

BIM/CIMによる高速道路橋健全度判定の 高度化・効率化の試み

井上 裕司¹・矢野 裕²・谷野 知伸³・武内 雄司⁴

¹ 法人正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 総合技術本部社会インフラマネジメントセンター
(〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)

E-mail: inoue_y@cfk.co.jp

² 法人正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 総合技術本部構造系部門保全再生グループ
(〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)

E-mail: yano_y@cfk.co.jp

³ 非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 経営企画部経営企画課
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7)

E-mail: t.tanino.aa@c-nexco-het.jp

⁴ 非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 情報技術部情報管理課
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7)

E-mail: y.takeuchi.aa@c-nexco-het.jp

NEXCO 中日本は、管轄の道路施設を常に良好な状態に保つ法令上の責務を負っており、限られた資源でこの責務を果たす適切な維持管理マネジメントが求められている。対策の要否を決定する定期点検後の健全度判定は道路施設の維持管理マネジメントにおける最も重要な意思決定の一つであるものの、現在では変状の位置を示す簡易な図や変状を撮影した写真等の限られた情報から健全度を判定しているのが実情である。本論文では、高速道路における橋梁をコンピュータ上に再現した3次元モデルに変状情報を紐づけた BIM/CIM を点検判定会議に導入することにより、健全度判定の高度化と効率化を試みた内容について述べる。

キーワード：高速道路，橋梁，維持管理，健全度，3次元モデル，BIM，CIM

1. まえがき

中日本高速道路株式会社（以下、「NEXCO 中日本」という。）は 2,000km を超える高速道路を常に良好な状態に保つ法令上の責務を負っている。高速道路を維持管理するための費用は独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構（以下、「機構」という。）との協定に基づいて定められており、NEXCO 中日本には、決められた予算に基づき、高速道路を良好な状態に保つための適切な維持管理マネジメントが求められている。

NEXCO 中日本は高速道路の状態を 5 年毎に点検し、点検後の点検判定会議にて健全度を評価している。健全度は対策の要否と対応しているため、健全度判定は道路施設の維持管理マネジメントにおける最も重要な意思決定の一つである。しかし、現時点では点検判定会議に用いられている資料は変状の位置を示す簡易な図や変状を

撮影した写真のみであり、これらの限られた情報から健全度を判定しているのが実情である。

本論文では、道路施設の一つである橋梁を対象に、コンピュータ上に再現した3次元モデルに変状情報を付与した BIM/CIM を点検判定会議に導入することによって、健全度判定の高度化と効率化を試みた内容について述べる。

2. 道路管理における課題

(1) NEXCO 中日本の道路管理者責任

道路法では、「道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。」と定めている¹⁾。道路法が定める道路のうち高速自動車国道（以下、「高速道路」という。）は、道路整備特別措置法に

て、機構と高速道路会社が本来の道路管理者である国土交通大臣などの権限を代行して管理することが定められており、事実行為である補修等は高速道路会社が代行している²⁾。このように、NEXCO 中日本は高速道路の法定管理者であり、管内の高速道路における道路施設を常時良好な状態に保つ法令上の責務を負っている。

(2) NEXCO 中日本が管理・建設する高速道路の概要

NEXCO 中日本が管理する高速道路の営業延長は 2019 年 3 月 17 日時点で 2,132km に達しており、1 日当たり 194 万台が利用する日本の大動脈である(表-1)。NEXCO 中日本の事業地域は概ね日本の中央に位置しており、東京、名古屋、大阪の 3 大都市圏を結ぶ東名高速道路や名神高速道路、中央自動車道などの主要幹線の高速道路を管理している。そのため、NEXCO 中日本が管理する高速道路の多くは、供用開始から相当の年数が経過しているうえ、交通量が多い特徴を有している。

NEXCO 中日本が管理する橋梁は 2018 年 3 月 31 日時点で 5,718 橋であり、建設後の平均経過年数は約 35 年に達している。建設後 50 年を越える橋梁数の割合は、現

