

北海道大学 正員 藤田 嘉夫
同上 正員 佐伯 昇
同上 正員 ○ 松井 司

1 まえがき

曲げひびわれが生じている多主桁に偏心荷重が作用すると、主桁の曲げ剛性およびねじり剛性の低下により、多主桁構造の変形および応力の分配状態は弾性解析から大きく離れることが予想される。本研究では、この挙動を解析するため2主箱桁の模型実験を行った。まず第1に2つの箱桁間の床版を有効横荷で代表させて解く弾性解析法の概要を述べ、この解析法をひびわれが発生する前の弾性状態の実験桁に適用した結果よく一致することを確認した。第2に曲げひびわれを全主桁に発生させた後、偏心荷重を載荷した時の変形について、弾性解と比較し、変形状態について検討を加えた。第3に曲げひびわれが生じた状態での曲げ剛性、ねじり剛性の低下を引張り部のコンクリートを無視して計算した場合の程度の変形状態に対応しているかを調べた。又この時の応力分配形状の変化についても検討した。

2 解析法の概要

図-1に示すように箱桁間の床版を有効横荷で分割して、2つの箱桁の曲げ変形、ねじり変形、断面のゆがみによる変形を考慮して、床版に伝達する曲げモーメントおよびせん断力をたわみ角式より誘導したもので図-2に示すように床版に伝達する曲げモーメントの式は下式のようになる。⁽²⁾⁽³⁾

$$\begin{cases} \{M\} = (\{\hat{M}\} + \{\bar{M}\})/2 \\ \{M'\} = (\{\hat{M}\} - \{\bar{M}\})/2 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{cases} \{\hat{M}\} = [A]^{-1} \{B\} \\ \{\bar{M}\} = [\bar{A}]^{-1} \{\bar{B}\} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{cases} [A] = (1 - K_0 \alpha_p) [E] + K_0 (1 + \alpha_R) [\theta] \\ [\bar{A}] = (1 - 3K_0 \alpha_p) [E] + 3K_0 (1 + 2\beta) (1 + \alpha_R + \frac{3p}{6\beta}) [\theta] \\ \quad + \frac{12K_0}{6\beta} [f] \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$\begin{cases} [B] = -\{\hat{C}\} + K_0 \{L_p\} + K_0 (1 + \alpha_R) [\theta] \{\bar{T}_0\} \\ [\bar{B}] = -\{\bar{C}\} + 3K_0 \{L_p\} - \frac{6K_0}{6\beta} [f] \{\bar{V}_0 + \bar{P}\} \\ \quad + 3K_0 (1 + \alpha_R + \frac{3p}{6\beta} + 2\beta) [\theta] \{\bar{T}_0\} \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

[] : 正交マトリックス, { } : カラムマトリックスを示す。
[E] : 単位マトリックス, [θ] : 箱桁のねじり角の影響線マトリックス, [f] : 箱桁のたわみ影響線マトリックス, Cは中央スラブの荷重項, L_pは箱桁に荷重が載った時に関係する項, T₀は箱桁のねじりモーメントに因する項, V₀は中央スラブの荷重による反力, Pは箱桁、突部上の荷重である。

3 実験桁の断面形状

図-3に示すような実験桁(スパン150.5cm)をモデル(W/C = 0.5, s/C = 2)で作成した。弾性係数 E = 250 ton/cm², せん断弾性係数 G_c = 102 ton/cm², 鉄筋比 2.63% である。全断面有効の場合の断面二次モーメント I = 5854.7 cm⁴, ねじり剛度 I_t = 10600 cm⁴, 曲げねじり剛度 C_w = 34300 cm⁶ ねじり中心は下

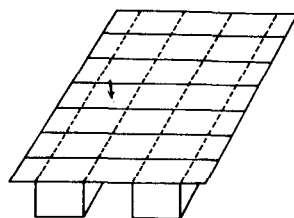


図 - 1

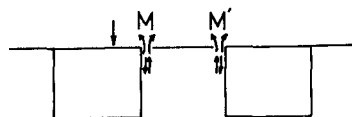


図 - 2

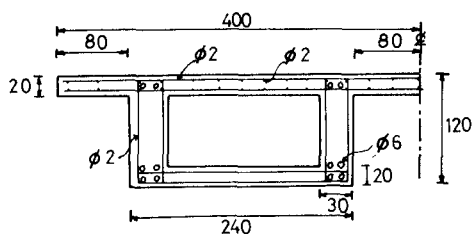


図 - 3

底版より 5.2 cm 、主桁下部のそり角数 23.4 cm^2 である。

曲げひびわれが入った時の曲げ剛度は引張部のコンクリートを無視して、 $I = 4087 \text{ cm}^4$ 、ねじりによる変形は単純ねじり理論を用い、ねじり剛度は(5)式により $I_t = 6700 \text{ cm}^4$ となり、全断面有効の場合に比して、曲げ剛度は 69% 、ねじり剛度は 63% に減少した。箱桁のねじり剛度の計算では、コンクリートについては、中主軸より次第に減少して下フランジで厚さ 0 となる三角形状、又鉄筋については下フランジ厚さを $h = (A_g + A_{g0}) \frac{G_c}{G_c}$ とし、腹部では中主軸で厚さが 0 となるような三角形状と仮定すると、

