曲線軌道が与える桁への影響

第６回
2014. 10. 30

Key Word : 「偏心載荷」
「影 響 線」

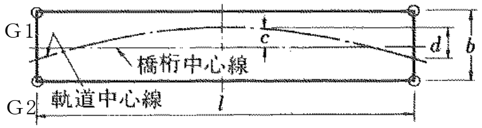
Q　曲線軌道が与える桁への影響は？

A　曲線軌道ゆえに働く荷重

平面曲線を有する鉄道では、橋桁設計の際の水平方向力として「遠心力」、鉛直方向には「偏心載荷」の影響を考慮しなければならない。この内、質問の趣旨である「偏心載荷」について述べる。

① 「偏心載荷」の影響

下の鉄道橋平面図に示すように、軌道が曲線を有していると軌道上の列車荷重は橋桁中心線からずれた位置に載荷されることになる。このことを「偏心載荷」と言いこれを支える２つの桁の荷重負担は均一とはならない。また曲げモーメント反力によっても異なる。



上図２つの桁の負担する割合は、【鋼資５版141頁の「曲線軌道を有する橋桁の応力」】に記載されている。

鋼資より転載

中央曲げモーメント

M（外側）$=\dfrac{l^2w}{16}\left(1+\dfrac{2c}{b}-\dfrac{d}{3b}\right)$

M（内側）$=\dfrac{l^2w}{16}\left(1-\dfrac{2c}{b}+\dfrac{d}{3b}\right)$

$C=\dfrac{d}{6}$ のとき両側の中央曲げモーメントは相等しい。

支点反力

R（外側）$=\dfrac{wl}{4}\left(1+\dfrac{2c}{b}-\dfrac{2d}{3b}\right)$

R（内側）$=\dfrac{wl}{4}\left(1-\dfrac{2c}{b}+\dfrac{2d}{3b}\right)$

$C=\dfrac{d}{3}$ のとき両側の支点反力は相等しい。

※　上式は、等分布荷重を載荷した場合にのみ成り立つ

上式を用いれば２つの桁の荷重分担割合は簡単に求まるが、同資料コメントにも書かれているように、同式は等分布荷重と認められる場合にのみ成立するものであるから、同式の示す根拠を理解して、異なった荷重載荷ケースにも対応できるようにしておく。

② 鋼資の示す偏心量の算定根拠

曲げモーメントと反力が受ける「偏心の影響」が異なるのは、両者の影響線形状が異なることにほかならない。両者の影響度合は平面曲線の変位量と影響線の積で求めることができる。

・ 曲げモーメントに対する偏心の影響

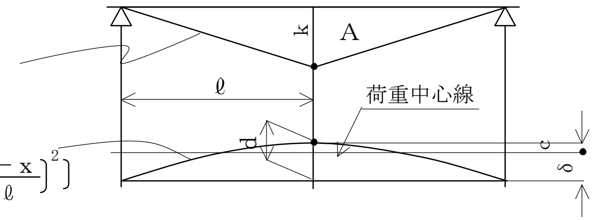
曲げモーメントの影響線

$y_1 = kx/\ell$

$A_m = k\ell$

軌道曲線

$y_2 = d\left[1-\left(\dfrac{\ell-x}{\ell}\right)^2\right]$



偏心の影響

任意点 ： $y_1 \cdot y_2 = kd\left(\dfrac{x}{\ell}-\dfrac{\ell^2x-2\ell x^2+x^3}{\ell^3}\right)$

全支間 ： $A_y = 2kd\displaystyle\int_0^\ell\left(\dfrac{x^2}{2\ell}-\dfrac{x^2}{2\ell}+\dfrac{x^3}{3\ell^2}-\dfrac{x^4}{4\ell^3}\right)$

$= 2kd\left(\dfrac{\ell^2}{2\ell}-\dfrac{\ell^2}{2\ell}+\dfrac{\ell^3}{3\ell^2}-\dfrac{\ell^4}{4\ell^3}\right) = \dfrac{5kd\ell}{6}$

荷重偏心換算値　（円弧底辺からの距離）$\delta = \dfrac{A_y}{A_m} = \dfrac{5}{6}d$

・ 反力に対する偏心の影響

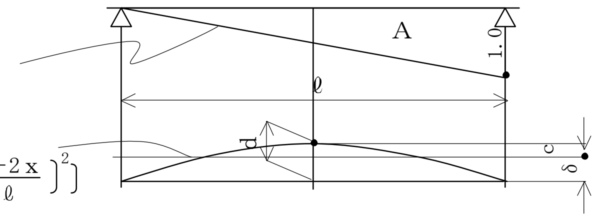
反力の影響線

$y_1 = x/\ell$

$A_m = \ell/2$

軌道曲線

$y_2 = d\left[1-\left(\dfrac{\ell-2x}{\ell}\right)^2\right]$



偏心の影響

任意点 ： $y_1 \cdot y_2 = kd\left(\dfrac{x}{\ell}-\dfrac{\ell^2x-4\ell x^2+4x^3}{\ell^3}\right)$

全支間 ： $A_y = d\displaystyle\int_0^\ell\left(\dfrac{x^2}{2\ell}-\dfrac{x^2}{2\ell}+\dfrac{4x^3}{3\ell^2}-\dfrac{4x^4}{4\ell^3}\right)$

$= d\left(\dfrac{\ell^2}{2\ell}-\dfrac{\ell^2}{2\ell}+\dfrac{4\ell^3}{3\ell^2}-\dfrac{4\ell^4}{4\ell^3}\right) = \dfrac{4d\ell}{12}$

荷重偏心換算値　（円弧底辺からの距離）$\delta = \dfrac{A_y}{A_m} = \dfrac{2}{3}d$

③ まとめ

前頁 ① では　曲線軌道を有する橋桁の応力を算出する際に広く活用されている規定を紹介し、② において、その値の算定根拠を示した。

これらから明らかになるのは、曲げモーメントに対しては等分布荷重に対する支間中央点の値であり、反力に対しては同じく等分布荷重に対する支点位置での値である。裏を返せば、支間中央点以外に着目した時の曲げモーメント、あるいは支間部におけるせん断力では補正値が異なることである。

ただ、通常規模の桁橋では支間中央点の曲げモーメントの偏心の影響を他の点における補正値として、また反力に対する補正値をせん断力の補正値に用いることが認められてきた。

ここではこれら補正値の算定根拠を知っておいて、特異な構造物の設計に活かしてほしいことである。

たとえば、車輪間隔の２倍（Ａ荷重の場合で 4.0 m）以下の支間長においては、輪荷重が支間中央にあるときの曲げモーメントが最大であるので $\delta = d$ となる。

また、車輪間隔以下の支間長におけるせん断力は $\delta = 0$ で求めるべきである。

重箱の隅をつつくような議論はしたくないが、補正値算定の根拠を知って安全な構造物を効率的に設計することを願うものである。