

## 活断層変位に対する高架橋検討

竹村恵二<sup>1,2</sup>

- 1 京都大学名誉教授
- 2 (財)地域地盤環境研究所・特別顧問

### 概 要

活断層に沿うまたは横切る高架橋などの土木構造物に関して、これまで活断層上の高架橋で断層変位や断層モデルについて地球科学（活断層の視点）から考えてきた事例のうち、正断層タイプの別府の朝見川断層・堀田断層の事例を紹介する。特に、構造設計に重要な1回変位量や断層帯の形状の課題について考察する。また、近畿地方に特徴的な逆断層タイプや横ずれ断層タイプについても、特徴や課題について言及する。

キーワード：活断層，断層タイプ，正断層，高架橋，朝見川断層・堀田断層（別府）

### 1. はじめに

私たちにとって地震とは、震源域での揺らす原因としての地震および地表が揺れることを対象とする地震がある。地震被害は地下での現象が地表にどのように伝播し、地表での現象となって襲いかかるかにかかっている。誘因と自然素因・社会素因の関係である。

このように地下での地震発生に関する地球科学的関心とともに、人間社会にとっては、「揺れる」という現象によって、財産や生命に影響を受けることに大きな関心がある<sup>1)</sup>。

地表では、内陸地震の場合（震源域が主に日本列島陸域にあり、地震発生層が浅い場合）はまた、生活空間である地表付近領域が「ずれる（変位と変形）」ことも大きな地震被害要因として挙げられる。大きなマグニチュードの場合の地震断層およびそれより小さな規模の揺れによる地表変形や変位などである。したがって、地表構造物にとっては「揺れることとずれる（変位と変形）こと」の両方に対応が重要になることが理解される。

今回対象とする高架橋は線的な構造物であり、構造物としての基本概念は「揺れても壊れない、落ちない」「ずれても壊れない、落ちない」ことであり、このことについて、地震断層に対する既存技術の適用性に基づいて、「吸収する」、「追従する」および「避ける」の3つの基本姿勢を提示されている<sup>2)</sup>。

講演では、これまで活断層上の高架橋で断層変位や断層モデルについて地球科学（活断層の視点）から考えてきた事例のうち、正断層タイプの別府の事例を主として紹介する。また、逆断層タイプや横ずれ断層タイプについても言及する。

### 2. 地球科学的観点から得られる必要情報（変位に関する数値情報）

今回は、揺れることでなく、ずれることを対象に考えてみる。高架橋などの土木構造物を作る場合は、具体的な数値情報に基づいた構造設計が要求される。その際に、一般的に地球科学者が対象にする数十kmにおよぶ活断層全体像や活断層の変位速度および1回変位量の平均的描像のみでなく、地表変位の幅（断層変位の平均的な変位量をどの範囲・位置で受けるか）や変位の幅の中でどのような変位分布をとるかといった情報が重要となる。

平均的な描像に関して、国土地理院の都市圏活断層図や地震調査研究推進本部による各断層帯の長期評価などに分布や断層タイプ、平均変位量や1回変位量などの情報は有用であり、1回変位量の可能性の算定には重要となる。ただ、一般的な活断層調査で得られ、平均的な描像とした公表されている報告や論文では、実際の対象地での構造設計を考慮するためには情報が不足しており、さらに詳細情報が必要となる。また、断層帯の中での、地表変位の幅や変位分布に関する予測は設計に関して重要であり、実際の現地での変位・変形情報の想定を残されている断層地形や断層タイプ・地殻構造・地質などから想定することが必要となる。また、変形帯のなかでの変位集中と均等分布などの変位分布の可能性と構造設計との関連も注意点として挙げられる。

### 3. 正断層をまたぐ高架橋建設の例（堀田断層，朝見川断層：別府）

ここでは、大分県別府市南方に分布する朝見川断層，堀田

断層の例を挙げる。この二つの断層は、別府一万年山断層帯の大分平野一由布院断層帯東部を構成する断層である<sup>3)</sup>。2005年の長期評価公表後、この断層帯に関しては、文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科により、重点的な調査観測が実施され<sup>4)</sup>、多くの成果が挙げられたが、2017年12月の地震調査研究推進本部の中央構造線断層帯の評価改訂<sup>5)</sup>により、「別府一万年山断層帯」の断層帯名は削除され、今回対象とした「大分平野一由布院断層帯東部」は中央構造線断層帯の第10区間の西部とされている。ただし、個別の朝見川断層、堀田断層の断層名や正断層の断層タイプに関しての変更はない。この朝見川断層、堀田断層を横切る高架橋が2地点で計画された時点の例を紹介する。

・富士見通鳥居線高架橋：

富士見通鳥居線は、国道10号を起点に県道別府庄内線に沿った海岸から内陸にはいるルートで都市計画決定されている。延長1.3km、幅員25mの都市計画道路である。このルートには、堀田断層と朝見川断層を横切る橋梁が想定されることが課題となった。そのため、設計に用いる断層変位量等の断層特性を想定し、路線の重要度や復旧性を考慮した断層変位に対する耐震設計の基本方針の決定は重要であった。そのための断層変位条件の設定にあたり、活動1回当たりの鉛直方向断層変位量の想定のために、断層活動による総変位量（または平均変位速度）と活動間隔の2つのパラメーターの情報を収集・整理した。そのための重要な同時面対比基準として、鬼界—アカホヤ火山灰（K-Ah火山灰：7,300年まえに鬼界カルデラから噴出<sup>6)</sup>）の断層両側で確認されたことが重要であった。その結果、本地点付近ではK-Ah火山灰の相対落差は19mであり、7300年間に約20mの総変位量として計算し、2.7m/千年の平均的な変位速度を確認することができた。また、この断層帯は従来から活動間隔が議論されており、それらの検討結果から、活動間隔を1000年程度と想定した。その結果、1回あたりの鉛直変位量は2.7mと計算されたが、総変位量等の精度を考慮して、1回当たりの変位量を3mで計算することでその後の設計等が進められた<sup>7)</sup>。その後は、断層傾斜角の考察も加えて、断層変位に対する設計の基本方針等が設定された。

