

性能規定化に対応した設計照査システムに関する検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○加藤佳孝¹国土交通省国土技術政策総合研究所 松井健一¹国土交通省国土技術政策総合研究所 藤本 聡¹

室蘭工業大学

矢吹信喜²

Yoshitaka KATO, Kenichi MATSUI, Akira FUJIMOTO and Nobuyoshi YABUKI

我々は、建設事業のライフサイクルを通した効率的なデータ運用を可能とするシステムの開発を目指し、アプリケーションに依存しない3次元プロダクトモデルを提案し、その妥当性の検証を行っている。本研究は、3次元プロダクトモデルを中心としたシステムモデルの一つのツールである設計照査システムに関する検討を行ったものである。設計の概念が性能規定化されつつある現状を鑑み、性能規定化に対応可能な設計照査システムの開発の方向性に関する検討を行った。設計照査システムは、現在の技術基準類をベースとして照査を実行し、みなし規定外の各項目が①予測手法の妥当性、②諸条件の設定方法の妥当性、の何れに該当するかを表示すること、および、構造細目の性能整理を活用しみなし規定外が何れの性能に寄与するものであるかを表示するものとした。本研究の成果をシステム化することにより、性能規定化に対応可能であると考えられる。

キーワード：設計照査システム、性能規定、3次元プロダクトモデル

1. はじめに

建設事業のライフサイクルを通した情報共有化を目指し、国土交通省では CALS/EC の整備などを行っている。しかし、現時点における情報共有レベルは2次元 CAD ベースとなっており、建設事業のライフサイクルにおける現状の仕事の手法を大きく変化するまでには至っていないという指摘もある¹⁾。これに対して、3次元プロダクトモデルを中心とした情報共有システムの有効性に対する検討がなされ始めている。3次元プロダクトモデルに関する検討は、ISO の STEP²⁾や IAI の IFC³⁾などにより行われており、機械、建築分野が先行している。また、土木分野においても日本橋梁建設協会⁴⁾が鋼橋を対象として検討を行っているが、コンクリート構造物に対する検討は、他の分野に比べて進んでいないのが現状である。我々は、PC 中空床版橋を対象とし、オブジェクト指向技術に基づき、3次元プロダクトモデルを用いたシステムモデルの開発を行ってきており、

現在、プロトタイプシステムではあるが、3次元 CAD システム、設計照査システム、積算システム間のデータ運用を可能とするシステムを提案している⁵⁾。

前述プロトタイプシステムの設計照査システムを検討するに当たり、諸基準類が従来の仕様規定から性能規定への移行作業が進んでいる現状を避けて通ることはできない。そこで本研究では、性能規定化を念頭に置いた設計照査システムの開発を目指し、道路橋示方書・同解説⁶⁾(道示と略記)を対象とし、システム開発の方向性に関する検討を行った。

2. システムモデルの概要

我々が提案しているシステムモデルは、図-1に示すように3次元プロダクトモデルを中心として、建設事業のライフサイクルにおける、各作業システム間のデータ運用を可能とするものである。現在、図中の3次元 CAD システム、設計照査システム、積算システムを対象としたデータ運用に関しては、検証を終えている。3次元プロダクトモデルおよび各システム間のデータ運用の具体的な内容は参考文献

1 総合技術政策研究センター TEL 0298-64-2211

2 工学部 TEL 0143-46-5219

5)を参照されたい。本システムの特徴は、アプリケーションに依存しないプロダクトモデルに基づいて、各作業システムを統合化していることにある。つまり、技術革新とともに開発される各作業システムのアプリケーションと容易に統合することが可能であり、時代と伴に陳腐化するシステムではなく、逆に各システムの技術開発を促すものである。

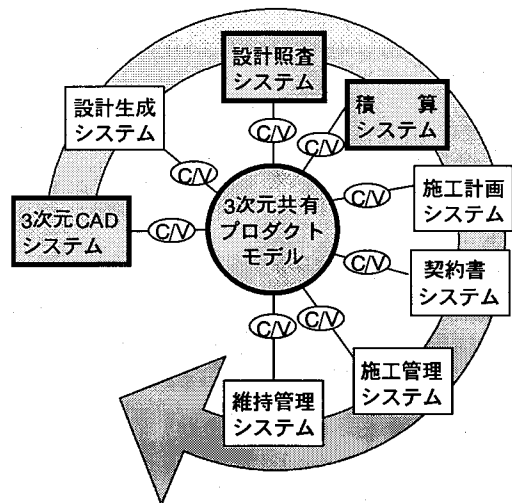


図-1 3次元プロダクトモデルを中心としたシステムモデル

3. 設計照査システムの位置づけ

設計照査システムの開発に当たり、性能規定化における設計成果に対する発注者の検証方法に関して検討する必要がある。本年3月に取り纏められた報告書⁷⁾を参考にする、発注者は設計成果に対してはその確認を実施するとされている。ここで、「確認」という行為の定義が曖昧ではあるが、同報告書に「・・・第三者に被害が発生した場合、・・・、発注者が一切の責任を逃れることがない・・・」との記述があることから、一括発注においても発注者は設計成果に対する検証を実施することが必要であるといえる。また、性能規定化においては設計成果に対する検証方法が整備されていない場合が想定される。このような場合には、技術データの蓄積から検証する方法や、民間が提案した検証方法を活用する方法(提案された検証方法の認定制度の確立が必要)、保証制度を利用した責任分担の明確化による方法など、今後の社会システムに応じた対応策が考えられるが、いずれにしても設計成果を検証する行為は存在する。

