

ニューマチックケーソン基礎の最適自動設計システムの開発

(株)白石 正会員 大石 雅彦
 (株)白石 正会員 吉川 信男
 香川大学 正会員 松島 学

1. はじめに

橋梁基礎の一形式であるケーソン基礎は、荷重、地盤条件、施工条件等を基にコンピュータを利用して設計されるが、設計作業には経験と多大な時間を要するものとなっている。また、設計計算ではトライアル計算に伴う入力データ作成のミス、数量計算や積算では単純な計算ミスや結果の転記ミスも発生することがあった。そこで、設計計算を完全に自動化し、さらに設計結果を基に設計者の判断や手入力作業が入らないように工費・工程算出についてもコンピュータ内で自動的に計算でき、最適な基礎形状を選択できるシステムを開発した。本文では、開発したシステムの概要・特徴とその使用例を示すものである。

2. システムの概要と特徴

1) システムの適用範囲

道路橋のニューマチックケーソン基礎を対象とし、止水壁方式ではなく最近の実績の多いピア方式（止水壁を設けず、橋脚の一部も構築して沈設させる方式）に限定している。形状は円形、小判形、矩形を選択でき、設計方法は道路橋示方書に従い、常時、暴風時、レベル1およびレベル2地震時の各荷重時に対応している。システム全体のフローは、安定計算 数量計算 工程・工費計算 最適なケーソン基礎形状選定となっている。

2) 安定計算

安定計算は指定した範囲の形状全てを総当りで計算し、安定計算を満足した形状のみ、数量計算以降の計算をするものとした。本システムでは構造計算を省略し、側壁厚さ、頂版厚さ等の部材寸法は、過去の実績から部材寸法のデータベースを基に設定している。ただし、レベル2地震時の安定計算項目として基礎本体の降伏があり、側壁の鉛直軸方向鉄筋については、基礎本体が降伏しないように鉄筋配置を自動的に決定している。

3) 数量、工程および工費の算出

数量算出は国交省の数量算出要領に従い、算出項目としてコンクリート工、型枠工、足場工、頂版支保工、セントル工および沈下掘削工について計算している。工程・工費の算出は国交省および日本圧気技術協会の積算基準に準拠している。積算においては直接工事費に着目し、救急設備や安全設備等の共通仮設費に関わる入力項目はプログラム内部で固定している。これは、これらの積算項目が形状変更によって工事費へ大きく影響しないためである。

4) 最適評価基準

設計において最適なケーソン形状を選ぶ基準としては経済性が最も重要であることから、最適評価基準は次式に示すように定式化した。

$$\text{Objective } C(b, d, l) \quad \min \quad (1-a)$$

$$\text{Subject to } \delta \leq \delta_a \quad : \text{全荷重時} \quad (1-b)$$

$$q \leq q_a \quad : \text{常時, 暴風時, レベル1地震時} \quad (1-c)$$

$$P_{Pu} \leq P_{Fy} \quad : \text{レベル2地震時} \quad (1-d)$$

ここに、

C : 工事費（構築、設備、沈下掘削、共通仮設費から構成される）

b : 橋軸直角方向長さ、 d : 橋軸方向長さ、 l : 根入れ深さ

δ, δ_a : ケーソン基礎変位、その許容値
 q, q_a : 地盤反力度、その許容値

P_{Pu} : 橋脚の終局耐力

P_{Fy} : ケーソン基礎の降伏耐力

ケーソン基礎の工事費において、その割合の多くを占めるのは沈下掘削に関するものであり、工事費はほぼ沈下掘削量に比例するといわれている。したがって、沈下掘削量に直接関係する外形寸法である橋軸直角方向長さ b 、橋軸方向長さ d および根入れ深さ l の3つのパラメータを目的変数とした。ここで、外形寸法を除く部材寸法は沈下関係等の安定計算以外の検討で決定される場合が多く、上記3つのパラメータにより外形寸法が決まれば、過

キーワード ケーソン基礎、最適設計、積算

連絡先 〒101-8588 東京都千代田区神田岩本町 1-14 TEL 03-3253-9118 FAX03-3253-7427

去の実績から部材寸法はほぼ決まってくる．このように部材寸法は外形寸法に対して付随したものであり，上述したように部材寸法は外形寸法に応じて過去の実績に基づくデータベースを参照して決定している．

ただし，設計においてケーソン構造寸法は一般に 0.5m 刻みで決定されることと，積算においても入力条件の設定によっては工事費に幅が生じることから，工事費の 2.5% 程度の範囲は同じ工事費とみなせると考えられる．そこで，工事費が同額とみなせる範囲では，式(2)に示す安全性に関する第 2 の最適評価基準を考えた．

