

1. はじめに

設計基準は、土木構造物や施設の機能性・安全性などを保証するために、設計過程で重要な役割を担っている。研究者や技術者は、設計した構造物や部材が設計基準を満足するか自動的に照査でき、構成が完璧であるような設計基準を作成できるよう、様々なモデルを提案してきた¹⁾。しかし、それらの多くのモデルは主に設計の自動照査を対象としており、最適化による方法²⁾とヒューリスティクスによる方法³⁾などの極少数を除いて、設計の自動生成は扱ってこなかったようである。また、柱や梁のような比較的単純な部材が対象とされ、接合部は余りに手続的であるという理由でこの分野の研究では扱われてこなかった。さらに、接合部の設計の自動生成はそのタイプや形状パターンが余りにも多すぎるため、最適化やヒューリスティクスのみでは対応しにくいと考えられる。そこで本研究では、設計基準を基にして、鋼構造物の接合部の設計の自動生成を事例ベース推論(CBR)により行う方法を提案する。また、実際に提案する方法を用いて、部材のボルト接合の設計を行い、本方法の有効性を検討した。

2. 方法論

与えられた設計条件から設計を行う際、設計基準に従った解の数は実質的には無限にあるので、設計条件から最適解が一意的に決定する単純なケースを除けば、何らかの方法で構造の仮定を行い、照査するという流れになる。しかし、この仮定を行う部分は、土木構造物の場合、条件が多岐にわたるため、技術者のノウハウ、経験、センス等が要求され、コンピュータで自動的に最適に近い設計を行うのは困難なことが多い。また、多くの設計者は、当てずっぽうに断面などを仮定するのではなく、過去の設計から類似の事例を探し出して適用させることが多いようである。そこで本研究では、過去の事例をベースに設計する事例ベース推論(CBR)を応用することとした。

事例ベース推論とは、現在の設計状況と過去の多くの設計事例を比較することで類似した状況を発見し、新しい問題の設計にあてはめて、必要があれば条件に合うように修正し、新しい設計事例をデータベース(ケースメモリ)に加えるという方法である。事例をケースメモリに発達させるためには、事例の中から必要なデータ項目を抽出し、表の形に整理しなくてはならないが、多様な設計に対応するデータベースを構築するのは容易ではない。そこで本研究では、XML(eXtensible Markup Language)を使って設計レポートを作成することにより、設計レポートの集合をデータベースとして利用できるシステムを開発することとした。

XMLを使った設計レポートは、文書としての表示や印刷だけを目的とした形式だけでなく、データとしてプログラムが解釈できることも目的とした形式を持つことができる。また、データが何であり、どのような構造であるかが分かるのでデータの修正や取り込みが自由にでき、OS やソフトウェアに依存しないのでデータは半永久的な保存性を持つ。

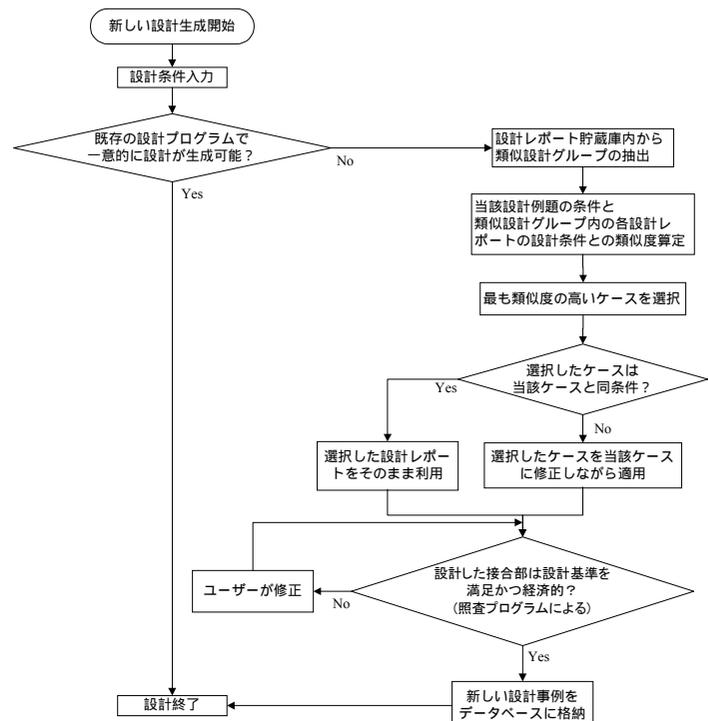


図 - 1 設計生成の流れ

本システムは、設計・照査プログラムと設計レポートや設計基準などの文書ファイルから構成され、ユーザーは単一のユーザーインターフェースで操作可能であるものとする。図 - 1 に新しい設計が生成されるまでのフローチャートを示す。設計の生成は、ユーザーの設計条件の入力と設計の修正を除き、自動的に行われる。

