

67. 崩壊地形が隠した丘陵・平野の境界

Hidden boundary of alluvial margin by thick colluvium

○高木俊男（復建調査設計）

Toshio Takagi

1. はじめに

橋梁等の基礎検討において、工学的および耐震基盤の深度や分布は重要な検討要素である。検討の上で、直接情報の得られるボーリング調査は不可欠であるが、それを補完するのに一般に地形情報が用いられる。しかし、直接見ることでできない軟弱地盤下の支持基盤傾斜や埋没谷の存在なども知られていて、注意が喚起されている¹⁾など。一方、丘陵部は、地形なりに比較的浅部に基礎地盤となる岩盤が出現すると予想される箇所であり、地すべりや強風化部、破碎帯などの厚さが課題となることがあるが、一般に問題となること少ない。

今回は、橋梁基礎調査において丘陵裾部に厚い崖錐と沖積層が分布することが判明した事例について報告する。地形上、丘陵に判断される位置であり、こうした状況が判断しにくいケースと考えられる。河川の攻撃斜面で沖積層堆積過程における斜面崩壊が関与したケースであり、今後の調査・設計検討において留意すべき事象として報告する。

2. 調査地の地形・地質

調査位置は三陸沿岸北部であり、東に延びる幅の狭い丘陵とこの間の沖積面が分布する。沖積面の幅はわずか 160m 程度であり、流域面積の狭い小河川が 2 本尾根間の谷へ合流して、沖積層を形成したと思われる。起点側および終点側の丘陵斜面には崩壊地形があり、終点側はゆるい谷地形を成している。

丘陵と沖積層下には中生代白亜紀の砂岩層が分布する。砂岩層は細粒砂岩主体で泥岩層を狭在する。沖積層は細粒砂質の粘土と砂、礫よりなる。礫中にはチャートや花崗岩などが分布し、流域外の地質であるため、周辺の段丘堆積物からの 2 次的な供給と考えられる。問題となるような断層破碎帯や大規模な地すべりは分布しない。

調査地では、両丘陵間に三陸沿岸道の IC 橋および県道よりのランプ橋が計画されている。概略設計時にボーリング調査が実施され、この計画を基に追加ボーリングと橋梁詳細設計を実施した。沖積面が狭く、緩い傾斜があることから沖積層下の工学的基盤の傾斜などが想定された。起点側の崩壊地形は、上部滑落面に露岩が見られ、崩壊地形両側に尾根が張り出し付近に露岩が見られる。

3. 調査計画

計画区間における IC 橋概略設計時にボーリング調査が実施されていて、地形から見て概ね矛盾のない地質断面が想定されていた。これを基に各構造物毎の追加調査を行い IC 橋詳細設計を実施することとした。計画橋梁は流域の狭く短い河川によって形成された沖積平野に位置し、基盤の傾斜や丘陵・沖積平野にまたがる橋脚位置もあるため、6 径間 5 橋脚案をベースに 11 本のボーリングを計画した。復興路線のため施工時期が迫っている道路であり、調査責任者が現地にて柱状図整理を実施して設計担当に随時送付し、双方の協力で断面図作成を実施して調査を進めた。また、この区間に計画中の県道に接続する ON ランプ、OFF ランプの橋梁設計も同時に実施し、ON、OFF 各ランプ橋台計画位置にておいて 4 本のボーリングを計画した。

4. 調査結果

4.1 調査区間に出現する地質

調査区間には、白亜紀の砂岩および泥岩が分布する。N 値は 50 以上を示し、橋梁基礎の支持基盤として適している。終点側丘陵部では、3～4m 程度の厚さで風化砂岩が出現する。N 値は 30 未満の場合が多く、支持基盤として不適である。調査地中央に A 川があり、沖積層はこの付近で層厚 11～12m ある。基底付近に花崗岩やチャートの玉石を主体とする礫が分布し、砂質粘土を主体とする粘土層が分布する。沖積層中部および下部に局所的に礫層及び砂層が分布する。起点側斜面下部には今回調査で最大約 6m の厚い崖錐層が分布することが判明した。また、丘陵下部にもかかわらず、この崖錐の下に厚い沖積粘土層が分布することも今回調査で判明した。

4.2 設計上問題となる地質分布

(1)終点側の基盤層の傾斜

各橋脚箇所のほとんどで横断方向に基盤の傾斜が見られた。場所によっては、上流側が深く掘削される逆勾配箇所も分布することが判明した。特に問題となったのが、一番終点側の P5 橋脚箇所である。支持基盤深度が CL 付近では GL-3m 程度なのに対し、R 側 10m で GL-5.5m であり、R 側（河川下流側）に急に深くなっていることが判明した。

