円弧形を有する波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋のねじり剛性評価

(株)ラティス	正会員	〇田辺	義博
金沢工業大学	フェロー	本田	秀行

1. <u>まえがき</u> 近年,研究の進展および施工方法の合理化によって,鋼・コンクリート複合構造が注目されるように なってきた. その一つの橋梁形式として波形鋼板ウェブを用いた PC 箱桁橋がある. 現在架設されている,あるい は架設中の波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋のすべては,そのウェブ形状として台形を採用している. 鋭い隅角部を持つ 台形形状は,鋼板の加工製作時において,その隅角部に応力度集中が発生し,材料の有するせん断力の降伏点に達 し得る可能性がある.そこで本研究では,直感的に力学的特性が有利と思われる円弧形状を提案した¹⁾. これを定 量的に判定するため従来の台形形状と提案された円弧形状の2タイプのウェブ形状に対し検討を加えた.その上で, 円弧形を有する波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋に適用できる剛性評価式を試案している.ここでは,本構造橋梁にねじ り挙動が伴う場合の有限要素法による解析結果および剛性評価式の試案のみを述べることとする.

2. <u>解析モデル</u>解析の対象とした構造は、図-1に示すように、せん断およびねじりが卓越する連続桁の中間支点近傍に着目し、一般的な中規模径間 PC 橋の外ケーブル構造におけるデビエータに相当する剛な隔壁で囲まれた一部材を片持ち張り出し構造としたものである. 箱桁断面形状は図-2 のように波形鋼板ウェブの傾斜角 θ





4 619

を 60°, 70°, 80°, 90°と変化させた. 波形鋼板ウェブの波形形状については, 図-3に示すように, 形状係数 (水平長 L と実長 ΣI の比)を γ =0.933 としている. 表 -1 に各解析モデルの断面諸量を示す. なお, 表中にある解 析モデル名は頭文字に "a"とあるものが円弧形ウェブモデルであり, "t"とあるものが台形ウェブモデルとなって いる. "A"の後にくる数字は波形鋼板ウェブの傾斜角 θ を略記したものである. 変数の意味は, A_c および A_s が上

下コンクリート床版断面積および波 形鋼板ウェブ断面積, Icv が上下コンク リート床版のみを考慮した Y 軸に関 する断面2次モーメントである.また 図-2中の G_c は,上下コンクリート床 図-4 aC2A6-15 モデル 図-5 tC2A6-15 モデル Y 版のみを考慮した断面図心である. 表-2 載荷強度 図-4および図-5に解析モデルの一例を示す. Forsional moment : Case Model $M_t (N \cdot m)$ 3. 載荷荷重 載荷荷重は, 図-6のように, 自由 $aC2\Delta 6_{-}15M$ aC2A6-1 2941994 2941995 2A7-15M aC2A7-1 端部の剛な隔壁の断面図心 G に橋軸 (X 軸) 回り 294199 aC2A8-1 aC2A8-15M aC2A9-15M aC2A9-15 2941995 のねじりモーメント M,を作用させた. 表-2 に解 2941995 tC2A6-15M tC2A6-15 tC2A7-15M tC2A7-15 2941995 析ケースと載荷強度の関係を示す. 294199 2A8-15M 2A8-1 +tC 図-6 載荷荷重 tC2A9-15M tC2A9-15 2941995

キーワード:円弧形,波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋,複合構造橋梁,ねじり剛性評価 連絡先:株式会社 ラティス 〒108-0014 東京都港区芝4-11-5 MS ビル 7F Tel. 03-5476-8241 Fax. 03-5476-8244

.....(4)

 M_{t}

4. 解析結果と計算式の試案 ねじり剛性については、一般的にねじり定数とねじりせん断応力度でもって評価でき る. 波形鋼板ウェブ PC 箱桁のねじり定数およびねじりせん断応力度は式 (1) および (2) によって計算される^{2,3}. これらの式を用いて計算した各部材におけるねじりせん断応力度の計算値と解析値を比較したものを図-7 に示す.

 b_l

 t_l

これらの図より計算値は解 析値を,波形鋼板ウェブでは 上回っており, 逆に上下コン クリート床版では下回ってい る. 部材によっては計算値と 解析値との間に大きな誤差が 見られたため,式(4)および(5) に示すように修正係数を導入 し計算精度の向上を試案する.

