

土木地質といくつかの断層等

和田 温之*

私が勤務している会社は、地質調査からさく井、地すべり対策工事、のり面の保護工事、およびダム等の基礎の地盤改良工事を行っています。私が入社した平成4年には地質技術者が少なく、地質関係の調査や工事に土木屋の手もわずらわしていましたので、地質屋探しをしました。当時はバブル経済の影響があり、ゼネコンも人手不足で、地質屋なら土木屋の替わりになるとして採用した時代でした。私はいくつかの知り合いの大学の地質系の教室にお願いし、数人の学生さんを紹介されましたが、それぞれ教師、地元企業および国際協力の方にゆかれました。山内先生にお願いしてやっと本社の名古屋に近いA市出身のI君に平成6年度にきて頂きました。その後は1年おきにお願いし、なんとか地質調査体勢の補強を行いました。現在は少し出入りがありましたが、島根大地質出身の方が4名おられます。

最近では、皆様ご承知のとおり、地質調査の業務の市況が急速に悪化し、地質屋がのり面保護やグラウチング等の工事を担当せざるを得ない状況になりましたが、対象が地質の知識を必要とすることが多く、重宝がられています。

山内先生の専門とする構造地質の知識は土木工事には大変重要です。しかしながら調査の精度や土木の工法の進化もあって構造地質の知識が十分に活用されているとは言い難い面もあります。また工事で新鮮な地質断面が露出しながら、必ずしも構造地質に貢献されていないこともあるようです。

1例をあげますと、トンネル工事では従来は貫通してからコンクリートライニングを行っていましたから、矢板を剥ぐ手間があってもトンネル路線全体の地質構造をある程度観察することができました。現在は多くのトンネルでは緩みの発生を早期に防止するナトム工法が多く、掘削すると直ちにモルタル吹き付けやボルトを施工しますので掘削中にトンネルの中に入っても切羽付近だけしか観察できないのが実状です。トンネル工事に地質屋が張り付けばよいのですが、コスト高となることから、ところどころの切羽だけを観察し、後は写真やトンネル屋さんのスケッチで判定せざるを得ない場合もあるようです。もちろんダムの仮排水トンネルのプラグ等の重要な部分では、大手ゼネコンの依頼で我が社の地質屋が発破をかける毎に観察した例はあります。昼夜連続の工事ですから、発破の間隔の6時間毎に切羽にでかけ、観察した切羽の地質資料の整理もありますから睡眠時間は限られますが貴重な地質資料が得られました。トンネルだけでなく、のり面でも緩みの発生防止の観点から早期に保護する場合が多く、限られた工期もあって土木で得られた新鮮な地質断面の資料を得るにはそれなりの努力が必要のようです。

ここでは、山内先生の専門の構造地質の断層についていくつかの事例と土木地質について私の経験を少し述べておきます。

ある四国の結晶片岩のダムでは、旧地質調査所の地質図に断層があることから、著名な地質学者が「こんなところにダムを建設してはいかん」と抗議を受けたことがありました。説得してダムは完成して今では貴重な水資源を確保しました。流域の多くが他県であるところに貯水し、流域外に導水しているため干ばつ時には知事間の協議で目的外に使用したりして役立っています。このダムサイトには断層は数本ありましたが、斜面の地表近くでは赤褐色で巾も5mもあった断層が掘削で深くなるにつれて巾が約10cmの白い断層粘土になり、簡単な処理ですみました。地表近くでは断層に沿っての風化等で劣化してみかけの巾が広がって

*三祐株式会社技術顧問(東京事務所常駐)
島根大学文理学部昭和33年卒

いたのです。地質踏査で見た地表の大きな断層も地下深くでは小さくなるものがありました。

また、いくつかの断層は事前のボーリングや横坑調査も含めた地質調査で把握されていないものでした。土木屋に「地質屋はウソばかりいっている」と怒られました。斜面の調査横坑の入口に断層の露頭があったのに地表付近には風化帯があるとの先入観から風化帯と見誤られてしまいました。その後の私の経験では調査横坑入口やボーリングの地点が断層や変質帯の露頭であったことが多いように思います。これは作業の仮設を容易にするために調査横坑入口やボーリング地点を斜面の中でも相対的に傾斜の緩い断層や変質帯の露頭が選ばれがちになるからです。

別の石英斑岩のダムでも、中腹の横坑調査で巾数 m の断層が問題とされ、その延長を知るために河床部の表土剥ぎが提案されましたが、地表に近い部分では風化劣化して見かけの巾が大きく見えると判断し、ダムの基礎となる地表面下約 10 m のところを確認するために斜めボーリングを行ったところ、巾は数 cm で簡単な処理ですむものであることが判明しました。

さらに別の花崗閃緑岩のダムでは、中腹の横坑調査では、横坑の中で巾数 10 cm の断層と判定されたものが河床付近まで掘削すると全く消えていったものがあります。テンションクラックだったのですね。

