

桁式高架橋を含む鉄道線区への部材角測定装置の適用性の検討

鉄道総研○正 河村 佳英 鉄道総研 正 本田 翔平
鉄道総研 正 曾我部正道 鉄道総研 正 徳永 宗正

1. 目的 鉄道構造物の震災後被害調査は、随時検査として目視・徒歩巡回により行われる。この際、検査員が確実に構造物の安全を確認するとともに、可能な限り早期に復旧を行うことが重要となる。一方で、1995年兵庫県南部地震以降、新幹線高架橋においては緊急耐震補強が進められているが、ラーメン高架橋柱には鋼板巻き補強が施されたため、目視による震災後の損傷確認が困難となってきた。このような背景から筆者等は、ピークセンサをベースとした高架橋の部材角測定システムを開発してきた¹⁾。同システムはあくまでラーメン高架橋を対称としたものであるが²⁾、本研究では、更にラーメン高架橋をモニタリング点と見なし、桁式高架橋を含む鉄道線区への適用の可否について数値解析により概略検討することとした。

2. 測定システムの概要 図1にピークセンサを用いた部材角測定システムの概要を示す。変位ピークセンサは機械式センサで、時刻歴応答を記録することはできないが、最大変位を記録することができる。図に示す測定棒を介して変位を記録することにより、高架橋柱上端の最大応答部材角を測定することができる。柱の塑性ヒンジ部における部材角と損傷レベルの関係は関連づけられるため、部材角を高精度かつ効率的にモニタできれば、鉄道ネットワークの的確な安全性評価とダウンタイムの短縮に寄与することができる。また、部材角測定システム自体は、電源不要であるため安価にモニタリングシステムを構築できるという特徴を有している。

図2に損傷被害推定法のフローを示す。本手法では、各高架橋に対して予め静的非線形解析を実施して、高架橋天端変位、震度と各部材角の関係をまとめた損傷算定テーブルを作成し、個々の等価固有周期をストックしておく。地震発生後、部材角測定システムに記録された部材角と損傷算定テーブルから部材角測定システムを配置した複数の構造物の応答変位を求め、Newmarkのエネルギー一定則に基づき弾性応答加速度スペクトルを求める。作成した弾性応答加速度スペクトルから、測定システムを配置していない各構造物の弾性応答加速度を求め、Newmarkのエネルギー一定則に基づき各構造物の応答変位を算出し、損傷算定テーブルを用いて部材角測定システムを設置しない柱の損傷レベルを推定する。

3. 検討方法 図3に解析に用いた地震動の例を示す。地震動は図に示した設計波3波³⁾の他、実地震3波⁴⁾⁵⁾を用いた。図4にA、Bの二つの対象線区の構造形式、等価固有周期、降伏震度を示す。既往の研究²⁾ではラーメン高架橋中心の線区について検討してきたが、本研究の対象線区では多くの橋脚構造が含まれている点異なる。ただし、本測定システムは現状ではラーメン高架橋にしか設置できないという制約条件がある。

検討は、1自由度系の数値解析によった。具体的には対象線区の構造物を設計振動単位ごとに独立した clough型完全弾塑性の1自由度モデルとし、地震動を入力して構造物を損傷させ、これを構造物の実被害と見なした。次に測定システム設置位置から疑似的な測定データを取得し、線区全体の損傷を推定して、実被害と比較した。測定システムの設置箇所は1基と2基を想定した。1基の場合は、測定システムから得られる弾性応答加速度の等価固有周期に係る関数は直線となる。2基の場合には、関数を線形補間により求める。

