

## 高架下を気泡モルタルで充填したラーメン高架橋の地震時挙動に関する解析的検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○坂岡和寛 堀慎一 柏原茂

## 1. はじめに

少子高齢化および人口減少に伴う生産年齢人口（15～64歳）の減少から、土木従事者の確保は難しく、鉄道RC構造物の断面修復などの人出を要する補修は適切な時期に実施することが困難となることが想定される。道路橋においては、メンテナンス費用の低減を目的に橋梁下を気泡モルタルで充填する工事が多く行われている<sup>1)</sup>。気泡モルタルは鉄道においても軽量盛土として実績があるため<sup>2)</sup>、図-1に示す鉄道において多く用いられているRCラーメン高架橋の高架下を気泡モルタルで充填し構造改良することを検討することとした。

本稿では、ラーメン高架橋の高架下を気泡モルタルで充填した場合の地震時挙動解析について報告する。

## 2. 解析概要

本検討では3次元非線形FEM解析により、プッシュオーバー解析、地震応答解析を実施し、既設構造物と気泡モルタルとの動的相互作用を考慮した地震時挙動を把握することを目的とする。

検討ケースは、既設高架橋単体のCase1、気泡モルタルで高架下を充填して既設高架橋と気泡モルタルとの間に30mmの遊間を考慮したCase2、遊間を0mmとしたCase3の3ケースとする。既設高架橋は、柱は耐震標準<sup>3)</sup>によるM-φ関係の非線形梁要素で、上層スラブ、上層梁、基礎、地盤は線形要素でモデル化する。表-1に既設高架橋の配筋を示す。なお、コンクリート強度は27N/mm<sup>2</sup>で鉄筋はSD345である。気泡モルタルは地盤と一体とし、段階施工を考慮して柱の列間ごとに分割し、非線形のソリッド要素でモデル化する。非線形特性として、コンクリート構成則の分散ひび割れモデルを用いる。気泡モルタルは鉄道軽量盛土に用いられる一軸圧縮強度1500kN/m<sup>2</sup>とした。気泡モルタル同士、または気泡モルタルと高架橋との間には、接触した場合に圧縮のみ力を伝達し、引張側の場合には分離して力が伝達しない接触を表現するジョイント要素を設定する(図-2)。なおジョイント要素は軸方向力のみ伝達し、せん断力は伝達しない。接触を考慮する部材間には、検討ケースごとに定められた遊間を設定する。

## 3. プッシュオーバー解析

線路方向に対して荷重を漸増载荷するプッシュオーバー解析を行った。震度と構造天端の変位との関係を図-3に示す。既設高架橋と気泡モルタルとの遊間が30mmのCase2では、はじめはCase1と同じ履歴を辿っているが、水平震度0.5付近（水平変位30mm付近）で気泡モルタルと接触して挙動が変化し、以降では水平震度の増加に対して変位の増加量が小さくなっている（すなわち、構造全体の剛性が大きくな

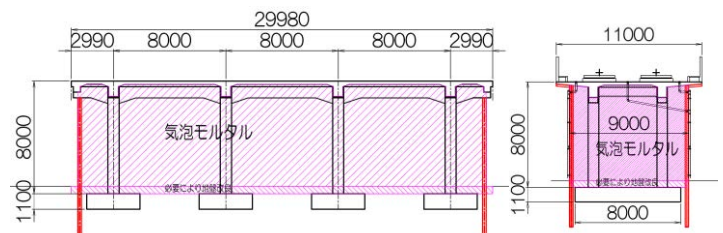


図-1 構造改良案

表-1 既設高架橋の配筋

柱の 大きさ (m)	端列				中間列			
	軸方向鉄筋		帯鉄筋		軸方向鉄筋		帯鉄筋	
	線路方向	直角方向	2D区間	2D区間外	線路方向	直角方向	2D区間	2D区間外
0.8×0.8	D29-7	D29-7	D10@150	D10@300	D29-5	D29-7	D10@150	D10@300

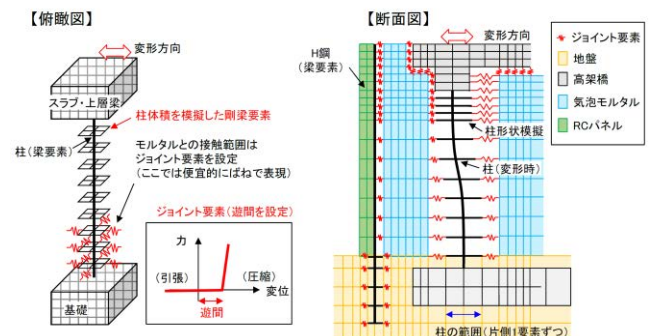


図-2 接触を表現するジョイント要素の概要

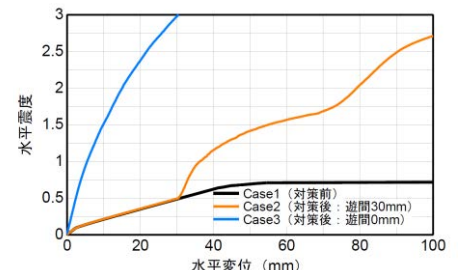


図-3 震度と構造天端の変位との関係

キーワード 気泡モルタル、ラーメン高架橋、地震時挙動解析、ミニマムメンテナンス

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部構造技術室

っている) ことがわかる. Case3 は遊間を 0mm としたことで, 水平震度の作用直後から接触することで構造全体の剛性が大きいことがわかる. 水平震度の増加に伴って剛性は徐々に低下するが, これは気泡モルタルの非線形化が進展するためである.

