

I-244

維持補修を考慮した橋梁設計のコンサルテーションシステムについて

京都大学大学院 学生員 大谷裕生 京都大学工学部 正 員 白石成人
 京都大学工学部 正 員 古田 均

1. まえがき 構造物の損傷の増加に伴い、補修工事の困難さが表面化してきている。というのは現在の設計は、基本的には、「いかに合理的に構造物を設計することが出来るか」ということと、「いかに合理的に架設することが出来るか」という二つの点のみを重視しており、補修に対する考慮があまりなされていないからである。すなわち、現在の設計においては、「構造物の補修は設計の当初段階から見直すのではなく、構造物が破損した時点で補修工事をすれば良い」と考えられているふしがある。

しかし、大地震を経験した後などには、都市機能の早急な復旧の必要性から短時間に構造物を点検し、破損している部分は直ちに補修しなければならない。また、補修工事の費用は年々高まる一方である。したがって、補修工事をいかに経済的な形で実施するかという問題の解決が急務となっている。そのためには、あらかじめ補修に対する配慮を十分した上で設計を行う必要があると思われる。

本研究では以上のことに鑑み、ブレインストーミング、補修マニュアルの参照、専門家との直接の対話等によって、補修を考慮した設計に対する知識を獲得した。そしてこれらの知識をコンピュータに入力蓄積することによって、補修に対する専門的知識を十分に持っていない設計者に対して補修設計の支援を行うエキスパートシステムを構築することを試みた。本システムを用いることによって、設計者が設計データをコンピュータに逐次入力すれば、補修設計の観点に立った橋の問題点を把握することが出来る。本システムはいわゆるコンサルテーションシステムであり、システム構成という観点からはプロダクションシステム¹⁾に分類される。

また本研究では、既存の合成I桁の設計プログラムを用いて、橋梁の設計に維持補修を考慮することによって設計が変わるのかどうかを検討した。

2. コンサルテーションシステムの概要 本研究では京都大学大型計算機センターのUTI LISPによって書かれたプロダクションシステム・インタープリタ²⁾をエンジニアリング・ワークステーション上のFRANZ LISPに移植することを試みた。LISPにはMAC LISPやINTER LISP、その他にもCOMMON LISP, FRANZ LISP, UTI LISP, UCI LISP ……など数多くの種類があり、異種の言語間ではソフトウェアの互換性がないことから、システムの移植は全て手作業で行わなければならない。インタープリタの移植によって、比較的容易にプロダクションシステムの開発が可能となり、またエキスパートシステムの使用性の向上が期待できる。このシステムを基に、エンジニアリング・ワークステーション上に補修を考慮した橋梁構造物の設計のためのコンサルテーションシステムを構築した。

エンジニアリング・ワークステーションは32bitの汎用小型コンピュータであり、DOSとしてUNIXを登録している。本研究で使用するLISPのみならず、いっさいのファイルはこのUNIXのもとで管理される。UNIXでは、ディレクトリによるファイルの管理を行うことによって、比較的容易にプログラムの開発及び実行をすることができる。よって、エンジニアリング・ワークステーションは、大型計算機を利用するよりもファイル操作が簡易であり、エキスパートシステムを構築するにあたっては、非常に有利であると言える。本研究では、SONY社製のNEWS(NETWORKSTATION)を使用した。

本コンサルテーションシステムは、プロダクションシステムによって構築されている。プロダクションシステム¹⁾は一般に、推論機構であるインタープリタとルールベースとデータベースより構成されている知識ベースから構成される。ルールベースは「if・・・then・・・」の形で書かれているルールの集合である。また、ユーザーが入力したデータはデータベースで管理される。つまり、インタープリタはルールベースとデータベースから、然るべき結論を導き出す働きをする。

さて、本システムのルールに用いた知識は、まず補修マニュアル³⁾等を参照し、さらに阪神高速道路公団の専門家との対話を通じて獲得した。そして、これらの知識を、ユーザがこのシステムを使用し易いように、以下のことに注意を払って整理した。① ルールベースを橋梁の各部分ごとに分類し、ユーザーがシステムを利用し易いように整理した。② 同じくユーザーが利用し易いように漢字で画面出力をするようにした。③ また、新たにユーザーが定義するための関数のファイルを用意した。④ ユーザーが全ての箇所を素早く点検できるように、橋梁の各部分について自由に行き来できるようにした。⑤ 少しでも実行速度が向上するように、多くのルールベースを構成して、それを効果的に利用した。

本システムの構築によって、設計者が設計時に補修に対する考慮が簡単に行えることになった。このことは、初級技術者など補修に関する知識が十分でない設計者にとって意義深い事であると思われる。

