

国鉄・構造物設計事務所 正員 田村浩一

" " 松本英信

" 中島五雄

### 1. まえがき

交番検査坑本体は1ブロック長20m程の細長い帶状の鉄筋コンクリート床版と側壁より構成されるが、床版は地盤が良好な場合には直接基礎として弾性支承のはりの計算などにより設計される。地盤が不良の場合には一般に床版上に間隔1.5~2.5mごとに設けられるレールおよび受けたの支柱の位置に杭を打ち、床版は杭を支点とする連続はりの計算により設計されるが、1柱1杭構造のため杭の支持性能の差が大きく影響するので、その影響を杭の鉛直方向のバネ定数の差におきかえた弾性支承上の連続はりとしての設計を行なうのが1解決方法と考えられる。

### 2. 杭のバネ定数

杭のバネ定数は地盤性状、杭型、杭長などにより異なり、一率には定めがたいのが、国鉄における杭の鉛直載荷試験の実施例によると表-1に示すような結果がある。これらを参考とすれば一般的に杭のバネ定数は15~30/km程度と考えられる。国鉄における土構造物の設計指針によれば杭の支持力はばらつきを考慮し、設計支持力の50%増強度を考えることが示されているが、交番検査坑は直結軌道であり特に精度を要求される構造物であるため安全をみて変動を100%とし、杭のバネ定数は1本当に15/kmと30/kmを考え、この組合せでは連続はりに大きな応力を与える配置を考慮する。

### 3. 交番検査坑の連続聖間数

直接基礎の検査坑においてはレール、受けたの長さも考慮し、1ブロック長は12~24mを標準としたので、杭基礎の場合も1ブロック長をこれと同じくし、支柱間隔を2mとするため6~12聖間連続はりとなるが、一般に多聖間連続はりの設計では3~4聖間の場合と12聖間の計算を簡単にすることが多く、杭基礎の場合も5聖間以上では聖間数の影響が少くなるので、3~5聖間連続はりと1つの検討を行うこととする。

### 4. 計算上の断面の仮定

交番検査坑は高さ1mの側壁と幅3.5m程度の床版からなるU字型断面であるが、有効幅は集中荷重によるモーメントに対する影響が大きく、杭間隔を2mと12バネ支承連続はりを考えるとき、反曲点距離は2×2m以上となるので、一応スパン4mの連続はりとすれば、有効幅は床版全幅程度となるので床版全幅を有効断面と考える。ただし直のモーメントによる側壁上部のひびわれを防止するために直のモーメントの計算では側壁も考慮して断面についての断面力および配筋も考慮する。

### 5. 設計計算式

いま図-1に示すような5聖間連続はりと考える場合、支点1~6の各点のバネ定数を $k_1, k_2, \dots, k_6$ とする。(b)に示すように活荷重P、死荷重wが作用する場合支点2~5の反力を $X_2, X_3, \dots, X_5$ とすれば

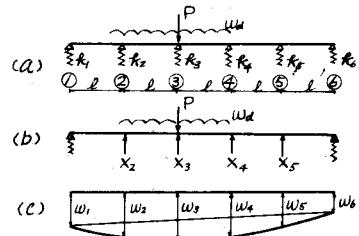
表-1. くいのバネ定数

支持方式	くい長	バネ定数の範囲	平均値
摩擦くい	10m前後	10~30/km (14km)	20.3/km
"	15 "	13~40 (5km)	27.3
"	20 "	10~30 (7km)	16.3
支持くい	10 "	10~67 (21km)	34.2
"	15 "	10~50 (10km)	33.4

この連続ばかりは①、⑥を支点とする単純ばかりに荷重  $P$ 、 $w_1$  ある  $\alpha'$

図-1

不静止反力  $X_2, X_3 \dots X_5$  が逆向きに作用している力学モデルを考えることができる。いま荷重  $P, w_i$  による各支点のたわみ量を (C) に示すように  $w_1, w_2 \dots w_6$  とする。これと同じように反力  $X_2, X_3, X_4, X_5$  による各支点の逆向きのたわみをそれぞれ  $P_1, P_2 \dots P_5, q_1, q_2 \dots q_5, r_1 \dots r_5, s_1, s_2 \dots s_6$  とすれば、②～⑤支点のたわみ量  $y_1, y_2 \dots y_5$  はつきのようになる。



$$y_2 = w_2 - P_2 - q_2 - r_2 - s_2, \quad y_3 = w_3 - P_3 - q_3 - r_3 - s_3, \quad y_4 = w_4 - P_4 - q_4 - r_4 - s_4, \quad y_5 = w_5 - P_5 - q_5 - r_5 - s_5$$

