

## 岩国大竹道路における橋梁設計のための断層調査

中国地方整備局 特別会員 ○三上 里奈

### 1. はじめに

一般国道 2 号岩国大竹道路は広島県大竹市小方から岩国市山手町に至る延長約 9.8km の地域高規格道路であり、大竹市～岩国市間の交通渋滞の緩和及び、交通安全対策、大竹～岩国地域の連携強化等を図ることを目的として計画されている。広島県側は平成 28 年度に一部工事に着手しているが、用地買収および調査・設計も継続している状況である。

御園高架橋は、岩国大竹道路の起点側に位置し、県道乙瀬小方線や新町川、市道等を跨ぐ高架橋である。また、山陽自動車道と並行し、供用中の広島岩国道路と連結予定の大竹西 IC（仮称）と隣接する位置に計画されている。



図-1 岩国大竹道路 概要図

### 2. 断層調査の経緯

平成 28 年 4 月 14 日に発生した熊本地震により、活断層の変位に起因する落橋の被害が発生し、平成 28 年 9 月 13 日に「断層変位が生じると考えられる場合の橋梁の計画」についての事務連絡が国土交通省道路局より発出された。これにより、活断層と交差する位置に架橋を計画する際は、活断層の位置などの調査及び橋の位置、橋梁形式、構造の検討が必要となった。

御園地区には活断層である大竹断層が存在し、御園高架橋の区間で大竹断層と交差すると想定されることから、活断層の影響を考慮した橋梁設計を行うための断層調査を行うこととなった。

### 3. 大竹断層と岩国大竹道路の現状について

御園高架橋は、山陽自動車道と並行し岩国方面に向  
キーワード 断層調査, 高品質 B r 調査, 橋梁設計  
連絡先 〒730-8539 広島市中区上八丁堀6-30

かって新町川を渡った先で大竹トンネルに至るルートが都市計画決定されており、また前後区間の用地買収も進捗していることから、大竹断層を避けたルートに変更することは不可能な状態となっている。また、大竹断層と交差すると考えられる場所は新町川の堆積物が厚く堆積しており、活断層の痕跡を直接目視できないことから、大竹断層の位置が把握できない状況にある。

### 4. 活断層の特徴

活断層の特徴として、角礫状の幅のある破砕帯（ダメージゾーン）の中に断層ガウジがあることが挙げられる（断層破砕帯）。これらの特徴をもつ部分を発見できれば、断層の可能性があるとみなすことができる。

- ・断層ガウジ：活断層の運動において岩盤同士が擦れ合い 1～2cm 程度の粘土状の層を成したもの
- ・破砕帯：断層運動に伴い岩石が機械的に破砕された不規則な割れ目の集合体であり、ある程度の幅を有する

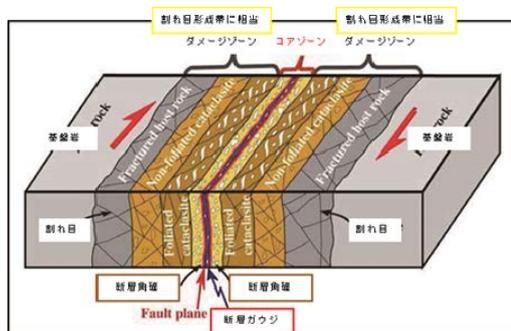


図-2 活断層 概念図

### 5. 調査範囲の絞り込みに伴う問題点と解決策

#### (1) 調査範囲の絞り込みに伴う問題点

平成29年1月11日に国土技術政策総合研究所及び土木研究所に大竹断層の対応方針について合同打合せを行ったところ、地表踏査等で大竹断層の大まかな規模や性状を把握し、その後位置を絞り込むための物理探査や断層を直接目視するためのボーリング調査を行っていくことが効率的であるとの助言を頂いた。しかし、当該地域での調査は下記①～②のような課題があった

