

土木学会第1回年次学術講演會講演

(發電水力, 河川及港灣之部 No. 1)

鐵道省信濃川千手發電所及鉄管に就て

會員 阿 部 謙 夫*

1. 概説 鐵道省信濃川發電計畫及其の内の取水堰堤, 沈砂池, 調整池, 圧力隧道等の設計及工事の狀況に就ては昨年4月東京に於ける工学大會に於て夫々報告が提出せられた。其の後各工事共順調に進捗して居るが之等の工事に就ては昨年に重複して述べることを省略し茲では昨年以來工事に着手せる發電所及之と不可分の關係にある鉄管に就て述ぶることとする。

鐵道省信濃川發電計畫は所謂水路式で取水量は $167 \text{ m}^3/\text{sec}$ とし、之を調整池に依り調整し最大使用水量は $250 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。此の水量を送るため水路隧道を2條とし發電所は千手, 山邊の2段に設け工事は4期に分ち第1期工事に於ては取水堰堤, 沈砂池, 調整池, 千手發電所に到る水路隧道及圧力隧道の内各1條宛, 調圧水槽1個, 主水車發電機3臺を築設し第2期工事に於て同發電所に屬する残りの水路隧道, 圧力隧道各1條及主水車發電機2臺を設け千手發電所を完成する。第3, 4期工事では千手より山邊に到る水路各1條及發電所の半を築造する。落差は千手, 山邊共約50mで出力は千手, 山邊各約100,000 KW, 合計約200,000 KWである。第1期工事は昭和6年着手目下工事中で昭和14年中に完成の豫定である。

信濃川發電計畫で特異の點は水路が2條となつて居り之に依つて種々の特別な設計が生ずることである。其の内でも最も著しきは調整池の中に設けた連絡水槽で、之に依り2條の水路隧道, 2條の圧力隧道及調整池の3者を自由に切換連絡せしめ低負荷時に於ては水を水路隧道より直ちに圧力隧道に流入せしめ、高負荷時に於ては使用水量の半は調整池より取るが他の半は水路隧道より直接圧力隧道に流入せしめ以て調整池水面低下に依る落差の損失——調整池の有効水深即ち水位の変化は9.1mで千手發電所に於ける落差の約20%に相當する——を防ぐ様にしてある。

連絡水槽を設けることに依り2條の圧力隧道の内1條は水路隧道の水を直送し他の1條は調整池に連絡することもあり、又は水路の水を直送することもある。従つて圧力隧道, 調圧水槽, 鉄管, 水車等の配置に付き種々の問題を生ずる。即ち

- (1) 各圧力隧道に接続する調圧水槽, 鉄管, 水車等を各獨立の2系統とするか或は適當の形に於て連絡せしむるか。
- (2) 若し獨立の2系統とする場合“直送系”と“調整池系”とを初めより區別し異れる設計とするか或は同じ設計となし交替に使用し得る様にするか。
- (3) 水車, 發電機の容量及臺數を如何にすべきか。特に豫備機の臺數及配置を如何にすべきか。

等が鉄管及水車の配置を決するため考慮すべき問題であつた。

之等の問題は相互に關聯するが先づ水車發電機の容量の問題から考へる。

根本問題として2條の圧力隧道の大きさを変へることも考へ得るが兩者を同じ大きさとする方が工費の點に於ても又圧力隧道内の摩擦に依る損失を最小にする上から云つても適當である。従つて兩圧力隧道に連る水車發電

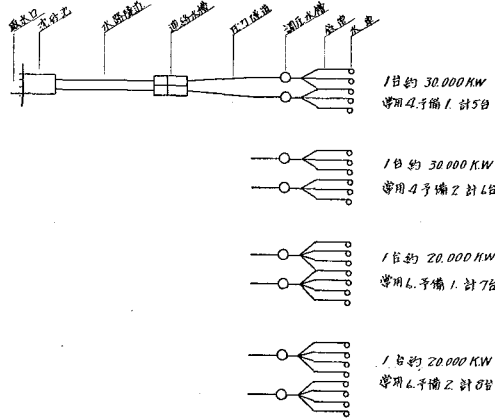
* 鐵道技師 工学士 鐵道省信濃川電氣事務所勤務(昭和12年4月10講演)