$$I_t = 4bh^3 / \left(\frac{b}{x_n} + \frac{2x}{x_0} + \frac{x}{x_s} + 2 \frac{h-x}{x_0 x_s} \ln \frac{x_0}{x_s} \right) \dots (5)$$

となる。ここで h は断面の断面、 b は厚さ、 x は中主軸の高さである。

4 実験結果および考察

曲げひびわれが発生しない場合のまた弾性領域における実験および解析結果を比較したものが図-4である。一番外側の桁のスパン中央に荷重が載った場合と、断面中央に載荷された場合のみを述べてあるが、他の英でも、良い一致を見た。次に主桁工のスパン中央に荷重をかけて主桁工にひびわれを発生させた。この時の荷重 $P_{cr} = 1.0 \text{ ton}$ であり、同様にして各主桁にひびわれを発生させた後、再び主桁工に荷重をかけ、弾性解の変形 f_e と実験値 f_c の比を取ったのが図-5の f 曲線である。

これより、 $P/P_{cr} = 1.4$ まで変形の比はゆるやかな上昇を示すが、 $P/P_{cr} = 1.4 \sim 1.6$ では急激な変化を示している。すなわちこの時点で断面剛性の急激な変化があったと思われる。その後は一定の傾きで上昇しているが、 $P/P_{cr} = 0.4 \sim 1.4$ までの傾きよりは大きな値となっている。同様に箱桁のねじり角の変化について調べたのが θ 曲線で、たわみと同様な事がある。実線の f 、 θ 曲線は引張部コンクリートを無視して計算した曲げ剛度、ねじり剛度の値を用いたもので、 f 曲線については $P/P_{cr} = 1.4$ 附近でよい対応を示している。図-6は荷重が主桁の一番外側に載った場合の箱桁 I、II の分担率について、箱桁 I、II の中央の変形を f_{Ic} 、 f_{IIc} として、 $f_{Ic}/(f_{Ic} + f_{IIc})$ で表わした。大きな変化はないが、 $P/P_{cr} = 1.0 \sim 1.4$ で分担率が減少していることが明らかになった。

5 あとがき

2主箱桁の変形について、曲げひびわれが入る前では、全断面有効と見做して計算した I 、 I_t を用いた理論値は実験値とよく一致した。曲げひびわれが入った後では、コンクリートも無視して計算した I 、 I_t を用いた理論値は $P/P_{cr} = 1.4$ までよく一致していることを確かめた。

文献1) 後道英雄著、コンクリート橋 役報堂

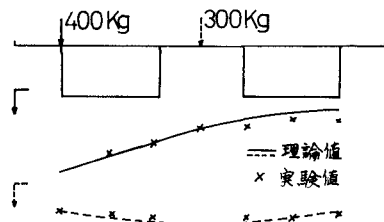


図-4 桁中央の変形 (荷重 $1/2$)

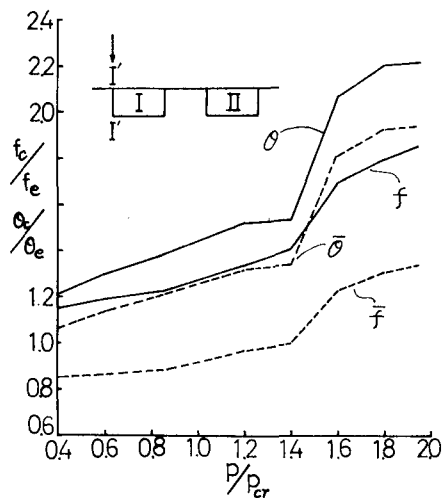


図-5 弾性解に対する実験値の変形の比

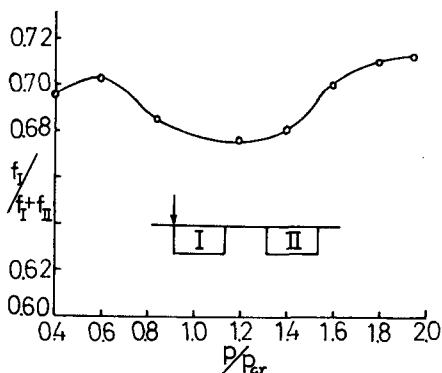


図-6 たわみの分担率