

早稲田大学	正員	堀井健一郎
住友重機械工業(株)	正員	落合 重俊
同 上	正員	山口 幹夫
同 上	正員 ○	内藤 康

1 緒言

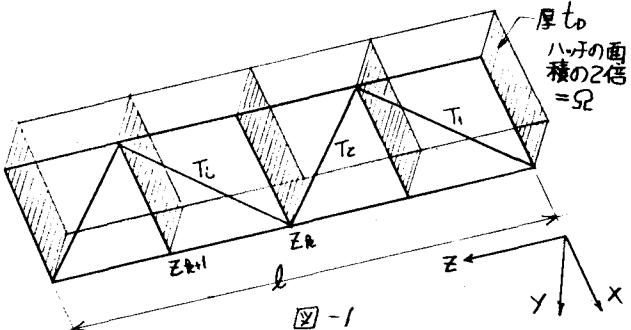
従来からプレートガーダ橋に設けた横構がねじりに有効に働く事が確かめられており、その効果を取り入れた設計例も数多い。それらの例では横構部材を何らかの方法で板厚に換算し、床版も含めて箱断面を構成するとして応力解析するのがほとんどである。これは製作、架設が困難で工費のかかる箱形を避け、開断面とし、そのねじりに対する弱点を横構で補おうとするものである。最近の鋼材強度の上昇及び特に厚板の溶接の将来性により、I-Section等開断面析の可能スパンは箱析の領域にまで及ぶと言えられ方が、その場合はねじりに対する対策が特に重要なよう。換算法は比較的簡便な解説法であるが、この様な複合構造では応力の流れが複雑で、果して全面的にこれを実用手段として使用してよいか疑問のあるところである。本研究では梁と骨組の複合構造としてねじりに対する応答値を求め、かつ実験によってその評価法を確認しようとしたものである。

2 解法

2.1 基本系

プレーンケを取除いた状態を基本系とし、断面変形は考慮しない。ダイヤフラムのねじり変形とソリ変形との適合条件により、ダイヤフラムの影響はこの梁にソリモーメント B が作用する事におき換える事が出来る。

両端ピンジ(回転拘束、ソリ自由)の支承条件でねじりに関する4つの物理量は初期パラメータ $\theta_0 = B_0 = 0, B'_0, H_0$ を用い



$$\text{回転角} \quad \theta(Z) = \theta'_0 \frac{l}{E} \sinh \frac{k}{l} Z + \frac{H_0}{GJ_d} \left(Z - \frac{l}{2} \sinh \frac{k}{l} Z \right) + \frac{B_{0k}}{GJ_d} \left[1 - \cosh \frac{k}{l} (Z - Z_k) \right] - f\theta(Z-t)$$

$$\text{ねじりソリ} \quad \theta'(Z) = \theta'_0 \cosh \frac{k}{l} Z + \frac{H_0}{GJ_d} \left(1 - \cosh \frac{k}{l} Z \right) - \frac{B_{0k}}{GJ_d} \frac{k}{l} \sinh \frac{k}{l} (Z - Z_k) - f\theta'(Z-t)$$

$$\text{ソリモーメント} B(Z) = -GJ_d \theta'_0 \sinh \frac{k}{l} Z + H_0 \frac{l}{E} \sinh \frac{k}{l} Z + B_{0k} \cosh \frac{k}{l} (Z - Z_k) + fB(Z-t)$$

$$H(z) = H_0 - fH(z-t)$$

$$\therefore B_{ZK} = -\bar{B} = \frac{Et_0^3\Omega}{12(1-\mu)} \partial'_{ZK}, \quad K = \lambda \sqrt{\frac{GJ_u}{EJ_w}}, \quad f = \begin{cases} 0 & Z-t < 0 \\ f & Z-t \geq 0 \end{cases}$$

初期パラメータ θ_0, H_0 は 境界条件 $\theta(l) = 0, B(l) = \bar{B}(z=z_l)$ から求められる。

2.2 基本均合式

フレーミングの部材力を不静定力として仕事の均式をたてる。

$$(\bar{D}_{11} + \bar{D}_{11})T_1 + \bar{D}_{12}T_2 + \dots + \bar{D}_{1n}T_n = -\bar{D}_{1g}$$

$$\bar{D}_{21}T_1 + (\bar{D}_{22} + \bar{D}_{22})T_2 + \dots + \bar{D}_{2n}T_n = -\bar{D}_{2g}$$

$$D_{n1} T_1 + \dots + (D_{nn} + \bar{D}_{nn}) T_n = -D_{nq}$$

221. D_{ij} ; $T_i = 1$ の状態の変形と $T_j = 1$ の力によって為す仕事, \overline{D}_{ii} = ブレーキング自身の振興仕事
 D_{ij} ; $T_i = 1$ の力と 外力による変形によって為す仕事.