機の常用臺數は同數となり発電所の常用臺數は偶數となる。實際問題として此の発電所に設備すべき水車発電機は(イ)約20000KWのもの常用6臺とするか(ロ)約30000KWのもの常用4臺とするかの2案があり之より小容量のものを數多く備ふることは今日の技術の常識からして問題とならない。以上に述べた問題を併せて考へれば圧力隧道以下の配置に就ては4つの案が考へられる。即ち

- (1) 5臺案。常用4臺、豫備1臺、1臺約30000KW
- (2) 6臺案。常用4臺、豫備2臺、1臺約30000KW
- (3) 7臺案。常用6臺、豫備1臺、1臺約20000KW
- (4) 8臺案。常用6臺、豫備2臺、1臺約20000KW

で之を图示すれば圖-2となる。

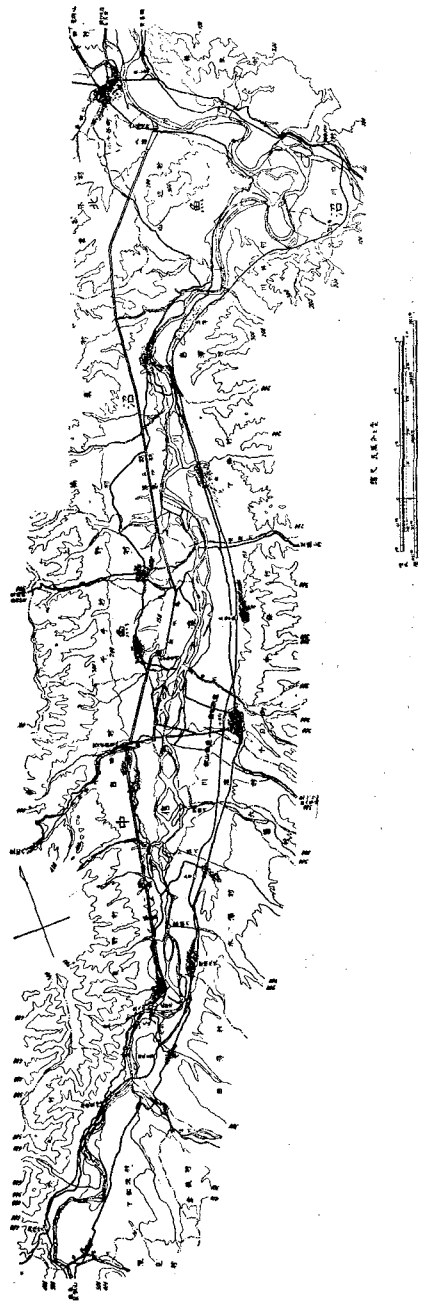
圖-2. 水車鉄管配置諸案略図



之等4案を検討するに先づ圧力隧道以下を獨立の2系統にする場合を考へる。此の場合一方の圧力隧道を“直送系”とすれば此の方は調整池水位の上下に關係がない故圧力隧道の受ける水圧低く力隧道の工費を節約することが出来るが其の反面に調整池より取水することが出来ない。従つて何かの故障で水路から調整池に水が來ない場合で而も調整池に或程度の水があつても直送系の圧力隧道に依つては之を發電に利用することが出来ない。又上記の様な極端な場合でなくとも調整池系の圧力隧道を修繕する様な場合直送系の圧力隧道のみを用ひては發電の融通性を著しく害せられる。此の発電所の如く唯1個の水力発電所が補給汽力発電所と共に特定の目的に確實なる電力を供給する使命を有する様な場合には發電の融通性を貴び圧力隧道を獨立の2系統に區別しても同じ設計とし交替に使用出来るものとするのが適當である。

次に豫備機の問題であるが(2),(4)案の様に圧力隧道以下を全然獨立の2系統とすれば各系統毎に1臺即ち千手発電所としては2臺の豫備機を有することゝなる。之は必要の程度を超へたもので水車発電機を1臺増すとき之

