

高知県橋梁会技術伝承シリーズ・先輩に聞く

高知県橋梁会理事 岡林弘憲

シリーズを始めるにあたって

高知県橋梁会では、土木学会四国支部との共催で毎年4月、8月、12月に研修会を開催しています。毎回5~6名の講師によって研究発表、工事報告、技術基準の解説、新製品の紹介などをしていただき、会員、非会員を合わせて毎回約70人の参加者が熱心に聴講し、そして活発な討議をしていただいております。

しかしながら、これまでの研修内容では知識を学ぶことはできたとしても、自ら問題を提起して答えを見つけ出すという問題解決能力あるいは創造的能力の向上にはあまり繋がらないように感じていました。

西洋には「子供には魚を与えるより魚の釣り方を教える」という諺があります。魚の釣り方を教えるような内容の研修の必要性を感じていました。このような趣旨から、研修会の講演の1コマとして「技術伝承シリーズ・先輩に聞く」を設けることにしました。

土木技術者として実績を残されている先輩に、現場での失敗や苦勞、問題を解決してきた体験談を語ってもらおうという企画です。

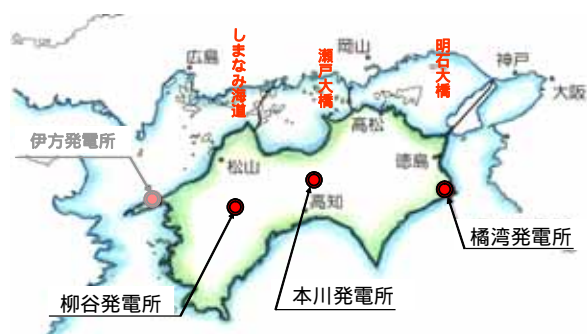
このシリーズを受講することで問題解決の極意を掴み、将来の建設業界をリードする技術者が生まれることを念じています。

武山正人様は、昭和21年に高知県宿毛市でお生まれになり、土佐高校から京都大学に進学され、昭和46年に大学院土木工学研究科を卒業し、四国電力に入社、平成14年には取締役土木建築部長に昇進されています。

平成15年に関連会社の四電技術コンサルタントに常務取締役として移籍し、平成19年には代表取締役社長に就任されました。

技術士(建設部門)や土木学会の特別上級技術者(施工・マネジメント)の資格を持たれています。

武山様には、平成21年12月16日に、「土木技術者としての私の経験 - 発電所建設の事例を中心として - 」と題して、橘湾発電所、本川発電所、柳谷発電所の建設に関するご自身の体験談、それに高知県出身の土木技術者・広井勇について紹介していただきました。



位置図

第1回 武山正人先輩

1. 先輩紹介

先輩としてのトップバッターは、株式会社四電技術コンサルタント代表取締役社長の武山正人様にお願ひしました。日本技術士会理事、香川県技術士会会長、建設コンサルタント協会四国支部長としてもご活躍されておられます。



武山正人様

2. 橘湾発電所

橘湾発電所は、四国電力と電源開発が徳島県阿南市橘町小勝島に建設した、最大出力280万KWの日本最大級の石炭火力発電所です。平成3年に設計に着手、平成7年から施工が開始され、平成12年6月に運転が開始されています。

武山様は四国電力の建設プロジェクトリーダーとしてこの仕事に携われ、平成12年度にはこのプロジェクトに対して土木学会技術賞が贈られています。

この工事については、国内最大級の取水ピットケーソン、鋼板セル護岸による大幅な工期短縮、薄層巻出し工法による軟弱地盤の埋立て、海底浚渫土の固化処理による陸上処分という4つのトピックスについて説明をしていただきました。

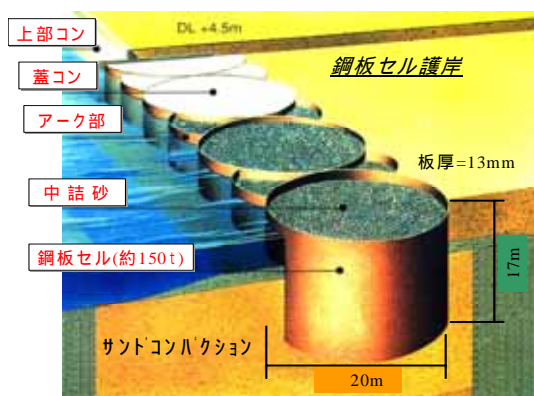
(1)国内最大級取水ピットケーソンの採用

毎秒 30m³ の水を取り入れる取水ピットは、幅 20m、長さ 40m、高さ 13m、4 階建てのビルに相当するもので、国内最大級の規模。フローティングドックでケーソンを製作し、台船に載せて海上運搬し、1 日で据え付けた。

