

情報の多寡に応じた効率的な橋りょう・高架橋のモデル推定手法

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○小野寺 周 正会員 和田 一範 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

路線全線の耐震補強対策や復旧対策の決定に資する被災シナリオを事前に評価するために、著者らの一部は、全線の被害推定が可能な「鉄道地震災害シミュレータ¹⁾」を開発してきた。一方、全線評価にあたっては、①構造物数が膨大で評価に不可欠なモデル化に時間とコストが嵩む場合や、②モデル化に必要な情報が入手できない場合もある。そこで、膨大な構造物情報を格納したインベントリーデータベース（以下、IDB）を用いた効率的な橋りょう・高架橋のモデル推定手法²⁾（以下、インベントリー法）を開発している。

IDB とは、構造物の諸元と 1 自由度系モデルの等価固有周期 T_{eq} 、降伏震度 k_{heq} が紐づけられた“台帳”である。インベントリー法では、300 万ケースの構造物情報が格納された IDB から対象構造物の諸元に類似した構造物を抽出し、その T_{eq} 、 k_{heq} を用いることでモデルを推定できる。一方、IDB からの類似構造物群の抽出や抽出結果を用いたモデル推定、抽出に必要な情報が揃わなかった場合の対応等について、それらの方法は確立されていない。そこで、入手できる情報の多寡に応じた類似構造物の抽出方法およびモデル推定手法について検討した。

2. インベントリー法によるモデル推定手法

2. 1 類似構造物群の抽出

本検討では、抽出時のパラメータとして、IDB に格納された構造諸元の中から図 1 に示す諸元を用いた。これらは、構造物の応答を 1 自由度系モデルで表現した際の等価固有周期 T_{eq} 、降伏震度 k_{heq} への影響が大きく、また、いずれも一般図等から容易に取得することが可能と考えられる。

そこで、1 柱 1 杭形式の 1 層ラーメン高架橋を対象構造物として、図 1 のパラメータを用いて IDB から類似構造物を抽出した。基本的には、対象構造物と IDB の各パラメータの値を比較し、一致した構造物を IDB から抽出する。しかしながら、IDB のパラメータの値は離散的であり、すべてのパラメータが一致する構造物が IDB 上に必ずしもあるとは限らない。そこで、図 2 に示すように、値が一致しない場合は対象構造物の値を挟み込む 2 ケースを選択し、選択した各パラメータが組み合わされたものを類似構造物群として抽出した。

抽出結果として、対象構造物と類似構造物群のパラメータを表 1 に示す。本検討では構造形式、基礎形状および地盤条件は対象構造物と IDB で一致しているため、残り 5 つのパラメータの組み合わせで $2^5=32$ ケースの類似構造物が抽出されている。また、類似構造物群の T_{eq} 、 k_{heq} を図 3 に示す。表 1 で選択した各パラメータ 2 ケースのばらつきが小さいため、類似構造物群は IDB の全構造物に対して一定の範囲にまとまって分布していることが分かる。

2. 2 等価固有周期 T_{eq} 、降伏震度 k_{heq} の推定

続いて、抽出された類似構造物群を用いて対象構造物に最も近い T_{eq} 、 k_{heq} を推定した。推定手順を図 4 に示す。まず、表 1 に示したパラメータの組み合わせとなる類似構造物群から、1 つのパラメータのみが異なるペ

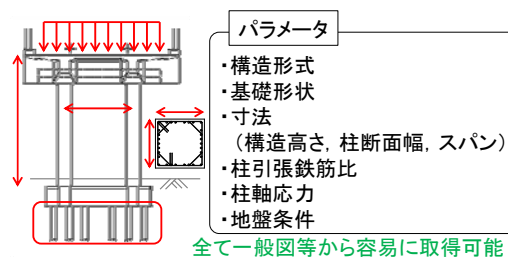


図 1 インベントリー法のパラメータ

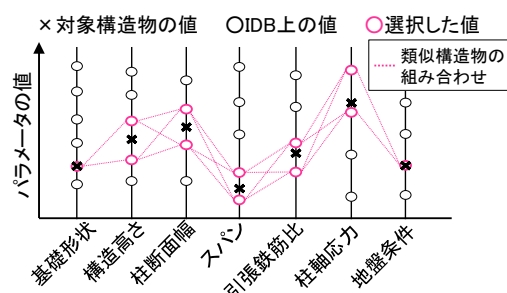


図 2 類似構造物の抽出方法

表 1 対象構造物と IDB のパラメータ

パラメータ	対象構造物	IDB
構造形式	1層ラーメン高架橋／杭基礎	
基礎形状	1柱1杭、 $\phi=1200$	
構造高さ(m)	7.0	6.5, 7.5
柱断面幅(mm)	□850	□800, □900
C方向スパン(m)	5.0	4.5, 5.5
引張鉄筋比(%)	0.66	0.5, 0.7
柱軸応力(N/mm ²)	1.70	1.50, 1.75
地盤条件	同一	

キーワード インベントリーデータベース、橋りょう・高架橋、鉄道地震災害シミュレータ

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

アを選択した。図 4(a)には、例として柱断面幅のみが異なるペアを示している。点線で結ばれた構造物は柱断面幅が 800mm（橙色）もしくは 900mm（白色）であり、その他の諸元は同じ組み合わせとなっている。次に、ペアごとにパラメータの値から図 4(b)に示す線形補間によって T_{eq} , k_{heq} を個別に補正した。補正した値を用いて、さらに上記手順を各パラメータを用いて繰り返すことで、1 組の T_{eq} , k_{heq} を推定した。その結果、図 5 に示すように、詳細な構造諸元からモデル化してプッシュ・オーバー解析によって算定した値と比較すると、 T_{eq} は 4%, k_{heq} は 7% の相対誤差で推定することができた。