中国地方整備局企画部企画課 TEL082-221-9231

ため、調査方法をさらに検討する必要がある。

- ①地表面からの直接観察が不可能
- ②住宅地における調査の課題

一般的な活断層の調査は、ダムや原子力発電所等の山間部や人里離れた場所に計画する施設で実施されたものが多いため、調査を行うにあたり用地上の制約が少なく、断層を直接目視することができる大規模なトレンチ調査を行うなど費用及び時間をかけて行うことができる。しかし、当該地域は市街地に近く、住宅や道路等の支障物が近傍に位置している場所であることから、山間部での調査のような大規模なトレンチ調査は不可能であり、周囲への影響も考慮した他の調査方法を検討する必要がある。



写真-1 御園地区 上空からの様子

## (2)調査方針案の決定

当該地域では地表から直接大竹断層を確認できないことから、既存の文献（都市圏活断層図及び活断層詳細デジタルマップ）の解読や近傍にある露頭（岩国市廿木及び山陽道トンネル坑口付近）の調査を行い、大竹断層の大まかな性状を確認した後に物理探査や大竹断層本体を確認するためのボーリング調査を行う計画とした。

## (3)当該地域の特性を考慮した詳細な調査計画の決定

既存の文献の解読及び近傍の露頭から樹脂固化試料等作成し目視観察を行い、大竹断層及び近傍の地質の性状・規模・方向性を確認することにより、大竹断層は北東から南西方向に走向する高角度の右横ずれ断層であることを事前に把握した。

これらの情報を踏まえ、平成29年6月16日に当該地域の特性を考慮した詳細な調査計画を検討するため、土木研究所と地質調査業務及び御園高架橋設計業務の受注者と合同現地踏査を実施し下記の見解を得た。

- ・弾性波探査を行う場合は、住宅が近傍にあることから、より大きなエネルギーでハッキリとした波形を得ることができる発破による調査が実施できない

ため、探査深度が浅くなり確実に断層を捉えることはできない可能性がある。

- ・電気探査を行う場合は、調査エリアに市道や建物等が存在するため、ガードレールや水道管等の埋設物の影響により調査に影響が生じる可能性がある。
- ・上記のリスクを踏まえた調査範囲の確定や、調査を段階的に行い様子を見ながら調査を進めていくことが望ましい。



写真-2 合同現地調査の様子

土木研究所の見解を踏まえ、橋梁計画位置と大竹断層範囲が近接する範囲において断層を面的に捉えられるような位置に調査測線を複数配置した。また、弾性波探査及び電気探査それぞれのメリデメを考慮し、各測線で弾性波探査及び電気探査を行うこととし、調査を2段階に分け、1回目に得られた結果を2回目の調査計画にフィードバックして調査範囲の見直しを行うことで、手戻りが生じない計画とした。

## (4)物理探査による絞り込み調査結果

弾性波探査及び電気探査等の結果から、大竹断層の御園高架橋付近での分布は、都市圏活断層図および活断層詳細デジタルマップに示される2つの断層の間に位置すると推定された。その結果を踏まえ、大竹断層を捉えられる位置を設定し、断層本体確認のためのボーリング調査を行うこととした。

## 6. ボーリング調査時の問題点とその解決策

### (1) 当該地層における活断層コア採取時の問題点

物理探査等で大まかな大竹断層位置を絞り込んだ後、大竹断層面を直接観察するためのコアを採取するボーリング調査を実施する計画であったが、当該地域の地盤は粘板岩およびチャートが主体の付加体であるため小さな割れ目が発達しており、また、断層運動に伴い岩石が機械的に破碎され不規則な割れ目を有する断層破碎帯を含む地層であるため、大竹

断層部分を示すボーリングコアを確実に採取するためにボーリング調査の方法に工夫が必要であった。

## (2) コア採取および解析計画の決定

大竹断層のコア採取を行うにあたり、付加体や断層破砕帯による亀裂に伴う孔壁の崩壊によるコアへの影響を低減し高品質なコアを採取する必要があること、大竹断層は高角度で地中に位置していることから、地層の特性を考慮し、なおかつ文献で示された走向角を基に最大の想定範囲をカバーできるよう、φ86mmの高品質斜めボーリング工法を採用することとした。

また、活断層の判断においては、断層ガウジの幅や方向、破砕帯の発達状況等の把握が重要な要素となることから、ボーリング孔壁の全周方位展開画像を得ることのできるボアホールカメラ観測も併せて行い、活断層を含ません断面や層理面、割れ目の走向傾斜を把握することとした。

