

土木技術者と地質工学(その1)

㈱ダイテック 会津正人

1. まえがき

土木構造物はご承知のとおり、全て岩盤或いは土砂の上に築造される。現在は岩盤と土砂について地盤工学と総称されているが、ここでは主として岩盤等について私なりの経験を述べてゆく。

土木構造物は全て岩盤或は土砂の上に築造される実態を考慮すれば土木技術者もその両者についてそれ相応の経験知識を必要とする事は申すまでもない。ところが、土木技術者は土質工学については調査設計或いは工事施工時に常時遭遇するので土質工学については相当の知識、経験を所有している。しかし、地質工学特に岩盤については平野部で土砂のみを対象とする河川、道路及び都市土木等のみに従事して来た土木技術者は地質に対する経験が少なく、その結果岩盤に対する経験知識が必然的にうとくなり勝ちである。土木技術者で最も岩盤に関係する業務はダム建設を筆頭として次がトンネル及び山岳道路という順序になると思われる。私は土木技術者であるが、どのような経過で地質に関心を持ち、そして勉強を続けて来たかを述べて、これからの土木技術者として長い人生を送ってゆく若きシビルエンジニアの方々の参考になればと思ってペンをとった次第である。

2. 私の地質との出会い

その1.

顧みると私の岩石との出会いは小学生まで遡る。私の生家が阿武隈川水系の白石川(白石市)の近くにあったので幼少年時代は晩春から中秋まで白石川で遊ぶ歳月を送った。その時魚取り等で種々の石の下にハヤやカジカが棲んでおり、その魚の多くは硬い石の下に生棲している事が多かった。その時御影石(花崗岩)という石の名称を初めて

教えて貰った。しかし、玄武岩、安山岩、流紋岩及び砂岩もあったのであろうが、知る由しもなかった。又私達がタマ石と云って軟らかい石があったが、今考えれば凝灰岩、頁岩或いは泥岩等の種類であったと推定される。又その当時平たい石を水平に投げて石を水面でジャンプさせる遊びも行なった。それらの平たい石は硬い石が多く軟らかい石は殆ど無かった事が思い出される。以上が私の小学生時代の初めての石の出会いである。

その2.

敗戦後、海兵か陸士への進学は夢はうたかたの如く消え去った。荒廃した国土建設のため土木技術者となるのが今様の表現で言えば「男子の本懐」と思って土木工学を更改する事に先輩にも相談して決定した。学生時代の三学年において地質工学を一年間習った。教えて頂いた先生はかの有名な奥津春生教授である。奥津先生は東北大学退官後、名誉教授となり松島の児玉島の保護を始めとして東北の地質について多大の貢献をされた方である。私は学生時代に測量、水理学、応用力学、鉄道工学土木材料、上下水道、道路工学、河川工学、鉄道工学、土木施工技、数学等については比較的眞面目にレクチャーを聞いていたが、英語、独語、哲学等はしばしばサボっていた。地質もそのサボル対象に考えていたので勉強もろくにせず現地実習も時々エスケープしておった。(後で学生時代に何故英語、独語、地質等を眞面目に勉強しなかったのかと深い後悔をする事になる。学校では無駄な授業一つも無かったのである。)

さて地質工学の試験の時である。一夜漬けて夜遅くまでノートを3回読んで試験にのぞんだ。ところが筆記試験のみでなく奥津先生は一例毎に違っ

た石を3ヶ置いて「その石の名称と特性を述べよ」と申された。実習をサボって来た私にとって石の名称など分かつた筈はなかった。廻って来た石を「困った」と思いながらしげしげ眺めていたら、その石に前列の人が親切に鉛筆で石の名称を書いておいて呉れたのである。「これ幸」と思ってその石の名称を書き、特性はノートを読んだ記憶で何とか書きあげた。まあ「カンニングの一種」であろうところがある。その3ヶの石の名称は1ヶのみが正解で2ヶは間違であった。従ってその列全員が同じ解答であり、後で正解を知って皆で大笑した懐かしい思い出がある。

3. 建設省時代

その1.