表-1 NEXCO 中日本の事業概要³⁾

項目	数量	備考
営業延長	2,132 km	2019 年 3 月 17 日 現在
建設延長	132km	
利用台数	194 万台/日	2017 年度実績
通行料金収入	6,787 億円	

在約 26%であるが、10 年後には約 53%、20 年後には 68%を越えるの見込まれ、橋梁の高齢化に伴う変状の増加と安全性の低下が懸念されている⁴⁾。

このため、NEXCO 中日本には、高速道路の道路管理者として限られた資源を有効に活用し、高齢化が進む高速道路の道路施設を将来にわたって良好な状態に保つための適切な維持管理マネジメントが求められている。

(3) NEXCO 中日本の橋梁点検と健全度評価

平成 26 年の道路法改正により、橋梁を含む道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の付属物のうち、損傷、腐食その他の劣化その他の異常が生じた場合に、道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがある道路構造物や付属物は、必要な知識及び技能を有する者が、近接目視により 5 年に 1 回の頻度で点検することを基本とすることが法令で定められた⁵⁾。

NEXCO 中日本は道路法改正以前から点検要領を策定し、5 年毎に定期点検を実施し、橋梁を含む道路施設の健全度を評価することにより、高速道路の安全を確保してきた。NEXCO 中日本の点検要領⁶⁾では、点検で確認された変状を 5 段階の変状グレード (I~V) に区分し、健全度を評価することを規定している(表-2)。この変状グレードは平成 26 年の道路法改正に伴って国土交通省から告示⁷⁾された健全性 (I~IV) に対応しており、変状グレードの V と IV が早期に措置を講ずべき状態である健全性 III に対応している。

表-2 NEXCO 中日本における橋梁の健全度評価と健全性の診断区分⁶⁾

国交省定期点検要領における 部材毎の健全性の診断区分		NEXCO 健全度評価区分 (主桁・床版など)		
区分	状態	変状グレード ⁸⁾	変状や劣化の進行	定義
IV	緊急措置 段階	—	—	—
III	早期措置 段階	V	深刻な変状が発生している。	耐荷性能の低下が深刻であり安全性に問題がある。又は走行性能の低下が深刻であり使用性に問題がある。
		IV	変状が著しい。	耐荷性能が低下しつつあり安全性に影響を及ぼす恐れがある。又は走行性能が低下しつつあり使用性に影響を及ぼす恐れがある。
II	予防保全 段階	III	変状が発生している。	劣化がかなり進行しており耐荷性能又は走行性能の低下に対する注意が必要である。
		II	軽微な変状が発生している。	劣化は進行しているが耐荷性能又は走行性能は低下していない。
I	健全	I	問題となる変状がない。	劣化の進行が見られない。

表-3 機構との協定に基づく事業費²⁾

年度	維持管理費	修繕費
2018 (現在)	634億円	1,432億円
2028 (10年後)	612億円	1,047億円
2033 (15年後)	617億円	298億円
2038 (20年後)	612億円	296億円

表-4 点検判定会議と対策検討会議の開催条件⁶⁾

開催頻度	2ヶ月に1回
成立要件	<p>保全・サービスセンター所長，技術副所長，保全計画担当課長の3名のうち2名以上の出席及び支社保全計画課長。</p> <p>なお，支社保全計画課長が出席できない場合は，保全・サービス事業部内で代理を立てることができる。</p>
出席者	<p>上記成立要件に示す他，支社の照査者，保全計画課担当社員，補修担当課社員，点検実施者，支社担当課社員，保全管理員（グループ会社社員），維持修繕業務従事者（グループ会社社員）等。</p> <p>その他，社内外の専門技術者を招いてもよい。</p>

(4) 維持管理マネジメントにおける課題

NEXCO 中日本は，機構との協定に基づき，現在の技術や仕組みによる維持管理状況が概ね継続する場合を前提として，2060 年度までの維持管理費と修繕費，及び2029 年度までの特定更新等工事費を定めている（表-3）。このように高速道路の維持管理に使用できる費用は予め定められており，NEXCO 中日本はこの限られた資源を高速道路の維持管理に有効に活用し，適切にマネジメントしなければならない。