## (3) 高品質斜めボーリング調査結果

断層ガウジの有無の判断には、連続的かつ乱れが少なく採取率の高いコアの採取が必須となるが、φ86mmの高品質のボーリングを慎重に実施したことで、断層の可能性がある箇所を3箇所採取することに成功した。また、ボアホールカメラ観測の実施により、断層面の分布方向（走向傾斜）など断層の構造を把握することができた。

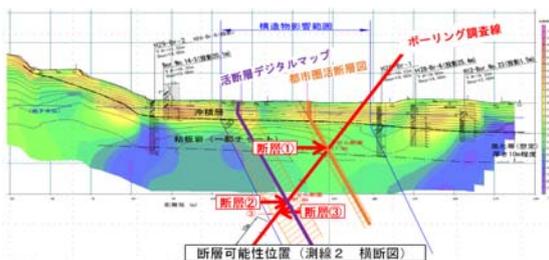


図-3 想定断層線と斜めボーリングの位置関係



写真-3 高品質ボーリングコアによる断層位置の抽出

## 7. 活断層の特定

### (1) 活断層の特定に伴う問題点

活断層の可能性がある部分が3箇所（断層①～③）発見されたが、当該地域では、付加体による亀裂が密に存在しており、活断層との違いをそれぞれの特徴から判断する必要があったため、活断層の推定検討を行った。下表に、断層①～③の箇所の特性を示す。

文献及び調査結果	コア写真	特徴
断層① 深度17.9m		<ul style="list-style-type: none"> <li>・走向：北東-南西方向</li> <li>・傾斜：北西</li> <li>・破砕帯の幅が広い(6.5m以上)</li> </ul>
断層② 深度37.4m		<ul style="list-style-type: none"> <li>・走向：北東-南西方向</li> <li>・傾斜：北西</li> <li>・破砕帯幅約3m程度</li> <li>・物理探査で推定した範囲内に位置している</li> </ul>
断層③ 深度42.5m		<ul style="list-style-type: none"> <li>・走向：北西-南東方向</li> <li>・傾斜：南西</li> <li>・破砕帯幅が約10m程度と広い</li> <li>・物理探査で推定した範囲外に位置している</li> <li>・やや固化した古い層</li> </ul>

図-4 断層①～③ 特性一覧表

### (2) 主断層を絞り込むための判断要素

付加体による亀裂と活断層の違いを判断するためには、大竹断層の性状や走向、これまでの調査で推定した範囲に相当しているか等が判断の要素となる。文献及び近傍の露頭で判明した大竹断層の特性は以下のとおりであった。

- ・角礫状の幅のある破砕帯の中に断層ガウジが認められる（断層破砕帯）
- ・北東から南西方向に走向している。

### (3) 大竹断層の絞り込み

断層③は大竹断層の走向傾斜と異なり、地質もやや固化した古い断層であることが確認できたため、断層③は候補から除外し、断層①及び②での比較を行うこととした。

断層①及び②については、大竹断層の走向や断層破砕帯の状態が類似していたため、非破壊で1mサイズのコアを直接詳細に観察することが可能なX線CT画像調査を行い、コア内部の断面観察を行った。

コア内部の断面観察では活断層のズレに伴い生じた断層面の傷の向きを読み取り、あらかじめ近傍の露頭で採取した試料の傷の向きと比較観察することで、活断層との判別を行った。また活断層の活動に伴う破砕帯の範囲を判断するため、簡易な強度試験も用いた。