圖-1. 信濃川發電水路平面圖



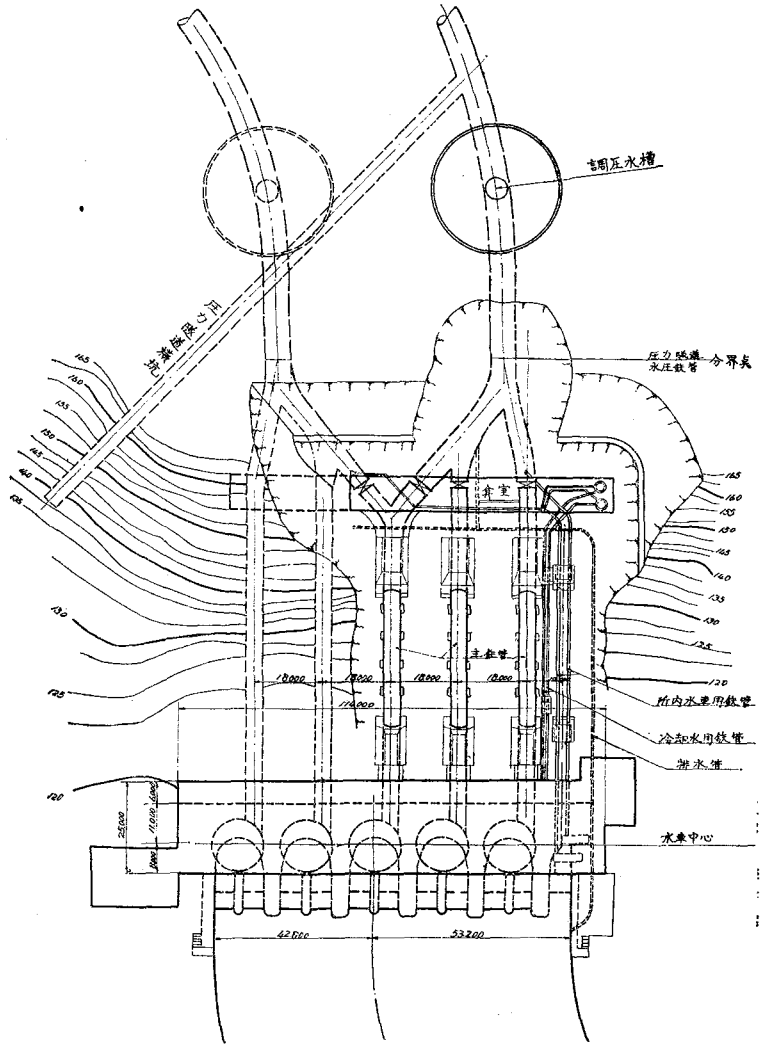
に要する機械、鉄管、発電所建物等の費用は尠くない。之等の點より考へて水車発電機の臺數は豫備を含んで奇數とするのが適當であるといふことになる。

次に然らば水車発電機の臺數を5臺にすべきか7臺にすべきかを決しなければならぬ。5臺にすれば1臺の容量約30000KWとなり落差約50mとすればランナーの大きさが大となり之を分割せずして鉄道で輸送し得るや否やが疑問となる。此の點に就ては具体的に調査した結果ランナー運搬用の特別貨車を新造しランナーを全く無包装で運搬すれば分割せずして輸送し得ることが明かとなつた。然らば5臺案、7臺案兩者共可能であり之を決するのは主として工費の多小と取扱の難易に依るべきである。5臺案の場合には7臺案の場合よりも水圧鉄管の直径が増し管の厚さも厚くなるが條數が減ずる。又発電所は間口が減じ奥行と高さが増大する。又発電所の起重機は5臺案の場合には7臺案の場合より容量が大となる。之等の諸事項及水車発電機の費用等を調査して比較した結果、5臺案の方が7臺案の場合より幾分總工費が安くなる事が明かとなつた。且5臺案は7臺案に比し運転臺數少く従つて負荷の分配其他運転上の利便が多く又常用に對する豫備容量の割合は5臺案の場合は25%、7臺案の場合は16.7%となり之等の諸點から考へても5臺案の方が有利である。