NEXCO 中日本では，点検判定会議と呼ばれる会議にて健全度を判定している。健全度判定は橋梁の修繕費や安全性に直結するため，NEXCO 中日本の維持管理マネジメントにおける最も重要な意思決定の一つである。点検判定会議では，初めに点検実施者による変状グレードの判定案が提示され，点検判定会議の討議を経て変状グレードと健全度が決定する。点検判定会議は，対策検討会議と呼ばれる会議と同日に開催され，点検判定会議にて対策が必要と確定された変状の対策の内容と時期が対策検討会議にて検討される。

点検判定会議に提示される主な資料は点検報告書（その2）と点検展開図である（図-1）。点検報告書（その2）には，構造物や変状の諸元や写真が記されており，点検展開図には構造物の展開図に変状の位置が図示されている。対策の要否（健全度）を判定するためには，変状位置周辺の構造や荷重，環境，事故に至る危険性等を可能な限り正確に把握する必要があるものの，現時点では変状の状況写真と簡易な位置図から健全度を判定せざ

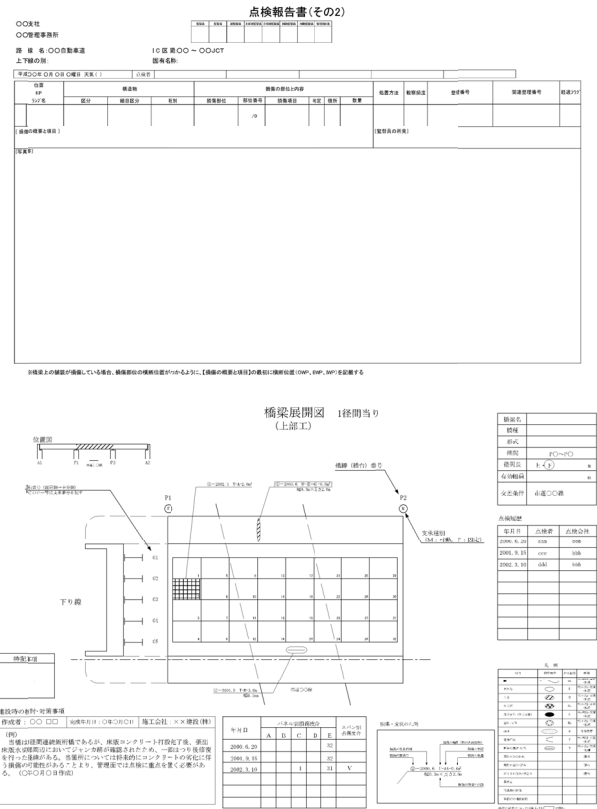


図-1 点検報告書（その2）（上）と点検展開図（下）⁶⁾

るを得ず，必要に応じて構造図面や現地状況を確認し，健全度を評価しているのが実情である。

NEXCO 中日本の管理する橋梁は約 5,700 橋であり，これらの橋梁を 5 年毎に点検するため，毎年約 1,200 橋の変状の健全度を評価しなければならない。点検判定会議と対策検討会議は 2 ヶ月毎に開催しており，1 回の開催で約 5 時間を費やしているが，表4に示す条件を満たさなければ開催できない会議にこれ以上の時間を費やすことは実質的に不可能であり，短時間で適切に健全度を評価できる方法の構築が，NEXCO 中日本の道路管理マネジメントにおける重要な課題の一つであった。

3. 健全度評価への BIM/CIM の導入

(1) BIM/CIM とは

BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) とは，計画，調査，設計，施工，維持管理に至る一連の建設生産システムに，対象施設をコンピューター上に再現した CIM モデルを導入し，関係者間で情報を共有することにより，社会資本における建設生産システムの効率化・高度化を図るものである⁸⁾。なお，CIMモデルとは，施設の形状を3次元で再現したモデルに属性情報を付与した仮想のデジタルモデルである。