ここで，安全性の評価値として橋脚終局耐力に対する基礎の降伏耐力の比としたのは，ケーソン基礎の形状はレベル 2 地震時でほとんどが決まることと，式(2)が示す耐力比が大きいほどレベル 2 地震時ではケーソンの安全度が大きいと評価できると考えたためである．

なお，この耐力比は橋軸方向と直角方向の 2 つの値があり，図 - 1 に示すように両者の 2 剰和の平方根が最大となる耐力比を評価値とした．

$$\text{Objective } S_p = P_{Fy}(b, d, l) / P_{Pu} \quad \max \quad (2)$$

ここに， S_p ：橋脚とケーソン基礎の耐力比

3．システム使用例

橋軸直角方向長さの範囲 9.0～11.0m，橋軸方向長さの範囲 4.5～7.0m および根入れ深さの範囲 15.0～16.0m で，橋軸直角方向長さ／橋軸方向長さが 3.0 以下の範囲で計算した例を図 - 2，表 - 1 に示す．

これらの条件での検討ケース数は 108，安定計算を満足する形状数は 75 であり，計算時間は 3 分 35 秒 (OS: WindowsXP, CPU: Pentium4-3.2GHz) であった．

図 - 2 の横軸は第一評価値の工事費であり，工事費が小さいほどケーソン形状は最適となるが，ここでは前述の理由で 2.5% の範囲において工事費は同額とみなした．そして工事費同額とみなした 2.5% 範囲で第 2 評価基準を適用すると，その範囲で縦軸の耐力比が最大となるケーソンが最適形状と評価される．

表 - 1 では第 1 評価基準の順番で示してあり，工事費誤算を 2.5% とすると上から 5 つのケーソンは工事費同額とみなせる．この 5 つのケーソンで第 2 評価基準を適用すると，第 2 評価値の耐力比が最大となる No 5 のケーソンが最適形状となる．

表 - 1 システム使用例

No.	橋軸直角方向長さ(m)	橋軸方向長さ(m)	深さ(m)	第 1 評価値 工事費(千円)	工事費 比率	工期 (ヶ月)	第 2 評価値 耐力比
1	10.0	4.5	15.5	68,230	1.000	3.7	1.24
2	10.5	4.5	15.0	69,300	1.016	3.7	1.21
3	9.0	4.5	16.0	69,540	1.017	3.9	1.23
4	9.5	5.5	15.5	69,660	1.021	3.8	1.23
5	10.0	6.0	16.0	69,880	1.024	3.7	1.33
～							
75	11.0	7.0	16.0	90,500	1.337	4.1	1.63

4．おわりに

本システムにより安定計算～工程・工費算出まで自動化でき，検討時間の短縮や人的ミス的大幅な減少が可能となった．特に概略形状，工程・工費を短時間で算出する必要のある基礎形式の選定時に本システムは有用となった．今後，構造計算の自動化システムについても開発する予定である．

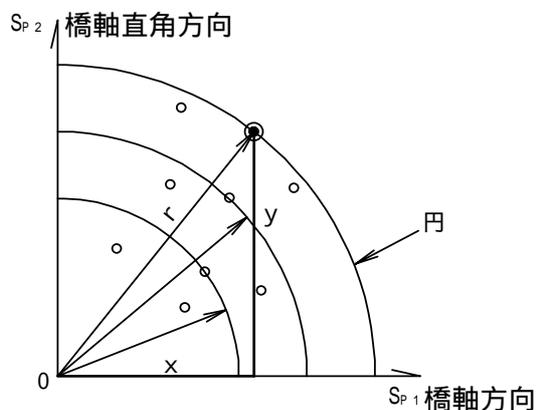


図 - 1 第 2 評価基準式

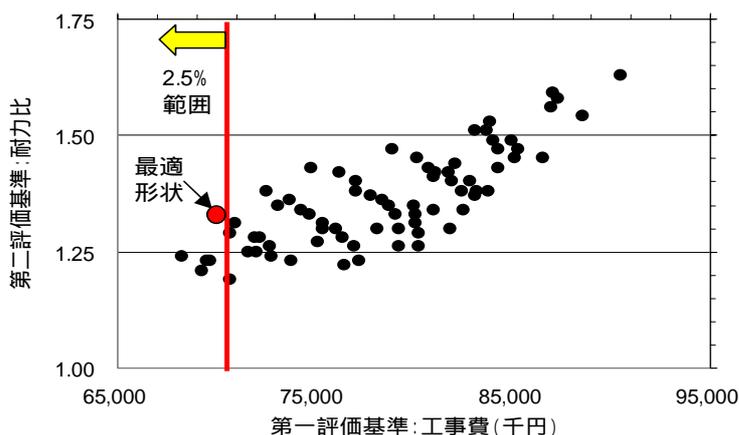


図 - 2 評価基準適用例