(2)鋼板セル護岸による大幅な工期短縮

工期短縮をするために、鋼板セル護岸を採用した。鋼板セル護岸とは、薄い鋼板と中詰め砂で茶筒を造り、これを 17 基並べたものである。

クレーン船から鋼板セルを打設し、中に砂を詰めた後に蓋となるコンクリート打設を行う手順で 17 基を繰り返し構築した。1 基当りの施工日数はわずか 2 週間であり、一般的なケーソン護岸に比べて大幅な工期短縮を実現した。

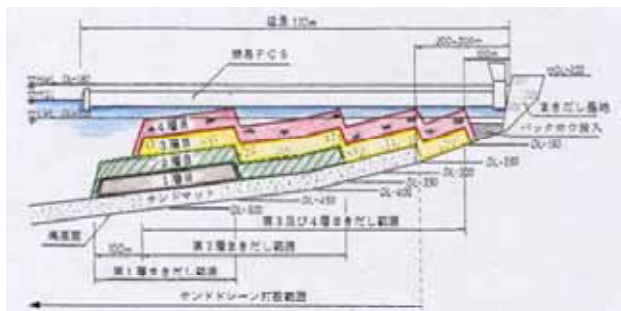


鋼板セル護岸

(3)薄層まき出し工法による軟弱地盤の埋立て

海底には軟弱なヘドロが 10~20m 堆積しており、一般的な施工方法で埋め立てをすると、埋め立て部底部のすべり破壊が懸念された。

対策として、サンドドレーン工法で軟弱地盤を改良した後に、埋め立て土を薄く平均的にまき出す『薄層まき出し工法』を採用した。施工は、ベルトコンベアーで土砂を運搬し、せき板で土砂を落とす特殊な方法を用いた。



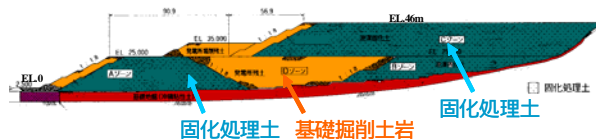
埋め立て部の断面図

(3)海底浚渫土の固化処理による陸上処分

工事で発生する浚渫土 120 万 m³ は、黒潮沖に投棄（事業費 100 億円）する計画であったが、海洋投棄は、廃棄物その他海洋汚染防止に関する条約(ロンドン条約)などから難しく、埋立て区域への投入は、工費、工期、瀬戸内海環境保全特別措置法の関係から困難であった。

近傍には埋立て処分場がないことから、浚渫土はセメント系固化材により固化処理して陸上処分した。盛土体は、施工時にも円弧すべりが発生しないよう、土岩を中間に盛土しながら施工した。

固化プラントや工事用道路は、工事完了後に撤去して自然を復元した。



処分地の断面図

3. 本川発電所（大型揚水 PS）

本川発電所は、四国電力(株)が高知県いの町脇ノ山（日本川村、早明浦ダムの上流）に建設された出力約 60 万 KW の揚水発電所。昭和 49 年に設計に着手、昭和 53 年から施工が開始され、昭和 57 年に運転が開始されています。

武山様は、主任係長として本プロジェクトの設計を担当され、昭和 56 年度には、「片岩地帯における高落差本川揚水発電所の設計と施工」として、土木学会技術賞を受賞されています。

この工事については、水圧管路の軟弱継手と岩盤負担設計、岩盤特性の把握による施設配置計画、施工時の動態観測による徹底的な安全確保という 3 つのトピックスについて説明をしていただきました。

(1)水圧管路の軟弱継手と岩盤負担設計

水圧管路に高張力鋼材 HT80 を使用した場合、溶接継手部が弱くなり、ひび割れが発生するなど品質を確保できないという問題がある。管路の設計は、一般的には内圧に対して管路だけで抵抗させている。そのようにすると管厚が厚くなり、約 100 億円のコストが必要となった。

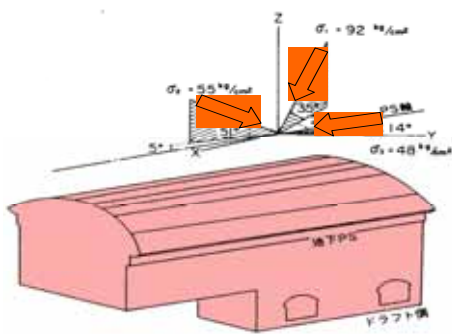
管路の品質を確保するため、一般部には HT80、継手部には HT60 を採用し、管路の設計は、内圧の 70% を管路で、周辺岩盤にも 30% を負担させる設計とした。その結果、管厚が薄くなり約 28 億円のコスト削減を実現させることができた。

