

CS-89 波形鋼板ウェブP C箱桁のねじり剛性の評価方法に関する研究

ドーピー建設工業技術センター 正会員 上平 謙二
 ドーピー建設工業技術センター 正会員 立神 久雄
 金沢工業大学 正会員 本田 秀行
 大阪市立大学工学部 正会員 園田恵一郎

1. まえがき

波形鋼板ウェブを有するP C箱桁橋の力学的特性については色々研究がなされており、曲げ特性については設計上、平面保持の仮定が適用できるという研究成果が出されている。しかしながら、ねじり特性については、研究成果も少なく、一貫した設計思想が確立されていないのが現状である。

本研究は、そのねじり特性に着目し、特に箱桁断面における波形鋼板の占める割合、すなわち、箱桁断面形状の扁平度を考慮したシェルモデルによる立体F E M解析を実施し、ねじりに対する剛性評価を行うものである。

2. 解析方法

(1) 解析モデル

解析モデルは、図-1に示すように一般的なP C箱桁断面形状に合わせ、上床版幅を10.0m、下床版幅を6.0m一定とし、箱桁断面の扁平度を考慮するため床版中心高さを2.0m、4.0m及び6.0mとした。全体モデルとしては、コンクリート上下床版及び波形鋼板を2次元のシェルモデルとした立体の有限要素モデルで、構造系を片持ち梁とした。本解析では、その張出し長さを波形鋼板の波の形状を考慮して15.68mに設定した。特に、波形鋼板については、その変形及び応力の伝達機構を明確にするため波形を忠実に再現すると共に、片持ち先端部にはデビエータを想定し、剛性の高い横桁を設けた。本解析に用いた波形鋼板の形状と材料の物性をそれぞれ図-2及び表-1に示す。

(2) 解析方法

解析ケースと載荷荷重の関係を表-2に示す。載荷荷重としては、片持ち先端に集中ねじりモーメントを載荷し、全体のねじり変形挙動及びコンクリート床版と波形鋼板に生じるねじりせん断応力度を抽出した。

3. 解析結果及び考察

(1) 解析結果

解析で得られたねじり角とねじりモーメントの関係を表-3に示し、ねじりせん断応力度の比較を表-4に示す。但し、このねじりせん断応力度の抽出

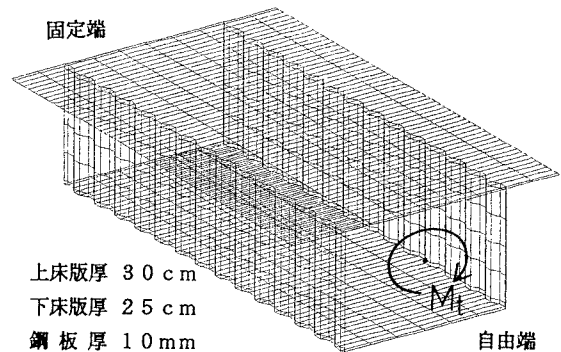


図-1 F E M解析モデル

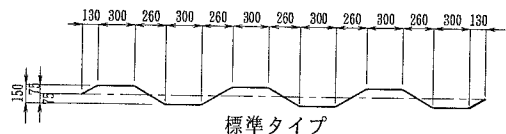


図-2 波形鋼板の形状

表-1 材料の物性

材 料	ヤング係数 (t f / m ²)	ポアソン比
コンクリート	3.1×10^8	0.167
鋼 材	2.1×10^7	0.300

表-2 解析ケース

解析ケース	張出し長 (m)	床版中心高 (m)	ねじりモーメント (t f · m)
Case-1	15.680	2.0	300.0
Case-2	15.680	4.0	600.0
Case-3	15.680	6.0	900.0

