

インベントリデータベースを用いた構造物のリスク評価手法の提案

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○日野 篤志
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 和田 一範

1. はじめに

構造物の地震時挙動は、振動特性（等価固有周期 T_{eq} ，降伏震度 K_{heq} ）を把握することで1自由度モデルによる評価が可能となるため¹⁾，構造物の振動特性を評価することは，地震に対するリスク評価を行ううえでの重要な行為である．従来，振動特性を評価するためには，構造物を詳細にモデル化し，プッシュ・オーバー解析によって求めることが一般的である．しかし鉄道構造物の場合には，数十から数百 km の区間に渡って構造物が連続しており，プッシュ・オーバー解析により路線全体の振動特性を把握するためには，膨大な時間と費用が必要となる．そこで，あらかじめインベントリDB を用意し，必要に応じてそこから類似構造物を抽出する方法を考案した．また，このインベントリDB をこれまでに筆者らが開発してきた鉄道地震災害シミュレータ²⁾と組み合わせることで，路線全体の構造物のモデル化が容易に行え，地震動に対するリスク評価がより容易に行うことが可能となる（図1）．そこで，本稿ではインベントリDB の概要について説明するとともにその精度について検証を行った．

2. インベントリDB の概要

インベントリDB とは，振動特性の値を構造物のパラメータに紐つけて格納したものである．構造物に紐付ける振動特性の値は，実測により直接的に値を調査する方法や設計計算書などから構造物の諸元とともに値を抽出する方法，構造物をモデル化しプッシュ・オーバー解析によって求める方法などがある．現状においては，構造物の諸元を網羅的に変化させたおよそ 300 万ケースのプッシュ・オーバー解析を実施することで振動特性の値を構造物のパラメータに紐付けている．300 万ケースのプッシュ・オーバー解析は，多数の構造物のモデル化および応答解析が容易に実施することが可能な鉄道地震災害シミュレータを用いており，鉄道地震災害シミュレータによる一連の解析精度は構造物のモデル化方法に若干の相違はあるものの，耐震設計に用いられる解析モデルおよび応答値の算定結果と比較しても劣らない精度を有していることを確認している²⁾．

インベントリDB を用いた振動特性評価は，評価対象となる構造物を表現するうえで重要となる8つのパラメータをもとにインベントリDB から類似した振動特性の値を抽出することで評価を行う．抽出結果は，評価対象構造物のパラメータの値とインベントリDB の索引としてのパラメータの値が完全に一致するとは限らないため，類似する複数の結果を抽出することとなる．そのような場合においては，個々の抽出結果を類似のシナリオととらえることとして，対象構造物に対して抽出された結果から最も発生する確率の高いシナリオということで抽出結果の頻度分布を基に最頻値を用いて構造物の振動特性を代表させる．

このような手法を用いることで，構造物のモデル化作業を省力化することができるだけでなく，モデル化に必要な情報が欠損した場合においても，抽出結果のばらつきは多くなるものの，図1に示すような鉄道路線全線の評価を容易に行うことが可能となる．

3. 構造物をモデル化するためのパラメータ

インベントリDB から構造物の振動特性を抽出するにあたっては比較的情報が得られや

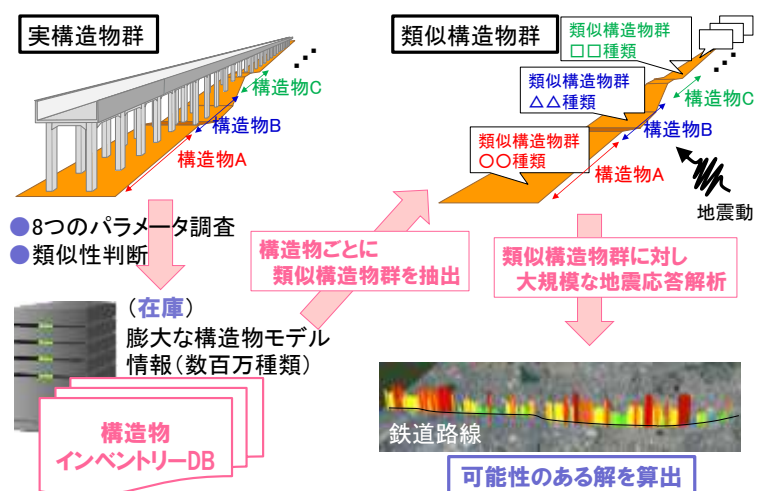


図1 インベントリDBを用いた全線評価の概要

キーワード インベントリDB，鉄道地震災害シミュレータ，全線評価

連絡先 〒186-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター

すく振動特性を評価する際に重要度の高い、①設計年代、②構造種別、③軌道形式、④基礎形式、⑤構造高さ、⑥柱等の断面幅、⑦鉄筋比、⑧地盤種別の 8 つの項目を用いて表現することとした。これは振動特性把握のために実際に構造物をモデル化する場合の順序(図 2)と各段階において必要となる情報(表 1)を勘案してパラメータとなる項目を選定した。