つまり、設計照査システムを開発することは有意義な行為であるといえる。

4. 設計照査システムの開発・検討

4.1 設計照査システムの概要

性能規定においては、要求性能を満足すればそのプロセスは問わないというのが基本である。例えば、コンクリート標準示方書【施工編】(示方書と略記)の2.3 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査⁸⁾を参考にする、⁹⁾「構造物の所要の性能が、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食によって損なわれてはならない」との記述があり、一つの判定方法として式(1)が記載されているとともに、プロセスの一例が示されている。ここで、式(1)により照査を実行することを想定する(今後の技術革新により、式(1)を使用しない場合があるかもしれないが)。この時、プロセスを問わないということを考えると、設計者は式(1)中の3つの変数を提出し判定基準をクリアすることを証明することとなる。しかし、この結果を検証する場合には、提出された3つの数値が妥当な値であるかを検討することが必要となる。すなわち、プロセスが妥当であるかを検証することが必要不可欠となる(無論、前述したようにそのプロセスが認定制度などの結果、認定済みであれば必要はない)。複数存在しうるプロセスを検証するととなると、どのような方法で実施すれば良いか?と途方に暮れてしまう。さらに、これが対象とする構造物全体に対して実施するとなれば、手の付けようが無くなることが想像される。この様な問題に対し本研究では、一つの解決手段として設計照査システムを以下の概念のもと構築することを考えた。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (1)$$

γ_i : 構造物係数, C_d : 鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値, C_{lim} : 鋼材腐食発生限界濃度

従来の技術基準類に記載されている項目は、基本的にみなし適合規定として利用されることを念頭に置き、設計照査システムの構成としては、①従来の技術基準類ベースで照査し項目毎に合否判定、②「否」の判定の場合、その項目が示す性能を明示、③提案照査方法などを使用して②で示された性能を照査し合否判定、とした(図-2 参照)。なお、③に

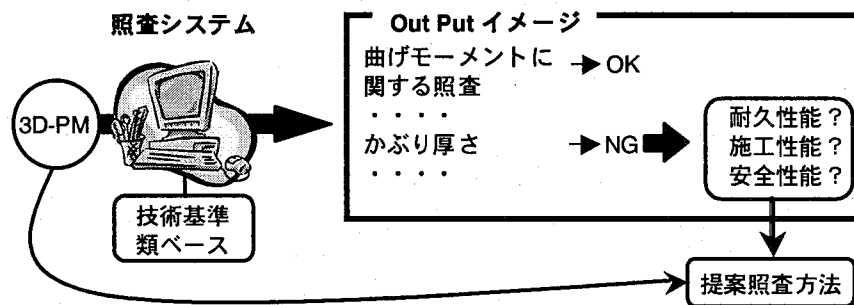


図-2 設計照査システム概念図

関しては本研究の対象外とするが、規定外の項目に関しては別途の照査方法が存在するものとする。

4.2 みなし規定外に対する設計照査システムの対応方法に関する考察

3次元プロダクトモデルを中心として設計照査システムを運用する場合、照査に耐えうる情報が3次元プロダクトモデル中に存在していることが必要不可欠となる。道示の第2章設計計算に関する一般事項を参考にすると、算出された部材の応力度、モーメントなどと許容値との比較により照査がなされており、示方書の第2章コンクリート構造物の耐久性照査を参考にしても、各劣化現象の予測値と限界状態を比較することにより照査を実行している。ここで式(1)を例に取り、示方書に基づいた照査フローを図-3に示す。まず、示方書に基づいた照査実行の可否を、必要とする情報の有無により判定し、否の場合は別途の照査方法によるものとする。合の場合はフローに沿って順次判定を行っていく。この時、各段階において「妥当①～⑥?」の項目に関しては、示方書に規定された数値以外においても、妥当性を検証し合否の判定を下すことになる。例えば、妥当①?は、鋼材腐食発生限界濃度を 1.2kg/m^3 と規定されているものに対して、過去の実証データ、理論的アプローチなどから 〇〇kg/m^3 と提案されたものが妥当であるかを検証することを意味する。なお、「妥当?」は、判定方法は示方書と同じであるが、その算出プロセスが異なることを意味しており、これに関する妥当性の検証が必要となる。ここで、道示および示方書をベースとした照査を実施した場合における、妥当性の検証（みなし規定外への対応）のポイントを整理すると、①予測（解析）手法の妥当性（精度）、②諸条件（環境、荷重、強度など）の設定