<断層① 深度 17.85～17.94m>

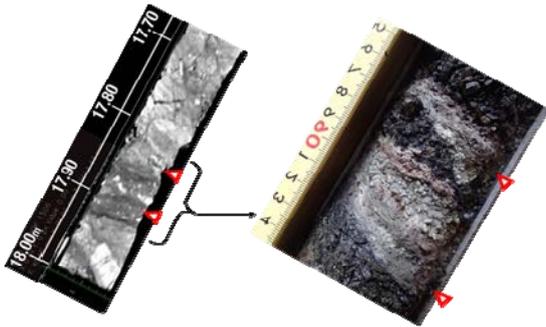


写真-4 断層ガウジ① CT画像とコアとの比較

<断層② 深度 37.35～37.40m>

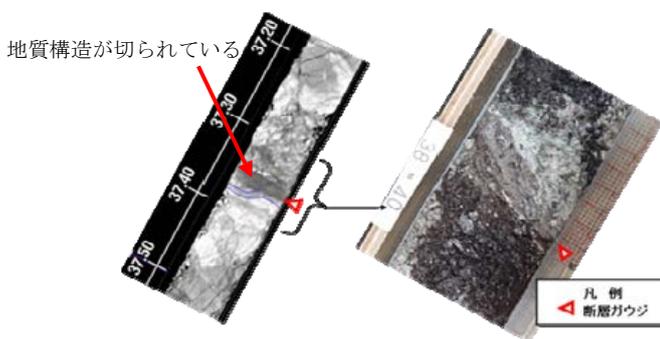


写真-5 断層ガウジ② CT画像とコアとの比較

コアやX線CT画像で確認した結果、断層②については断層ガウジに接する層が、断層ガウジに巻き込まれて地質構造が切られている構造を確認することができた。これは、活断層による大きな摩擦運動によって、周辺の層が巻き込まれたものと推測できる。また、幅を有した破碎帯であることや、地質条件も大竹断層の特徴と類似していることから、断層②が最も活断層の特徴を有していると判明し、平成30年1月16日に土木研究所に結果報告に行き、断層②大竹断層の可能性が最も高いとの見解を得た。

## 8. 技術活用後の評価

ボーリング調査を行う場所の選定については、複数の物理探査を組合せ絞り込みを行い、効率的に正しい位置を選定することができた。

今回は事前に大竹断層の特徴を文献や近傍の露頭部の調査で把握し、高品質斜めボーリングで採取したコアの観察およびボーリング孔でのボアホールカメラ観察の実施により、断層面の分布方向（走向傾斜）など断層の構造を把握することができたため、

活断層と考えられる部分の特定は比較的容易であった。

また、活断層をボーリングコアで客観的に判定するためにコア観察以外にも活断層と裏付けるための指標が必要であったため、活断層と考えられる部分をコアのX線CT画像で確認し、加えてコアの簡易強度試験などを行うことで、活断層の判定を行うための視覚的・数値的指標を得ることができた。

## 9. 今後の課題とその改善策（案）、他現場への活用提案等

橋梁設計のための活断層調査は、調査方針などは確立されたものは無く、用地上の制約や期間的な制約、費用的な制約などにより大規模な調査を行うことができないため、効率よく断層の位置を特定するためには、今回の調査のように調査方法の検討を念に行い、各調査手法を組み合わせ効率的に活断層の位置を推定する必要がある。

また、橋梁と断層の位置関係は3次元で把握する必要があることから、調査で得たデータを3次元の断層モデルとして作成し視覚的に表現することで、断層を予め避けた構造に変更する等、橋梁設計を効率的に実施することができた。

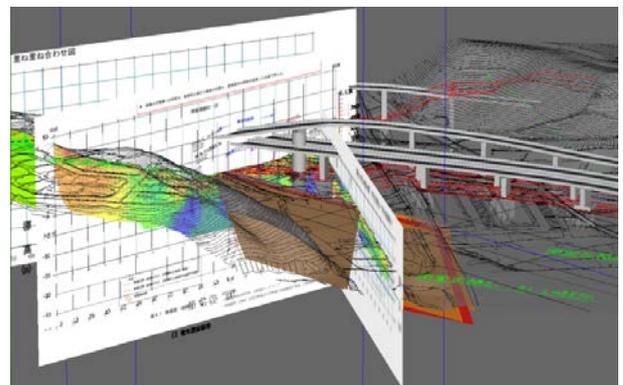


写真-6 大竹断層と橋梁を3次元化した図

## 参考文献

- 1) 都市圏活断層図（岩国断層帯とその周辺「岩国」「下松」解説書）
- 2) Lin & Yamashita (2013) 「Journal of Structural Geology」（国際学術誌）第57巻
- 3) 土木研究所（2017）
- 4) 活断層研究会編（1991）[新編] 日本の活断層—分布図と資料（東京大学出版会）
- 5) 活断層デジタルマップ