

限られた情報を利用した橋梁群の数値モデル構築に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○飯山かほり 高谷周平
理化学研究所 正会員 大谷英之
首都高速道路技術センター 正会員 矢部正明

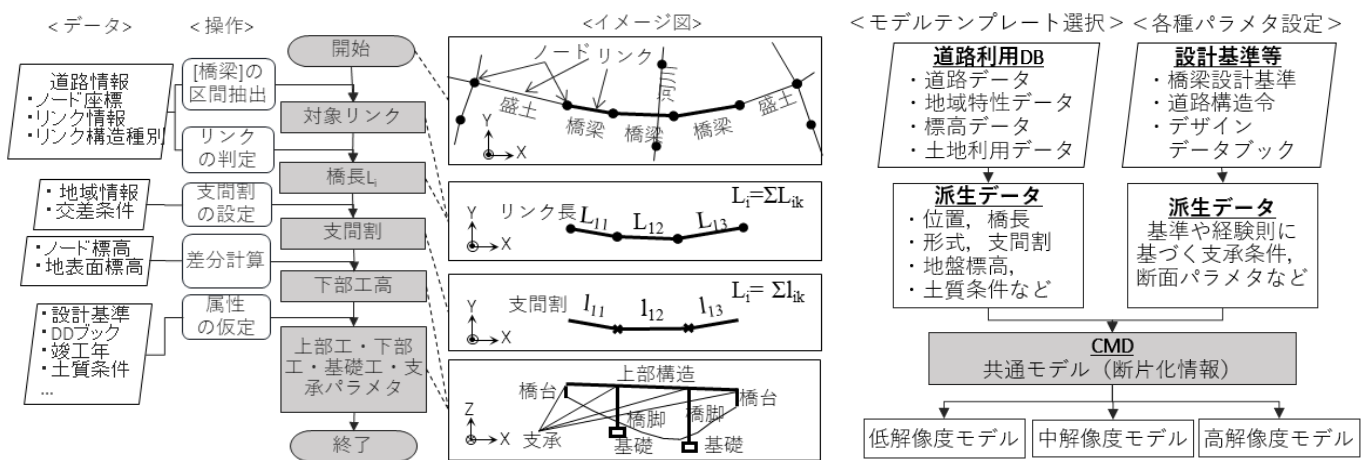
1. はじめに

都市の災害リスクをシミュレーションで推定するには、対象とするインフラ群の数値モデルを構築する必要がある。必要なインフラ情報が使いやすい形態で管理されていればモデル構築過程の大部分を自動化できる可能性があるが、個別インフラのデータ収集さえ容易でない実情もある。橋梁を例にとると、竣工図等が電子納品された比較的新しいものを除けばデジタルデータが整備されているものは少なく、さらに古いものでは設計図が存在しない場合もある。近年では国土交通データプラットフォーム等の整備も進んでおり、一部のメタ情報は入手できるようになっているが、耐震性や健全性の評価に必要な構造形式や部材等に関する情報の入手は現状では難しい。そこで、耐震性評価に必要な情報が直接的には得られない場合をターゲットとして、限定的・間接的な情報から桁橋の橋梁群としての数値モデルを合理的に構築する方法について検討した。

2. 利用したデータおよび基礎モデルを構築するアルゴリズムとその思想

橋梁は建設地点の道路線形や幅員構成、地形の状況などに応じてその橋種（構造形式）が決定され、設計基準に準じて各部材断面が定められることから、設計図などの直接的な情報が得られない場合には、道路条件、地形条件や各種設計基準に基づく知見などの間接的な情報に基づき構造を推定することは合理性がある。本研究では、デジタル道路マップ（日本デジタル道路地図協会）が保有する道路情報、設計基準類である道路構造令や土木構造物標準設計に基づく知見（例えば、道路条件と橋種の組合せなど）、設計資料であるデザインデータブック（日本橋梁建設協会）に基づく知見（例えば、橋種ごとの支間長－桁高の関係など）をデータベース化することで、橋梁線形や橋種、基礎形式、上部・下部構造の部材断面までを推定するアルゴリズムを構築した¹⁾。道路線形や標高等から形状までを決定するアルゴリズムの概略は図-1(a)のとおりである。

本アルゴリズムでは、文献2に示される共通モデリングデータ（以下、CMD）の考え方を参考に、基本的な橋梁情報を持つ共通モデルを介することとした（図-1(b)）。CMDは、①関連情報から適切なモデルテンプレートを選択し、②入力情報から選択したテンプレートのモデルパラメータを決定する機能を有する。実際の橋



