

I - 37

2次元弾性理論による単純鋼桁橋支点付近の応力解析

岩手大学工学部 正員 ○岩崎 正二 出戸 秀明

兼子 清

岩手大学工学部

中澤 孝

蕨武 秀文

1. まえがき

経済や社会情勢の変化に伴い、社会資本の更新はより難しくなることが予想されるため、既設橋梁を、補修・補強しながら、いかに長く有効に維持・管理していくかが課題となっている。このような社会的背景から、社団法人岩手県土木技術センター共同研究会では、平成10年度より岩手県内の架設後年数のかなり経過した単純活荷重合成鋼桁橋を対象に実橋荷重試験を行い、発生する実応力の実態把握に努めてきた。岩手県内の5橋で実施した実橋荷重試験結果より、全ての試験結果で支承の老朽化のため可動支点が拘束されて水平支承反力が発生していることがわかった。本論文の目的は、この水平支承反力により生じる支点付近の複雑な応力状態を明らかにするために、2次元弾性理論に基づく支点応力分布の理論式を誘導し、この理論式を用いて実橋荷重試験時に発生する支点近傍の応力分布の再現を試みるものである。本理論式による計算結果をFEM解析結果や実測値と比較検討することにより提案式の有効性を明らかにしたい。

2. 解析理論

図-1に示すような鋼桁橋支点位置に水平反力Pと鉛直反力Qを受ける支点近傍の応力分布の式を、2次元弾性理論に基づき誘導する。すなわち半無限くさび板の先端に集中荷重を受ける応力式¹⁾に、下フランジと垂直補剛材の効果を考慮すると以下に示すような支点近傍の応力式が得られる。半径方向の応力式は、極座標を用いると以下のようになる。

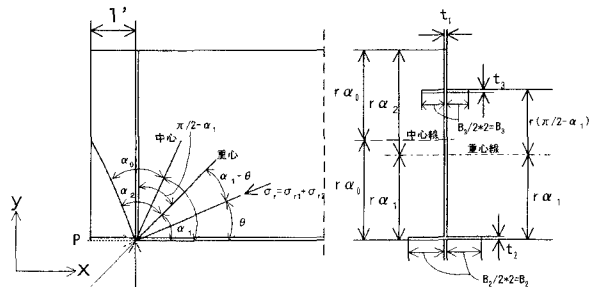


図1 支点付近の応力分布図

$$\sigma_r = \sigma_{r1} + \sigma_{r2}$$

$$\text{ここで、} \sigma_{r1} = \frac{-(P \cos \alpha_1 + Q \sin \alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1 - \theta)}{r t_1 \left\{ \alpha_0 + \frac{1}{4} (\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2) \right\} + B_2 t_2 \cos^2 \alpha_1 + B_3 t_3 \sin^2 \alpha_1}$$

$$\sigma_{r2} = \frac{-(P \cos \alpha_1 - Q \sin \alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1 - \theta)}{r t_1 \left\{ \alpha_0 - \frac{1}{4} (\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2) \right\} + B_2 t_2 \alpha_1 \sin \alpha_1 + B_3 t_3 \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right)^2}{\alpha_1} \sin \alpha_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{2 r t_1 \alpha_0^2 + B_3 t_3 \frac{\pi}{2}}{2 r t_1 \alpha_0 + B_2 t_2 + B_3 t_3}, \quad \alpha_2 = 2\alpha_0 - \alpha_1, \quad \alpha_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \frac{l'}{r} \right)$$

r: 半径, t₁, t₂, t₃: ウェブ, 下フランジ, 垂直補剛材の厚さ, B₂+t₁, B₃/2: 下フランジの幅と垂直補剛材の幅

α₀, α₁: 中心角, 重心角, l': 支点と自由端までの距離

また, x 方向と y 方向の応力成分とせん断応力は次式のようなになる。

$$\sigma_x = \sigma_r \cos^2 \theta, \quad \sigma_y = \sigma_r \sin^2 \theta, \quad \tau_{xy} = \sigma_r \cos \theta \sin \theta$$