(2) 点検判定会議への BIM/CIM の導入目的

NEXCO 中日本が管理する橋梁の健全度を短時間で適切に評価するためには、健全度評価に必要な情報をできる限り正確に把握する必要があるものの、点検判定会議ではその場で現地にある実際の橋梁（実橋）を確認することができないことが最大の課題であった。一方、実橋を 3 次元で再現して変状情報を紐づけた CIM モデルであれば、点検判定会議の場でも構造や周辺状況を確認することが可能となる。以上の理由から、点検判定会議に BIM/CIM を導入することによって、短時間で適切に健全度を評価する方法の構築を試みた。

(3) 点検判定会議への BIM/CIM の導入方針

建設生産システムへの BIM/CIM の導入に関しては、国土交通省がガイドライン⁸⁾を公表している。しかし、このガイドラインは計画から維持管理に至る建設生産システム全体における情報の流通を目的に作成されたものであり、橋梁の健全度評価のような具体的な行為を対象としたものでない。そのため、このガイドラインには橋梁の 3 次元モデルの作成方法や付与する情報等の具体的な内容は示されていない。NEXCO 中日本が開催している点検判定会議に BIM/CIM を導入するためには、3 次元モデルの詳細度（何をどの程度、詳細にモデル化するか）や 3 次元モデルに付与する情報を具体的に決める必要があった。

BIM/CIM の 3 次元モデルは、対象施設をコンピュータ上に再現した仮想のデジタルモデルである。実際の橋梁は多種多様な部材を組み合わせて構成されており、ボルトや鉄筋などの部材も含めると橋梁を構成する部材の量は膨大である。そのため、コンピュータで作成する仮想のデジタルモデルでも、橋梁を構成するすべての部材を正確にモデル化するためには膨大な労力を要する。一方、健全度を適切に評価するためには必ずしも全ての橋梁部材のモデル化が必要である訳ではない。実際、現時点では、図-1 に示した点検展開図と変状写真から健全度を評価している。また、橋梁の維持管理に関する情報も多種多様であり、3 次元モデルに橋梁や変状に関する情報を付与するためには付与する情報を選定する必要がある。

以上の理由から、点検判定会議への BIM/CIM の導入では、対策の可否を判断するための必要性とモデル作成に要する労力の観点から部材の詳細度と付与する情報を決定することを基本方針とし、対策の可否を判断するために必要性の高い部材はできる限り正確にモデル化し、低い部材はモデルを簡略化、又はモデル化しないことによって有効性と効率性を両立させることにした。

4. 3 次元モデルの作成

(1) 橋梁部材の分類

橋梁は構成する部材や材料、変状の程度や位置によって安全性に与える影響が異なるため、点検判定会議に用いる 3 次元モデルは部材の種類毎にモデルの詳細度を検討した。

3 次元モデルにおける橋梁部材の分類を図-2 に示す。橋梁の 3 次元モデルは、橋梁本体、橋梁附帯工、現況地形の 3 つに分類し、上部工と下部工を構成する部材は橋梁本体、検査路や落下防止柵のように橋梁本体に付帯させている部材は橋梁附帯工に分類した。また、桁下の利用状況は対策の可否を判断する上で重要な情報であることから桁下を含む橋梁周辺の地形もモデル化対象とし、現況地形モデルとして分類した。

(2) 詳細度の比較検討

詳細度は、橋梁を構成する部材の種類毎に詳細度の異なるモデルを 3 案程度設定し、対策の可否を判断するための必要性とモデル作成に要する労力の観点から適切な詳細度を選定した。

a) 伸縮装置

表-5 に伸縮装置の詳細度比較事例を示す。伸縮装置は本体の材質によって鋼製とゴム製に大別され、伸縮量に応じて形状や寸法が異なるものの工場製品であり、主要な形状から種類を概ね判別できるため、詳細度 100 は健全度判定に用いる 3 次元モデルとして適切ではないと判断した。また、伸縮装置には排水タイプと非排水タイプがあり、非排水タイプは伸縮装置の下に止水構造が施されている。止水構造は変状が生じやすく、止水構造が損傷して漏水が生じると桁や橋脚に水が掛かり、橋梁の耐久性に影響を与えるため、止水構造も主な構造が判別できる程度にモデル化することとした。一方、伸縮装置の本体や止水材はボルト等で取り付けられているが、取付