2.3 ブレーシングの部材力

軸方向力 T_Z によって生ずる内力は モーメント $B = T_Z \cdot w$ (w:モーメント臂) 軸力 $N = T_Z$, 曲げモーメント $M_Y = T_Z X$, $M_X = T_Z Y$

軸方向力 T_x による内力はねじりモーメント $M_T = T_x \cdot R$ (R : セン断中心までのさより), 橫方向力 $P = T_x$

以上の内力とそれにによる変位を求め 2式 代入すれば不静定力を下を求める事が出来た。

3 實驗的確認 及公 檢討

3.1 实验方法

模型は $200 \times 75 \times 20$, 厚さ 3.2 mm のリップみぞ形鋼で長さ 180 cm の端部と中间に隔壁を有する单纯支持梁(回転不能, ソリ自由)を採用した。ねじりモーメント荷重は図3のように中间ダイヤフラムの位置のアームの先端に重錠を加える事により所定の値を得る事にした。ねじりの実験では境界条件により回転角、ソリ応力等が大きく左右されるので特にこの点に十分留意した。モデルの厚さ/ 中 = 0.016 , 厚さ/ 長さ = 0.0017 , 高さ/ 中 = 0.38 , $\text{中}/\text{長さ}$ = 0.11 となっている。

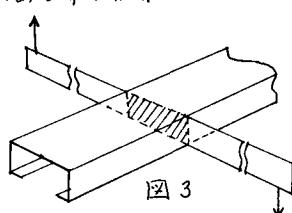
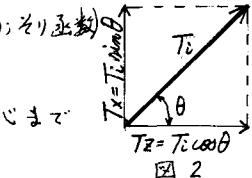
3.2 実験結果 及び 本解析値の検討

三、隔壁、橫樣斷面

図4、図5、表2より理論値は実験値によく近似している事がわかる。実験結果は各種々のアソブロについての数値計算の結果判明した性状につき以下に述べる。

1) 隔壁の影響 本モデルの如く本体に比し隔壁の剛性の大きいものではその影響はかなり大きい。図9により隔壁の奥でモーメントが急変しているが隔壁の剛性を一様に増しても隔壁奥のモーメントの勾配は変わらない事がわかる。図10は隔壁の板厚と回転角の関係を示す。両端ヒンジの場合は支点の隔壁の効果が最も顕著である。但し横構と隔壁が併存する場合は横構の影響が支配的となる。

2) 横構の影響 横構の影響は隔壁に比し顯著である。図6.7.8によつて横構の断面積がある。



毛 元 儿	18岁 数	隔壁 端	厚 中 间	機 構 斷 面
1	6	16	mm 4.5	—
2	6	16	15.0	—
3	6	16	4.5	6x6
4	6	16	4.5	6x6

値に達すると回転角、モーメント、横構応力が急激に減少し、それ以後は直線的に変化している事がわかる。図8でモーメントが横構取り付け点で急変し、横構が梁の中央を拘束している結果が明らかである。但しこの場合には隔壁の場合とちがい、横構断面積の変化があると、ハネル向外モーメントの勾配は変化する。横構断面を増すとモーメントは減少するが必ずしも端部附近の方が位の値を示すとは限らず又端部附近でモーメントの符号が反転する。これはモーメントが端部で大きく、その結果モード拘束の影響が強く現われる故であると思われる。

3.3 換算法の検討

- ウラソフの方法 本体と横構が形成する箱断面の不静定セントリ断面を本体はセン断面形せず、横構を置換した板のセン断面形のみを考慮して求め $\lambda = l/\sqrt{GJ_d/EJ_w}$ の J_d を $J_d + J_b$ における換算する方法。
- λ と同様にして求めた準箱断面について J_d , J_w を計算するものでは λ 法と大差ない。
- 本体と横構からなる梁と、箱断面にねじりを作用させ、近似計算で求めたエネルギーを導入して横構のある板厚に置換し、 λ と同様に J_d , J_w を計算する方法。
- A, B, C について計算1の結果を図6, 7, 8 に示す。Cを除いて二のモデルでは換算法は本解析値によい近似を示している。次に実橋に近いモデルでウラソフの換算法と本解析値を横構応力にて比較したのが表3である。この例ではウラソフの換算値は本解析値より位の値となる。