については、一定な純ねじりモーメントであることから、張出し中央位置の値とした。

ねじり角の分布は、各解析ケースともほぼ線形となっており（図-3）、波形鋼板に作用するねじりせん断応力度も波形鋼板特有のほぼ一定な値で推移している（図-4）。

（2）考察

ねじりモーメントを受ける部材のねじりモーメントとねじり角との関係は、以下の式で与えられる。

$$Mt = G \cdot \Theta \cdot Jt \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 Mt : ねじりモーメント

G : コンクリートのせん断弾性係数

Θ : ねじり率

Jt : ねじり定数

また筆者らは、ねじり定数とねじりせん断応力度の算定方法として、以下の式を提案している¹⁾。

$$Jt = 4Am^2 / \{ h_1 / (n_s \cdot t_1) + b_1 / t_2 + h_1 / (n_s \cdot t_3) + b_1 / t_4 \} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 Jt : ねじり定数

Am : $b_1 \cdot h_1$

n_s : G_s / G_c

G_s : 鋼のせん断弾性係数

G_c : コンクリートのせん断弾性係数

$$\tau_{ti} = Mt / Kti \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 τ_{ti} : 各部材のねじりせん断応力度

Kti : $2 \cdot Am \cdot ti$

ti : 各部材厚

表-3及び4の計算値は、上述の（1）、（2）及び（3）式を用いて計算した値である。

解析結果から明らかなように、桁高の低い場合、ねじりモーメント及びねじりせん断応力度とも解析値と計算値は比較的合う傾向にあるが、桁高が高くなるに従って合わなくなっている。これは、波形鋼板の変形性能に依存するところが大きいと思われる。つまり、波形鋼板の高さが高くなればそれだけ変形性能が大きくなり、ねじり変形に対するコンクリート床版の負担が大きくなるためと考えられる。

4. まとめ

波形鋼板構造のねじり特性について、波形鋼板の高さの影響があることが解った。ただし、箱断面の幅（ b ）と高さ（ h ）の比が $b/h = 3$ 程度であれば筆者らの提案式が適用出来ると考えられるが、それ以外ではまだ検討の余地が残されている。今後（1）、（2）及び（3）式に修正係数を導入することにより、より精度の高い慣用式を提案する予定である。

【参考文献】

1) 立神, 上平: ウェブに波形鋼板を用いたボックス桁の力学的特性, 第3回プレストレストコンクリートシンポジウム論文集, p. 187-192, 1992年11月

表-3 ねじり角とねじりモーメント

解析ケース	ねじり角 (度)	ねじり率 (rad/m)	ねじりモーメント (tf・m)		②/①
			載荷値①	計算値②	
Case-1	0.03790	4.219E-5	300	294	0.980
Case-2	0.02877	3.202E-5	600	558	0.930
Case-3	0.02424	2.698E-5	900	770	0.856

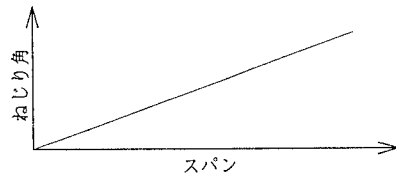


図-3 ねじり角の分布

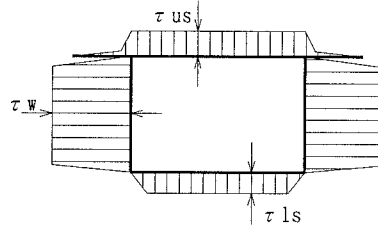


図-4 ねじりせん断応力度分布

表-4 ねじりせん断応力度の比較

ねじりせん断応 力度		Case-1	Case-2	Case-3
τ_w (tf/m ²)	解析値①	1170	1032	917
	計算値②	1250	1250	1250
	②/①	1.068	1.211	1.363
τ_{us} (tf/m ²)	解析値①	41	45	47
	計算値②	42	42	42
	②/①	1.024	0.933	0.894
τ_{ls} (tf/m ²)	解析値①	52	56	61
	計算値②	50	50	50
	②/①	0.962	0.893	0.820