

さや管構造橋台の地震時変位量の評価と施工方法について

○ 東日本旅客鉄道（株） 正会員 滝澤 彰宏
 東日本旅客鉄道（株） 正会員 小山 宏
 東日本旅客鉄道（株） 米内 恭

背景

現在、国土交通省の一級河川・那珂川の河川改修事業に伴い、水郡線水戸・常陸青柳間那珂川橋りょうの橋りょう付替え工事を行っている。この工事では、河川構造令（第 61 条 H9 年 11 月）の変更を受け、河川管理者との協議（パン割の関係）により、堤防内に構築する橋脚をさや管構造（ピアバット）にすることが決定した。（注：河川管理において高架橋掛違い橋台は橋脚として扱う。）

さや管構造とは橋脚と堤防を独立した構造とし、地震振動及び平常時の交通振動に起因する上部工から伝わる振動を、堤体に伝えないことにより、堤体を守る構造である（図 1）。

問題点と目的

さや管構造は施工例が少なく、設計手法、構造、材質等が定まっていない。国交省は地震に対して FEM によるシミュレーション解析を行い、正確にさや管と橋脚の変位量を求め検討している。一方、当社では単純梁にモデル化して変位量を求め、設計に用いることを検討している。構造・材質においても国交省では鋼製フレーム構造の施工があるが、当社では RC フレーム構造の施工を考えている。

単純梁にモデル化し検討することでも十分に変位量を評価できると考え、また構造・材質については、鋼製フレームに比べて RC フレームや他の工法の方が安価であると判断し検討している。今回、単純梁にモデル化したものと FEM 解析との変位量の比較検討について報告する。また、隙間 150mm、高さ 7,875mm のさや管を施工するにあたって、検討した事項を報告する。

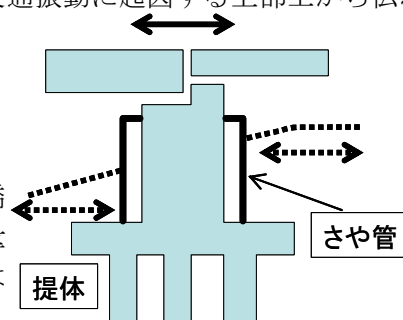


図1 さや管概念図

地震動に対する検討

単純梁へのモデル化は図2のように行った。さや管に作用する地震時主働土圧は鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物により各係数を求め算出した。設計水平震度の基準値は 0.2（L1 地震動）、作用方向は $\delta = 0$ とした。

さや管は L2 地震時には、洪水と大地震が同時に発生する確率が非常に低いことに加え、橋脚が損傷し、補修のため、さや管が一時撤去されることが想定されることより、L2 地震時における要求性能はないものとした。

また両端固定梁にモデル化した場合、及び FEM 解析（2次元 FEM モデルによる地震応答解析）で入力した地震波（十勝沖地震：1968 年、M7.9（八戸））の最大 gal 値に相当する設計水平震度 0.296 での変位量についても比較した（表1）。

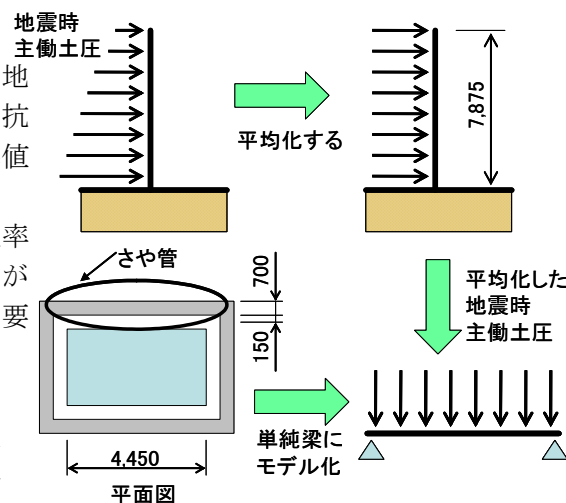


図2 単純梁モデル化概念図

地震動に対する検討（結果）

さや管の単純梁モデルの挙動は L1 地震動においては、弾性挙動を示す。隙間（150mm）に対して、93.5mm の変位量となり、許容範囲内におさまった。また、FEM 解析で示すように相対変位量は、変位量に比べてかなり小さく算出された（変位量 54.4mm、相対変位量 1.2mm）。

表1 鞘管変位量

	単純梁	両端固定梁	単純梁	両端固定梁	FEM解析
設計水平震度	0.2 (L1:弾性領域)		0.296		0.296
gal (cm/sec ²)	196		290		290
変位量 (mm)	93.5	18.7	114.8	23.0	54.4
相対変位量 (さや管・橋脚)	—	—	—	—	1.2

キーワード：さや管構造橋台 地震時変位量 河川構造令（第 6 1 条）

連絡先：〒310-0015 水戸市 宮町 1 丁目 1 番 20 号 TEL 029-221-2992 FAX 029-228-9651

FEM 解析入力地震波の最大 gal 値に相当する設計水平震度 (0.296) による、単純梁モデルの変位量は、FEM 解析の値と比べ大きく算出された (単純梁 114.8mm、FEM54.4mm)。FEM 解析の結果と比較すると、単純梁にモデル化することは安全側に算出されたと考えられる。