3. モデルの実際への適用

本システムでは、各設計レポートは設計条件を記述した < CONDITION > 部と計算や設計へ至る論理などを記述した < BODY > 部によって構成される。XML を使った設計レポートを Internet のブラウザで表示した例を図 - 2 に示す。また、図 - 3 にその XML ソースファイルを示す。図 - 3 に示す < CONDITION > 部は、設計レポートの特徴を表す部材の形状・作用力等を含み、< BODY > 部は、設計レポートの内容である文章・説明・式などを含む。図 - 4 は入力フォームを表す。中央部には、構成・形状・接合方法等の選択を行うフォームがある。類似度付けの方法は、入力フォームの入力値と各設計レポートの < CONDITION > の値との間で類似度付けを行う。類似度付けには、構成・形状・接合方法が適合した設計レポートのみを対象とし、力、部材の形状・種類、補剛材、ボルトおよび溶接の種類から類似度を計算して行う。類似度付けを行った結果、最も類似度の高い設計レポートを引き出し、この設計レポートに入力フォームから入力された値を適用して設計を行う。設計システムの構築には、JavaScript、DOM (Document Object Model) 等を用いた。

設計例として、引張力を受ける部材のボルト接合の設計を行った。設計条件として図 - 4 に示すようなユーザーインターフェースから値を入力した。まず、本システムは、上記の方法論に従い事例ベース推論によって類似した設計レポートを選択する。ユーザーは、これに基づいてボルト本数とボルト配置を仮定する。システムは照査を行って、設計基準を満たすか判定する。設計結果のブラウザ表示を図 - 5 に示す。

4. おわりに

XML と CBR による接合部の設計生成に関する方法論を示し、プロトタイプシステムを開発した。今後は、より複雑な接合部の設計に対しても設計の自動生成が可能であることを示していきたい。

参考文献

- 1) Fenves, S.J., Garrett Jr., J.H., Kiliccote, H., Law, K.H., and Reed, K.A. : Computer Representations of Design Standards and Building Codes, U.S. Perspective, pp.13-34, 1999.
- 2) Garrett Jr., J.H., Fenves, S.J. : A Knowledge-Based Standards Processor for Structural Component Design. Report No. R-86-157, Department of Civil Engineering, Carnegie-Mellon University, 1986.
- 3) Yabuki, N., Law, K.H. : An Object-Logic Model for the Representation and Processing of Design Standards, Engineering with Computers, 9, pp.133-159, 1993.

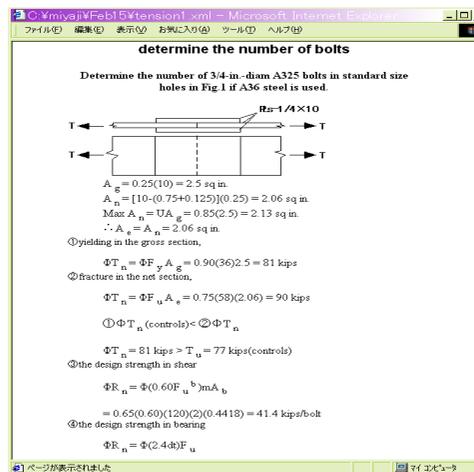


図 - 2 設計レポートのブラウザ表示

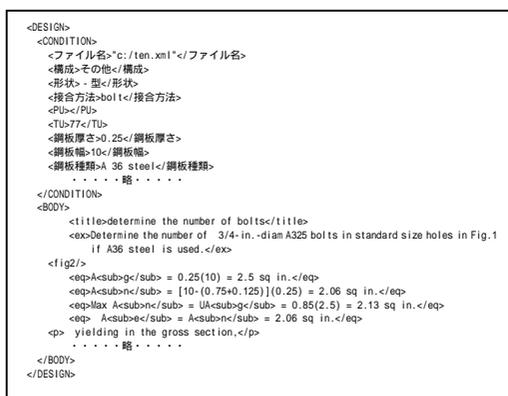


図 - 3 設計レポートの XML ソース



図 - 4 入力フォーム

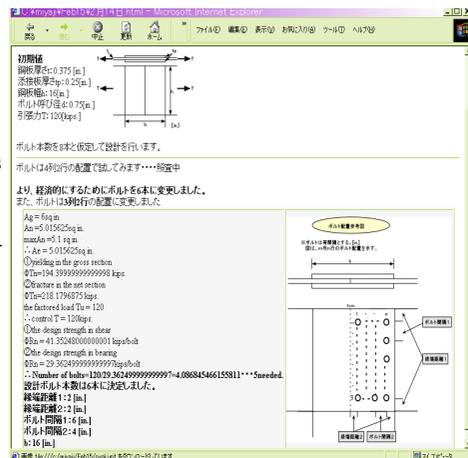


図 - 5 設計結果のブラウザ表示