

国鉄・構造物設計事務所 正員 田村浩一

" " " 〇 松本英信

" " " 中島五雄

1. まえがき

検査坑または修繕坑は幅2m程度、延長7~25mの細長い帯状またはU形の鉄筋コンクリート構造物であるが、従来からその設計方法が確立されていなかった。今度電気機関車、電車などの載荷車両別に軸重、軸距などの荷重体系を定め、有限長の弾性床土のはりとして（この計算方法および直接基礎として設計で用いる地盤の沈下係数の範囲を定め、設計の合理化を図ったものである。

2 線路方向の設計

2.1 有限長弾性床土のはりの計算

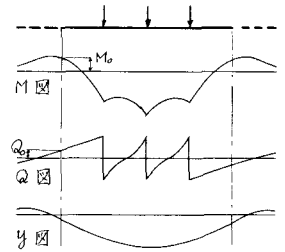
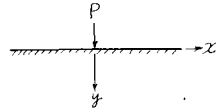
a) 無限長はりには1集中荷重が作用するときの応力¹⁾

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + R \cdot b \cdot y = 0 \quad (b: \text{基礎巾}) \quad \beta = \sqrt{\frac{R \cdot b}{4EI}} \quad \text{とおく}$$

$$y = -\frac{P\beta}{2Rb} e^{\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

$$M = -\frac{P}{4\beta} e^{\beta x} (\sin \beta x - \cos \beta x)$$

$$Q = -\frac{P}{2} e^{\beta x} \cos \beta x$$



荷重別による無限長はり各点のモーメント、せん断力および反力を

上式より求め、坑端に残るモーメントおよびせん断力を計算する。有限長はりでは両端のモーメントおよびせん断力は零であるので、それらを打消すためにこれらと同じ外力を両端に加えて次式により各点のモーメント、せん断力および反力の補正を行う。

b) 有限長はりの端せん断力による各点の応力

$$\text{一般式} \quad y = e^{\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x)$$

$$M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad Q = -EI \frac{d^3 y}{dx^3}$$

$$\text{境界条件, } \left[\frac{dy}{dx} \right]_{x=0} = 0, \left[\frac{d^2 y}{dx^2} \right]_{x=l} = 0, Q_{x=0} = -EI \left[\frac{d^3 y}{dx^3} \right]_{x=0} = -Q_0, \left[\frac{d^3 y}{dx^3} \right]_{x=l} = 0$$

従って積分常数はつぎの式となる。

$$A = \frac{4Q_0\beta}{Rb} \cdot \frac{\cos \beta l \cdot \sin \beta l - e^{-\beta l} \sinh \beta l}{4(-\sinh^2 \beta l + \sin^2 \beta l)} \quad B = D = \frac{4Q_0\beta}{Rb} \cdot \frac{\sin^2 \beta l}{4(-\sinh^2 \beta l + \sin^2 \beta l)} \quad C = \frac{2Q_0\beta}{Rb} + A - 2B$$

c) 有限長はりの端モーメントによる各点の応力

一般式は b) と同じであり、この場合の境界条件は

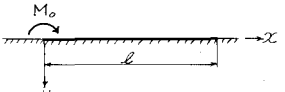
$$-EI \left[\frac{d^2 y}{dx^2} \right]_{x=0} = M_0, \left[\frac{d^2 y}{dx^2} \right]_{x=l} = 0, \left[\frac{d^3 y}{dx^3} \right]_{x=0} = 0, \left[\frac{d^3 y}{dx^3} \right]_{x=l} = 0$$