各点のたわみ  $y_i$  が求めれば  $y_i \cdot k_{ii} = X_i$  よりつきの 4 元 1 次方程式が得られ  $X_2 \sim X_5$  が求められる。

$$\frac{X_2}{75} \left( 48 \frac{k_1}{k_1} + 3 \frac{k_2}{k_2} + 80 k_2 \frac{l^3}{EI} + 75 \right) + \frac{X_3}{50} \left( 24 \frac{k_2}{k_1} + 4 \frac{k_3}{k_2} + 75 k_2 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_4}{75} \left( 24 \frac{k_3}{k_2} + 9 \frac{k_4}{k_3} + 100 k_3 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_5}{150} \left( 24 \frac{k_4}{k_3} + 24 \frac{k_5}{k_4} + 115 k_4 \frac{l^3}{EI} \right) - w_2 k_2 = 0 \dots (1)$$

$$\frac{X_2}{50} \left( 24 \frac{k_1}{k_1} + 4 \frac{k_2}{k_2} + 75 k_2 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_3}{25} \left( 9 \frac{k_2}{k_1} + 4 \frac{k_3}{k_2} + 60 k_2 \frac{l^3}{EI} + 25 \right) + \frac{X_4}{75} \left( 18 \frac{k_3}{k_2} + 18 \frac{k_4}{k_3} + 70 k_3 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_5}{75} \left( 9 \frac{k_4}{k_3} + 24 \frac{k_5}{k_4} + 100 k_4 \frac{l^3}{EI} \right) - w_3 k_3 = 0 \dots (2)$$

$$\frac{X_2}{75} \left( 24 \frac{k_1}{k_1} + 9 \frac{k_2}{k_2} + 100 k_2 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_3}{75} \left( 18 \frac{k_2}{k_1} + 18 \frac{k_3}{k_2} + 170 k_2 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_4}{25} \left( 4 \frac{k_3}{k_2} + 9 \frac{k_4}{k_3} + 60 k_3 \frac{l^3}{EI} + 25 \right) + \frac{X_5}{50} \left( 4 \frac{k_4}{k_3} + 24 \frac{k_5}{k_4} + 75 k_4 \frac{l^3}{EI} \right) - w_4 k_4 = 0 \dots (3)$$

$$\frac{X_2}{150} \left( 24 \frac{k_1}{k_1} + 24 \frac{k_2}{k_2} + 115 k_2 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_3}{75} \left( 9 \frac{k_2}{k_1} + 24 \frac{k_3}{k_2} + 100 k_3 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_4}{50} \left( 4 \frac{k_3}{k_2} + 24 \frac{k_4}{k_3} + 75 k_4 \frac{l^3}{EI} \right) + \frac{X_5}{75} \left( 3 \frac{k_4}{k_3} + 48 \frac{k_5}{k_4} + 80 k_5 \frac{l^3}{EI} + 75 \right) - w_5 k_5 = 0 \dots (4)$$

式中  $I$  は有効断面の断面 2 次モーメント、 $E$  はコンクリートの

図-2

ヤング係数である。同様にして 4 直角、3 直角の場合にもそれそれぞれ 3 元式が得られ不静止反力  $X$  が求められる。これから各断面の断面力を求めることができる。

## 6. 計算結果の一例

図-2 に示す断面の EL 用検査坑について上記の計算方式によつて求めた反力、曲げモーメントは図-3 のようになる。活荷重は軸重 18t、軸距 1.8m で支柱反力 19.8t、衝撃 10%。死荷重は 5.62 t/m で支点に集中荷重と 1/2 載荷した。断面は側壁と無視し床版のみを有効とし下。

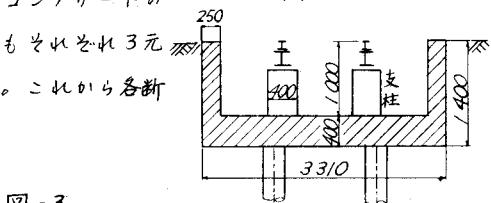


図-3

荷重、支点状態	反 力	曲げモーメント
$f_c = 60 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 60$	35.74 30.91 35.53 30.86 29.02 17.56	3.06 0.21 0.24 0.16
$f_c = 30 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 60 \text{ } 30$	34.61 34.77 33.51 29.93 24.77 27.67	0.30 0.22 0.25 0.15
$f_c = 30 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 60 \text{ } 30 \text{ } 30$	34.77 33.06 25.71 28.45 24.15 35.23	1.36 2.12 3.85 7.34 2.74
$f_c = 60 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 60$	35.19 31.53 36.00 27.11 15.44	3.65 2.74 6.13 7.77
$f_c = 30 \text{ } 30 \text{ } 60 \text{ } 30 \text{ } 30$	35.92 33.06 24.73 28.79 27.89	2.28 3.77 0.71 3.15
$f_c = 30 \text{ } 30 \text{ } 60 \text{ } 30 \text{ } 30$	35.56 24.73 27.17 24.73 35.45	3.18 3.77 0.71 3.15
$f_c = 60 \text{ } 30 \text{ } 30 \text{ } 60$	36.43 30.15 21.53 17.50	2.24 3.77 0.71 3.15
(T)	35.66 23.35 24.31 27.94 (T)	3.20 -1.23 (T.m)
$f_c = 30 \text{ } 30 \text{ } 60 \text{ } 30 \text{ } (5mm)$		