは製品として“フケル”即ち activity を失ふ懼があるとの申入れにより、結局中熱品即ち4週で85 cal/gr 級としたのであります。現在までの実績では80 cal/gr 以下となつて居ります。又 compound composition としては大體次の様なものが出来居ります。

C_3A (Tricalcium Aluminate) 7.23 (仕様書制限 7.5)

C_3S (Tricalcium Silicate) 31.50

C_2S (Dicalcium Silicate) 46.12

C_4AF (Tetracalcium Alumino Ferrite) 9.42

又コンクリートの收縮に關係ありと云はれる ignition loss は 0.70% となつて居ます。此のセメントの製造に就ては朝鮮小野田セメント勝湖里工場單一によりましたが此の工場のみ能力では不足致しますので、此の工場に接續して、當會社の自家用工場を委任建設製造せしむることゝ致しました。この工場は compound composition としての均質を保たしむる爲濕式製法による最新式としました。新工場は1ヶ年18萬噸の能力を持つて居ります。

4. 施工方法並に設備

先づ締切りの事を申し上げますと、此の場所の流量は年平均 $800 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、夏季は $2000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上となり、年に1、2回は $10000 \sim 20000 \text{ m}^3/\text{sec}$ になるので締切及締切後の作業については餘程考慮を要する次第であります。そこで種々比較研究の結果 $2000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 迄位は堤體內假排水路によるものとし、それ以上の時は已むを得ず堤體築造中の低い部分を溢流せしむると云ふ方法を取ることに致しました。即ち先づ第1階段として低水幅約500mの内兩岸より約160m宛締切り中央部に160mの排水路を明け、締切内の堤體に設けた假排水路6本が完成するを待ち中央部を締切り、之と切り換へると云ふ工法を取ることにしました。締切は河床に土砂が少いのと、なるべく完全に締切りたいことゝ、必要の最小面積を締切り、洪水時は已むを得ず溢流せしめねばならぬ事及締切をコンクリート作業の運搬線に利用しない事等の理由で、コンクリート締切と致しました。即ち冬季渇水期を期し手杵工を以て荒水を切り、潛水夫をして粘土を入れしめた本締切の中を排水し且つ寒中の事とて防寒及暖防設備をしてコンクリートを施工したのであります。これにて完全に水が止まり爾後の作業が大變樂となり1回大洪水に遭ひましたが大した損害もなく仕事を直ちに續けることが出来たのであります。中央部160mの締切りも豫定の通り今年冬期流水を堤體假排水路に切り換へ乍ら施工の豫定であります。

工事の設備としては材料運搬用として京義本線定州驛より分岐し現場まで約120kmの廣軌鐵道及それより鴨綠江を渡りて滿洲國內東遼道鐵道と連絡する區間85kmを夫々私設鐵道として平北鐵道及鴨北鐵道の2會社を

作り、沿線の産業開發の將來の鮮滿ルートとして開通させました。勾配、曲線及構造物規準等第 1 級のものと致しました。工事用電力は 10000 kVA の變電所の設備と 66000 kV 送電線 100 km により充分の動力を使用出来ることに致しました。500 km を隔てた京城本社との間には 2 回線の専用長距離電話を始め通信機關も完備させて居ります。セメント骨材の配給に就ては既述の通りで充分の設備を持ち、骨材篩分、混合等の諸工場は兩岸に持ち、兩側より夫々施工の事とし兩岸間約 1 km は能力 9 t で 37 m の腕を有する移動式旋廻ジブクレーン 6 臺と、同じく固定クレーン 4 臺とによりコンクリート施工を續け、1 日最大 8000 m³、1 ケ月 180000 m³ の能力を有せしめて居ります。鐵道又は索道より却されたる骨材は主としてベルトコンベヤの操作により篩分工場へ、次に貯藏所へ、そして混合工場へと運ばれて居ります。

尙假設備でなく永久設備として、舟運流筏に關する設備がありますが、本講演に於ては時間の關係上省略することと致します。

工事は昭和 12 年の 9 月に會社成立後直ちに着手、現在約 50 萬 m³ のコンクリートを施工して居ます。15 年末には貯水を開始し、低水位（の水壓）にて發電を始め 17 年夏までに全工事を完成せしめる豫定であります。