以上述べた様な理由に依り

- (1) 压力隧道以下には“直送系”“調整池系”の區別を設けず同じ設計として交替使用し得るものとす。
- (2) 主水車發電機は容量約30000KWのもの5臺とし内1臺を豫備とする。
- (3) 主水車の内1臺は2條の压力隧道の何れからでも送水運轉し得る様にする。従つて1條の压力隧道から出る鉄管は分岐して3條となり内1條は他の压力隧道に屬する鉄管のIとY字形に連絡せられ結局5條の主鉄管となる。
- (4) 調圧水槽は压力隧道1條に付各1個を設ける。

図-3. 調圧水槽、鉄管路及發電所平面図



といふ案が発電所運転上からも又工費の點からも最も適當であるといふ結論に到達した。之に依つて樹てられた実施案は図-3,4 の如し。

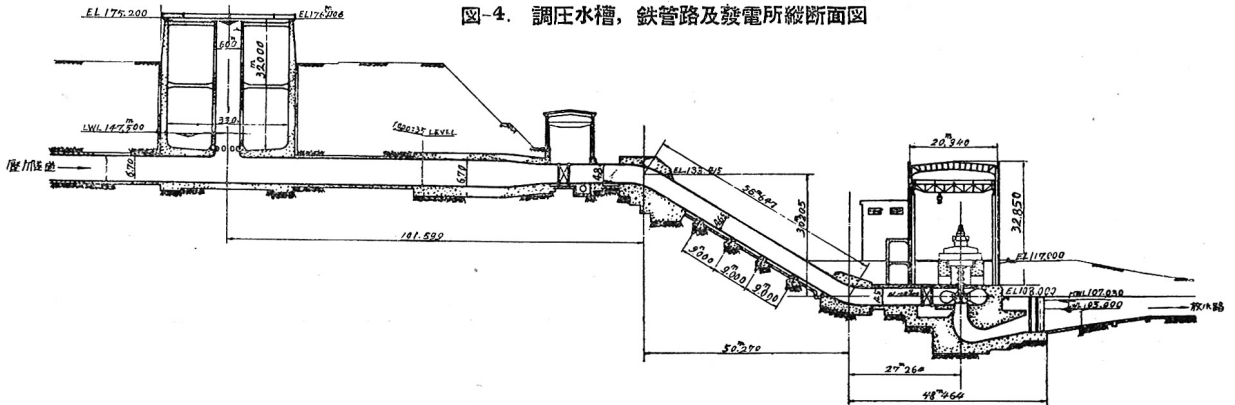
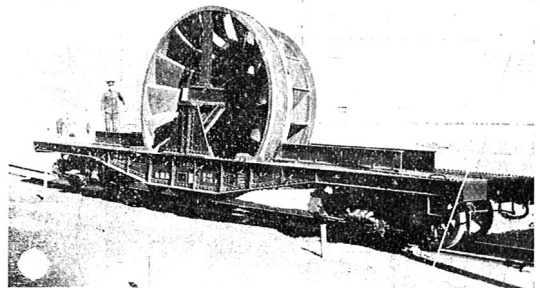


図-4. 調圧水槽, 鉄管路及発電所縦断面図

2. 発電所 千手発電所に設備さるゝ主発電機は5臺で内3臺を第1期に設備する。発電機は堅軸, 回転界磁, 空氣冷却器付全密閉循環通風式で1臺の容量31600 KVA, 電圧11000 V, 周波數50, 勵磁機, 副勵磁機は直結である。風洞を含む外径は11.5 m, スラストベアリング勵磁機等を含んだ高さは12.5 m, 全重量約550 t である。之に直結する水車は鋼板のケーシングを有する單輪單流渦卷型フランシス水車でケーシングの外径12 m, ランナーは直径3.736 m, 高さ1.55 m 之は鉄道で運搬し得る最大限の大きさを有し之を輸送するため特別の貨車を新造した(図-5 参照)。