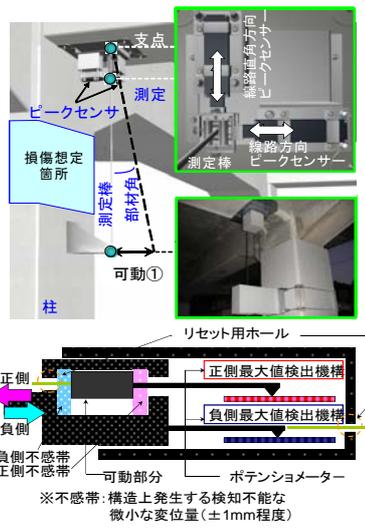


図1 部材角測定システムの概要

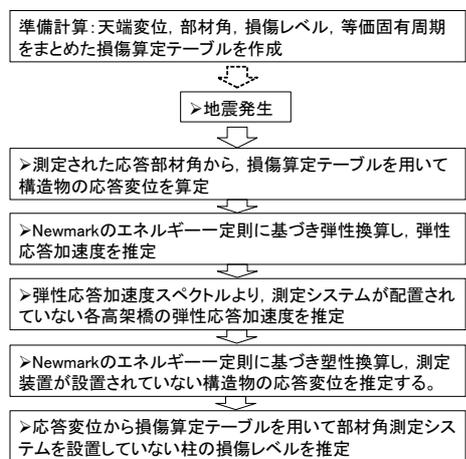


図2 損傷被害推定法のフロー

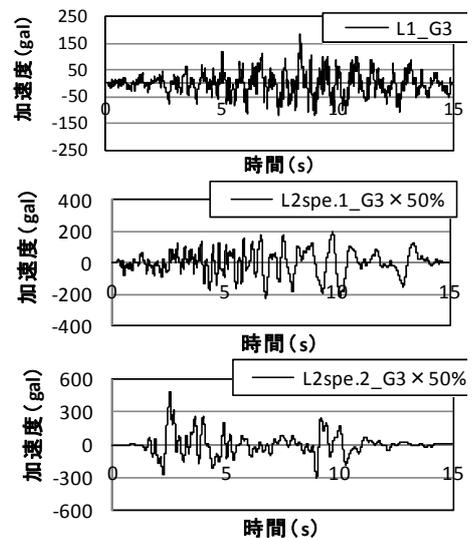


図3 解析に使用した地震動の例

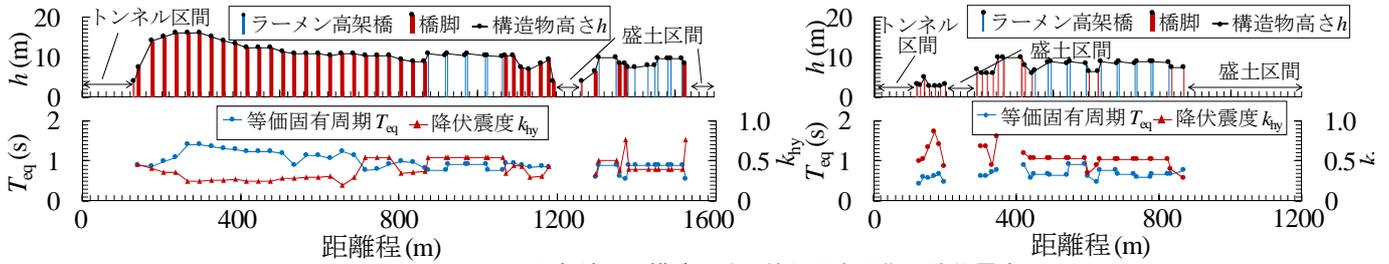


図4 対象線区の構造形式, 等価固有周期, 降伏震度

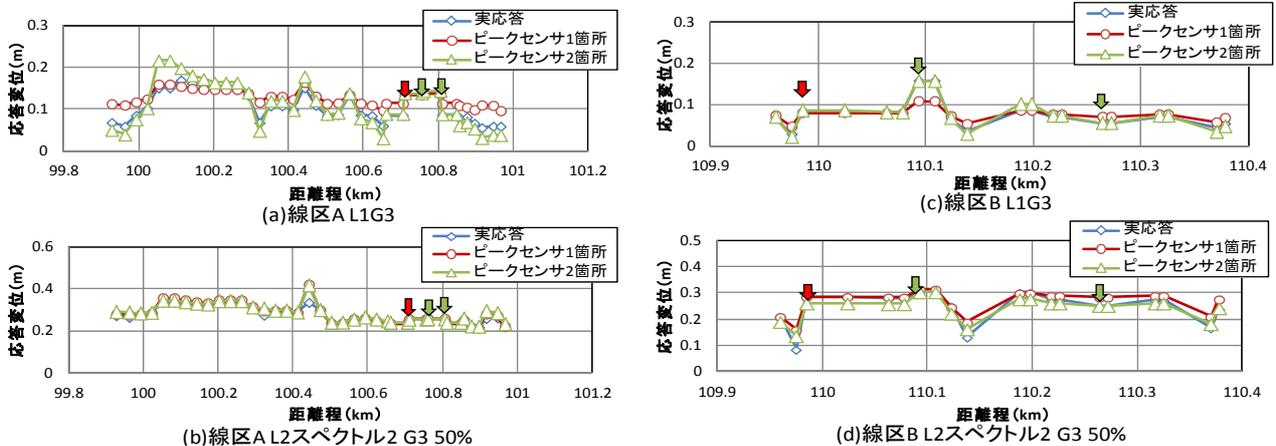


図5 地震時の応答変位と測定システムによる推定値の比較

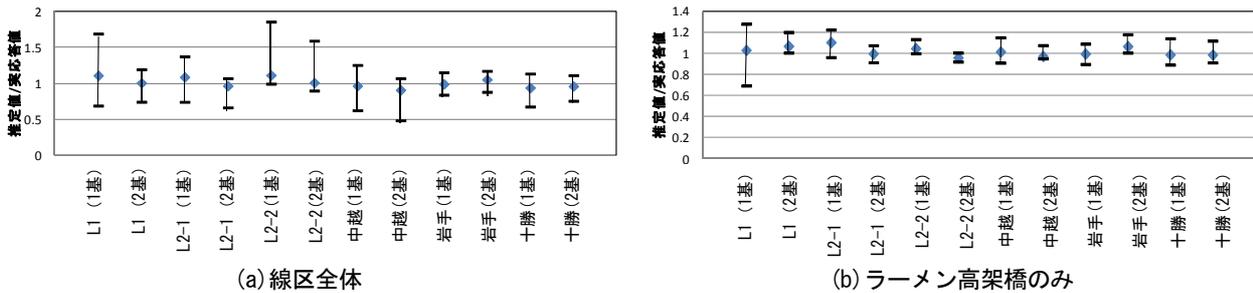


図6 各種地震波と測定誤差の関係

3. 検討結果

図5に地震時応答変位と測定システムによる推定値の比較を示す。図中の赤の矢印はピークセンサ1基, 緑の矢印は2基の場合の最適な設置箇所を示している。本手法では, 測定システム1基を設置する場合は可能な限り平均的な等価固有周期の箇所に, 2基の場合は等価固有周期の上限と下限に設置することが原則となるが, 当該, 線区はラーメン高架橋の数が限られているため, 図のような配置が最適と判断された。なお本来, 評価は部材角に換算して行うところであるが, 本研究では概略検討であることから, 構造物の応答変位で簡易に評価した。図からピークセンサによる推定値は, 実応答の傾向をトレースしていること, 設置箇所を2基とした方が, 精度が確保されやすいこと, 大きな誤差が生じる箇所があること等が分かる。