ここで、各パラメータからモデルを作成する場合の考え方についてであるが、構造種別、軌道形式、基礎形式、構造高さ、柱等の断面幅、鉄筋比、地盤種別の 7 つの項目については、具体的な形や値が与えられるため直接モデル化に用いることとなる。設計年代については、主に断面等の材料諸元と荷重条件に関連し、その関係性については、設計法や材料の変遷を考慮することで値を設定することが可能となる。

4. インベントリーDB を用いた構造物の振動特性の評価

インベントリーDB を用いた振動評価の一例として、現行の耐震標準に準拠して設計された高さ 7m の杭基礎形式のラーメン高架橋の線路直角方向³⁾についてインベントリーDB から振動特性の値を抽出した結果と、設計計算書に記載されている諸元を元に詳細なプッシュ・オーバー解析を行った結果(これを正解値とする)と比較を行った(図 3)。

構造物の諸元をもとにインベントリーDB から、上部工先行降伏となる 22 ケースと基礎先行降伏となる 10 ケースの振動特性の値が抽出された。図中には、これらの結果と抽出されたデータ群の最頻値と平均値、さらには正解値もプロットした。また、L2 時震度スペクトルⅡに対する応答の目安として耐震標準⁴⁾で示される所要降伏震度スペクトルの抜粋をあわせて示す。上部工先行となる抽出結果では、縦軸の震度方向に沿ってばらつきが見られるが、抽出結果の振動特性の値を最頻値($T_{eq} : 0.7$, $K_{heq} : 0.6$)で代表させると、その値は正解値($T_{eq} : 0.79$, $K_{heq} : 0.62$)と概ね一致しており、応答塑性率でみても 0.5 程度の差であり、本結果については設計計算書の値を正解値とすると抽出結果を最頻値で評価することで振動特性の値を精度よく表現できていることがわかる。また、インベントリーDB から抽出した結果では、基礎先行降伏となる結果も抽出されており、対象構造物はパラメータが若干変化することで基礎先行降伏となるシナリオを持つこともわかった。

5. まとめ

構造物の振動特性の評価方法としてインベントリーDB から構造物の諸元が類似する結果を抽出する手法を提案した。本手法を用いることで、比較的得やすい情報から構造物の振動特性の値の評価が可能となるとともに、類似した結果を複数抽出することでさまざまなシナリオに対応した形で、鉄道路線全線でのリスク評価が容易に行なえるようになる。

参考文献 1) 室野, 佐藤: 構造物の損傷過程を考慮した非線形応答スペクトル法の適用, 土木学会地震工学論文集, 2007. 1) 本山, 坂井, 井澤, 室野: 鉄道地震災害シミュレータの開発, 鉄道総研報告 Vol30 No.5, 2016. 2) 和田, 日野, 室野ほか: 非線形応答特性の感度分析に基づく多数の RC 高架橋群の効率的なモデル化方法, 土木学会論文集(特集号) 2016 (印刷中) 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 RC ラーメン高架橋 4) (公財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 2012.

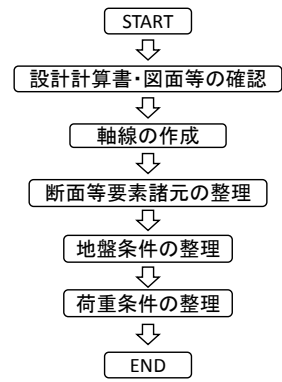
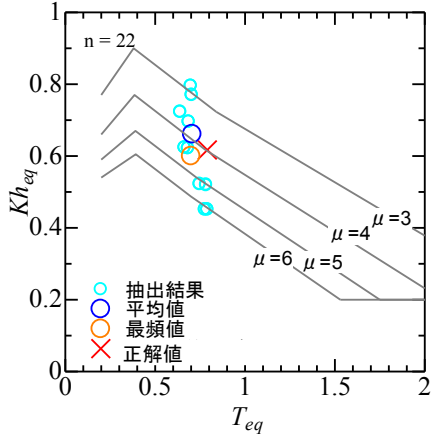


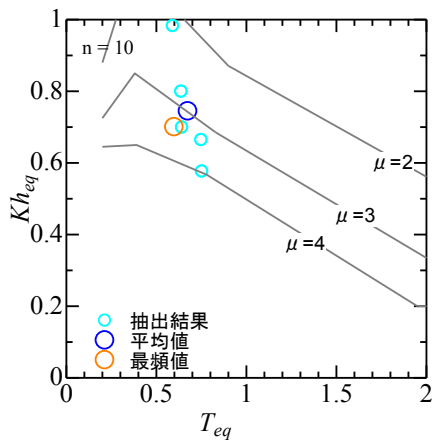
図 2 解析モデルの構築手順の例

表 1 モデル化項目とパラメータとの関係

モデル化上の項目	主な対応パラメータ
軸線の作成	構造種別、基礎形式、構造高さ、断面幅
断面等要素諸元の整理	設計年代、構造種別、基礎形式、断面幅、鉄筋比
地盤条件の整理	基礎形式、地盤条件
荷重条件の整理	設計年代、軌道形式、基礎形式、構造高さ、断面幅



(a) 上部工先行降伏の場合



(b) 基礎先行降伏の場合

図 3 インベントリーDB から抽出結果