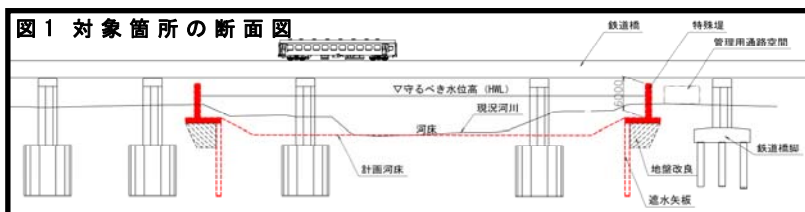


鉄道橋が横過する位置での築堤形状について（構造上の課題解決に向けて）

正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○高野和成、天野紀、南部卓也

1. はじめに

京都府由良川支川宮川の北近畿タンゴ鉄道が横断する箇所は、技術的課題や関係機関の調整などが多く、水防災の防御ラインの形成に向けて最後に残った箇所であり早期の事業実施が求められる輪中堤区間である。区間の中でも鉄道橋が横過するこの場所では、これまで自立構造の特殊堤が提案されてきた。



しかし、大規模な特殊堤は、近接する橋脚に対して荷重の軽減に寄与するが、上下流の構造は土堤であるため、地震時に挙動が異なることから沈下に差異が生じ、堤防の弱点部になる恐れがある。また、特殊堤は、一度構造物に損傷が生じれば、復旧に時間を要するため、長期にわたり治水安全度の低下に繋がるおそれがある。さらに、土堤に比べて、地盤改良の発生や遮水矢板などの附属構造物により、経済的に劣る。このような状況から河川管理施設構造令（以下；河川構造令とする）に照らし合わせて課題を抽出し、最適な構造を決定する必要がある。

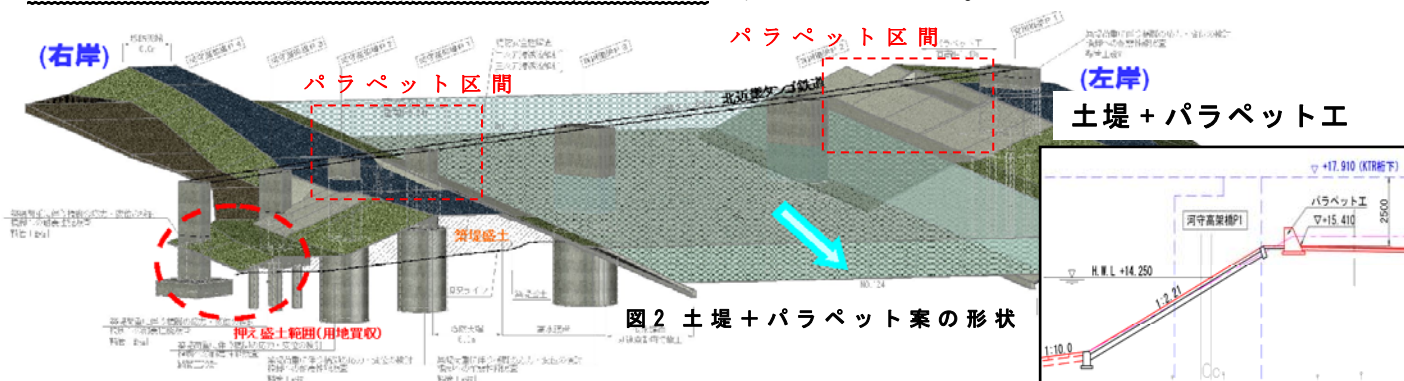
2. 代替案を適用するにあたっての課題

河川構造令でも記載があるように、基本的に堤防は、土堤を原則とするが、それに伴って、築堤内に残る鉄道橋脚が堤防の安全性に与える影響と築堤荷重が橋脚に及ぼす影響などの構造上の課題、加えて河川管理や鉄道管理に必要な建築限界高を確保など様々な課題を解消していくことが必要である。

3. 河川管理車輛に配慮した建築限界高の設定

堤防の管理用通路に必要な建築限界高は4.5 m以上であり、鉄道を管理するためにも同等の高さが必要である。ただし、土堤の場合、上空に鉄道橋が横断するため、確保できる建築限界は1.0 m程度になること、また1.0 mの空間では十分な締固めが困難になることを考えると土堤のみで治水安全度を図ることは非現実的である。そのため、通常の管理車輛が通行可能な建築限界(2.5m)を確保し、加えて、治水安全度が飛躍的に向上するとすることができる土堤とパラペット工の組合せを提案した。土堤のみでは課題に対応できなかったが、特殊堤から土堤+パラペット工に変更することでRC構造物をHWL以上で整備でき堤体へ与える影響も最小限とすることができた。

