

I-230 PROLOGを用いたRC・T桁橋の設計

室蘭工業大学 正員 菅田 紀之
室蘭工業大学 正員 尾崎 諒

1. まえがき

現在、土木工学の分野へのコンピュータの利用が広く浸透し、構造物のFEM解析、統計計算などの各種の数値計算が行われている。また数年前からは新しいコンピュータの利用法として、知識工学的手法が土木工学にも応用されるようになってきている。知識工学的手法が有効なものとして考えられる対象は、構造物の寿命予測、健全度の診断、形式選定などの多くの知識と経験を必要とする問題、あるいは構造物の設計などのように多くの条件や基準により制約を受けているような問題で、専門家でなければ解けないような問題領域である。一般に、このような専門家でなければ解けないような問題を、知識工学的手法により解くシステムのことを、エキスパート・システムと呼んでいる。

本研究では、パソコン上で実行可能なシステムとして、論理型言語PROLOG¹⁾によりプロダクション・システムを作成し、形状、寸法、基準などの知識をルール化しルール・ベースとし、断面力、断面耐力、鉄筋量の計算などの数値計算のプログラムをBASICによってつくることにより、RC・T桁橋設計システムを開発した。なお、設計は道路橋示方書²⁾及びコンクリート標準示方書³⁾に従って行った。

2. システムの概要

システムの概要は図-1に示すように、大きく分けて5つの部分から構成されている。各部分について以下に説明する。

I条件入力：幅員、橋長、使用材料、荷重などの基本的な条件を入力する部分。

II床版の設計：床版について終局限界状態および使用限界状態での検討を行う部分。

床版について必要な断面寸法がコンピュータにより仮定され、その断面より必要な鉄筋量を求め、使用する鉄筋量を定め、破壊に対する検討とひびわれに対する検討を行う。

III主桁の主鉄筋の設計：主桁の曲げについて終局限界状態および使用限界状態での検討を行う部分。

主桁について必要な断面寸法がコンピュータにより仮定され、その断面より必要な主鉄筋量を求め、使用する主鉄筋量および折曲げ位置、折曲げ鉄筋量を定め、曲げモーメントによる破壊の検討とひびわれの検討を行う。

IV主桁のスターラップの設計：主桁のせん断について終局限界状態および使用限界状態での検討を行う部分。

仮定された断面より必要なスターラップの量を求め、使用するスターラップの量を定め、せん断による破壊の検討とスターラップと折曲げ鉄筋の応力の検討を行う。

V出力：設計の結果を出力する部分。

条件、寸法の入力および数値計算部分はBASICによってプログラムされ、断面寸法の仮定、使用する鉄筋の仮定および検討が、PROLOGおよびルール・ベースによって構成されている。現段階でのルールの数は約60個である。

図-2は最小鉄筋量に関するルールの例である。このルールが実行されると、終局限界状態で計算された必要鉄筋量が有効断面積の0.2%以下のとき、必要鉄筋量が有効断面積の0.2%になる。

I 条件入力
II 床版の設計
III 主桁の主鉄筋の設計
IV 主桁のスターラップの設計
V 断面出力

図-1 RC橋設計システム

```

if(床版の最小鉄筋量,
    処理(θは,床版),
    床版寸法(θhs2, _hs2),
    床版必要鉄筋量(θas2, <_hs2*0.2-4.0*0.2),
then,
    _as21 is _hs2*0.2-4.0*0.2,
    modify(3,θas2, _as21)).
  
```

図-2 最小鉄筋量に関するルール

一般条件		床版の鉄筋量と検討 (γ_1)					
桁長 (m)	: 18	片持部床版		中間部床版			
車道幅員	: 8	橋軸直角方向		橋軸直角方向		橋軸方向	
歩道幅員	: 2			支点部		支間部	
計画大型車交通量							
(1日1方向)							
1000台以上: 1、		鉄筋量		D13@20.0	D13@10.0	D13@10.0	D13@15.0
1000台以下: 2)	: 1	使用限界状態		1.25	1.61	1.53	1.32
これでよろしいですか ? (Y/N)		終局限界状態		2.69	1.49	1.46	1.30
荷重条件		主桁の主鉄筋と検討 曲げ (γ_1)					
永久荷重		折曲げ位置 (m)		1.50	3.00	4.50	6.00
床版自重、主桁自重、横桁自重、地覆自重、				-2	-2	-2	-3
歩道自重、舗装自重				-4	-4	-4	-4
高欄自重 (kgf/m)	: 60	鉄筋量		D32-2	D32-3	D32-4	D32-4
変動荷重				-4	-4	-4	-4
床版: T-20、500kgf/m ² (歩道)		使用限界状態		2.21	1.54	1.31	1.22
主桁: L-20、350kgf/m ² (歩道)		終局限界状態		2.86	1.76	1.44	1.32
高欄耐力 (kgf/m)	: 250						
これでよろしいですか ? (Y/N)		主桁のスターラップ量と検討 せん断 (γ_1)					
使用材料		X (m)		0.75	6.335	6.60	折曲げ鉄筋 斜め圧縮破壊
コンクリート		鉄筋量		2-D13@30.0	2-D13@40.0		
設計基準強度		使用限界状態		29.59	-----	-----	14.80
(240kgf/cm ² : 1, 300kgf/cm ² : 2)	: 2	終局限界状態		5.78	13.04	13.54	-----
鉄筋							4.19
規格 (SD30: 1, SD35: 2)	: 2						
これでよろしいですか ? (Y/N)							

図-3 システムの実行例

3. 実行例

図-3は本システムの実行例である。桁長が18m、車道の幅員が8m、歩道の幅員が2m、計画大型車交通量が1日1方向で1000台以上という条件と、使用材料としてコンクリートの設計基準強度を300kgf/cm²、鉄筋をSD35を用いるという条件で設計している。ユーザーが条件を入力すると、床版に関する寸法と主桁に関する寸法がコンピュータによって仮定され画面上に表示(図中略)され、ユーザーの入力待ち状態になり寸法の変更が行える。次に、コンピュータによって選ばれた鉄筋量と、終局限界状態に対する検討結果である断面耐力と断面力の比、および使用限界状態に対する検討結果である許容ひびわれ幅とひびわれの比が表示され、設計が終了する。

4. あとがき

本研究では、プロダクション・システムの手法を用いて、パソコン上で実行可能なRC・T桁橋の設計システムの開発を、断面力、必要鉄筋量の計算など数値計算部分はBASICによってプログラムし、このシステムのメインとなる基準、断面の選択、鉄筋の選択などの知識はルール化することによって試みた。なお、このシステムでのルールの数は約60個になっている。このプロダクション・システムではプログラムの流れ、アルゴリズムはあまり考える必要はなく、知識のルール化が大きな鍵となることが特徴と言える。

実際に設計に応用してみた結果として次のような問題があった。入力に対して応答時間がいくぶん遅い。条件によっては、ルールが足りないため正常に設計が終わらないことがある。以上のように、このシステムはまだ完全なシステムとは言えないが、ルールの修正、追加を行うことにより応答時間の問題をのぞいて、解決されるものと思われる。応答時間については、少ないルールでシステムを構成するか、プロダクション・システムの改良により、ある程度は解決できるものと思われるが、今後の課題と言えよう。

なお、本システムに使用したパソコンは、NEC PC-98XLである。

参考文献

- 1) Advanced RUN/PROLOG USER'S MANUAL, LIFEBOAT, 1987.
- 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編 IIIコンクリート編、日本道路協会、1978.
- 3) コンクリート標準示方書【昭和61年制定】設計編、土木学会、1986.