建設省に勤めて直ぐ堤防の用排水樋管の設計を担当させられた。設計と云っても昭和20年代後半頃はコンサルタント会社も全くなし全て直営で調査設計を行っていた。自分で測量し、ボーリング（上総掘り）で地質調査もし、水理計算をして樋管断面を決定して構造力学計算、設計図作成、配筋図、鉄筋表作成、数貫計算、予算書作成、労力資材集計表等全て直営で実施していた。これらの全ての作業も3つ目の樋管設計を行なう頃は約50日位で全ての業務を完成させるようになった。

その後、昭和29年4月本局企画部の材料試験室に転勤となった。当時の材料試験室はセメント、骨材、コンクリート、土質及び化学試験等の5種目を実施していた。当時のコンクリートの配合は従来の1:3:6或いは1:2:4の容積配合から重量配合に変化進展する時期であった。又土質試験（物理試験、力学試験）も官公庁では東北地方において地建が始めて総合的な試験を開始した頃である。

私は材料試験室で3年間勤務し、骨材試験コンクリート配合設計、及び土質試験を担当した。作業の時は白衣を着て試験するのであるが、土質試験の時は「いい若者がこんな泥いじりをして何とつまらない事よ。早く設計とか施工の仕事をしたいのよ」と歎いた事もあった。ところがこの3

年間の材料試験室勤務が私のその後の長いシビルエンジニアの人生に測り知れない貴重な経験と技術的自信を持たせて呉れた。単なるDesk studyやBook studyではなく自ら苦勞した経験が実を結んだと云うべきであろうか。

材料試験室勤務の時、各工事事務所に所轄河川の骨材を送付して貰い、その岩種区分と含有率の解称を或る研究機関に委託し、東北地方全体の骨材資料を作成した事があった。その資料はその河川の上流地質を代表しており、貴重な資料であったが、度重なる転勤の巡りの課程で残念ながら紛失してしまった。今考えれば又とない貴重な資料であり、誠に悔しい事をしたと後悔している処である。

その2.

昭和32年から多目的ダム担当となり、私のダム技術者人生の原点となった。2年程多目的ダムのallocationやダム管理を担当した後、秋田県にある直轄の皆瀬ダムに転勤となった。当時私は29才で調査係長を命じられ、12名の部下職員をもち、所掌業務は水現水文調査、地質調査、ダム骨材及びコンクリートの配合設計、管理設備、グラウト試験等であった。

或る時、ダム、貯水地の地質調査を応用地質調査事務所に委託した事があった。その時羽田忍さんに初めてお会したのであるが、本局河川設計課の相田俊郎補佐と一緒に私も同行した。相田さんは皆瀬ダム調査出張所時代に2年程勤務しダムサイトの位置、原石山の決定に種々苦勞された方である。相田さんは私に「会津さん私は原石山探しで本当に苦勞しましたよ。此の地域は第三紀と第四紀の地質が多くロック及びコンクリート用骨材用の適切な原石山が仲々見つかりませんでした。ダム建設断念の話も出たのですが、私が数多くの溪流にある転石を調べながら上流に登ってゆきようやくたどりついたのが今の原石山なんですよ。原石山の材質は石英粗面岩（現在は流紋岩の名称に統一されている）で比重は2.45程度と軽いのですが此の地域の唯一の場所ですよ」と説明して呉

れた。相田さんは、地質に詳しい北大土木出身の優秀な方であった。

さて、羽田さんと一緒に現場内を歩きながら羽田さんから種々地質の話も承ったが、私とのレベルの差があまり大き過ぎ、私も更なる地質の勉強の必要性を痛感した。それと同時に学生時代地質工学の勉強にあまりも怠慢であった事を深く後悔する羽目となった。羽田さんは東大理学部卒の優秀な方で日本の地質界でも地名度の高い方である。それから約二十数年後羽田さんの著書の「地質図の読み方、書き方」を読んで私の勉強法にも或るヒントを頂く事がある。皆瀬ダムにおいて各種凝灰岩、負岩等の軟岩についてグラウト技術をマスターし透水係数 k 値或いはルジオン値とグラウト注入量の相関も修得し、私の最初のダム技術者生活の経験を冬は積雪2mを越す山深い皆瀬ダムで4年間過すことになった。初めてのダム現場経験であったので多くのダム関係の文献も読み勉強努力を重ねながら私をダム技術者として鍛えてくれる一里塚ともなった。

その3.

その後本局の河川計画課、河川工事課、湯沢工事事務所でダムの調査計画設計及び積算、河川調査、道路調査等担当したが、岩盤に直接従事する事は少なかった。昭和42年6月石巻の北上川下流工事事務所では北上大堰の調査設計を担当する事となった。北上大堰は老朽化した飯野川可動堰に代わる新可動堰であり、東北地方最大の河川構造物工事であった。当時gate span 50mの日本最大のshell typeの河川gateを計画しておった。その為巨大な水圧を負担する堰柱及び基礎構造が最重要の設計項目であった。この設計は本局の指示で直営で設計する事になったが、その他構造物の詳細設計は全て建設技術研究所に委託された。