表1 課題解決への手順

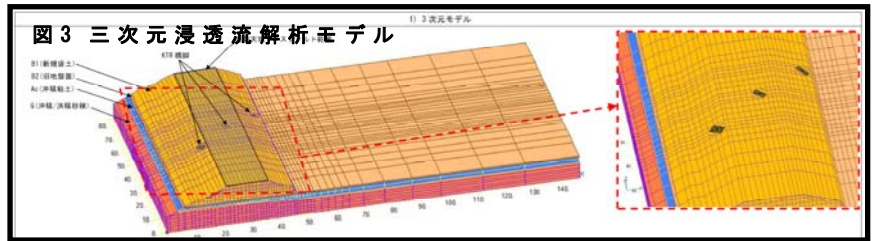


キーワード 河川堤防 ピアバット、河川工法 浸透流解析 橋脚への影響解析

連絡先 〒 541-0052 大阪府大阪市中央区安土町2-3-13 パシフィックコンサルタンツ（株）
kazunari.takano@os.pacific.co.jp

3. 堤体内に橋脚が位置する場合の堤防安全性照査

通常、堤防内に橋脚が位置する場合は、ピアアバット構造とするほか設置位置も原則、川表側にしなければいけないと河川構造令に記述されている。ただし、対象区間は、複数の橋脚が横断上に続くため、川裏側に橋脚が位置する。複数の橋脚が堤体内に位置することにより、土と構造物の接触面において、土粒子の移動によるパイピング現象が生じないか定量的な評価を行う必要がある。しかし、二次元浸透流解析では、橋脚周辺に生じる水の周り込みを評価することが難しいため、平面的な水の流れを把握することを目的に三次元浸透流解析



を提案し、橋脚周辺の地下水位動向・橋脚付近の流速・動水勾配を評価し、堤防安全性に対する定量的な評価を行った。土粒子の移動による三次元浸透流解析では、解析により求められた間隙内平均流速と多粒子限界流速を比較した。多粒子限界流速は、主に鉛直方向の地下水の流れに対するものであるため、水平方向が卓越する場合には、平均流速（ダルシー流速）から求めた橋脚周辺の動水勾配が限界動水勾配以内であるかどうかを確認することにより、橋脚付近の土粒子の流亡の可能性を判定した。この結果、橋脚の上流側で1 cm上昇、下流で10 cm低下するが、50 %粒径に対する限界流速(6.1×10^{-1})を超えた箇所は確認されず、橋脚周辺の土砂流出によるパイピングは発生しないため、堤防に悪影響を及ぼさないことが確認できた。仮に橋脚周辺においてパイピングが発生する場合は、堤体材料の変更による対策が有効である。

4. 築堤盛土が鉄道橋脚に及ぼす影響

鉄道橋脚は、盛土荷重による基礎の応力度・変位量に対する影響が懸念されるため、FEM 解析（弾性解析）により各種検討を行った結果、応力度・変位量は、許容値以内であることを確認した。ただし、大規模地震に対しては、せん断破壊が生じるため所定の安全性が確保できず、将来において耐震補強が必要となった。

表2 鉄道橋脚への影響解析フロー

- 1 既設橋脚の復元設計
- 2 築堤盛土に伴う橋脚の変位・傾斜角の照査
- 3 築堤盛土に伴う構造物の安定計算
- 4 築堤盛土に伴う構造物の応力計算
- 5 大規模地震に対する構造物の応力計算

堤防完成後、橋脚に対する補強が必要な場合は、大規模な堤防開削を伴うことになり、工事中の治水安全度は著しく低下する。このため、現段階において鞘管工の設置とあわせて橋脚補強を実施し、経済性と治水安全性に配慮した。

4. 工事に向けた留意点

築堤工事に近接する鉄道橋は、営業中の路線であるため、慎重かつ安全な施工が必要である。そのため、不確定要因により許容値を越える変位が発生すれば、ただちに工事を中止し、事故を未然に防ぐことが可能になるよう近接構造物の動態観測の立案を行った。また、三次元浸透流解析の結果では、橋脚近接周辺と標準部での地下水位に大きな変化はないことが予想されるが、この解析結果の妥当性を確認するため、月1回～2回程度の事後観測が行えるよう、テスター式水位計での観測計画を立案した。

5. さいごに

この業務で土堤を提案する前は、大規模な特殊堤が計画されていた。それは、土堤の場合、複数のピアアバットが堤体内に位置することで浸透に対する安全性が確保できないと推測されてきたからである。しかし、三次元浸透流解析の実施によって、定量的な評価が可能になり、堤防本来の姿である土堤の採用に繋がったことは経済性、施工性、さらに維持管理面においても有効であつと評価できる。

<参考文献>①杉井俊夫、宇野尚雄、山田公夫、山田謹吾：浸透破壊における粒子群を考慮した限界流速、地下水技術（Vol.39、No.8、pp.28-35、1997）②赤井浩一：浸透水流による盛土裏法面の局所破壊について、土木学会論文集（No.36、pp.44-49、1956）