

性能発注のためのプロダクトモデルを用いた設計照査方法に関する基礎的検討

室蘭工業大学 正会員 ○矢吹信喜
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 松井健一
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 加藤佳孝
 オリエンタル建設(株) 第2技術部 横田 勉
 室蘭工業大学 学生員 古川将也

1. はじめに

現在、土木分野では技術基準類を従来の仕様規定から性能規定に変更する動きが盛んである。従来の仕様発注方式とは異なり、性能発注方式では、要求される性能を守れば、そのプロセスは基本的には問われないことから、受注者側では設計や施工における自由度が増し、発注者側はコスト縮減や品質向上につながる等のメリットがあると考えられる。しかし、性能発注では、自由度が増すことにより、要求性能を満足するかどうか照査することが重要となる。性能照査を実現するためには、要求性能と照査方法のリンクを図ること、エンジニアリング・ジャッジメントを取り入れること、及び構造物の設計情報と施工時における実際の状況をできる限り正確にデータ化することが必要であると考えられる。

本研究では、仕様規定のうち要求性能との関係が一般にあいまいな構造細目を取り上げ、性能と規定とのリンクを明確にし、さらにエンジニアリング・ジャッジメントを許容・促進する性能照査システムを開発した。さらに、PC 中空床版橋を例題として、3次元の構造物モデルであり、アプリケーションソフトウェアに依存しない3次元プロダクトモデルを開発し、3次元プロダクトモデルと照査システムの統合化に関する基礎的な研究を実施した。

2. 性能発注と性能照査

性能発注では、設計図面や施工中あるいは完成した構造物の性能を照査する必要があるが、仕様発注と異なり自由度が高くなるため、性能の検証ができなかったり、検証方法があいまいでその結果に不安を抱いたりする可能性がある。技術基準が性能規定化されると、要求性能だけが記述され、従来の仕様規定による照査方法は除かれるように思われがちだが、過去の経験や実験データ等から、専門家らによって導かれたような道路橋示方書¹⁾の構造細目は要求性能を達成するための一つの方法であるといえよう。但し、これまでのように構造細目の各項目を全て満足しなければならない、といった考え方は、本来の性能発注の主旨に反するものである。そこで、構造細目をベースに各項目の仕様と性能の関係を明確にすることで、性能を照査することが可能になると考えられる。つまり、構造細目のある項目を満足しない場合でも、代替案によりその項目が要求する性能を満足することができれば、必要な性能を満足していると考えられる。

我々は、道路橋示方書の構造細目の規定をみなし規定とし、目的とする性能項目および検証項目を表-1に示すように整理した²⁾。これにより、みなし規定が満足されなかった時、必ず修正して満足されるようにしなければならない項目なのか、何らかの代替案を採用することにより性能を満足させることが可能なのかを示す性能照査システムの開発が可能になると考えられる。

