サイバーインフラマネジメントの実現に向けた取り組み

阪神高速道路(株)　正会員　○篠原　聖二，西岡　勉
阪神高速技術(株)　正会員　坂本　直太，藤田　賢司
(一財)阪神高速道路技術センター　正会員　赤松　伸祐

1．はじめに

阪神高速道路では，橋やトンネルといった道路構造物や管理施設，さらには車両交通，エネルギー，環境といった現実世界にある様々なデータをロボットやセンサー技術で収集・蓄積し，サイバー空間で AI や大規模データ処理技術を駆使して分析・知識化を行い，そこで創出した情報・価値をもとに，人が最適な意思決定を行っていく次世代のインフラマネジメントの実現に向けた研究を進めている（**図-1**）．本稿では，サイバーインフラマネジメントの概念と実現に向けた取り組みについて紹介する．

図-1 サイバーインフラマネジメントの概念

2．サイバーインフラマネジメントの概念

従前，現実空間にある橋やトンネルといった道路構造物のしゅん工図や設計計算書，点検や補修情報は，CAD や PDF 等のデジタルファイル，あるいはデータベースとして個別に管理されてきた．これをデータ駆動型マネジメントと称す（**図-2**）．これらの離散したデータは，管理システム上で構造物の管理番号等によって互いに紐付けされているものの，例えば，補修工事によって構造物の状態に変更が加わった場合の各情報の更新は手動で行う必要があるが，情報が離散化しているため現実空間の情報を一括でリアルタイムに更新することは難しい．

サイバーインフラマネジメントシステムでは，現実空間にある橋やトンネルといった道路構造物のしゅん工図や設計計算書から，地盤モデルから構造モデルまで，実物と同じ性質・挙動を示すモデルをサイバー空間に再現する．この技術はデジタルツインと呼ばれ，近年では，工業製品の分野で広まりつつある．このモデルは，点検により得られた情報や，構造物に設置されたモニタリングセンサーから得られたデータにより，現実空間にある構造物と同定されていく．このように構築されたモデルを用いて，将来の劣化シミュレーションを行い，構造物ごとに最適なメンテナンスサイクルを求めたり，大規模な地震が発生した場合の構造物の被災度や段差の発生状況をシミュレーションし，事前の対策や復旧計画の策定を可能とする．また，構造物だけではなく，構造物に発生した被害状況を踏まえ，通行止めや渋滞など交通流への影響まで評価できることから，防災・減災対策や BCP の更新に活用できる．このようにサイバー空間に構造物だけでなく，交通や他の様々なデータから統合モデルを再現することで，現実空

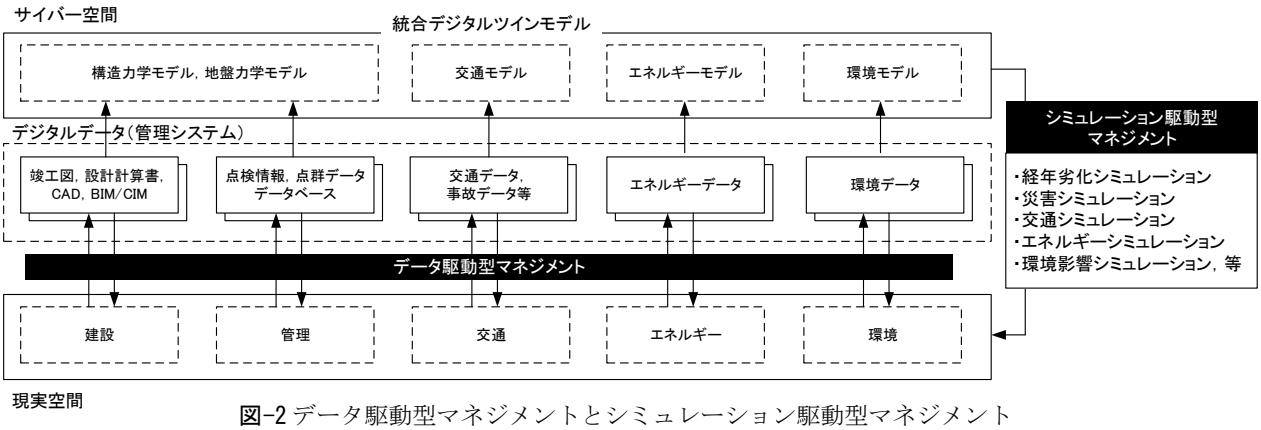

図-2 データ駆動型マネジメントとシミュレーション駆動型マネジメント

キーワード　サイバーインフラマネジメント，シミュレーション駆動型マネジメント，デジタルツイン，AI，IoT
連絡先　〒530-0005　大阪市中央区中之島 3-2-4　阪神高速道路(株)技術部技術推進室　TEL06-6232-6542

© Japan Society of Civil Engineers

間と同様に互いの相互作用を考慮したシミュレーションを行い，そのアウトプットをもとに人が最適な意思決定を行う．これをサイバー空間におけるデジタルツインモデルを用いたシミュレーション駆動型マネジメントと称す．