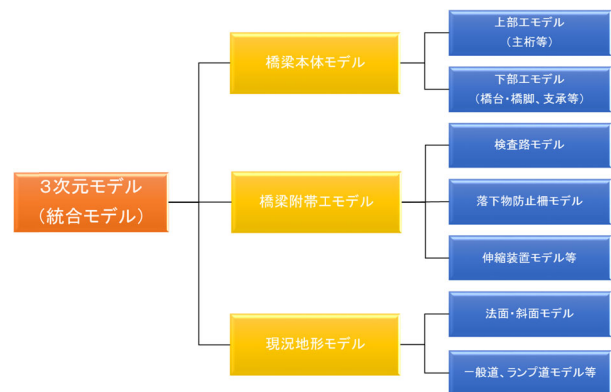
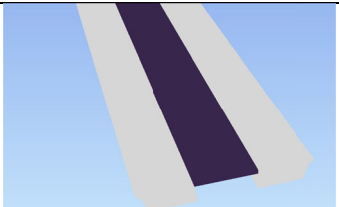
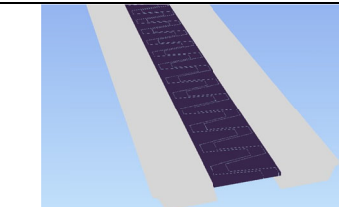
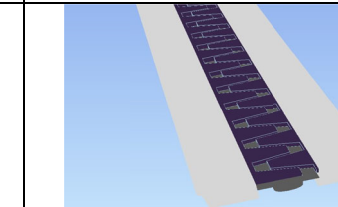


図-2 橋梁 3 次元モデルの部材分類⁹⁾

表-5 詳細度の検討事例（伸縮装置）

詳細度	100（簡易）	200（準詳細）	300（詳細）
概要	<ul style="list-style-type: none"> 本体と後打ちコンクリートをモデル化し、止水構造はモデル化しない。 本体と後打ちコンクリートはそれぞれ矩形に簡略化してモデル化する。 鉄筋やボルト等の細目構造はモデル化しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 本体と後打ちコンクリートをモデル化し、止水構造はモデル化しない。 本体は上面に継目形状を描画する。 鉄筋やボルト等の細目構造はモデル化しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 本体、後打ちコンクリート、止水構造をモデル化する。 本体は継手形状を3次元でモデル化する。 止水構造は止水材の形状をモデル化する。 鉄筋やボルト等の細目構造はモデル化しない。
モデル			

ボルトや後打ちコンクリートの鉄筋などをモデル化するには膨大な労力を要するため、このような細目構造（ディテール）はモデル化しないこととした。

伸縮装置と同様の手順で検討した代表的な橋梁部材の3次元モデルの内容（詳細度）を以下に示す。

b) 鋼鈹桁橋の床組み

鋼鈹桁橋の床組みは、鋼製の桁や梁の組み合わせによって構成されている。鋼鈹桁橋の床組みを構成する桁や梁は断面形状が一定であり、比較的容易に3次元モデルを作成できるため、主桁、横桁、対傾構、横構だけでなく、補剛材やガセットプレート等も図面に従ってモデル化することとした。一方、桁を接合しているボルトや溶接などの継手構造はモデル化に労力を要するためモデル化しないが、添接板による桁の接合箇所がモデルから認識できるように添接板はモデル化することとした（図-3）。

c) PC床版橋のPC鋼材

PCはコンクリート、鉄筋、PC鋼材による複合材料である。多くの場合、鉄筋とPC鋼材はコンクリート内に埋設され、外面に表れない。PC橋の桁と床版は断面形状がほぼ一定であり、比較的容易にモデル化できるため、