3. 矩形断面 RC 梁のプロダクトモデル

3次元プロダクトモデルとは、土木構造物

表-1 構造細目の性能整理

| 項目 | みなし規定 | 性能項目 | 妥当性検証項目 | |
|--------|----------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 4.2 | (1), (2) | 施工 | 材料の配置, コンクリートの充填性能 | |
| | (3), (4) | 力学 | 応力集中に関する照査 (形状, 接合部に関する構造解析) | |
| 4.3 | (1) | 耐久 | 乾燥収縮・温度ひび割れに関する照査 | |
| | (2), (3) | 力学 | じん性性能の照査 | |
| 4.4 | 4.4.1 | (1), (2) 施工, 耐久 | 塩害による構造腐食に関する照査, 耐火性の照査 | |
| | 4.4.2 | (1), (2) 力学, 施工 | 構造体としての品質照査 (コンクリートの充填性能) | |
| | 4.4.3 | (1) | 品質, 施工 | フックの定着性能, 曲げ加工部の品質, 施工性能 |
| | | (2) | 力学 | 曲げ加工部の品質性能 (曲げ半径) |
| | 4.4.4 | (1)~(8) | 品質, 施工 | 鉄筋端部の定着性能 |
| | 4.4.5 | (1)~(7) | 力学 | 継手部の強度, ぜい性破壊照査 (継手の品質, 施工性能) |
| | 4.4.6 | (1), (2) | 力学 | PC鋼材の摩擦損失性能 |
| | | (3) | 力学 | PC鋼材の配置における応力照査 |
| | 4.4.7 | (4), (5) | 力学 | PC鋼材の配置におけるひび割れ照査 |
| | | (1)~(3) | 品質, 施工 | 定着具の品質性能 (定着具の配置) |
| | 4.4.8 | (1), (2) | 力学 | 定着具背面の引張応力照査 |
| | 4.4.9 | (1), (2) | 施工 | 鉄筋の配置 |
| | 4.4.10 | (1)~(3) | 品質, 施工 | スタールラップの品質性能 (形状, 配置) |
| 4.4.11 | (1)~(4) | 力学 | ねじりモーメントに対する応力照査 | |
| 4.4.12 | | 力学 | ハンチのひび割れ照査 | |
| 4.4.13 | (1)~(6) | 耐久, 力学 | ひび割れに関する照査 (乾燥収縮, 温度, 応力集中) | |

キーワード：性能発注, 性能照査, プロダクトモデル, 構造細目

〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 TEL 0143-46-5219, FAX 0143-46-5218

の、計画、設計、積算、施工、維持管理といったライフサイクルにおいて、3次元の構造物データを共通のデータとして相互運用することを目的としている。我々は、これまでに図-1に示すような3次元のプロダクトモデルを中心としたシステムモデルを提案し、3次元CAD、設計照査、積算システム等を対象としたデータ運用の検証に関する研究を実施している³⁾。性能照査システムの入力データとして必要なものは全て保有するような3次元プロダクトモデルを、3次元CADシステムで作成し、コンバータによりシステム間でデータの受渡しができるようになれば、設計・施工の段階でスムーズな性能照査が可能になると考えられる。そこで、本研究では、性能照査システムが必要とする入力データ項目を保有するPC中空床版橋の3次元プロダクトモデルを構築した。

4. 構造細目による性能照査システム

本研究では、プロダクトモデルを用いた性能発注に対応した構造細目設計照査システムの開発を行った。実際の設計照査を行う流れとしては、まず、図-1のシステムモデルの流れに基づき、矩形断面RC梁を3次元CADシステムによりモデリングを行い、コンバータによって3次元CADデータを変換し、3次元プロダクトモデルを生成することを想定している。続いて、3次元プロダクトモデルをコンバータを用いて、設計照査システム用のデータ形式に変換し、設計照査を行う。照査結果は、図-2のようにHTML形式で出力され、照査した各項目について満足したか（OK）、満足しなかったのか（NG）が表示される。その他、照査項目がどのような性能を要求しているのか、照査に満足しなかった場合、代替工法があればその工法を提示する等の情報も出力される。さらに、HTMLのリンクにより、その項目の規定の内容や具体的な要求性能といったものを、その場で見る事ができるといった支援機能が付いている。このような構造細目照査システムを開発することにより、性能発注に対応した構造細目の照査を行い、さらにエンジニアリング・ジャッジメントを行うことができるものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、まず、構造細目の要求性能を明確にすることにより、性能発注に対応した構造細目設計照査システムを開発した。さらに、PC中空床版橋の3次元プロダクトモデルを構築し、構造細目設計照査システムを用いて照査を実施した。その結果、3次元プロダクトモデルを利用することにより、構造細目の性能照査を行えることが確認された。今後は、実用化を目指して研究を続けていきたいと考えている。

