

九州大学工学部 学生員 佐藤 善高

九州大学工学部 正会員 彦坂 照

福岡北九州高速道路公社 正会員 村山 隆之

1. 緒言

断面内に複数の円孔を有するRCまたはPC中空床版曲線橋においては、ねじりに対する設計が重要となるが、そのねじり性状については不明確な点が多い。本構造のねじり剛性とねじりせん断応力の正確な把握を目的として、まずねじり解析の基本となる断面剛の仮定の成立を、実橋の $1/5$ スケールの模型実験により確認した。次いで有限要素法による純ねじり解析を行い、さらに既往の薄肉断面ばりの純ねじり理論を補正して中空床版橋のねじりせん断応力を高精度で求める実用的手法を示す。

2. 実験による断面剛の仮定の検証

図-1は、福岡都市高速道路1号線東浜ランプのPC単純中空床版曲線橋を $1/5$ に縮尺して製作された模型諸元を示す。本橋の設計計算は、断面をG1～G4の4主桁に分割し36節点の平面格子桁にモデル化して行われたが、サンブナンの純ねじり理論は、ねじりによる断面変形が無視でき、橋全体が棒として挙動することを仮定している。そこで本橋を単純支持された1本の曲りばりとして解析し、

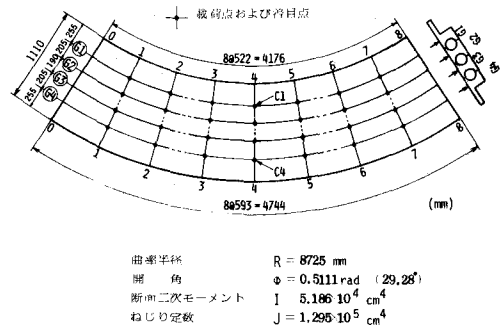


図-1 PC単純中空床版曲線橋(模型)の諸元

たわみおよび曲げ応力を模型実験値および格子桁理論値と比較した。図-2(a), (b)は、鉛直集中荷重 $P = 2 \text{ ton}$ の載荷点を変えて、内曲端主桁G1および外曲端主桁G4のスパン中央点におけるたわみ影響線を、また図-3(a), (b)は、それぞれ主桁G1およびG4のスパン中央点に鉛直荷重 $P = 2 \text{ ton}$ を載荷した場合の、床版下面における橋軸方向曲げ応力を示す。曲りばり理論によるたわみと曲げ応力は、格子桁理論によるものとほとんど差は無く、また実験値とも良好に合致している。これらの結果より、本中空床版橋のねじり問題を、断面剛の仮定に基づいて解析して差し支えないことが確認される。

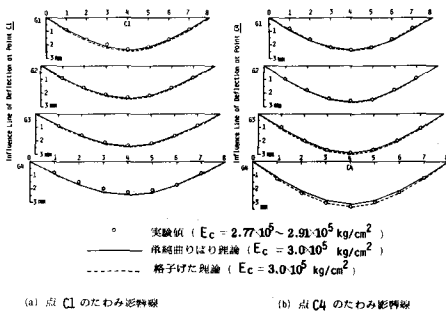


図-2 たわみ影響線の理論値と実験値

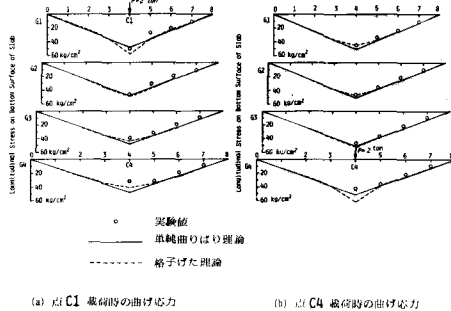


図-3 曲げ応力の理論値と実験値

3. 有限要素法による純ねじり解析

図-4(a)は、図-1の $1/5$ 縮尺模型中空床版橋の断面であるが、左右の張出床版(破線部)は全断面のねじり剛性に1%以下しか寄与しないので、ねじり解析ではこれを無視する。同図(b)は円孔に外接する正方形孔をもつ室箱形断面であり、また実橋の設計計算では断面を図(c)のようにモデル化し、薄肉閉断面ばりの純ねじり理論によるねじり定数を4等分して4本の格子主桁のねじり定数とした。ここでは、図-4の各断面をもつ棒の純ねじり問題を有限要素法¹⁾で解析し、断面薄肉の仮定の妥当性を調べた。各断面は2軸対称なので、有限要素法では全断面の $1/4$ (斜線部)だけを取り扱えばよい。表-1は、各断面の純ねじり定数について、図-