桁と床版は図面に従って外形をモデル化することとした。一方、鉄筋はコンクリート中に多数配置され、これらを正確にモデル化するためには膨大な労力がかかるためモデル化しないこととした。PC鋼材はコンクリートに圧縮力を与えるPC構造の最重要部材であり、緊張力の低下や超過によってコンクリート表面に現れるひび割れの形態が異なる。そのためPC構造ではPC鋼材の配置とコンクリート表面のひび割れ形状との関係把握することが、変状の原因推定や対策検討において非常に重要となる。以上の理由から、PC鋼材はモデル化することとするが、コンクリート内に3次元的に配置されたPC鋼材を正確にモデル化するには結構な労力を要するため、PC中空床版橋のようにコンクリート表面が平らな場合は、コンクリート表面にPC鋼材の配置位置を描画することによってモデル化しても良いことにした（図-4）。

d) 現況地形

変状が生じた橋梁部材の下に人が立ち入ることができる場合、コンクリート片の落下等によって事故に至る危険性がある。そのため、桁下の利用状況は健全度判定において重要な情報の一つである。また、対策が必要と判断された場合、対策方法を検討しなければならないが、

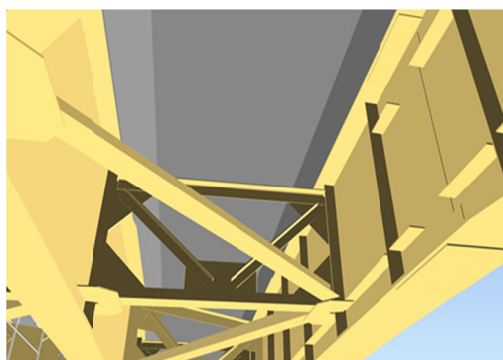


図-3 床組みのモデル化（鋼鈹桁橋）

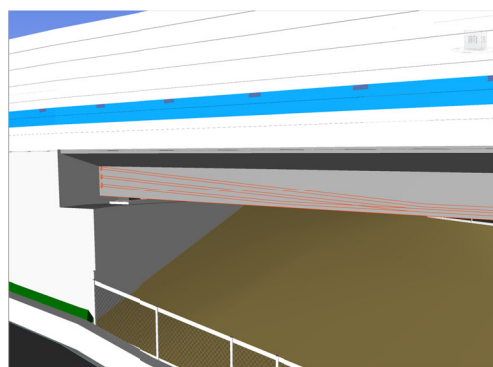


図-4 PC鋼材配置位置のモデル化（PC中空床版橋）

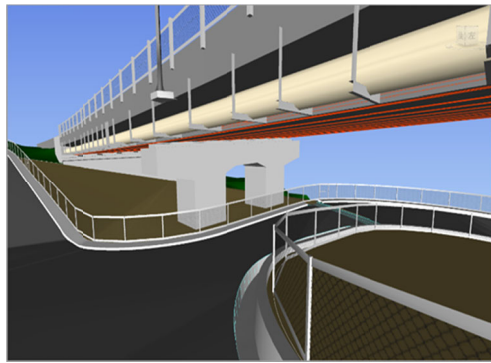


図5 現況地形のモデル化（桁下状況）

この際、車両や徒歩によってアクセスできるか否かは対策方法を検討するための重要な情報の一つである。そのため橋梁の周辺は現況が確認できる程度にモデル化することとした。桁下や側道は橋梁本体の施工後に整備され、施工中に度々内容が変更されるため、図面と現地状況が異なっている場合も多い。また、桁下を含む周辺には排水のための溝や第三者の立ち入りを防止するための防護柵が設置されており、これらによって車両や人の進入が制限される。そのため、車両や人の進入条件となる排水溝の蓋や立ち入り防護柵の門扉は現地に合わせてモデル化することにした（図-5）。

5. 3次元モデルに付与する情報の検討

(1) 3次元モデルへの変状情報の付与方針

前章にて述べた3次元モデルはコンピューター上に再現した仮想のデジタルモデルであるため、モデルに情報を付与することができる。変状の位置、種類、グレード、健全度等の変状情報を3次元モデルに付与できれば、点検判定会議で効率的に健全度を決定することができる。

