

# サイバー空間を利用した実建造物の外部環境予測システムの構築

コンクリート研究室 井熊 倫太郎  
指導教員 中村 文則

## 1. はじめに

数値シミュレーション技術の発達により、コンクリート建造物の劣化現象を数値シミュレーションにより予測する研究が進んでいる。その一方で、ICT 技術やサイバー空間などの情報工学技術の急速な発達により、様々な分野でその方法論が利用されるようになってきている。このことから土木分野で開発されてきた数値シミュレーション技術と ICT 技術やサイバー空間などの情報工学技術を高度に融合させることで、建造物の劣化プロセスの予測解析および、維持管理を効率的に実施できる可能性がある。

本研究では、数値シミュレーションとサイバー空間を融合した実建造物の外部環境予測システムの構築を目的として、実建造物とその周辺環境の仮想的な空間を構築し、構築した空間内にて外部環境の予測解析を実施した。

## 2. 実建造物の外部環境予測システムの構築

### 2-1. 外部環境予測システム全体の構成

外部環境予測システムは、主に(1)~(3)のモデルで構成されている。

- a) 外部環境作用の実測データの取得モデル
- b) 実建造物の外部環境作用の予測モデル
- c) 仮想空間による予測結果の管理モデル

以上のモデルを図-1のように1つに統合することで、実建造物の外部環境作用を効率的に予測および、管理できるシステムの構築を行った。

### 2-2. 外部環境予測システムの構築方法

- (1) 外部環境作用の実測データの取得モデル

図-1の a)では、外部環境作用の実測データを自動取得し、保存できるようにした。このモデルは、Web サーバー上で動作しており、インターネット



図-1 外部環境予測システムの全体構成

を通して公開されている実測データ(新潟県上越市大湊アメダス観測値)を一定の時間間隔で自動取得、保存する仕組みである。

- (2) 実建造物の外部環境作用の予測モデル

図-1の b)では、数値シミュレーションを利用して、外部環境作用の予測解析を実施した。予測した外部環境作用の項目は、海域の波浪、風速・風向、飛来塩分量である。これらの予測解析は、既存の数値シミュレーションを用いて行った。日射は、緯度経度、現在時刻から太陽の高度角と方位角を算出するモデルを使用し、仮想空間内の光源を回転させて再現した。外部環境作用は、時系列で変化していくためリアルタイムの予測が必要となるが、現状では1回の予測解析の計算に数十時間が必要となっている。そのため、対象とした実建造物で発生が想定される外部環境作用を事前に予測解析して用いた。

### (3) 仮想空間による予測結果の管理モデル

図-1のc)では、実構造物とその周辺環境を仮想空間に構築し、その中で外部環境作用の予測結果の管理を実施できるようにした。実構造物とその周辺環境データは、UAVによる写真測量を実施して取得した。仮想空間の構築は、Unity Technologiesが開発しているUnity pro (ver.2022)を利用した。このソフトは、世界で幅広く使用されており、多くのマニュアルや使用方法の説明が存在する利点がある。

### 3. 外部環境予測システムの対象と解析条件

対象とした実構造物は、図-2の新潟県上越市沿岸部にされている名立大橋である。この橋梁の寸法は、橋長75.3m、桁幅21.9mであり、構造形式は2径間のプレテン中空床版コンクリート橋梁である。この実構造物は汀線から50m程度の位置に設置されており、厳しい塩害環境化にある。特に、冬季には激しい気象や波浪の作用により、沿岸域で飛来塩分量が大きくなる特徴がある。外部環境作用の予測解析は、2023年10月17日15:00の実測データを用いて解析を行い、解析結果を仮想空間に反映した。

### 4. 予測結果および考察

図-3は、構築した仮想空間と仮想空間に外部環境作用の予測結果を反映した結果である。上図は、構築した仮想空間である。図に示すように、仮想空間内の構造物は、細かい部分では粗い部分も見られるが、仮想空間を利用して実構造物とその周辺環境を高精度に再現できていることがわかる。下図は、2023年3月10日15:00の風況と飛来塩分量の平面分布を仮想空間内に再現した結果である。図に示すように、数値シミュレーションによる外部環境作用の予測結果を利用することで、仮想空間内で外部環境作用を確認できることがわかる。これは、数値などでは理解が難しい風況や飛来塩分の分布を容易に確認でき、構造物の維持管理において有効であると考えられる。



図-2 名立大橋（新潟県上越市）

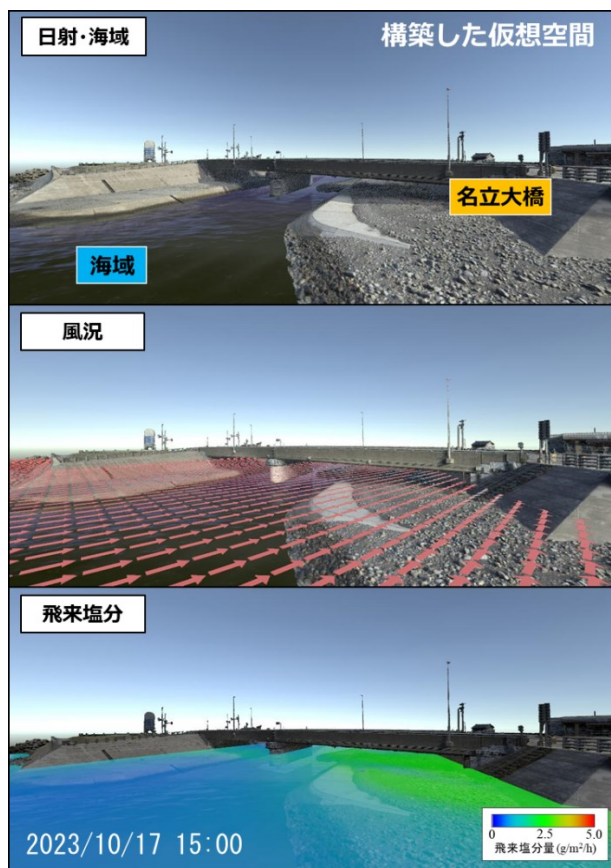


図-3 仮想空間内での予測結果

### 5. まとめ

フォトグラメトリーを利用する方法で、実構造物に適用した高精度な3次元モデルを構築できることが明らかになった。仮想空間に数値シミュレーションを組み込むことで、外部環境作用を忠実かつ短時間で予測できることが明らかになった。さらに外部環境作用をリアルタイムで予測することを可能にした。これより、構築した外部環境予測システムを構造物の維持管理に適用できることが示された。