図6に各種地震波と測定誤差の関係を示す。傾向としては, 設置箇所を2基とすることで精度を向上させられることが分かる。線区全体の評価ではL2スペクトル2において誤差が大きい, その他の地震動に対しては, 設置箇所を2基とすることで一定の精度が確保されると推定される。このことから本システムは, 橋脚を多数含む線区においても一定の精度で運用可能であろうと推定する。また, 予備検討により誤差が大きくなる箇所を事前に把握しておくこと手法も考えられる。図からラーメン高架橋のみでの評価では, より精度が高いこと, 2基設置することで概ね線区の損傷レベルの評価が可能であることが分かる。

4. まとめ

限られた検討の範囲ではあるが, 部材角測定システムは, 橋脚を多数含む線区においても一定の精度で運用可能であると考えられる。本研究の成果を踏まえてより合理的なモニタリングシステムの構築を進めていきたいと考えている。

参考文献 1) 鈴木, 仁平, 曾我部, 宮本, : 鉄道RCラーメン高架橋の損傷レベル検知システムの開発, コンクリート年次論文報告集, Vol.29, No.2, pp.721-726, 2007 2) 松本光矢, 曾我部正道, 谷村幸裕, 仁平達也: 応答部材角測定システムによる高架橋損の損傷レベル推定手法, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.847-852.2009 3) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 丸善, 1999 4) 独立行政法人防災科学技術研究所: K-NET全国強震観測網, http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshin_index.html 5) 気象庁: 気象統計情報/強震観測結果, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/030926_tokachioki/index.htm