图 4 有限要素法解析对象断面

表 - 1 各断面のねじり定数

計算手法 断面	有限要素法 (厚肉断面)	はり理論 (薄肉閉断面)
中空床版断面	$1.295 \times 10^5 \text{ cm}^4$	
3室箱形断面	1.196×10^5	$1.112 \times 10^5 \text{ cm}^4$
単室箱形断面	1.155×10^5	1.096×10^5

4. 薄肉断面ばりの純ねじり理論による

せん断応力とその補正

図-4 (a) の中空床版断面を同図(b)または(c)の箱形断面にモデル化し、薄肉閉断面ばりの純ねじり理論によりせん断応力を求めるときは、フランジおよびウェブの厚肉効果による付加せん断応力を考慮して補正計算を行う必要がある。⁽²⁾ フランジおよびウェブが $a \times b$ ($a > b$) の矩形断面のとき、せん断応力の補正値 $\Delta \tau$ は肉厚 b の方向に近似的に直線分布し、縁上の最大値が次式で与えられる。

$$\Delta T_{\max} = C b T/J \quad (1)$$

ここに、 T は全断面に働くねじりモーメント、 J はねじり定数、 C は a/b の値により表-2のように与えられる実数である。

図-4(b), (c)の3室箱形および単室箱形断面をそれぞれ薄肉断面として断面縁上のねじりせん断応力を求めれば図-6に破線で示す分布が得られ、図-5の有限要素解に比べて外縁上の最大せん断応力を23%ほど過小評価することになる。そこで、この応力に式(1)の補正を行えば応力分布は図-6の実線のようになり、補正後の断面外縁上のせん断応力は有限要素解に近い分布を示すことがわかる。

参考文献 1) 川井・吉村:生産研究, 20卷5号, 1968.5

PP. 246~248 2) 山崎・彦坂: 構造解析の基礎,
共立出版, 1978. 3. PP. 81~86.

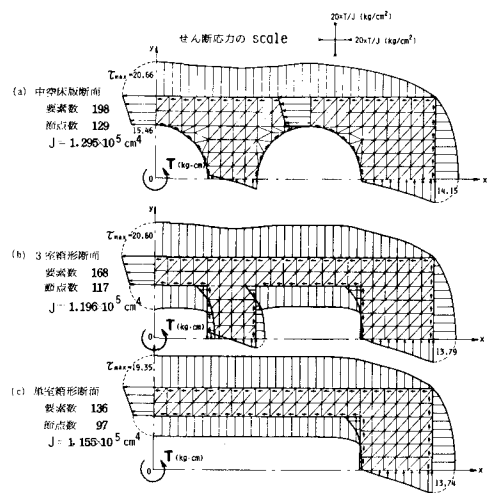


図 5 有限要素法によるねじりせん断応力解

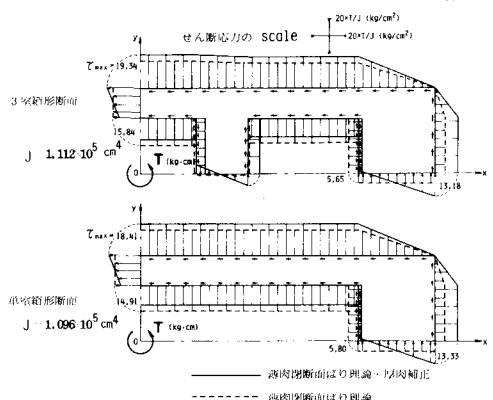


図 一 6 薄肉断面ばりの純ねじりせん断応力解

表 2 厚肉閉断面のねじりせん断応力補正係数

a/b	1.0	1.2	1.5	2	2.5	3	5	∞
c	0.667	0.759	0.849	0.930	0.966	0.984	0.997	1.000