

構造物のリスク評価に用いるインベントリデータベースの構築

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 日野 篤志 和田 一範 室野 剛隆
伊藤忠テクノソリューションズ (株) 正会員○松本 拓 松浦 敦 馬淵 倉一

1. はじめに

筆者らの一部は、構造物の振動特性（等価固有周期 T_{eq} と降伏震度 K_{heq} ）を精度よく限られた情報から表現する方法としてインベントリDB を用いる方法を「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 ①」について提案を行なっている．本手法では、事前にインベントリとして構造物の振動特性を構造物の諸元に紐付ける必要がある．そこで、本稿では、インベントリDB 構築のために行った構造物の諸元を変更させた網羅的プッシュ・オーバー解析について述べる．網羅的プッシュ・オーバー解析では、鉄道路線全体のシミュレーションを目的に開発されたため鉄道地震災害シミュレータ ②を用いることで数百万ケースのモデル化およびプッシュ・オーバー解析が可能となり、その精度は一般的な耐震設計のレベルと比較して劣らないことを確認している ③．

2. 網羅的プッシュ・オーバー解析による振動特性の算出

網羅的プッシュ・オーバー解析によるインベントリDB の構築は、当面は振動モードが比較的単純な RC 製の鉄道橋梁・高架橋を対象に作成しており、駅部などの振動モードが複雑になることが多い構造物やレンガ積みや無筋コンクリート製の旧式構造物は対象外としている．本稿では、ラーメン高架橋の線路直角方向のインベントリDB について示す．

構造物の諸元をパラメータとしたプッシュ・オーバー解析による振動特性の値の算出では、ラーメン高架橋を3次元の梁ばねモデルとしてモデル化を行い、線路直角方向へのプッシュ・オーバー解析により振動特性の算出を行った．なお、プッシュ・オーバー解析において対象としているラーメン高架橋は、1層3径間のラーメン高架橋を基本形式として、柱高さや断面幅などをパラメータとして諸元の変更を行なっている．解析モデルに用いたパラメータの値は、一般的な鉄道構造物の値を想定して表1に示す範囲内で設定し、ケース数としては、上部工のパラメータは柱高さ8ケース、柱の断面幅5ケース、上部工重量を想定しての柱断面における鉛直応力5ケース、鉄筋比として引張り鉄筋比4ケース、帯鉄筋比5ケース、単線と複線の構造物を使い分けるために線路直角方向の柱間隔を2ケース設定しており、のべ8000ケースとした．基礎形式として直接基礎と杭基礎の2ケースを設定しており、直接基礎の場合にはフーチングの大きさと支持地盤の条件をパラメータに7ケース、杭基礎の場合には、杭径と地盤条件をパラメータに80ケース設定している．したがって、直接基礎形式のラーメン高架橋を表現するために上部工のパラメータと基礎のパラメータの組み合わせにより56,000ケース、杭基礎形式のラーメン高架橋の場合には640,000ケースのプッシュ・オーバー解析を実施している．解析に用いたモデルの一例として、高さ5mの直接基礎形式のラーメン高架橋と杭基礎式ラーメン高架橋を図1に示す．

表1 主なパラメータの概要

パラメータ	範囲
柱高さ(m)	5 ～ 15
断面幅(m)	0.7 ～ 1.1
引張鉄筋比	0.002 ～ 0.015
帯鉄筋比	0.0005 ～ 0.0125
断面応力(N/mm ²)	0.5 ～ 3.0
地盤種別※	G3 ～ G5

※ 杭基礎形式の場合（耐震標準 ④ に基づく分類）

3. インベントリデータベースに用いる振動特性の算出結果

2章で示した解析条件をもとに網羅的プッシュ・オーバー解析による振動特性の算出結果として、直接基礎形式の結果を図2、杭基礎形式の結果を図3に示す．プッシュ・オーバー解析結果には、損傷過程の違いを把握するために、柱などの部材が先行

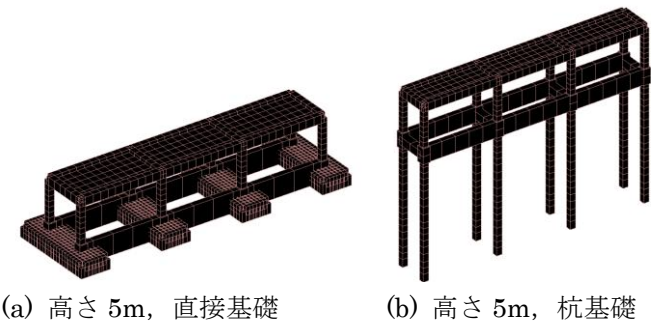


図1 解析モデルの例

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, 静的非線形解析
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

して降伏する上部工先行降伏となる場合と、直接基礎や杭基礎の支持力や部材が先行して降伏として扱う上限値を超過する基礎先行降伏に分類して整理している。なお、プッシュ・オーバー解析では、構造諸元のパラメータの組み合わせを網羅的に変化させているため、中には鉄道構造物として成立しない組み合わせも存在しているが、ここではその結果も併せて図に示している。