さて、これらの需要構造物の設計で地震時の設計の水平震度と垂直震応の係数値を如何に定めるかであった。従来の $K_H=0.2$ $K_V=0.1$ の考えでは「NO!」という考えであった。本局と仕事の打合せのついでに本屋にゆき地震或いは地質の本

「小貫義男」を買い求め、帰宅してから遅くまでこれらの本を読みあさった。その時買い求めた本に坪井忠二著の「新しい地震の話」という本があった。当時はまだ「プレートテクトニクス」の理論が世界的にオーソライズされていない時代であったが、その本の内容には非常に興味を持った。地震係数については当時新たに判定された土木学会標準方書の地域別震度係数を使う事になったが、私にとって始めて読んだ地震の参考書であった。

北上大堰左岸の堰柱基礎部分は浅い所で6m、深い所で12mの位置に約45°の傾斜岩盤を有する粘枚岩 (clay slate) が存在していた。その上部の土砂はN値0~5以下の軟弱地帯である。基礎構造は鋼管杭 ($\phi 800\text{mm}$) としたが45°の傾斜岩盤に杭先端がのると巨大な上部荷重と軟弱な地盤状から考えても杭先端がスライディング或いは杭先端が座屈するおそれがあった。従って堰柱の安定を確保する為粘板岩を3m程大口径ボーリング ($\phi 600\text{mm}$) で掘削し鋼管内土砂を排除して鉄筋コンクリート柱とする事に設計した。無限長杭の杭頭変位を決定する要素は杭頭の境界条件 (剛結かヒンジ) のみである。しかし、北上大堰の此のケースは有限長杭になるので杭頭変位を決定する要素は杭長と杭先端境界条件がプラスとなる。計算方法も無限長杭の設計より遙かに難しい。ところが杭先端を岩盤アンカーした場合の境界条件は当時の日本基礎学会では未経験の事項であった。一般的には岩盤アンカーされた杭先端境界条件は剛結のように推定されるがこれらの確認のため土木研究所の吉田巖基礎研究室長の指導を得ながら水平載荷試験を実施して確認した。その結果、岩盤アンカーされた杭先端の境界条件は或る荷重までは剛結であるが、その限界荷重を越えるとヒンジに変化してゆく事が確認された。日本で最初の設計方法及び水平載荷試験であったので土木学会の研究発表会及び「土と基礎」「橋梁と基礎」にその論文を発表した。此の北上大堰の設計例が、後日同じ条件であった九州の遠賀川可動堰及びその他についても応用された事を聞きささやかな喜

びを味わった。

その頃懇意にして頂いておった或るコンサルタントの角田久人さんが事務所を訪れて、「会津さんそのテーマで技術士試験を受けられたらどうですか」と推められ、わざわざ受験書を持参して頂いた。それではと思って受験してみたら一回で合格する事が出来た。昭和45年度に私が一つ目の技術士試験に合格した頃は東北6県で100名足らずであったが、28年経過した現在800名を越える会員になった事は東北支部発展の為にも誠に喜ばしい事である。

その3. 浅瀬石川ダム時代

昭和49年7月浅瀬石川ダムに転勤となった。当ダムはダムの実施を開始してから4年目であり、これから本格的な細部調査とダムの詳細設計を開始する時期であった。ダムサイト右岸地域の地質は八甲田山系の火山泥流堆積物(砂質凝灰岩、浮石質凝灰岩、シルト質凝灰岩等)が20~30m程厚く分布してある。左岸及び右岸下部地層は角礫凝灰岩(Tuffbreccia)玄武岩(Basalt)の基岩が広く分布している地域である。又原石山決定にも7ヶ所の地域を調査し、質、量、経済性の総合検討結果、ダムサイトから約3kmの山(粗粒玄武岩Dolerite)に決定した。ダムサイトには4~5ヶ処の断層が走っており、ルヂオン値も5~10と小さかったが所々に大きいルヂオン値がレンズ状に分布していた。しかし、基礎のせん断強度は90m級の重力式ダムに必要な $\sigma = 220\text{kg}^+/\text{cm}^2$ は十分確保する事が出来た。

さて、日本のダム技術の最良の専門技術書とも云うべき本が建設省の優れた技術者によって「多目的ダム、1~6巻」として発行された。この本の2の調査篇にダム建設に必要な地質の解説がおよそ100頁にわたって記述されている。若きダム技術者の方々に是非御一読して頂きたい技術書である。