図-5. ランナー及運搬用貨車



主発電機の外に所内用として横軸フランシス水車及之に直結する容量1000 KVA, 電圧3300 V, 周波數50の発電機2臺を設けることゝし内1臺は第1期に於て設備する。発電室には容量200 tの天井走行起重機2臺を設ける。之には容量30 tの小起重機が付いて居る。主水車発電機の廻轉部分の重量は約350 t 之を釣り上げるとき2臺の起重機を併せて用ふる。

発電所建物は1期工事で全部を建築する。主要部分たる発電室は間口114 m, 奥行26 m. で水車床と発電機床とを備へ水車床より屋根迄の高さ約32 m である。発電機臺座は鉄骨, 鉄筋コンクリート桁で各発電機の間中に支柱を設ける。発電室の外に操作室, 事務室等が附屬して居る。発電所建物は鉄骨鉄筋コンクリート造で之に要する鉄骨約3000 t, 鉄筋約1300 t に達する。

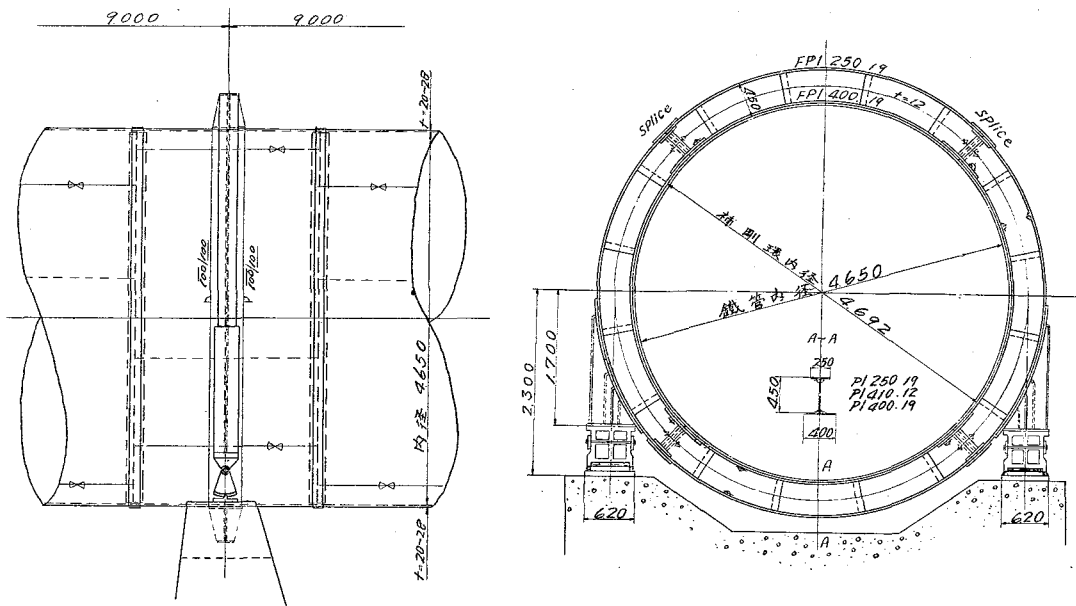
発電所基礎工事は昭和10年秋より着手し目下工事中で掘鑿は大半竣工しコンクリートは約1/3を打ち終つた。普通水力発電所は河畔に在ることが多いが此の発電所は延長3 kmの放水路を有し発電所は河川より遠く離れて居る故締切等の必要なく工事は比較的容易である。又普通の場合発電所基礎工事と吸出管据付とは同時に行はれるが此の発電所では吸出管製作と基礎工事時期の関係上吸出管を据付くべき部分を空けてコンクリートを打ち吸出管は後より据付け周圍にコンクリートを填充する方法を執る。