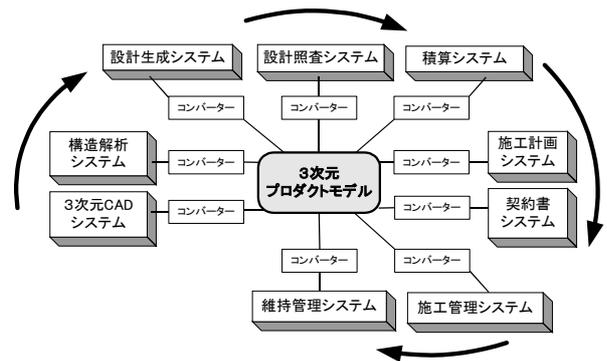


図-1 システムモデル

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説，日本道路協会，1996。
- 2) 加藤佳孝，松井健一，藤本聡，矢吹信喜：性能規定化に対応した設計照査システムに関する検討，第19回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp. 243-246，2001。
- 3) 矢吹信喜，古川将也，加藤佳孝，横田勉，小西哲司：プロダクトモデルによるPC中空床版橋の設計照査と概略積算の統合化，土木情報システム論文集，土木学会，Vol. 10，213-220，2001。

| 構造細目照査結果 | | | | | | |
|-----------------------|-------|--------|--|---------------------------------|----|--|
| 項目 | 規定 | OKorNG | 要求性能 | 代替案の対象項目 | 一般 | 工法 |
| 最小鋼材量 | 4.3 | OK | -力学的性能 -打設充填性 | じん性性能の照査 | 可 | 繊維補強コンクリート |
| かぶり鉄筋の直径以上(支間10m以下) | 4.4.1 | OK | -耐久性 -中性化・塩害・耐火性 | 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査・耐火性の照査 | 不可 | - |
| かぶりが3.0cm以上(支間10m以下) | 4.4.1 | OK | -耐久性 -中性化・塩害・耐火性 | 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査・耐火性の照査 | 不可 | - |
| かぶりが鉄筋の直径以上(支間10mより大) | 4.4.1 | - | -耐久性 -中性化・塩害・耐火性 | 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査・耐火性の照査 | 不可 | - |
| かぶりが3.5cm以上(支間10mより大) | 4.4.1 | - | -耐久性 -中性化・塩害・耐火性 | 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査・耐火性の照査 | 不可 | - |
| あきが鉄筋の直径の1.5倍以上 | 4.4.2 | OK | -コンクリートの流動性・施工性 -コンクリートと鋼材の付着性能 | 構造体としての品質照査(コンクリートの充填性能) | 不可 | - |
| あきが4cm以上 | 4.4.2 | OK | -コンクリートの流動性・施工性 -コンクリートと鋼材の付着性能 | 構造体としての品質照査(コンクリートの充填性能) | 不可 | - |
| あきが粗骨材の最大寸法の4/3倍以上 | 4.4.2 | OK | -コンクリートの流動性・施工性 -コンクリートと鋼材の付着性能 | 構造体としての品質照査(コンクリートの充填性能) | 不可 | - |
| 鉄筋のフック | 4.4.3 | OK | -鉄筋の定着性能 | フックの定着性能 曲げ加工部の品質・施工性能 | 不可 | (鉄筋の定着にフックを使用する場合は不可、それ以外の定着方法を使用する場合は可) |
| 鉄筋のフックの曲げ半径 | 4.4.3 | OK | -鉄筋の局部応力 | (はく離が何時生じるかによって、耐久性能が力学性能から別れる) | 不可 | - |
| スターラップの曲げ半径 | 4.4.3 | OK | -鉄筋の局部応力 | 曲げ加工部の品質性能(曲げ半径) | 不可 | - |
| 新曲げ鉄筋の曲げ半径 | - | - | - | - | - | - |
| 鉄筋の定着 | 4.4.4 | - | -コンクリートと鋼材の付着性能 -鉄筋の耐接出し性能 -施工性能 | 鉄筋端部の定着性能 | 不可 | - |
| 鉄筋の継手 | 4.4.5 | - | -コンクリートと鋼材の付着性能 -継手部の強度 | 継手部の強度、脆性破壊照査(継手の品質・施工性能) | 可 | 解析 |

図-2 矩形断面RC梁の構造細目照査結果画面