両端固定梁にモデル化し検討することは、単純梁に対して変位量が小さく算出されることから、危険側に算出される。梁にモデル化し検討する方法は、簡易な方法であるため、安全側に算出される単純梁が適していると考えられる。

以上より、さや管は L1 地震時 (弾性領域) においてのみ、要求性能があることから、単純梁にモデル化し検討することで変位量を判断できると考えられる。

構造・工法の比較検討

鋼製は材料費、加工費、溶接費の点から高価と考えコンクリート製に絞った。以下の 5 構造・工法について検討を行った (表 2)。

①埋設型枠型 ②ブロック型 ③スルーフフォーム型 ④エアーフエンス型 ⑤鉄板・発泡スチロール仕切型

①：Pca 埋設内型枠を作成し、さや管部にコンクリートを打設して一体化させる。

②：Pca ブロックを作成し積み上げる。打設後ブロック部を PC 鋼棒により縦締めし、一体化する。

③：スルーフフォーム (アルミ製の型枠) を用いて軽量コンパ外化し、隙間部において型枠の設置撤去を行えるようにする。

④：建築工事におけるコンクリート打継ぎ目部や箱抜き、間仕切りに使われるエアーフエンスを用いて隙間を確保する。

⑤：隙間にベニヤ、鉄板、高湿発砲スチロール等を挟み、サドイッチの様な内型枠を作成し利用する。

施工性は③、⑤案が内型枠を上部にスライドさせる作業において調整が必要となる。隙間精度は、④案がエアーフエンスの空気圧の影響で精度が劣る。工期は打設回数によって差が生じた。止水性は、②案がブロック構造により劣っている。異常時復旧におけるさや管撤去作業は、②案のブロック型が一番早いと思われる。経済性は①、②案が特注製 Pca、③案のスルーフフォームは転用型枠、④案のエアーフエンスは市場規模が小さいことから高価となった。

構造・工法の比較検討 (結果)

渇水期施工であること、経済性、施工性、隙間精度、

止水性から⑤案を採用した (図 3)。その他に橋脚本体には樹脂を塗り、さや管外側には防水シートを使用することを検討している。特に止水性を向上させることは、隙間内コンクリートの変状を防ぐ上で重要である。一度さや管に異常が見つかり、河川管理者の財産である堤防の一部撤去を行わなければならない、手続きが必要になり補修に手間がかかると考えられるからである。また堤体に対しては、さや管橋脚周辺に水みちが出来ないように、周辺は粘性土にて埋め戻すことを検討している。

検査方法

橋りょうの全般検査時に、さや管と堤体間との空隙、隙間間隔距離の確認をする。また、地震時における不定期検査や特別検査においては、現場に配備されているトンネル覆工背面の空隙を調査するファイバースコープと簡易照明を用いて検査することを考えている。

まとめ

隙間量は、地震時における橋脚とさや管の変位量及び、施工性によって決定される。地震動に対するさや管変位量の検討はさや管を単純梁にモデル化し検討することで、判断できると考えられる。

これは、さや管が L1 地震動時において弾性挙動を示すこと、橋脚とさや管の相対変位は変位量より小さな値になること、FEM 解析より安全側に算出されること、許容量 (隙間) に収まる範囲の精度で変位量が算出されることからである。

工法においてはフレームを使用せず、場所打ちコンクリートによる施工を行った。経済的に有効であることはもちろん、内部への止水性を考慮した施工は、メンテナンスの面で有効と考えられる。河川構造令が変更され、今後河川改修事業において高架橋掛違ひ橋台は、さや管構造が標準的な構造になると考えられる。さや管をメンテナンスフリーに近い状態で管理することが重要なことと考えられる。

表 2 工法比較表

案	①埋設内型枠	②ブロック	③スルーフフォーム	④エアーフエンス	⑤鉄板発泡スチロール
構造	PcaRCフレーム	PcaRCブロック	場所打ちRC	場所打ちRC	場所打ちRC
工法	内型枠と打設コンクリートを一体化	PcaブロックをPC鋼棒で縦締めして一体化	アルミ製の内型枠を、上部にずらしながら打設	建築工事に用いるエアーフエンスを使い内型枠とする。	鉄板・発泡スチロール・ベニヤを挟んだ内型枠を使う。
施工性	○	○	△	○	△
隙間精度	◎	○	○	△	○
工期 養生3日	打設 2 回 実働 19日	打設 1回 実働 18日	打設 9 回 実働 73日	打設 9 回 実働 73日	打設 5 回 実働 41日
止水性	○	△	◎	◎	◎
異常時復旧	△	○	△	△	△
費用	650万	1,170万	590万	640万	300万
総合	○	△	○	○	◎



図 3 さや管施工状況図