(2)起点側橋台と P1 橋台箇所の深い深度の支持層出現

起点側のボーリング調査は、中央 P2 橋脚付近から

P1 橋脚, A1 橋台へと調査を進めた. P1 橋脚箇所の調査時に, 支持基盤である砂岩層の出現深度が GL-11m 付近であり, 当初の想定深度である GL-6~7m よりも深いことが判明した. また, 丘陵に位置する A1 橋台付金では BV-2 で 4.5m の崖錐下に 7m の厚さの沖積粘土層が分布することが判明した. 山側の BV-1 では, 6m の崖錐の下に支持基盤の砂岩層が分布することが判明した. 当初計画位置での直接基礎での A1 橋台計画は見直しが必要と思われる, 山側に追加ボーリングを行って基盤深度を把握し, IC 橋設計の見直しをすることとした. 基盤は追加ボーリング箇所から BV-1 にかけて急傾斜で落ち込んでいることが判明した.

(3)設計側の対応

①起点側の支持基盤の深い箇所での出現

A1 橋台位置を山側に移動し, 橋長を長くして IC 橋全体を見直すこととした. P1 橋脚箇所では, 杭基礎が十分に支持基盤に根入れできる形状で橋脚設計を実施した.

②終点側の基盤の傾斜

P5 橋脚では R 側の支持基盤深度で直接基礎にて基礎形状を設計した. P2~P4 の基盤の傾斜がある箇所では支持基盤の深い方にあわせて杭基礎の設計を実施した.

5.考察

5.1 丘陵下部の沖積粘土層の出現について

沖積面中央の A 川から起点側丘陵にかけての沖積層基底深度はほぼ水平に近く, 丘陵下部で砂岩層と沖積層の境界が急傾斜で立ち上がっていることと, 厚い崖錐が斜面下部にあり, 沖積層を覆っていることから, かつて基底立ち上がり箇所付近に A 川の攻撃斜面があり, 斜面上に小規模な地すべりが有ったことが想定される.

地すべり末端が洪水時などに洗掘されて崩壊が起こり, 崩壊土砂が丘陵裾野を沖積層側に広げるとともに A 川を埋積して川筋を中央側に移動させたと思われる. その後, A 川は崩積土砂を洗掘することなく沖積層の埋積が完了し, 現在に至ったと思われる. こうした箇所の支持基盤を地形判読からのみで想定することは困難であると思われる, 類似した地形条件では注意が必要と思われる.

5.2 終点側の支持基盤の傾斜について

P5 橋台付近は, 丘陵から沖積面に位置する箇所であり, 当初から支持基盤の傾斜は想定されたが, BV-10 付近は沢の出口に位置し, 低海水準期に沢による基盤掘削が有った可能性がある. また, A 川自体が流域の狭い小河川であり, エネルギーが小さいため洗掘が沖積基底全面に十分でなく, 凸凹を残したまま埋積が進んだ可能性が高い. 三重県紀北町において基盤傾斜を確認できず基礎杭深度が側方で基盤に届いて無くて橋台沈下を起こした事例¹⁾もリアス式海岸の沿岸域で,

山地が沿岸部まで迫っている狭い沖積平野での事例であり, 類似した地形で条件では注意が必要と思われる.

5.3 類似した地形での調査計画時の提案

大規模な橋梁計画で, 基盤の傾斜が想定される場合や, 斜面の上部に崩壊地形がある場合についての対応を提案する.

上記のような地形条件の場合はボーリングについては, 基礎中央よりも沖積面で河川の上流側下流側に位置するようボーリング位置を計画することが望ましい. また, ボーリングに加えて微動アレーやチェーンアレー探査等の物理探査を併用することで基盤形状の異常や斜面裾部での基盤深度を確認可能となる. 物理探査の場合は, ボーリング実施前に行うことでその後の対応を早期に決定できる.

6. まとめ

三陸沿岸における橋梁設計時の地質調査において支持基盤の分布が想定しにくい事例について報告した. 1 つは丘陵に近い箇所での沖積層基底の傾斜であり, もう一つは丘陵下部に厚い沖積粘土が分布する事例である. 要注意となる地形地質条件は以下である.

- ・リアス式海岸の沿岸域で, 山地が沿岸部まで迫っている狭い沖積平野
- ・丘陵境界に近い沖積層基底
- ・斜面上部に崩壊地形がある
- ・沢地形の出口にある沖積層基底

上記のような箇所での大規模な橋梁設計等の場合, 支持基盤傾斜を想定した複数のボーリング調査や物位探査とボーリング調査を併用した支持基盤形状の想定を当初から実施することが望ましい.

文献

- 1) 奥野慶四郎 (2014) 想定外の地質構造で橋台が沈下-急傾斜した支持層に基礎杭が届かず-, 日経コンストラクション, No.2014.4.28, pp.26-29.