#### 4. 地震応答解析

次に, 新設鉄道構造物の設計に用いられる, 標準地震動 L2 スペクトル II を作用させて動的解析を行った. 図-4 に構造天端の加速度-変位関係を示す. Case1 では加速度も小さく変位が大きいが Case2 では遊間 30mm を超えた変位を生じた時点で加速度が大きくなり変位が抑制されている. 遊間 0mm の Case3 では当初より加速度が大きく変位も非常に小さく抑えられている.

図-5 に 1 列目の柱基部の M- $\phi$  関係を示す. Case1 では M 点(モーメント最大点)を大きく超過する程度まで応答が進展しているのに対して, Case2 では大幅に抑制され, Y 点(降伏点)前後の応答に留まっている. Case3 ではほとんど変形せず線形状態に留まっている.

各ケースにおいて気泡モルタルに生じる最大ひずみの一覧を表-2 に, 最小主ひずみの最大値コンターを図-6 に, 最大主ひずみの最大値コンターを図-7 に示す. 最小主ひずみの最大値は-0.0105 で圧縮強度に達するときのひずみ(-0.0100)以上である. 最小主ひずみが圧縮強度に達するひずみを超えた要素は限定され, ほとんどの要素は圧縮強度に達するひずみを下回っているため, 今回の条件では気泡モルタルの損傷はほとんど生じないと思われる. 最大主ひずみは曲げ変形を生じる基部で大きく, 最大値は 0.0337 で引張強度に達するときのひずみ(0.0005)以上であった. これは地盤と気泡モルタルを一体とした条件での結果であり, 地盤と気泡モルタルのズレや浮き上がりを考慮した場合, 気泡モルタルのひずみは低減するが変位が増加すると考えられる.

#### 5. おわりに

メンテナンス低減を目指して, 気泡モルタルで鉄道 RC ラーメン高架橋の高架下を気泡モルタルで充填した構造の解析を行った結果, 剛性が向上し変位が抑制できることがわかった. 今後はモデル化の見直しや各部材の劣化状況が異なる場合の検討を行うことを考えている.

本検討を行うにあたり, 「コンクリート構造物の維持管理技術に関する検討委員会」((公社)日本材料学会)の委員各位より多数のご助言を賜りました. ここに深く感謝の意を表します.

#### 参考文献

- 1) FCB 工法研究会ホームページ: <http://www.fcb-ken.econst.jp/longlife.html#link01>, 2) ACT 研究会ホームページ: [http://www.rail-act.org/tec/tec\\_02\\_01.html](http://www.rail-act.org/tec/tec_02_01.html), 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計耐震標準: 2012.9

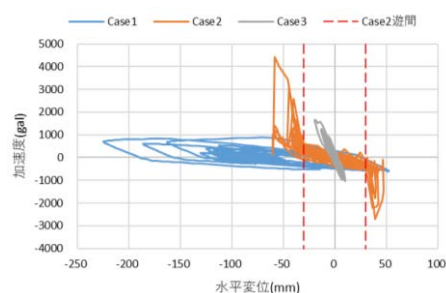


図-4 構造天端の加速度-変位関係

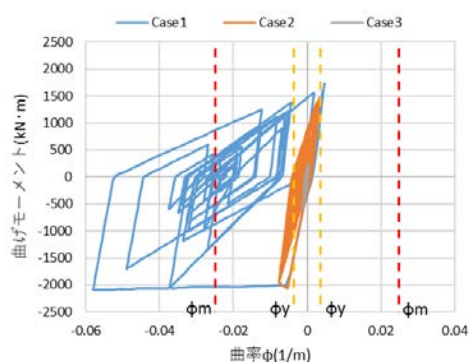


図-5 柱基部の M- $\phi$  関係

表-2 気泡モルタルに生じる最大ひずみ

	Case2	Case3	強度相当のひずみ
最小主ひずみ (圧縮側)	-0.0100	-0.0105	-0.0100
最大主ひずみ (引張側)	0.0337	0.0098	0.0005

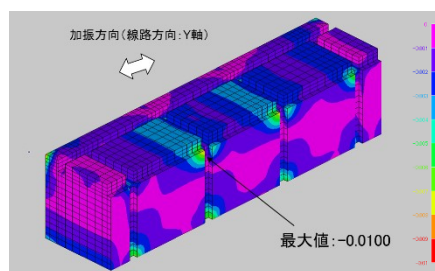


図-6 最小主ひずみの最大値コンター

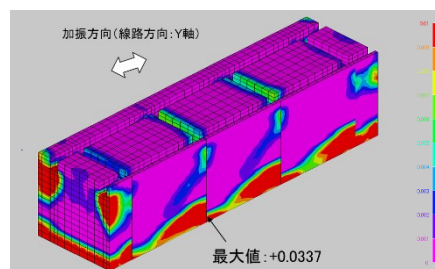


図-7 最大主ひずみの最大値コンター