3. 数値解析結果と考察

平成 12 年度に実施した岩手県久慈市の梨ノ木橋の静的荷重試験を解析例として取り上げる。梨ノ木橋は、架設後 23 年経過している単純活荷重合成鉄桁橋である。橋長 30m、支間長 29.2m、幅員 7m、桁高 1.6m の 3 本主桁橋であり、支承構造は高力黄銅支承板支承である。図-2 に示すように 20tf と 25tf のトラックを幅員中央に同時に縦列荷重する場合の中桁可動支承側の支点近傍を解析対象領域とする。3 次元 FEM 解析では、スパン中央のたわみの解析値が実測値と一致するように、任意の水平力（水平支承反力）を可動支承に作用させた。その結果、水平反力を 18tf 加えた時に、解析値が実測値と一致した。今回の解析では、この水平反力を用いて計算を行った。その他計算に用いた諸数値は、以下のようになる。

$t_1=0.9\text{cm}$, $t_2=2.2\text{cm}$, $t_3=25\text{cm}$, $B_2=27.1\text{cm}$,
 $B_3=1.6\text{cm}$, $h(\text{桁高})=160\text{cm}$, $I=30\text{cm}$, $Q=7.11\text{tf}$

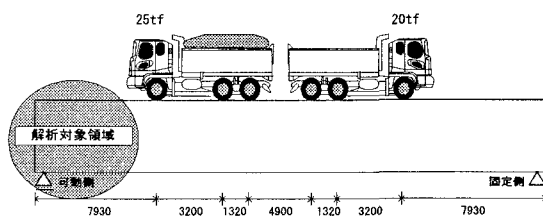


図-2 幅員中央におけるトラックの荷重位置

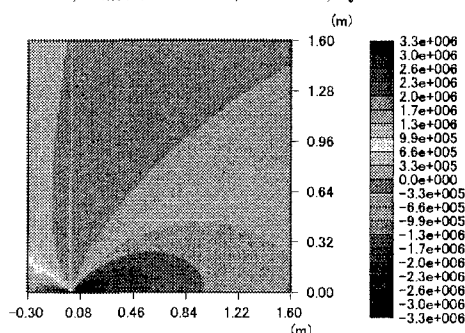


図-3 2次元弾性理論による橋軸方向の
 応力図 (単位: kgf/m^2)

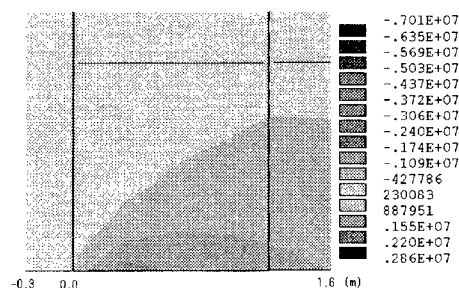


図-4 FEM 解析による橋軸方向の
 応力図 (単位: kgf/m^2)

図-3 と図-4 は、それぞれ本論文の提案式から導かれた橋軸方向 (x 方向) の支点近傍の応力分布図と FEM 解析から得られた応力分布図を表わしたものである。支点回りと上フランジ近辺及び支点から、自由辺にかけての領域で大きく異なる傾向を示しているが、その他の領域での値は若干異なるものの類似した応力集中傾向を示している。異なる領域が存在する理由としては、本解法では支点を中心とする半径 I の半円領域で精度が落ちること、解析式中に FEM で考慮しているソールプレート、床版及び上フランジの効果が取り入れられていないためと思われる。図-5 は、支点から 30cm 内側のウェブ断面の高さ方向の分布を示したものであり、本解法による結果と FEM 解析値及び実測値を比較検討したものである。本解法による応力分布は、実測値に比べ小めに算出される傾向が見られるが、下フランジ上では良い一致を示している。本論文の提案式は、今後改善すべき点があると思われるが、実際作用している水平支承反力が与えられるなら支点近傍の応力分布を簡易的に推定できる実用性に富んでいる。また、支点上の若干離れた位置で実測値のひずみと一致することから、本提案式に実測ひずみを代入し水平支承反力を逆算する解法も考えられ、今後の検討課題としたい。

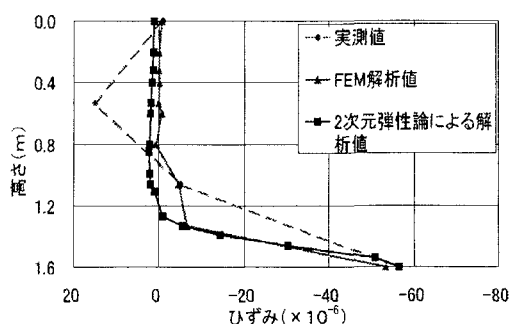


図-5 支点ウェブのひずみ

参考文献

- 1) 中原 一郎：応用弾性学，実教出版(株)，pp99-93，1977