(2) 岩盤特性の把握による施設配置計画

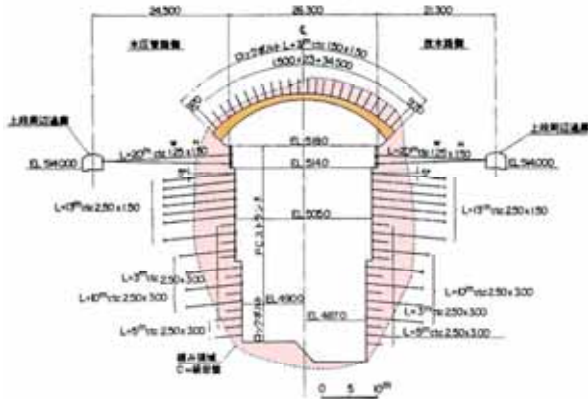
地下施設では、空洞構築により岩盤応力が開放され、予期せぬ力の作用が懸念される。また、地区一帯が黒色片岩であるため、層理面や片理面と力の作用方向が同じになれば、岩盤すべりの発生も懸念された。空洞面の支保力の算定法には、多くの提案式があるが、信頼できる式は確立されていない。

対策として、岩盤応力やすべり安全度などを適正に把握し、岩盤応力が施設の中央付近に作用しないよう地下発電所の配置を決定した。

空洞面の支保力は、修正 RQD 法，Kaster 法，Fenner-Talobre 法，スリッライン法，円弧すべり法などを用いて計算し、総合的に判断した。そして、算出した支保力に基づき，NATM 設計，アンカー補強，掘削方法などの検討を行った。



岩盤応力図

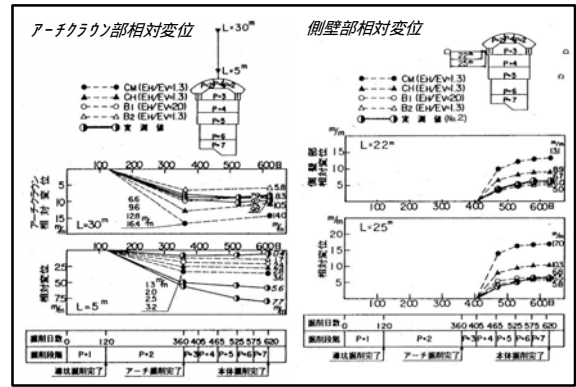


周辺岩盤の補強標準断面図

(3) 施工時の動態観測による徹底的な安全確保

事故や災害を発生させないように、岩盤の変位状況を把握する目的で動態観測施工を実施した。

施工ステップごとに岩盤変位の計算値と動態観測からの実測値を比較し、変位予測の精度を高めて、徹底的な安全確保に努めた。その結果、幸運にも慰霊碑のない、死者ゼロの発電所を建設することができた。



岩盤変位の計算値と実測値の比較

4. 柳谷発電所

柳谷発電所は、四国電力(株)が愛媛県久万高原町(旧柳谷村, 仁淀川水系黒川)に建設された出力約 2.3 万 KW の一般水力発電所。明治, 大正時代に築造された黒川第一, 第二, 第三の 3 つの発電所の老朽化に伴う再開発のため, 昭和 58 年に設計に着手され, 平成元年から運転が開始されています。

この工事については, 洪水吐きにシェル型長径間ローラーゲートを採用, 減勢工に強制跳水式減勢工を採用, 落水施設のコンパクト化という 3 つのトピックスについて説明をしていただきました。

(1) 洪水吐きにシェル型長径間ローラーゲートを採用

ダムの規模や河川幅に対して設計洪水流量が $3800\text{m}^3/\text{s}$ と大きいため, 洪水吐きゲートはピアを少なくする必要があった。さらに, ゲートの水密性を確保し, たわみを小さく抑えることも要求された。

このため, 洪水吐きには径間 24.0m, 扉高 3.9m, 2 門のシェル型長径間ローラーゲートを採用することで, 問題点を全てクリアした。



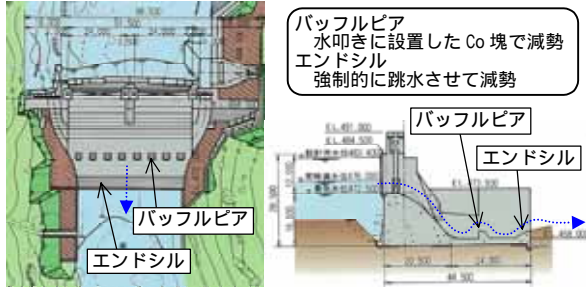
洪水吐きゲート

(2) 減勢工に強制跳水式減勢工を採用

設計流量が $1800\text{m}^3/\text{s}$ と大きく, 下流の河川勾配が急であるため, 一般的な副ダム式の減勢工では, 安定した減勢が難しいこと, 減勢池長が 55m と長

