

2004年新潟県中越地震における新幹線脱線に関する考察

早稲田大学
早稲田大学

学生会員 〇河島 正浩・塚澤 幸子
フェロー会員 濱田 政則

1.はじめに

2004年10月23日に新潟県中越地方に発生した“2004年新潟県中越地震”(マグニチュード6.8, 震源の深さ13km, 最大震度7)は, 1995年の阪神・淡路大震災以来の大きな被害をもたらした。山間部で発生し, 規模の大きな余震が多発したことが特徴的であった。また, 今回の地震では橋脚などに多くの被害が生じたが, 構造物そのものが大きく破壊されたわけではないのにも関わらず, 上越新幹線“とき325号”が脱線するという事故が発生した。新幹線は, 構造そのものが大きく破壊しなくても脱線する可能性があることが改めて認識された。本文は新幹線脱線の原因について考察したものである。

2.対象とする高架橋

研究の対象とする高架橋は, 脱線付近の高架橋で, ひび割れ被害のある722高架橋, 地質条件の異なる箇所ではひび割れ被害のない726高架橋および被害のある730高架橋の計3ヶ所を選定した。図-1に選定した高架橋の位置を示す。

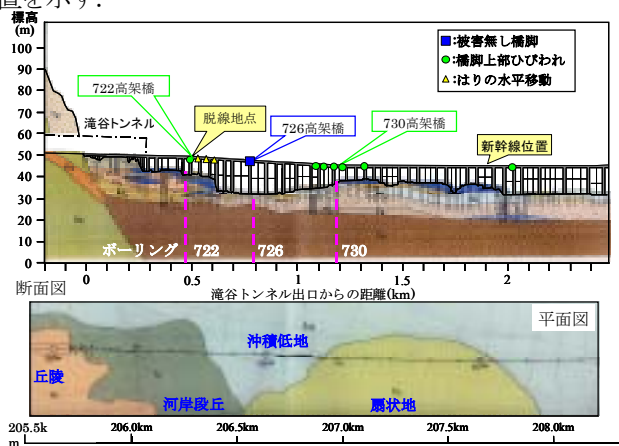


図-1 選定した高架橋位置と地質図

(i)選定した高架橋断面

動的解析では, 図-2に示す高架橋を対象としたが, 本高架橋は実物の高架橋ではなく, 橋脚の高さがほぼ等しい標準断面を有する高架橋である。

被害有りの722は橋脚高さ8.82m, 寸法120×120cm, 杭長16.50mの1層ラーメン構造で, 被害のない726は橋脚高さ14.40m, 寸法120×120cm, 杭長10mの2層ラーメン構造, 被害有りの730は橋脚高さ5.6m, 寸法90×90cm, 杭長7.70mの1層ラーメン構造である。

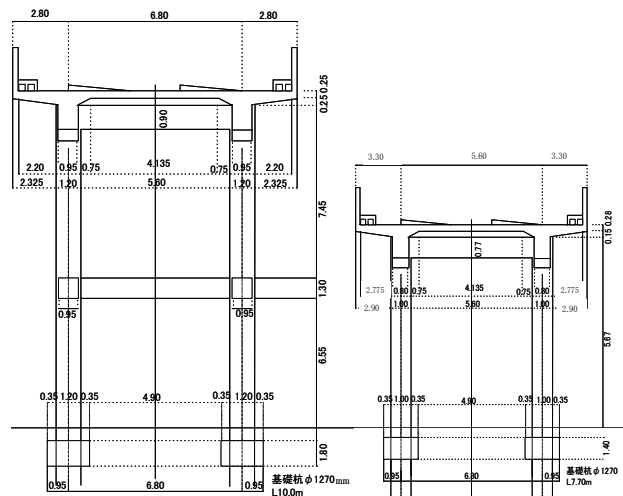


図-2 参考にした断面図のモデル

(ii)地盤条件・荷重条件

N値が50以上の地盤を基盤とし, それから上の地盤をモデル化した。高架橋にかかる荷重は, 自重などの固定死荷重, 付加的な設備の自重, 地震による水平荷重, 雪荷重, 列車荷重, 杭にかかる有効抵抗土圧を考慮した。

3.静的解析による非線形特性の算定

静的非線形解析 SNAP によって, 高架橋の各部材の曲げモーメントと曲率の関係(非線形特性)を示す。ここでは, 現地調査によって橋脚の上端でひび割れ被害の確認がされているため, それぞれの橋脚上端の非線形特性を比較する。比較したものを図-3に示す。被害のなかった726は, 第2折点, つまり弾性域が広い範囲を取っていることがわかる。寸法が一番大きいということと, 橋脚の高さが高いため, その分強い設計にしているのではないと思われる。

キーワード 脱線, 限界変位, 中越地震, 新潟

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 濱田研究室

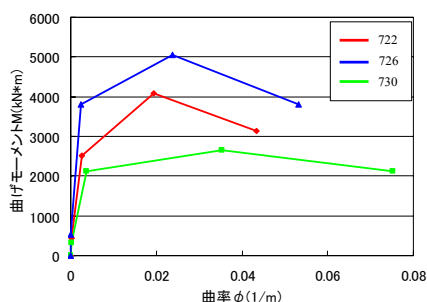


図-3 橋脚上端の非線形特性

4.入力地震波

脱線現場に最も近い基盤強震観測網 KIK-NET 長岡 (NIGH01)の強震データを用い、高架橋に入力する地震波を作成する。用いた KIK-NET 長岡の強震データを図-4 に示す。