3次元モデルに情報の付与する方法には、主に①モデル化する方法と②電子ファイルを参照する方法の2つがある。3次元モデルに情報を付与する場合、①の方法では橋梁モデルと同時に情報を視認できる利点があるものの、モデル化に労力を要することやモデルが煩雑となる等の欠点がある。一方、②の方法ではモデルをクリックしなければ情報が確認できないものの、簡易に情報を付与できる利点がある。そのため、3次元モデルへの変状情報の付与については、①にて付与する変状情報を必要最小限に留め、その他の変状情報は②にて付与する方針とした。

(2) 変状マーカ－の設置と点検報告書（その2）の参照

前項の方針を踏まえ、橋梁モデルに変状をモデル化する情報は変状の位置、番号、健全度の3つに限定した。

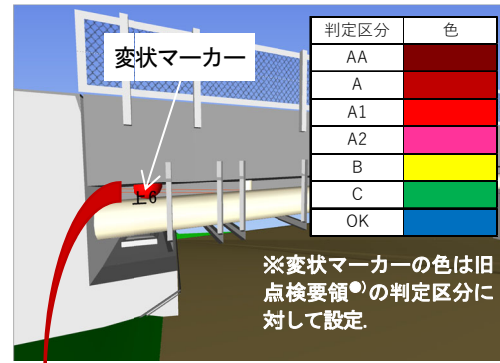


図6 橋梁モデルに付与した変状マーカ－（上）とクリックによるファイル参照

変状は球形の変状マーカ－としてモデル化し、この変状マーカ－を変状が発生している部材表面に設置することによって変状の発生位置を視認できるようにした。また、変状マーカ－は色によって健全度を識別できるようにし、近傍に変状番号を表示した（図-6）。

一方、変状の種類や大きさ、写真等の情報は点検報告書（その2）に記録されている。点検報告書（その2）は電子ファイル（Microsoft Excel）としてNEXCO中日本のデータベースに保存されているため、変状マーカ－をクリックすることによって対象ファイルを参照できるようにした。このように3次元モデルに変状情報を付与したCIMモデルを作成することによって、現在の点検判定会議に提示されている点検報告書（その2）をCIMモデルから確認できるようになった。

(3) 構造図面、点検カルテ、変状一覧の参照

3次元モデルに情報を付与したCIMモデルを点検判定会議に提示することによって、点検判定会議の効率性が大きく向上すると見込まれる。前述のとおり本論文は、対策の可否を判断するための必要性和モデル作成に要する労力の観点から有効性と効率性が両立するCIMモデルについて検討したものである。そのため、本論文のCIMモデルからは、対策の可否判断に対する必要性が低く、モデル化に労力を要する細目構造などの情報を把