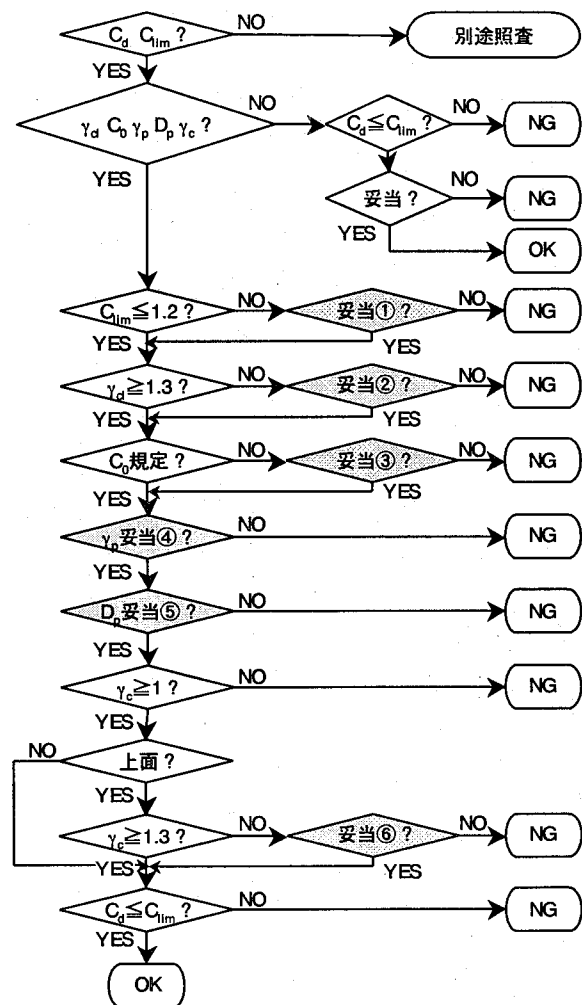


図-3 照査フローの一例

方法の妥当性、があげられる。設計照査システムを開発する上では、みなし規定外となった各項目に対して前述①、②、さらに具体的な関連事項（例えば、 C_d であれば環境条件（表面塩化物イオン濃度）の設定）を明示することが重要となる。

4.3 道路橋示方書における構造細目の性能整理

性能規定化に対応可能な設計照査システムを技術基準類ベースで構築する場合、過去の経験などにより安全性、耐久性、施工性などを確保するために必要な項目として規定されている構造細目の取り扱いが問題となる。なぜなら、構造細目に関する照査の結果が規定外となったものに対して、その項目が何の性能を満足するために寄与する項目かが不明の状態では、性能規定化に対応できないためである。そこで、道示における構造細目を性能規定の概念から整理することを試みた(表-1 参照)。設計照査システムにおいては、構造細目をみなし規定ベースで照査し、規定外項目に関しては表-1 の性能項目、妥当性検証項目を表示することにより、別途の照査方法とのリンクが容易となる。

5. おわりに

本研究は、3次元プロダクトモデルを用いた建設事業支援システムの一つのツールである、設計照査システムに関する検討を行ったものである。今後、本研究の成果を活用しシステム化していくことが必要であると考えている。なお、道示においては本年度性能規定化された基準が制定される予定であり、本研究で実施した構造細目などの性能整理との整合性を取る必要がある。

【謝辞】

本研究を遂行するに当たり、(社)プレストレスト・

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	じん性能の照査
4.4	4.4.1 (1), (2)	施工, 耐久	塩害による鋼材腐食に関する照査, 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
		力学性能	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鋼材の摩滅損失性能
		力学	PC鋼材の配置における応力照査
		力学	PC鋼材の配置におけるひび割れ照査
	4.4.7 (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)

コンクリート建設業協会の「性能発注に関する検討委員会」の皆様には多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 苗村正三：土木分野における IT 革命, 土木技術資料 No.43-1, pp.44-49, 2001
- 2) Julian Fowler：STEP がわかる本, 工業調査会, 1997
- 3) <http://www.interoperability.gr.jp>
- 4) 橋建協の建設 CALS への取り組み, 虹橋, No.62, pp.69-75, 2000
- 5) 矢吹信喜ら：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, Vol.10, (掲載予定), 2001
- 6) 道路橋示方書・同解説 (I, III), 社団法人日本道路協会, 1996
- 7) 設計・施工一括発注方式導入検討委員会 報告書, 2001
- 8) コンクリート標準示方書【施工編】, 土木学会, 平成 11 年版

A STUDY ON A FRAMEWORK OF INSPECTION SYSTEM ON PERFORMANCE-BASED DESIGN

In order to enable interoperability of various systems in the lifecycle of construction, the application-independent 3D product model has been proposed, and the availability of this system has been already inspected. In this research, an inspection system at design phase was developed based on performance-based design. The system is composed of 2 phases. First phase is "Inspecting each items in a design-result based on specification design standard". Then, if there were errors, second phase indicates what performance the item means. Using this concept, a design result can be inspected based on performance-based design.