

建設省土木研究所 正員 松尾 光弘
 建設省土木研究所 工藤 真之助
 白石基礎工事(株) 山本 洋一

1. まえがき

道路橋下部工基礎としてのスーパーカーソンの設計は、「道路橋下部構造設計指針・ケーソン基礎の設計篇(日本道路協会)」に基づいて行われているが、設計者の経験や感に依存する部分も多々あり、また、設計プロセスに多くの労力と時間を要しているのが現状である。

建設省土木研究所では、設計の標準化、自動化を目的として昭和50年度においてスーパーカーソン自動設計システムを開発した。適用範囲および設計アルゴリズムの設定にあたって、約200橋の既往実績について調査・検討したが、それによるとスーパーカーソンの中には根入れ長が大で $\beta l = \sqrt{\frac{KH \cdot D}{4EI}} \cdot l$ による判定からは、ワイ基礎として設計すべき領域までおよんでいることが明らかになった。

2. 設計領域の境界における不連続性

現行の指針では、 βl の値により

$\beta l \leq 2$ 剛体基礎 (ケーソン指針式)

$2 < \beta l < \pi$ 有限長のワイ基礎 (レビントンの式)

$\beta l \geq \pi$ 無限長のワイ基礎 (チャンの式)

と設計するよう分類されているが、それぞれの境界領域では、変位、曲げモーメント、地盤反力度などに無視できない差が生じている(図-2)。

剛体基礎と有限長のワイ基礎との設計諸量の不連続性は、基礎本体と剛体とみはすか、弾性体とみはすかの差だけでなく、荷重、地盤条件に対するとりあつかいの違いにも影響されている。したがって、この2つの設計領域に連続性をもたせるためには、荷重、地盤条件が同一で、基礎本体を弾性体としたときの算定式が必要となる。

3. 階差式の導入

基礎本体を弾性体とした場合、一般にたわみ曲線の微分方程式は、

$$EI(d^4y/dx^4) = -p(x) \quad (1)$$

と表わされるが、地層の変化、底面地盤の弾性変形による影響なども考慮した解を得るための実用的手段として自動設計では階差式を導入した。

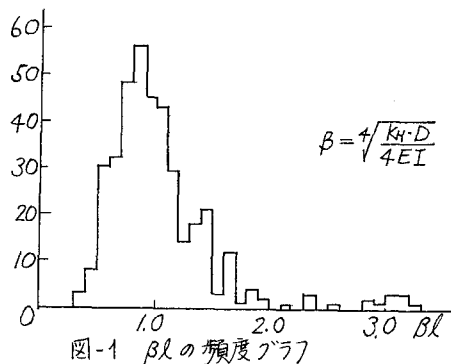


図-1 βl の頻度グラフ

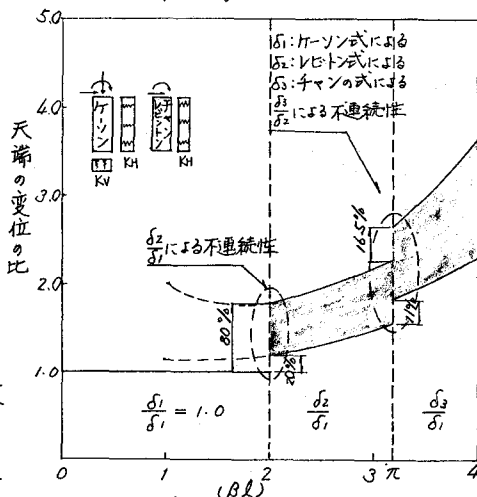


図-2 設計領域の境界における不連続性 (天端の変位)

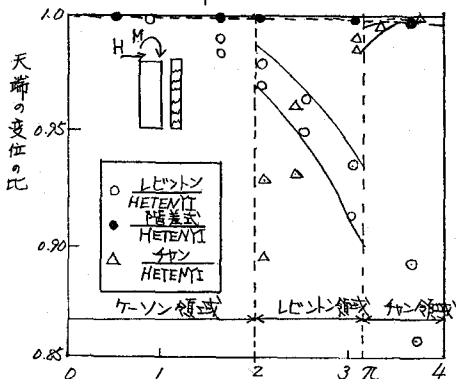


図-3 各算定式の比較

すなわち設計地盤面以下の基礎を n 等分し、 m 点における変位、たわみ角、曲げモーメント、せん断力、分布荷重をそれぞれ y_m , θ_m , M_m , S_m , $P_m = (k_m \cdot y)$ とすれば、それらの諸量は、変位を未知量として階差式により次のように表わされる。

$$\theta_m = (y_{m-1} - y_{m+1}) / (2\lambda) \quad (2)$$

$$M_m / (EI) = (y_{m-1} - 2y_m + y_{m+1}) / (\lambda^2) \quad (3)$$

$$S_m / (EI) = (-y_{m-2} + 2y_{m-1} - 2y_{m+1} + y_{m+2}) / (2\lambda^3) \quad (4)$$

$$P_m / (EI) = (-k_m y) / (EI) \\ = (y_{m-2} - 4y_{m-1} + 6y_{m+1} - 4y_{m+1} + y_{m+2}) / (\lambda^4) \quad (5)$$