・別府狭間線（浜脇バイパス）高架橋：

その後計画された別府狭間線（浜脇バイパス）高架橋も朝見川断層を横切る高架橋の事業が構造物として提案がされた。この検討内容も、富士見通鳥居線高架橋と同様に進められた。

ただ、この場合は、断層変位の場所の特定が困難な面があり、変位量の推定のみでなく、変位の場所の推定も重要な課題であり、橋脚の位置設定のためにも、このための調査が実施された。1回変位の量については、富士見通鳥居線のように、等時間面の変位基準層の設定が困難であったが、周辺の国・自治体・研究機関の調査結果や年代測定結果等が想定された。この事業の場合は、断層沿いにJR日

豊本線が通過しており、県・JR等との協議を実施しつつ進められた。

#### 4. 逆断層・横ずれ断層の場合の課題

逆断層は、上町断層帯や生駒断層帯など、近畿地方ではよく知られる断層タイプである。これらの逆断層の場合は、当該地域地質が第四紀層などの地層群である場合、地表での変形が撓曲や幅の広い変形帯になることがわかっており<sup>8),9)</sup>、その幅や変位分布形態への注意が要求される。また、逆断層での変位においては、断層変位が生じる地表部（地表地震断層の場所）において、逆断層センスでない、正断層センスの地すべり的な変位が生じる可能性も指摘される。

中央構造線や有馬・高槻構造線断層帯などは、横ずれ断層として知られている。横ずれ断層の場合、震源断層の角度は高角であることが知られており、地表地震断層は直線的な形状を持つと考えられている。しかし、地表付近での詳細形状は、断層帯に沿って、プリアートの形状や横ずれ運動に伴う複雑な形状が認められる。現実の対象地区での変位予測可能性に関する詳細な検討が要求される。

#### 5. 終わりに

高架橋等の土木構造物建設の実際の流れとして、対象地点は必ずしも地球科学的（活断層や地盤等）安全性に配慮して決定されているものではない。社会的・経済的・地域の実情（都市計画や防災対応を含む）等の条件によって、最初に方向性や場所が決定され、予算化されていることが多い。したがって、活断層に関する安全性の観点からの議論が最初にあるわけではないことに注意が必要である。提案または対象の場所が構造物建設の目的に沿って見たときに、安全性<特に断層変位について>を考慮すれば別のルートや場所の可能性が指摘できることもあるが、その点が考慮されることは少ないようにみうけられる。したがって、検討委員会等では、場所がすでに決定され、変更が可能な場合においての、その地点におけるできうる限りの地球科学的・工学的安全性を考慮して、経済性も考慮しての構造物設計が要請されることが基本的であることを最初に確認することが非常に重要である。また、断層ずれの変位の量的・場所的不確実性を考慮すれば、安全性の観点からの「壊れない・壊さない」の原則を重視しながら、逆に大きな活断層を横切るような高架橋の場合は、壊れることも前提としながら、より公共的に必要な復旧の効率性や利便性等も考慮にいった設計思想も重要になるかもしれない。今後の活断層変位と高架橋等の土木構造物の計画にあたっては、現在の日本列島の都市圏のインフラなどの大型構造物の修復や再建造などの際に、周辺の人口密集と生活様式などが大きな制約になることを前提としておくこと

は大事な観点かもしれない。

#### 参 考 文 献

- 1) 竹村恵二:活断層とは何か? 応用物理学会誌, 83, (3), 232-235, 2014.
- 2) 常田賢一:土木構造物における地震断層の工学的対応に関する考察。土木学会論文集, No.752/I-66, 63-77, 2004.
- 3) 地震調査研究推進本部:別府一万年山断層帯の長期評価。2005.  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/92\\_beppu\\_haneyama.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/92_beppu_haneyama.pdf)
- 4) 文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科:別府一万年山断層帯(大分平野一由布院断層帯東部)の重点的な調査観測(平成26年度~28年度)報告。2017.  
[https://jishin.go.jp/database/project\\_report/beppu\\_haneyama/](https://jishin.go.jp/database/project_report/beppu_haneyama/)
- 5) 地震調査研究推進本部:中央構造線断層帯(金剛山地東縁一由布院)の長期評価(第二版), 2017.  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/20171219\\_mtl.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/20171219_mtl.pdf)
- 6) 町田 洋・新井房夫:新編「火山灰アトラス」. 東大出版会, 2003.
- 7) 渡邊 武・山村直樹・常田賢一・平石浩光:断層変位の影響を考慮した橋梁の耐震設計。土木構造・材料論文集, 第20号, 99-109, 2004.
- 8) 文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所:上町断層帯における重点的な調査観測(平成22年度~24年度)報告。2013.  
[https://www.jishin.go.jp/database/project\\_report/uemachi\\_juten-h24/](https://www.jishin.go.jp/database/project_report/uemachi_juten-h24/)
- 9) 竹村恵二・北田奈緒子・伊藤浩子・三田村宗樹:第四紀学と地盤情報。第四紀研究, 56, (5), 207-215, 2017.  
(2018. 7. 2 受付)