従って積分常数はつぎの式となる。

$$A = \frac{M_0}{EI\beta^2} \cdot \frac{\cos \beta l (\cos \beta l + \sin \beta l) - e^{-2\beta l} - e^{\beta l} \sinh \beta l}{4(\sinh^2 \beta l - \sin^2 \beta l)} \quad B = \frac{M_0}{EI\beta^2} \cdot \frac{e^{\beta l} \sinh \beta l + \sin \beta l (\cos \beta l + \sin \beta l)}{4(\sinh^2 \beta l - \sin^2 \beta l)}$$

$$C = A - 2B - \frac{M_0}{2EI\beta^2}$$

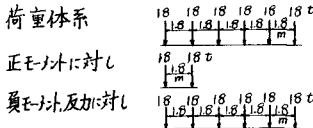
$$D = \frac{M_0}{2EI\beta^2} + B$$



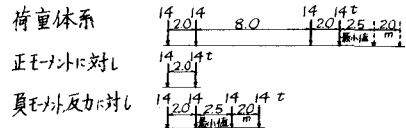
2.2 活荷重

現存する電気機関車(E.L)とディーゼル機関車(D.L)および電車(E.C)とディーゼル動車(D.C)の車両の軸重、軸配置はそれぞれ類似しており、軸重は車両設計基準規程(工建12号、昭41.12)においてその最大値はそれぞれ18tおよび14tと規定されているので、その値をとることとし、また軸距は現在の機関車、車両においては相当のバラツキがあるが、考えられる範囲で安全側であり、また現状と著しく差異のない範囲でつぎの荷重体系を定めた。なお客車・貨車用検査・修繕坑は機関車牽引のため、機関車の荷重によることとする。

EL, DL 用 荷重体系



EC, DC 用 荷重体系



2.3 地盤沈下係数

設計に用いる地盤沈下係数は実測値がつかめない現状では資料⁽²⁾⁽³⁾その他により許容支持力20~30t/m²の地盤を想定して最小3%/cm², 最大15%/cm²の範囲を考慮することとした。施工にあたっては平板載荷試験その他により確認の上適用することが必要である。

2.4 温度応力

検査、修繕坑は一般に屋内に設置されるので、軸方向の温度変化として我国の月平均気温の年平均気温に対する高低差の最大値の1/2の7.5°Cを考慮することにした。温度変化による応力はコンクリートの伸縮に対し、土がせん断バネにより抵抗すると仮定しつぎの式を導いた。

ρ : 底面のせん断バネ常数 S : 側面の平均せん断バネ常数, Δl : 温度変化(上昇)時の自由伸び量, η : 温度変化(上昇)時の最終伸び量, A : 坑の断面積,

t : 温度変化, α : 膨張係数とすれば

$$\text{周囲上の抵抗} \quad \Delta l = \frac{\rho}{2} \alpha t$$

$$x \text{ 處の土の底面および側面の抵抗力} \quad R_x = (b\rho + 2hs)\eta \frac{x}{L}$$

$$\text{この荷重による端部の短縮量は} \quad \Delta l - \eta = \int_0^L \frac{x R_x}{AE} dx = \frac{\eta (b\rho + 2hs) L^2}{12 AE} \quad \therefore \eta = \frac{L \alpha t}{2 + \frac{b\rho + 2hs}{6 AE} L^2}$$

$$\text{従つて} x \text{ 處に働く軸力は} \quad F_x = \eta (b\rho + 2hs) \left(\frac{L}{2} - x \right), \quad x \text{ 處に働く曲げモーメントは} \quad M_x = e F_x$$

なお設計で用いるせん断バネ常数は実測値がないので一般の基礎状態の想定から $\rho = 1 \text{ kg/cm}^2$, $S = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ を用いた。

3. 線路直角方向の断面の設計

側壁に加わる土圧は リフテンングジャッキ その他を考慮した載荷重を含めた静止土圧とし、底スラブの設計反力は前記線路方向反力から求められる値とした。これは底スラブが剛体と仮定しても誤差は少いと考えられるからである。

参考文献

- (1) Timoshenko : 材料力学
- (2) 大崎順彦 : 地盤係数測定値およびフーテンング設計への適用 (建研報告 Mar. 1957)
- (3) K. Terzaghi : Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction (Géot. Dec. 1955)