直接基礎形式の結果では、上部工先行降伏となる結果の数が基礎先行降伏となる結果と比べて3倍程度と多くなっている。杭基礎形式の結果では、上部工先行降伏となる結果と基礎先行降伏となる結果は概ね同数であった。また、いずれの結果においても等価固有周期 T_{eq} と降伏震度 K_{heq} の関係から、 T_{eq} が大きくなると K_{heq} は小さくなる傾向を示している。なお、直接基礎形式の基礎先行降伏の結果では、他の結果と比較して振動特性のプロットのばらつきが大きい。これは直接基礎の降伏判定に用いる指標である極限支持力の値に対して、解析に用いた高さや断面応力などのパラメータの感度が敏感であったことが考えられる。

これらの振動特性の値について入力に用いたパラメータごとに振動特性との相関について整理を行った。その結果、柱高さと振動特性との相関が最も良く、図4に直接基礎の上部工先行降伏となる振動特性の値について柱高さごとの平均値と抽出結果全体を2次関数でフィッティングした結果も示すが、柱高さが

高くなるにつれて K_{heq} は小さくなり、 T_{eq} は大きくなった。また、柱高さが低い場合には T_{eq} のばらつきは小さい。したがって柱高さは設定したパラメータ間の値を線形補間などすることで効率的に表現することが可能と言える。

4. まとめ

構造物の諸元をパラメータとした網羅的プッシュ・オーバー解析によって、構造諸元に応じた膨大な数の振動特性の値が得られた。その結果を、文献1)で示した8つの項目に沿って紐付けることでラーメン高架橋のインベントリーデータベースとして利用することが可能となる。また、今後は振動特性に対して相関の高い柱高さ以外のパラメータを中心に同様の網羅的プッシュ・オーバー解析を実施しすることで効率的にデータベースの蓄積を行う。

参考文献 1)日野, 室野, 和田: 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, 土木学会 第72回年次学術講演会, 2017. (投稿中) 2) 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. 3) 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) 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.

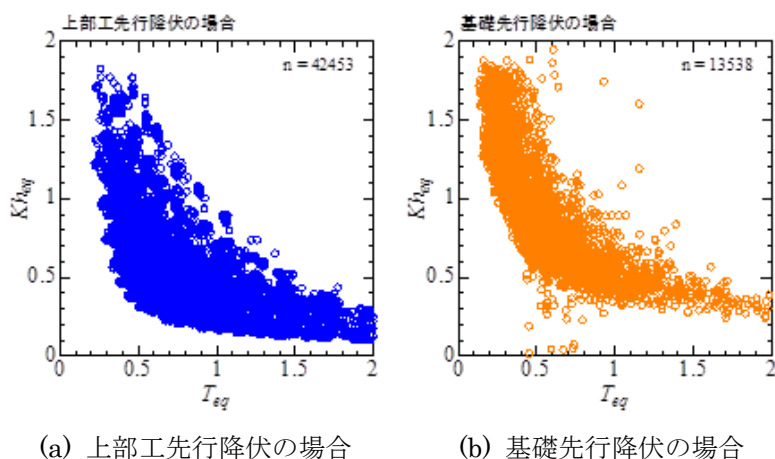


図2 直接基礎形式の振動特性の算出結果

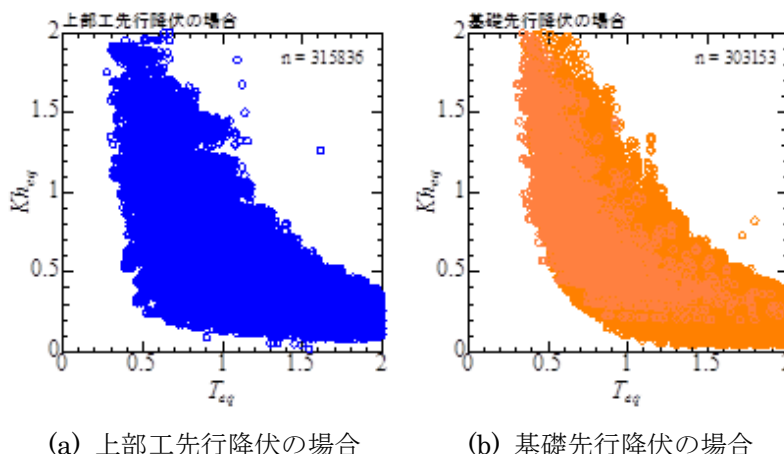


図3 杭基礎形式の振動特性の算出結果

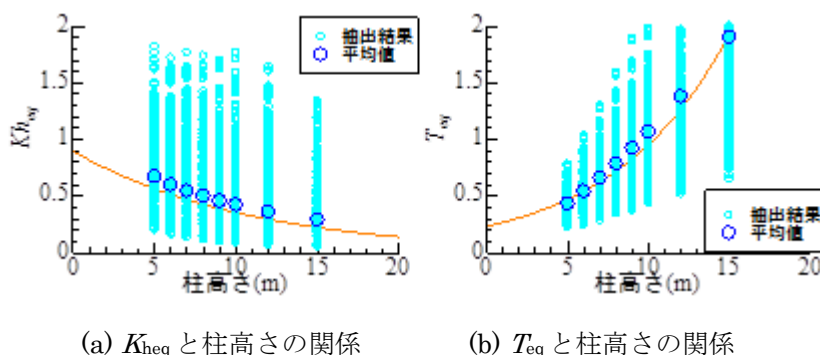


図4 柱高さと振動特性の関係(直接基礎の場合)