3．実現に向けた取り組み

図-1 に示すサイバーインフラマネジメントのサイクルの実現に向けた研究や取り組み等について，データ収集，データ蓄積，分析・知識化の順に示す．

(1) データ収集

データ収集は，従来の目視点検に加え，ロボットや IoT を活用したセンサーによって行う．例えば，図-3 に示す長大斜張橋には加速度計，変位計，熱電対，ひずみ計，風速計等を試験的に設置して 2018 年 3 月から 2019 年 3 月まで約 1 年間データを収集した．同図に設置したセンサーの配置を示す．期間中である 2018 年 6 月には大阪府北部を震源とする最大震度 6 弱の地震が発生したり，同年 9 月には台風 21 号の来襲があったことから，常時のデータに加え，地震時や暴風時のデータも取得することができた．

(2) データ蓄積

データ蓄積については，1990 年にデータベースが構築され，1993 年から運用されている阪神高速地理空間情報システム[1)]（New Communication Systems for road Maintenance and Operations，以下，COSMOS と称す）が基幹となる．この COSMOS は GIS を活用して阪神高速道路に関連するビッグデータを集約・統合し，災害対応活動の支援，道路構造物の効率的な維持管理，道路交通管理の高度化など，幅広い分野における情報共有を行うためのシステムである．文献 2)に示すような道路ネットワークの解析モデルの構築にあたっては，COSMOS に蓄積された情報を活用することで，モデルを構築することができる．

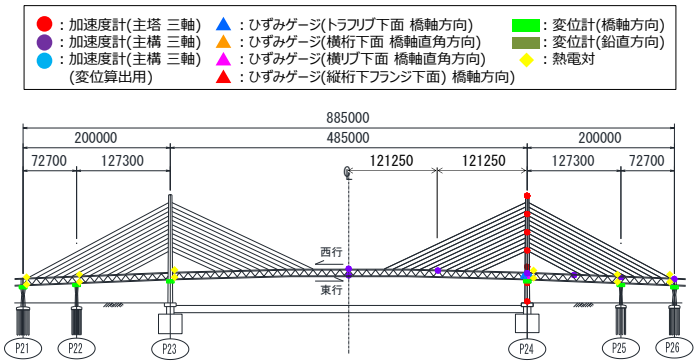

図-3 長大斜張橋のセンサー配置（単位：mm）

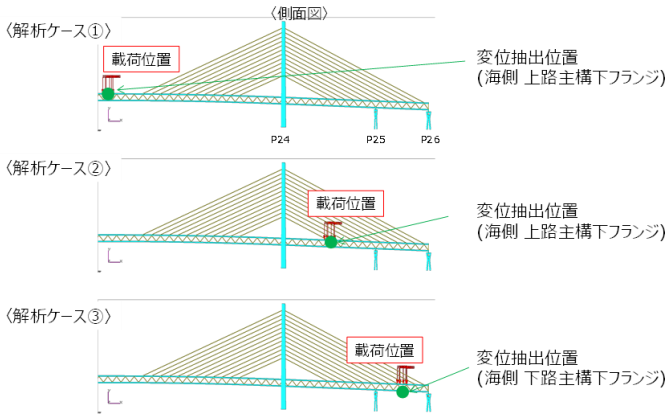

図-4 荷重車を用いた載荷位置

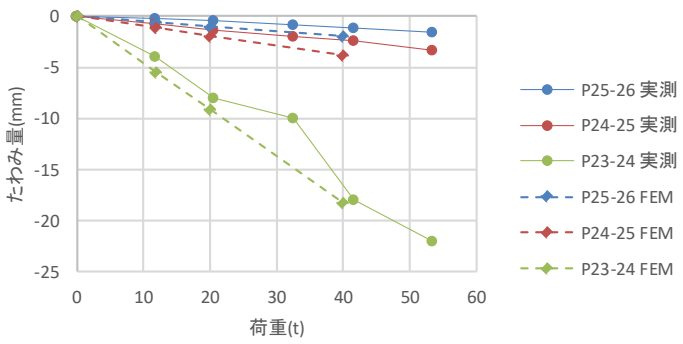

図-5 実測値と解析値の比較

(3) 分析・知識化

分析・知識化の例として，図-3 の長大斜張橋において荷重車を用いて構造同定を試みた結果を示す．図-4 に荷重車の載荷位置を，図-5 に荷重車による鉛直たわみ量の実測値と FEM モデルを用いて静的解析を行った解析値の比較を示す．このような構造同定を，固有振動数，温度変化に伴う主構の伸縮量など，様々な計測データをもとに構造同定のサイクルを繰り返すことで，サイバー空間上のモデルの精度が向上していく．このモデルを用いて，経年劣化を考慮した耐荷力シミュレーションや，地震時や暴風時の応答シミュレーションを実施していく．

4．まとめ

本稿では，サイバーインフラマネジメントの実現に向けた取り組みについて紹介した．今後も実装に向けて研究開発を推進していく．なお，3(3)で示した荷重車を用いた載荷シミュレーションは阪神高速道路(株)と(株)TTES の「大規模解析モデルによる応答シミュレーションに関する共同研究」の成果の一部である．

参考文献 1) 宮口ら：阪神高速のアセットマネジメント，土木施工 2013，Jul Vol.54，No.7．2) 篠原ら：スーパーコンピュータを用いた橋梁ネットワークモデルの地震応答シミュレーション，第 15 回日本地震工学シンポジウム，2018.

© Japan Society of Civil Engineers