EI: 曲げ剛性 λ : 格間長

これを各格点に適用し、次の境界条件から各点の変位を求める。

- ① 設計地盤面における曲げモーメント = 外力モーメント
- ② 設計地盤面におけるせん断力 = 作用水平力
- ③ 底部の曲げモーメント = 底面地盤の抵抗モーメント
- ④ 底部のせん断力 = 底面地盤のせん断抵抗力
- ⑤ 底部における鉛直力の釣り合い

4. 階差式と他の算定式との比較

荷重、地盤条件を同一とし、地盤反力係数一定の場合について有限長のフイの理論解と、階差式による解、レビントンの式による解、無限長のフイの理論解とを天端の変位量について比較した結果、階差式による解は、全弾性領域内で、有限長のフイの理論解と非常によく一致しており、また $\beta\lambda \geq \pi$ では、無限長のフイの理論解ともよくあっている(図-3)。

次に荷重、地盤条件をケーソン指針式と同一にして、階差式とケーソン指針式の比較を行なったが、 $\beta\lambda \leq 1$ では、変位量、曲げモーメント、地盤反力度の差は最大でも10%程度であるが、 $\beta\lambda > 1$ では曲げ変形の影響が無視できないことがわかった(図-4)。

このような検討のまとめとして $\beta\lambda \approx 1.2$ のとき、ケーソン指針式による自動設計結果と、階差式を使用した自動設計結果の比較例を示す(図-5)。この比較例では、曲げモーメントの違いから弾性体として設計した方が、ケーソン寸法は小さくなった。

5. おわりに

下部工基礎の設計上の分類は、地盤との関係を十分考慮に入れた上で行なうのが望ましく、現行ケーソン指針式の適用範囲 $\beta\lambda \leq 2$ は、一つの目安でしかないと思われる。特にこの領域での階差式の導入により、荷重、地盤条件については、ケーソン指針式と同一にとりあつかえるのでケーソン指針式との整合性が得られ、また複雑な地盤条件をきめ細かく反映させた設計が可能とすることができると。以上の点を考え、オープンケーソン自動設計システムでは、設計者の判断によりケーソン指針式、階差式のいずれでも設計できるように対処することとした。

最後に、本システムの開発に当って御指導下さった、オープンケーソン自動設計委員会の各位に謝意を表します。

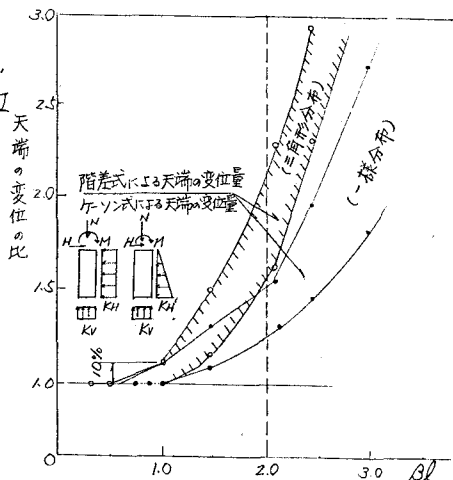
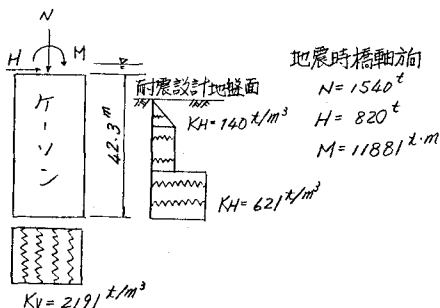


図-4 ケーソン指針式と階差式の比較



	ケーソン指針式	階差式
ケーソン寸法	8.5m x 8.5m	8.0m x 8.0m
コンクリート量 m³	1349	1250
前面地盤反力度 t/m²	10.9	15.8
底面地盤反力度 t/m²	104.9	101.3
底面せん断力 t	940	813
天端の変位 cm	5.07	6.40
根入れ方向曲げ t.m	22324	21583

図-5 自動設計結果の比較