ボーリングで推定されたある花崗岩地帯のダムの断層では、断層の周辺にマサ土があることになっていました。しかしボーリングコアをよくみるとそのマサ土なるものは黄色に変色して変質を受けたようでした。断層粘土も暗灰色で均質であり、通常の断層破碎帯とは異なるものでした。これも大断層として問題視されていましたが、貫入岩とそれによる変質帯の疑いがあり、その断層なるものを地下深部で確認するために斜めボーリングを行ったところ貫入した硬いひん岩とその変質帯でした。そしてそれは土木地質的には殆ど問題にならないものでした。

貫入岩や変質帯でも地下深くなると土木地質的にはよくなるものが多いようです。このような地下深くなると断層や変質帯が小さくなった例は多く、設計では大断層であるとして大規模な断層の鉄筋コンクリート置換を計画したのに、掘削すると小規模になり、鉄筋コンクリート置換の計画は不要になったものがあります。

沖縄の南西諸島の宮古島では第三紀の島尻泥岩の上に第四紀の珊瑚礁石灰岩が分布しています。そして後の隆起でできた傾斜した断層面とその反対方向に傾斜した層理面を境界として下の不透水性の島尻泥岩の上にある透水性の珊瑚礁石灰岩が分布する地質構造になっています。地表を構成する珊瑚礁石灰岩は透水性が大きいので降った雨は殆どが地下に浸透して島尻泥岩の直上の珊瑚礁石灰岩の地下水路を通過して海に流出します。この地下水路となっているところで島尻泥岩を基盤として珊瑚礁石灰岩の中の地下水を堰上げする巨大地下ダムが考案され完成しました。不整合面はともかく、島尻泥岩の中の断層に破碎帯があつて問題となるとの地質学者の指摘で、断層を通過するいくつかの長大な斜めボーリングを行いました。島尻泥岩の中の断層は密着していて破碎帯らしきものはありませんでした。島尻泥岩の中の断層が密着していることは地上の調査で予想されたことだと、長大な斜めボーリング分がコスト高との担当者の噂もあったようですが、斜めボーリングをしたから地下の断層が密着していることが確認されたわけです。

すべての断層が地下で小さくなっていくわけではありません。中央構造線及びその近傍の大きな構造線等では異なります。中央構造線付近の断層を通過するトンネルの地質をまとめていたとき、施工業者の写真とかで切羽の下側に黄緑色の地層があり、上は角礫がある崖錘のようなものがありました。掘削が進むと下側の黄緑色の地層が消えてゆき、角礫がだんだんと大きくなって配列して角礫層のようになり、さらに進むと砂岩と砂岩の間に破碎された泥岩が入り込んだものになり、最後には和泉層群の砂岩泥岩の互層になりました。これは黄緑色の新第三紀層の上に白亜紀の和泉層群の砂岩泥岩が衝上した大衝上断層だったのです。大衝上断層の近くで和泉層群が破碎されていく状況を教えてくださいました。

中央構造線を抜いたトンネルもありますが、適当な処理工法を行いますので、完成後の問題は少ないものが多いようです。四国の三波川帯の結晶片岩の断層を通過したトンネルの中に中央部に時間と共に少し「ズ

レ」が進行したのもあります。地すべりの疑いもあるようですが、今のところ修理しながら実用に供しているようです。

次にボーリングによる断層の調査事例について少し記しておきます。私は常日頃、「ひとりよがり」ではダメだと口をすっぱくして言います。ボーリングは回転して地層を壊すことがあるから、断層の調査では周囲の露頭の地質踏査を行って補完が必要だと「足で稼げ」と言います。

実際に山地丘陵の多くのボーリング地点は、先に述べたように少しでも作業が楽なところが選定しがちで、断層や変質帯の隠れた露頭を選定しがちです。ボーリングは垂直方向の破碎帯を通過し、「さあ大変だ。大断層だ」と言いがちです。斜めに補完ボーリングを行うと垂直ボーリングで巾3 mと判断した断層が実際には巾10 cmになることがあります。当初のボーリングは垂直方向の破碎帯に沿って通過しただけでした。

話はわかりますが、既存のボーリングに残された「孔」が悪さをすることがあります。新潟のN値が0に近い軟弱地盤でも閉塞しませんでした。ボーリングをしたときにはガスが出なかったのに、ウエルポイント工法で地下水位を9 m下げたら減圧による水溶性ガスが出ました。いくら探しても肝心のボーリング孔は発見できませんでした。ガスを安全に逃す対策をやりました。ダム地質調査では沢山のボーリングをやりまます。貯水池に湛水するとその圧力が地山に伝わります。この圧力によって下位の帯水層の地下水が埋められていないボーリング孔を伝わってダムのドレーン孔に湧出することがあります。水質や水温の違いで貯水池の水と区別できることがあります。下の帯水層の地下水は補給が少ないので長期的には湧出量は減少していきます。これをダムの基礎地盤に注入したグラウトが時間をかけて地層の空隙を埋めたからと推定する向きもあるようですが、今後は検証が必要だと思っています。ボーリング孔は用が済んだら埋めるべきと思います。

末筆ながら山内先生の構造地質学の益々のご発展を祈念します。