浅瀬石川ダム勤務中に多くの地質屋さんとおつき合いをする機会に恵まれた。我々土木屋は地質の話をする時地質屋さんは「此の地質は新しい世

代で約3,000万年、或いは6,000万年前の第三紀の始新世の頃です。」と気軽に申されるが、当初はその年代に表現に仲々なじめなかったが、多くの地質屋さんとおつき合いをし、又地質の技術図書を種々読んでゆくうち、自然に自分もその様な表現をする様になって来た。少しづつ地質の領域になじんで来たという事であろうか。

ダム勤務の2月初旬浅瀬石川ダムの102号国道付替工事のヶ処で2度に及び岩盤滑りが発生し約10万 m^2 の岩、土砂で国道を閉塞するアクシデントが発生した。その地すべりは冬朝の夜間であったので人身事故が全く無いのは不幸中の幸であった。直ちに地すべりの観測及びその対策について藤原敏明氏(当時防災技術コンサルタント社長、理学博士、技術士、横浜国大講師)に特命発注した。更に貯水池内の地質調査報告書も直ちに読んでみたが地すべりの危険性については全くふれていなかった。ところが、2~3日経過後、親しくつき合ってきたダム水没地権者会長が私の部屋を訪れ「会津所長さん、あのヶ処は昔も1~2度滑った事があるんですよ」と聞かされ愕然とした思いであった。やはり地質調査の際は周辺部落に住む古老の方にも必ずヒアリングする事が必要である事を痛感した。その様な過去の災害があれば地質調査(受け盤か流れ盤か、地下水の状況等)の必要がある。

一般に裏日本の山岳部は日本列島形成時期に地質的にもめた地域である。山形、新潟、富山県には特に地すべりの多い地域である。

最上川水系の白川ダム、寒河江ダムについても本体掘削途中右岸に大規模な地すべりが発生し、抑止杭工法及び岩盤アンカー工法の対策工法を実施している。又富山県の黒部川の宇奈月ダムについても本体掘削中大規模な地すべりが発生している。これらのダムは何れも本体掘削中発生したもので、掘削により押え盛土的な自然の地すべり防止材が除去され、安全率が1.0以下に低下したので発生したものである。

ダム建設には道路が水没するので付替道路の必

要が生じ、これらは全て山岳道路となり橋梁工事及びトンネル工事も必然的に多くなる。浅瀬石川ダムにおいても国県、県道、市道及び林道付替をふくめて約20kmの延長に達し橋梁15ヶ処トンネル7ヶ処の多きに及んだ。核梁の基礎の根入ればボーリングコアの強度を参考にして決定するのであるが、或る橋梁の基礎岩盤について重大なトラブルが発生した。ピア工事10本のうち2本が掘削した処、堅硬な岩盤の位置が地質図より4 m浅く出て来たのである。ボーリングコアと相当異なった結果なので直ぐ報告書及びコアを調べると共に委託した企業を呼び調査を進めた。委託した企業の社長は「これは〇〇会社に全て下請させたので分かりません」と元請業者にあるまじき契約事項の「一括下請禁止事項」に違反した事を述べられたのである。事務所の担当者も多忙の為2本のみロッド検尺に立合いをせず会社まかせにし、甲側にも特記仕様書違反の事実も判明した。2年前に成果品検査も完了し契約金も支払い済みであり、甲側にも責任はあったのである。ピア工事のゼネコンから「役所の設計が正しいと信頼して鉄筋も既に全量購入済みで設計変更で減額になる鉄筋貫は役所で買い取って欲しい」と要望され、その対策に苦慮していた。工事を請負った乙側の責に帰さない理由により生じた乙の損害は当然要求出来る事に

契約事項に定められているので至極当然の要望であった。

地質調査を請負った側に「それではその下請の担当者呼んで欲しい」と要望したら「その下請は倒産したので今何処にいるか分からない」という事であった。又、主任技術者も下請企業の社員であったが、書類上は元請業者の社員になりすましており、その経歴も信頼性に乏しい事が明らかとなった。下請企業倒産の事実も調査の結果判明したが、業界の重層下請性の一面を垣間見る思いであり、何かわり切れぬ暗然とした思いであった。調査及び設計コンサルタントの信頼性は成果品の良否が全てであると申しても過言ではないであろう。その元請業も2～3年後倒産した事を風の便りに聞かされた。

さて、浅瀬石川ダム勤務中にウェゲナーの地動則が再び見直され「プレートテクトニクス」理論が花咲いていた頃である。従来 of 地向斜造山論から「海洋プレート」の移動による地質解析の展開が始まったのである。これらの地質の本に大いに興味を持ち勉強始めた頃、私の約30年に及び建設省勤務に別れを告げ、民間で新しい時代を過ごす事になった。

(次回につづく)