以上より、図 1 に示すパラメータを整理するだけで、新たに構造物の詳細なモデル化を行うことなく、1 自由度系モデルを構築することが可能となる。この手法によって、路線全線の被害推定を行う際のモデル化作業のコスト・時間短縮につながると考えられる。

3. 情報が揃っていない場合のモデル推定手法

2 章では図 1 に示すパラメータがすべて入手できることを前提としていたが、例えば配筋図の紛失や読み取り困難等により引張鉄筋比が分からない等、すべてのパラメータが入手できない場合もある。そこで、パラメータがすべて揃わない場合のモデル推定手法についても検討した。

モデル推定の流れは 2 章と同様である。ただし、値が不明なパラメータに対しては、抽出時に IDB 上のすべての値を選択した。また、 T_{eq} , k_{heq} の推定時は値が不明なパラメータ以外で線形補間を行った。本検討では、表 1 に示した対象構造物のパラメータのうち、引張鉄筋比が不明な場合を想定して、上記方法による推定を行った。

T_{eq} , k_{heq} の推定結果を図 6 に示す。対象構造物に対して 80 ケースの類似構造物が抽出され、最終的に 5 ケースの T_{eq} , k_{heq} の組が推定できた。なお、2 章の結果より、各推定結果はある鉄筋比を仮定した際の詳細モデルと同等の精度があると言える。また、推定結果の群は幅（ $\Delta T_{eq}=0.15s$, $\Delta k_{heq}=0.35$ ）を持ち、その幅の中に詳細モデルの結果が含まれていることが分かる。このように、不明なパラメータがある場合でも、精度を維持したまま、対象構造物に対して可能性のある解を見逃さずに評価することが可能である。

4. まとめ

開発したインベントリー法について、類似構造物群の抽出方法および T_{eq} , k_{heq} の推定方法を検討した。その結果、本検討で示したパラメータを用いることで、詳細なモデルと同程度の T_{eq} , k_{heq} を推定できた。また、パラメータが揃わない場合にも可能性のある解を複数推定することが可能である。今後はより広範な構造に対して本手法の適用性を検証し、活用方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 本山紘希, 坂井公俊, 井澤淳, 室野剛隆: 鉄道地震災害シミュレータの開発, 鉄道総研報告, Vol. 30, No. 5, pp. 5-10, 2016
- 2) 日野篤志, 室野剛隆, 和田一範: インベントリーデータベースを用いた構造物のリスク評価手法の提案: 第 72 回土木学会年次学術講演会講演概要集, I-080, 2017

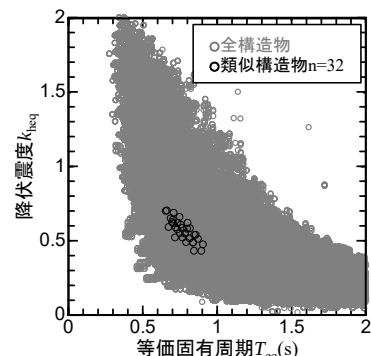
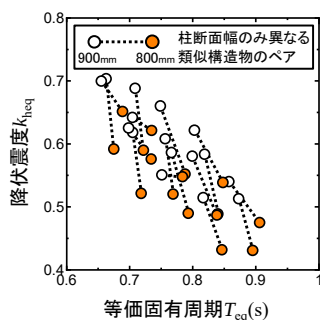
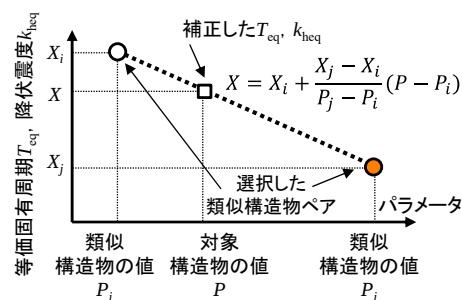


図 3 類似構造物の T_{eq} , k_{heq}



(a) ペアの選択



(b) パラメータによる線形補間

図 4 T_{eq} , k_{heq} の補正方法

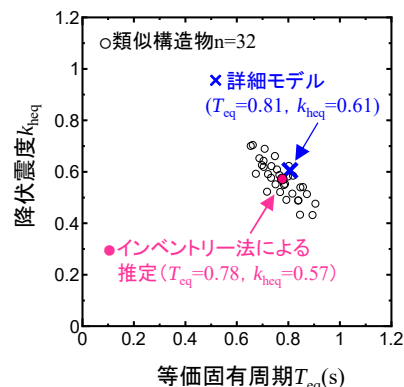


図 5 T_{eq} , k_{heq} の推定結果

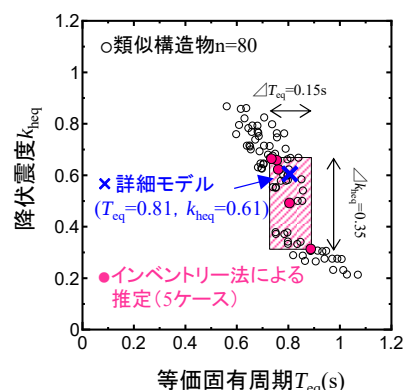


図 6 T_{eq} , k_{heq} の推定結果
(引張鉄筋比が不明な場合)