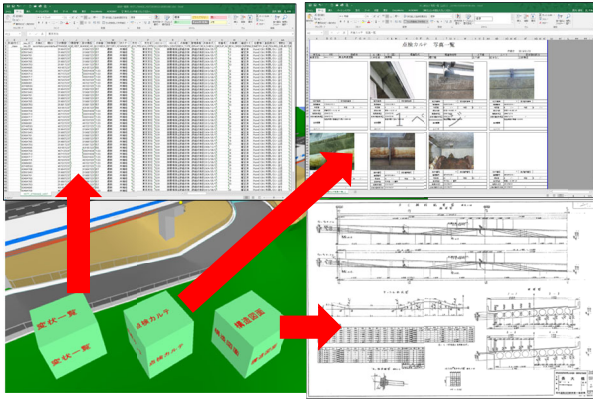


図-7 構造図面，点検カルテ，変状一覧の参照ボタン

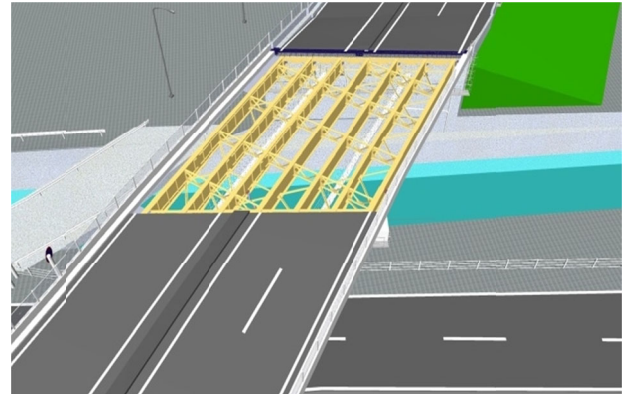


図-8 床版と舗装の一部を消去した鋼桁の3次元モデル¹⁰⁾

握ることができない。対策の要否判断において必要性の低い情報でも健全度を評価するために必要となる場合もある。そのため、構造図面，点検カルテ，変状一覧は CIM モデルから参照できるようにした。これらの資料も NEXCO 中日本のデータベースに電子ファイルとして保存されているため外部参照により情報を付与することにした。ただし，これらの情報は変状単位ではなく，橋梁単位で整理されているため，橋梁モデルの近傍にこれらの資料を参照するためのボタンを配置し，このボタンをクリックすることによって電子ファイルが表示されるようにした（図-7）。

4. 今後の展望

現地の実橋を再現して変状等の情報を付与した CIM モデルを点検判定会議に提示することにより，健全度判定の高度化と効率化を大幅に向上すると予想される。CIM モデルは仮想のデジタルモデルであり，実橋では実施できないことでも仮想で実施することができる。例えば，鋼橋の疲労変状は路面を通行する車両による輪荷重の繰り返し荷重によって生じるため，走行車両と桁との位置関係を把握することが変状の原因推定や対策検討において非常に重要となる。しかし，実橋では路面と桁の間が床版で覆われているため，走行車両と桁との位置関係を把握することは容易ではない。一方，CIM モデルは仮想のデジタルモデルであるため，床版と舗装の一部を消去することによって簡単に走行車両と桁との位置関係が把握できる（図-8）。

本論文では点検判定会議における健全度判定の高度化と効率化を目的に橋梁のモデル化や情報を付与方法について検討したが，橋梁の CIM モデルを維持管理の現場に導入することによって，様々な場面で維持管理の高度化と効率化が図れる可能性が期待できる。

あとがき

本論文では，NEXCO 中日本の点検判定会議に BIM/CIM を導入し，健全度判定の高度化と効率化を試みた内容について述べた。今後は，本論文に示した CIM モデルを実際の健全度判定に活用し，モデルの有効性と改善点について検証する予定である。また，中日本高速道路には橋梁以外にも道路施設があるため，本論文で述べた橋梁の維持管理への BIM/CIM の導入手法をトンネルや土工等の他の道路施設にも展開し，BIM/CIM による道路管理全体の高度化と効率化を目指す予定である。

参考文献

- 1) 道路法，昭和 27 年 6 月 10 日法律第 180 号
- 2) 国土交通省道路局路政課，「道路管理者の権限の代行」について，道路行政セミナー，2013 年 12 月
- 3) 中日本高速道路株式会社，ウェブサイト事業データ <https://www.c-nexco.co.jp/corporate/company/overview/area/>
- 4) 中日本高速道路株式会社，NEXCO 中日本個別施設計画（道路施設），平成 31 年 1 月
- 5) 国土交通省道路局，道路の修繕維持に関する省令・告示の制定について（道路法施工規則の一部改正等），平成 26 年 4 月
- 6) 中日本高速道路株式会社，保全点検要領構造物編，平成 29 年 4 月
- 7) トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示，（平成二十六年国土交通省告示第四百二十六号）
- 8) 国土交通省，CIM 導入ガイドライン（案）第 1 編 共通編，令和元年 5 月
- 9) 前田・谷野・武内・宮澤・井上・矢野，3 次元モデルを活用した維持管理への取り組み，令和元年度土木学会全国大会共通セッション我が国における BIM/CIM の将来展望 (1)CS11-02，令和元年 9 月
- 10) 矢野・武内，高速道路橋の点検結果に対する対策要否判定を的確に行うための CIM の導入の検討，（一社）建設コンサルタンツ協会近畿支部第 52 回（令和元年度）研究発表会論文集，令和元年 10 月