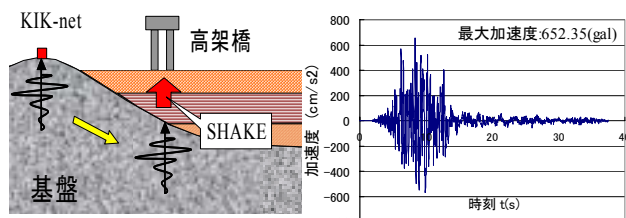


図-4 概要図と KIK-NET 長岡の強震データ

設定した地盤条件をもとに、地盤の応答を1次元応答解析(SHAKE)で求め、基盤層上端に強震データを入力した。1次元解析の概念図を図-4 に示す。

作成したそれぞれの地震波の最大加速度は、脱線付近の722 が594(gal), 726 が609(gal), 730 が679(gal)である。それぞれの高架橋への入力波形を図-5 に示す。

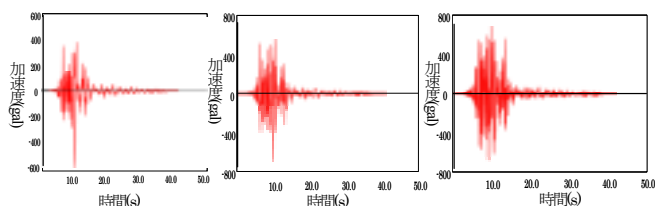


図-5 各高架橋の入力加速度

5.脱線の危険性の評価

作成した地震波を杭頭に入力し、動的解析を行う。このとき、非線形部材には、減衰比2%, 剛体部には1%を与えた。動的解析により、最大曲げモーメントが橋脚上端にどのくらい作用しているかを図-6 に示す。橋脚にかかる最大曲げモーメントが弾性領域内におさまるかどうかでひび割れ被害の有無を判断する。722, 730 は、最大曲げモーメントが弾性域を越え、被害があると言え、726 は弾性域内におさまるため被害がないと言える。現地調査の結果と一致することから解析の妥当性が得られた。

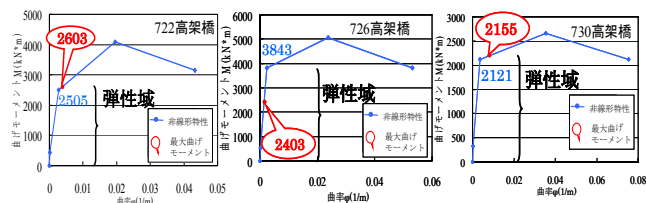


図-6 ひび割れ被害の検証

6.既往の研究との比較

動的解析によって得られた、変位と加速度の時刻歴図を図-7 に示す。また、各高架橋の卓越振動数を求めた結果を図-8 に示す。

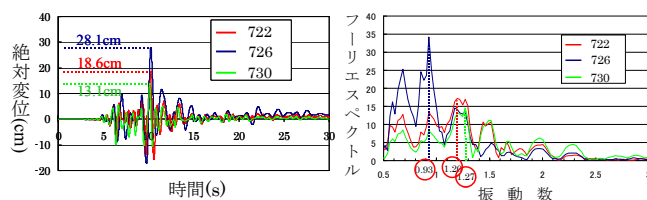


図-7 絶対変位の時刻歴図 図-8 各高架橋の卓越振動数

卓越振動数時に最大変位をとると推定した。図-7, 図-8 より、脱線付近の722 は振動数が1.20Hz のとき、最大変位28.1cm, 被害なしの726 は0.93Hz のとき18.6cm, 被害有りの730 は1.27Hz のとき13.1cm という結果になった。脱線に対する限界変位と振動数の関係が定められている既往の研究と比較する。比較した図を図-9 に示す。

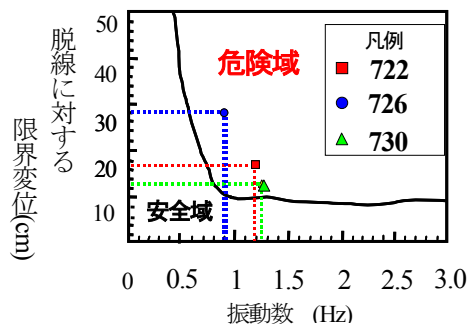


図-9 既往の研究との比較

7.まとめと課題

今回の解析では、ひび割れ被害によって脱線付近の高架橋は限界変位に達し、脱線の危険性があることが示されたが、ひび割れ被害のなかった高架橋に関しても限界変位に達してしまい、なんともいえない結果になった。今後の課題として、地盤の非線形性を考慮すること、実際の断面図を用いること、3次元の波を視野に入れて解析を行うことが挙げられる。

8.参考文献

宮本岳史ら:日本機械学会論文集(C編)64巻626号 地震時の鉄道車両の挙動解析 pp236-243 1998.10