

# インフラのカーボンニュートラル実現に向けた既設構造物設計の一考察 —fib モデルコード 2020 を参考に—

## A Study on Design of Existing Structures for Infrastructure Carbon Neutrality -with Reference to fib Model Code 2020 -

○家田 浩之\*、峰野 佳厚\*、吉中 輝彦\*、岩崎 俊樹\*、金沢宗太郎\*  
Hiroyuki Ieda, Yoshihiro Mineno, Teruhiko Yoshinaka, Toshiki Iwasaki, Sotaro Kanazawa

### 1. はじめに

2050 年のカーボンニュートラルの達成に向けて各分野での対応が求められる中、農業水利施設のサプライチェーンの中で最も期間の長い共用段階における炭素排出量削減を実現していくことが重要である。インフラ施設の共用段階の炭素排出の主要因は、施設の保全や災害復興の工事にともなうものである<sup>1)</sup>。そのため、ストックマネジメントのサイクルにおいて既設構造物の性能を適切に評価し、長寿命化や耐震化のための効果的な方策を立案することは経済面だけでなく排出炭素削減の観点からも重要性が増している。一方、これまでの設計基準類は主に新設構造物を対象とした内容となっており、既設構造物の性能評価や設計の現場で求められる高度な技術的判断が個々の技術者の判断に委ねられている状況が少なくない。

本稿では、今後の既設構造物の設計体系整備に向けた議論の材料を提供することを目的として、国際コンクリート連合(fib)によるコンクリート構造物を対象としたモデルコードの最新版である「Model Code 2020」(以下、「MC2020」という)<sup>2)</sup>を参考に、既設構造物の設計に関する課題と展望を示す。

### 2. fib モデルコード 2020 の特徴と既設構造物設計に関する概要

MC2020 に関する牧田ら<sup>3)</sup>の解説をもとに、MC2020 の特徴と既設構造物設計に関して注目すべきトピックスを以下に示す。

- ① MC2020 の特徴的な新規性として、持続可能性を最優先にして新設と既設構造物の両方にに関する規定が統合的に示された。
- ② 構造解析の精度レベルを段階的に選択できる LoA (Levels-of-Approximation) 手法が導入された (Fig.1)。既設構造物の設計では中程度以上の高いレベルの解析が有効であるとしている。
- ③ 性能照査手法のうち、実務で最も一般的に使用されている部分係数法について、新設設計及び既設構造物評価における部分係数が示された (Table 1)。

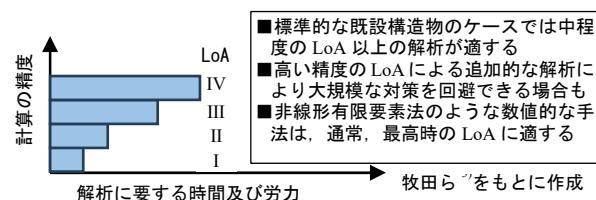


Fig.1 構造解析の精度レベルと既設構造物への適用イメージ  
LoA and application image for existing structures

Table.1 新設と既設構造物の材料係数の推奨値<sup>3)</sup>をもとに作成  
Recommended material factors for new and existing structures

区分	コンクリート $\gamma_c$	鉄筋 $\gamma_s$
新設	1.5	通常 : 1.15
		施工品質良 : 1.075
既設	強度試験あり : 1.125	通常 : 1.075
	強度試験なし : 1.15	有効高さ測定あり : 1.05

\* 標準的な重要度の構造物のケース

\*\* 強度試験はコア採取によるもの

\*\*\* MC2020 ではこれらの推奨値に加えて、新設と既設の残存共用期間（基準期間）を考慮した信頼性指標の参考値も示している

\* 株式会社エイト日本技術開発 Eight Japan Engineering Consultants Inc.

キーワード カーボンニュートラル ストックマネジメント 構造物の設計手法 耐震設計 数値解析

④劣化構造物の評価には、損傷の特定・定量化や安全性・残存耐用期間への影響評価が必要であり、経時的な作用増加や耐荷性低下も考慮すべきとして、それらの評価モデルが示された。また、劣化した構造物の性能をデータに基づいて評価することが推奨され、そのためのデータの収集及び利用方法が示された。

### **3. 既設構造物設計における実務的な課題と今後の展望**

ここでは上記の事項に関連して、大きな外力に対して安全性の確保が必要となる耐震設計を念頭におき、筆者の設計実務の経験に基づく課題と問題意識を共有したい。

#### **(1) 解析・照査手法に関する課題**

既設構造物の設計の現場では多くの場合、新設の構造物よりも精緻で高精度な解析や照査法が要求される。これは既設構造物の場合、新設構造物と同レベルの（単純化された安全側の近似による）標準的な手法を用いると、新設よりも大規模で環境負荷やコストの高い対策を実施しなければならない可能性が高いためである。例えば、レベル2地震動に対する耐震設計では、MC2020で中程度の精度に相当する非線形解析が一般的となり、最高次精度の非線形有限要素解析が必要となる場合も少なくない。

より精緻な解析手法により実現しうる高い精度を得るためにには、構造物の詳細データと高度な専門知識が必要だが、実務では時間・費用の制約がある。今後は産官学連携で既設構造物の設計基準の整備が急務である。また、設計者は 高度な評価手法により得られる環境影響やコスト面でのメリットをステークホルダーに示し、高度な手法採用の合意形成を図る努力が必要である。その際、MC2020で最優先とする持続可能性の観点から、炭素排出量削減への貢献を示すことも今後は重要と考える。

#### **(2) 既設構造物の材料物性値評価の課題**

ストックマネジメントにおいて既設構造物の健全度に関するデータの蓄積が進む一方、「調査により得られた劣化や変状のデータを構造性能の定量的な評価に結び付ける手法」はいまだ発展途上である。ここではコンクリートの圧縮強度を例に現状の課題を示す。

RC構造物の耐震設計では、コンクリートの圧縮強度は部材の剛性や耐力評価の基礎となる特性値であり、応答値と限界値の両方に影響する最重要のファクターである。既設コンクリートの圧縮強度設定に係る大きな課題の一つは、コア採取等により得られた圧縮強度の試験結果の評価方法が基準化されていないことである。当初建設時の設計基準強度、強度試験による平均値やばらつき（標準偏差等）を考慮して構造性能評価に用いる圧縮強度の特性値を設定する方法の基準化が必要である。MC2020では、既設構造物の圧縮強度の材料係数 $\gamma_c$ について、コア試験結果の有無に基づく推奨値が示されており、農業水利施設のコンクリート構造物に対しても参考になる。しかし、機能診断や耐震設計においては、必ずしもコア採取が行われるわけではなく、簡便な非破壊検査による多点計測が行われる場合も多い。今後はこれらの非破壊検査の結果を活用した合理的な強度設定手法の確立も重要である。

#### **参考文献**

- 1) 春日：建設カーボンニュートラル, 日経BP, 2024.
- 2) fib : fib Model Code for Concrete Structure 2020. 2024.3
- 3) 牧田, 下村, Duttine,A, 龍岡, 二井谷 : fib モデルコード 2020 の概要, プレストレストコンクリート, 66(5), 2013, pp.10-15.