(a) 形状推定までの概略アルゴリズム

(b) CMD の位置づけ

図-1 モデル構築アルゴリズムの概略と考え方¹⁾

キーワード デジタルツイン, 橋梁, 都市モデル, 耐震性評価, データ変換

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

梁の構造形式や断面形状は多岐に渡り汎用性に乏しいため、テンプレート化は有効である。本研究では、土木構造物標準設計をテンプレートとして利用した。標準設計は単純な橋種に限られるため、推定される橋種は限定的であるが、例えばプレートガーダー橋だけでも 2376 種存在するなど、その全てに対応するモジュールを開発するのは非現実的である。本研究では、設計条件と対応する断面をそれぞれ入力、出力とした組合せを複数作成してその関係を定式化することで、上部構造主桁に対しては橋梁支間長に相当する断面パラメータ（面内外剛性やねじり剛性、断面積など）を出力するモジュールを、下部構造の梁、柱、フーチングに対しては反力や地盤種別に応じて断面パラメータを出力するモジュールを作成した。支承については固定支持／可動支持／弾性支持を選択するようにし、固定／可動条件は低い橋脚（剛性が大きい橋脚）側を固定条件にするといった経験則を適用した。モデル構築の手順の詳細は文献 1 に記載のとおりである。

ここで推定されるモデルは、実橋梁と完全に一致するものではないため、更新を前提とした“基礎モデル”として位置づけられるものである。追加情報に応じて適切に更新できることが重要である。

3. 地震応答解析用都市モデルの構築と更新

大阪市の一部をターゲットに上記アルゴリズムから自動構築した橋梁モデルと形状例を図-2 に示す。間接情報データベースから、対象領域内約 500 橋のモデルが自動構築された。不足情報が将来得られた場合には、それを反映し、モデルを効率的に更新する必要がある。現状のシステムでは、例えば部材の高さを変更したい場合は、入力ファイルで部材番号を指定し、その部材高さを記載することで、図-2 右に示すようにモデルを更新する。橋種を変更したいとき、例えばプレートガーダー橋と推定していた橋が実際はプレテンションT桁橋であった場合は、同様に対象橋梁の ID を指定し、橋種名を記載して再計算を実施すれば、橋種を変えたモデルが即時更新される。これらの断面情報は CMD として一時保存され、CMD から数値解析に利用可能なモデルの入力ファイルが自動生成される。現状での更新機能は限定的ではあるが、こうした更新はどの段階でどの情報を取り入れるかといった橋梁設計手順に基づくことで合理的に実現される。

4. おわりに

現状では対応橋種に限られるため順次拡張する予定である。また、構築したモデルに対するバリデーション機能も併せて追加する必要がある。現状のシステムでは、対象エリア内における地震災害リスクの度合いを空間的に評価することを念頭においているが、リスクが高いと判断される領域については、詳細な地形・地盤情報等を踏まえたような事象が起こり得るかをシミュレーションできることが望ましい。耐震性評価では特に動的特性の合致が重要となるが、設計情報が得られたとしても実橋梁の状態と一致するとは限らないため、センシング等を活用したモデル更新機能など、真のデジタルツイン化を目指した拡張が必要と考えている。

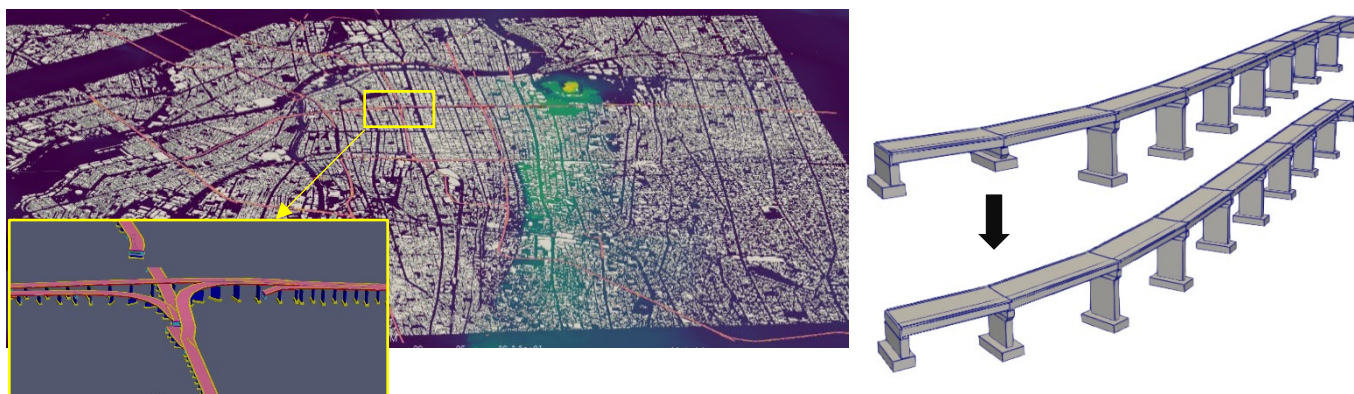


図-2 1次生成された都市モデル(左、全体図には建物も表示、背景カラーはDEM)とモデル更新例(右)

参考文献

- 1) Ohtani, H et al.: Automated model construction of urban structures with limited digital data, Journal of Earthquake & Tsunami, 2022. (in press)
- 2) Sobhaninejad, G., Hori, M., and Kabeyasawa, T.: Basic study on enhancing IES with parallel computation, Journal of Applied Mechanics, Vol.12, pp.623-629, 2009.