3. コンサルテーションシステム適用例 ある橋梁について、本コンサルテーションシステムを適用した結果を図1に示す。まず、図1に示すように、システムが順次質問をしてくるので、それに従って設計された橋梁のデータを入力していく。

本例ではa)の床版からf)の付属設備の内、c)の本体を選択し、本体の中でa)の主桁を選ぶ。そうすると主桁は連続桁であるか連続桁でないかを聞いてくる。さらに、直線桁か曲線桁か、等径間か等径間でないか等、順次質問をしてくる。最後に、boxの幅、高さ、桁下空間、杓の高さなどを答えると、図1に示すように、注意すべき事項や、問題点が表示される。この橋梁の例では特に、シューの高さが問題になっている。設計者はこの結果を見て橋梁の設計をもう一度検討してみる必要がある。これは、シューの高さが低いために補修のときにジャッキを入れることが出来ない例である。

a: 床版
b: 支承
c: 本体
d: 伸縮継ぎ手
e: 橋脚
f: 付属設備
cを選択する
a: 主桁
b: 横桁
c: その他
nil: 前面画面へ
aを選択する
a: 連続桁である
b: 不連続桁である
aを選択する
a: 直線桁である
b: 曲線桁である
aを選択する
a: 等径間である
b: 不等径間である
aを選択する
a: 箱桁
b: 合成I桁
c: その他
aを選択する

a: 架線がある
b: 架線はない
bを選択する
a: 断面内部に入れる
b: 入れない
aを選択する
boxの幅は何mですか?
3.3m
boxの高さは何mですか?
2.816
桁下空間は何mですか?
(ここでは不明なので、入力しない)
シューの高さは何mですか?
0.165
・シューの高さが低いので、問題があります!!
・車の車輪の軌跡の近くに主桁を配置する必要があります
・主桁に段差を設けないようにしてください
・マンホールを各橋脚近辺に最低1カ所もうけてください。
また、マンホールが橋脚からはなれたところにある場合は橋脚までの検査路を設ける必要があります。
・ジャッキアップのときの横方向移動に対する横方向移動制限装置も併せて設置してください。
・現場継手部には止水口を施し、排水口及び換気孔を設けてください。

図1 コンサルテーションシステムの適用例

4. 合成I桁の設計プログラムの適用例

本研究では既存の合成I桁橋梁設計システムを使って、ある合成I桁の設計例を、補修のための空間を保持する事を目的として再設計してみた。設計例では桁高は1600mmである。これに対して維持補修用の空間を確保するために、桁高を1800mmとして設計をし直してみることにする。ただし、桁の断面以外のデータは全て同じものとする。設計プログラムを起動させて必要なデータを入力すると、一般的には以下の結果になることがわかった。つまり、横倒れ座屈に対する安全性、降伏強度に対する安全性、許容応力度に対する安全性、鋼重、その他にも、運搬・架設・その他においても、大きな違いはないものと思われる。特に鋼重については、わずかながら増加し、建設費用は増加する。しかし、補修を考慮することによって、補修費用を低減することが出来ることを考慮すれば、設計段階で補修の容易さを考慮することは十分に意義があることだと言えよう。

5. 結論およびあとがき 本研究では、橋梁を設計する際に補修を考慮する必要があるかどうか、またある注意すべきであるかを検討した。まずブレインストーミングを行い、補修という観点からみた現在の橋梁の問題点を抽出した。それによると、補修を考慮していない橋梁構造物は多く存在し、場合によっては補修工事が非常に困難な橋梁も存在することが判明した。そしてそれらの橋梁のほとんどが、維持管理用の空間を確保していないか、または維持管理し易い構造になっていないかのどちらかであることが分かった。そこで、従来の補修設計マニュアルを整理し、専門家の助言を得てその知識を補足することによって、補修を考慮した設計に関する知識を表すプロダクションルールを作成した。そして、それをコンピュータに入力することによって、コンサルテーションシステムを構築することに成功した。本コンサルテーションシステムは、エンジニアリング・ワークステーション上で構築することができた。この事によって、システム開発者にとってもユーザーにとっても、これまでより自由で快適な環境のもとでシステムを使用できるようになった。また、本研究ではBASICによる合成I桁橋の設計システムを用いて、既存の設計例を取り上げ、それに対して補修のための空間を保持する事を目的として再設計を行った。その結果、この例からは補修を考慮しても鋼重などにはそれほど大きな影響はなく、補修費用を低減することが出来ることを考えれば、設計段階で補修を考慮することは有益であり、十分に意義あることであると確信される。

参考文献 1)上野晴樹;知識工学入門、オーム社(1986) 2)川上宏一郎;エキスパートシステムを用いた橋梁構造物の耐用生評価に関する基礎的研究、卒業論文、1986 3)阪神高速道路公団;維持管理を考慮した鋼構造物の計画と設計・施工(1985)