 Φ :ねじり率, $n_s = G_s / G_c$ 図-8 には、右式を用いて G::鋼材のせん断弾性係数 計算した各部材におけるねじ G::コンクリートのせん断弾性係数 りせん断応力度と FEM 解析による解析値とを比較したも のを示す. 当図より, 上下コンクリート床版におけるねじ りせん断応力度は,波形鋼板ウェブの傾斜角 θを考慮した 修正係数 β₁₀ および β_k を導入したことにより精度よく計 算できるものと考えられる. 波形鋼板ウェブにおけるねじ りせん断応力度についても、ウェブの波形形状(y=0.933) を考慮した修正係数 β_wを導入したことにより精度よく計 算されていることが分かる. 各部材における計算値と解析 値との若干の差異は、そりねじりの影響⁴⁾と推測される.

 M_{t}

 $2A_mt_i$

 $n_{s}t_{w}$

 $4A_{\dots}$

 $n_s t_w$

 $\frac{H/\sin\theta}{H} + \frac{b_{uw}}{H} + \frac{H/\sin\theta}{H}$

 t_u

 J_t :ねじり定数,H:床版中心高さ

 $\tau_i =$

 $J_{t} =$

5. あとがき 本研究では様々な FEM 解析を実施し, その 上で本構造橋梁に適用可能な剛性評価式を試案した. その 結果、本解析モデルのような断面形状、部材寸法および波 形形状の箱桁モデルのねじり剛性評価に関して、ここで試 案した修正係数導入後の計算式は重要な知見となり得 る.しかし、本解析モデル以外の部材寸法などを有する 箱桁モデルに対しては計算精度を確認していない. さら に、本解析結果からそりねじりの影響が若干ながら確認 できた.したがって、ここで試案した剛性評価式には、 さらに、そりねじりを考慮した修正係数を導入する必要 がある.これらの問題は、今後の検討課題としたい.

1) 田辺義博・本田秀行:円弧形を有する波型 【参考文献】 鋼板ウェブ桁の構造特性に関する研究、土木学会第55回年次学 術講演会講演概要集,I-A173,1999年.2)上平謙二·立神久雄· 本田秀行・園田恵一郎:波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋のせん断お

よびねじり特性に関する研究、プレストレストコンクリー ト,Vol.40,No.3,pp.16-25,プレストレストコンクリート技術協会,1998年.

...(1) $\tau_i =$ $2A_m t_i \beta_i$ $4A_{m}^{2}$(5) $(2) J_t =$ $H/\sin\theta$ b_{uw} $H/\sin\theta$ b_l n'_{t} t_{u} n', t_{w} t_l τ,:ねじりによる各部材に生じるせん断応力度 。波形鋼板ウェブに対する修正係数: $\beta_w = -\frac{1}{2}$ M_t :ねじりモーメント, $t_i(t_u, t_l, t_w)$:各部材厚 。上下コンクリート床版に対する修正係数: A_m :ボックス断面積 $A_m = \frac{H(b_{uw} + b_l)}{l}$ $H/\sin\theta$ $\beta_{m} = 1$ 0.023 h b_{w} :ウェブ中心間隔, b_{l} :下コンクリート床版幅 $H/\sin\theta$ $0.200 \times$ $\beta_{ls} = 1$ b_l n'_s : せん断剛性に関する修正係数 $n'_s = \frac{\gamma \cdot G_s}{c}$ - a,tC2A_@theor. by e.q. (1) 18.0 aC2A_@FEM 16.0 ♦ tC2A @FEM 14.0 12.0 10.0 85 90 (a) 波形鋼板ウェブ 1.2 -a,tC2A_@theor. by e.q. (1) 1.0 aC2A @FEM 0.8 ♦ tC2A @FEM . € 0.4 0.2 0.0 85 ⁶⁵ (b) 上コンクリート床版 1.2 -a,tC2A_@theor. by e.q. (1) 1.0 aC2A_@FEM
tC2A_@FEM 0.8 0.6 0.4 0.2 0.0 (C) 下コンクリート床版 図-各部材に生じるねじりせん断応力度の解析値と計算値 -a.tC2A @ eor. by e.a. (4) aC2A_@FEM • tC2A @FEM 75 Web angle θ (°) (a) 波形鋼板ウェブ - a,tC2A @theor. by e.q. (4) aC2A_@FEM
tC2A_@FEM 75 Web angle θ (°) 85 (b) 上コンクリート床版 a,tC2A_@theor. by e.q. (4 aC2A_@FEM
tC2A_@FEM



修正係数導入後の計算値

(c) 下コンクリート床版

3) 泉満明:ねじりを受けるコンクリート部材の設計法,pp.25-74,技法堂,1970年.4) 依田照彦・生田芳子:波形鋼板ウェブを用い た合成 PC 箱桁のねじりと断面変形,構造工学論文集,Vol.40,A,III,pp.1381-1388,1994 年.

20.0

18.0

16.0 N

14.0 12.0

1.2

1.0

(N/mm/) 0.6 ≣ 0.4

0.2 0.0

1.2

(uuu/N 0.6