くなること、副ダム高が高くなり2次減勢工が必要になるなどの問題点があった。

そこで、減勢工にはバッフルピアとエンドシルを組み合わせた「強制跳水式減勢工(USBR-型)」を採用した。その結果、減勢池の長さを24mと半減させることができた。

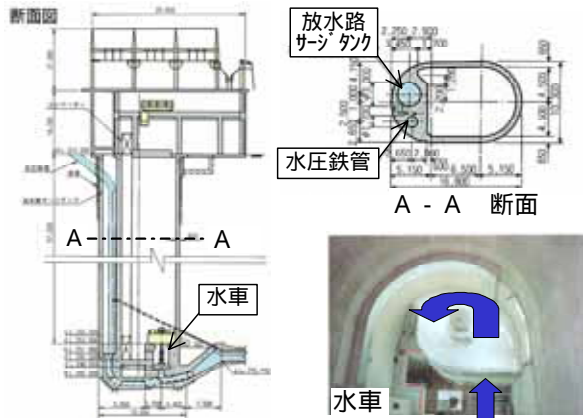


減勢工の平面図と断面図

(3) 落水施設のコンパクト化

本発電所は老朽化施設の再開発であるため、上部のサージタンクと下部の発電所を結ぶ、水圧鉄管と放水路サージタンクを、既設と同じ位置に構築しなければならない。

対策として、水圧鉄管と放水路サージタンクを縦坑の同一断面内に設置した。その結果、施設数を省略でき、コストも縮減できた。また、通常右回りの水車を左回りに変更した。



サージタンクと発電所間の構造

5. 土木技術者 広井勇

武山様から、高知県が誇る偉人「広井勇」の土木技術者としての心構え、札幌農学校の級友であった新渡戸稲造と内村鑑三が広井に贈った言葉を紹介していただきました。また、ご自身の経験からのメッセージもいただきました。

(1) 広井勇氏の技術者としての心構え

- ・ 技術者、千歳の榮辱は、懸て設計の上に在り
- ・ 現場のない学問は学問ではない

(2) 新渡戸稲造著「人間広井」より

広井君が身を汚さず、心を汚さず世を渡ったこ

とは終生の感謝である。

(3) 内村鑑三による追悼文より

- ・ 清きエンジニア
- ・ 広井君の業績よりも、広井君自信が偉かったのである。

広井勇(1862～1928)は、高知県高岡郡佐川町出身の土木技術者。札幌農学校を卒業し、内務省小樽港事務所長、東京帝国大学教授、第6代土木学会会長を歴任されています。

武山様から紹介があった『技術者、千歳の榮辱は、懸て設計の上に在り』は、戦前の土木著書の中で名著とされている広井勇著「築港 巻の1」(明治31年8月)の序文の中の一節で、「技術者が千年にもわたって問われ続ける誉れと辱めとは、設計の立てかたにかかっている」という意味です。

武山様は、ご自身の体験から『設計がだめなら後から何をしてもだめ。設計なくしては何もできない』と設計の重要性を強調されました。

土木技術者、特に設計に携わる建設コンサルタントの技術者は肝に銘じておきたいものです。

6. 講演を聴いて

広井勇は郷土の誇る土木技術者ですが、武山様もまた郷土が誇れる偉大な土木技術者です。

講演で紹介があった3つの発電所について、工事内容を今でも克明に記憶されていたのには驚かされました。研修会後の懇親会の席で、作業を他人任せにするのではなく、計画・設計さらには施工時の計測・解析をご自身の手で行ったということをお聞かせいただき、納得した次第です。

武山様は、「計画・設計・施工」の全てに関わられ、課題を一つ一つ解決していく中で技術力を磨かれたのだと感じました。

現在における私たちの仕事のやり方は、目先の効率化が最優先され、分業化、標準化、マニュアル化されてしまい、改善のためのサイクルが回らなくなっているように感じます。会計検査の影響と思われるかもしれませんが、責任回避のために「前例主義」「横並び主義」が当たり前となっています。このままでは、技術者のレベルは向上するどころか衰退してしまいます。

武山様の体験談を、是非参考にさせていただきたいと思います。

- 以上 -