発電所建物の鉄骨製作は昨年秋より着手已に大半製作を了し水車発電機も已に大部分製作完了して居る故近々

鉄骨建方に着手し又吸出管等の据付に着手する豫定である。

3. 鉄管 鉄管は第1期工事に於ては1條の圧力隧道に接続する部分を作る。其の重量約2000tである。鉄管は内径6.7mの圧力隧道に連り順次分岐して直径4.8mのもの3條となり第3管は第2期の鉄管と連絡するためY字管に接続する。斯くて主鉄管3條(第2期分を合すれば5條)となり平行して斜面を下り発電所に入る。分岐後の鉄管の直径は4.8mより4.65mとなり遂に4.5mとなり管厚は18~28mmである。鉄管の接手に就ては實物大のものを継ぎ合して試験した結果縦接手は電氣熔接に依り横接手は両面に継目板を用ひ銲綴に依ることとした。之は横接手に熔接を用ふることは材料のヒヅミの関係上完全を期し難い爲である。鉄管は9m毎に小支臺を設けて支へる。此の小支臺は普通はコンクリートを以つて作り鉄管を此の上に載せるが當発電所の鉄管は其の直径大なるため管の変形等に依る不都合を避くるため鉄管に補剛環を取付けロッカーを用ひて小支臺上の床板に受けしめる(図-6参照)。尙鉄管の外圧に對する安全度を増し又製作据付の便のため1胴輪毎に溝形鋼の補剛環を附することとした。

図-6. 鉄管支臺補剛環図



鉄管の設計製作上最も困難な部分は分岐管である。即ち直径6.7~4.8mといふ大径の分岐管は世界にも其の例多しとせず又分岐管事故の例も尠くない故充分の考慮をなして居る。分岐管の構造に就ては種々研究した結果水流を妨げず且構造物の耐久及安全のため内部にステーの類を設けず専ら外部より鋼桁を以つて完全に補剛することとした。即ち分岐する兩管の交截線上に補剛材を取付け此の補剛材を支ふるため之に直交し鉄管を周る數個の環狀桁を配置し交截線上に働く力を完全に支へしめ管壁は凡て單純な管の一部として張力を受ける様に設計して居る。此の主旨を徹底せしむるため環狀桁は管壁より離して設くることとし又管壁其他の接合には銲綴を用ひ多數部材の集合及熔接に依る種々の副応力を除く方針を執つて居る。但し交截線上に取付くる補剛材は構造上熔接を必要とするが之は工場熔接とし必ず工場内の爐で完全に焼鈍しを行ふ豫定である。分岐管に就ては大事をとり1/5の模型を作り水圧試験を行つた(図-7参照)。此の際水圧は零より1kg/cm²宛上昇、降下せしめ管壁

補剛管の各部に取付けたダイヤルゲージに依り各部のデフレクションを測定した。之等のデフレクションと水圧の關係を調査するに最初の 1, 2 回の試験では各部に setting を起すため多少の不整を認めたと其の後の試験に於ては彈性変形の性質を完全に具備し且各部のデフレクションは豫め計算せるものによく合致し設計方針に誤りなきを示した。

鉄管が水車に入る所には蝶形弁を設けることが尙上部即ち分岐管の直下部にも各管に蝶形弁を設けることとした。上部の弁は Y 字管の切り換へに必要なのみならず他の管に在りて鉄管の安全性を増し保守の便にするもので過流速防止装置を設け鉄管内の流速が或る限度を超えたときは弁は自動的に閉鎖する様になつて居る。之等の弁を掩ふため上部弁室を設ける。主鉄管の外主鉄管より分岐する 2 條の内径 1.4~1.3 m の所内水車用鉄管, 所内水車鉄管より更に分岐する内径 0.35~0.50 m の冷却水用鉄管がある。主鉄管及之等鉄管に附屬する主要弁, 排水弁, 空氣弁, 過流速防止装置, 冷却水槽, 操作用圧油装置等一切の附屬設備は凡て上部弁室内に設け冬期積雪の際にも操作に支障なからしむる。

鉄管路基礎は昨年より着工最早切取は大部分竣工, アンカーブロックのコンクリートも一部竣工し鉄管, 弁等は目下製作中で本年内に略据付を了する豫定である。

図-7. 分岐管模型試験