4 結論

ねじりに対する隔壁と横構の効果について検討した。断面変形不変の仮定を基に行なが、本解析はねじりに対するそれらの効果をほどこ正しく評価していると考える。実構では隔壁は対傾構又は横構に相当するが、そのねじり剛性は低く一般的には無視してよいが、例えば支承に箱の横梁を有する場合等はその影響が顕著であろう。横構のねじりに対する効果は大きく、ウラソフの換算法又は今に類似の方法は十分な実用性を有している。但しねじり荷重の大きさを曲線構造では横構取り付け点の構造とも含め慎重に取り扱う必要がある。曲げに対する横構の応答は現在検討中である。

参考文献 薄肉弹性ばりの理論(ウラソフ) 薄肉構造物の理論と計算(小松定夫) 橋梁と基礎 5-4

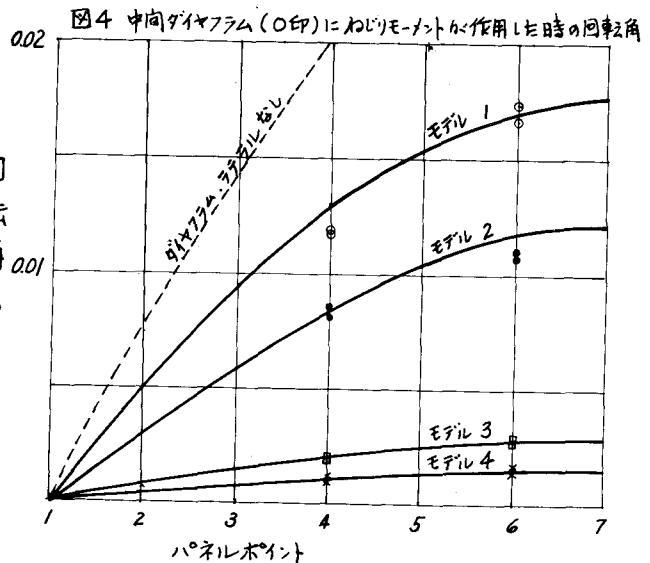
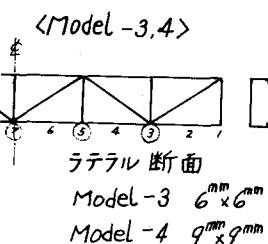
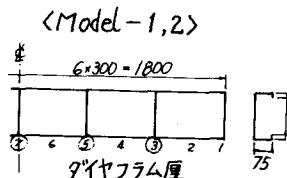


表-2 実験モデルのラテラル応力(Kg/cm²)

	実験値	本解法値	ウラソフ換算値
モード①	78	64	93
モード②	-45	-47	-54
モード③	21	16	28
モード④	35	32	42
モード⑤	-24	-22	-22
モード⑥	10	8	11

図-5 ねじり試験によるモーメント

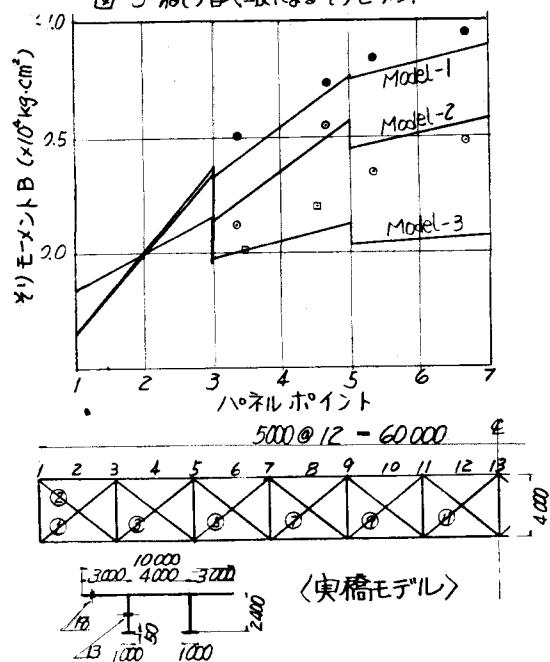


表-3 実橋モデルの横構力

	本解法値 (kg)	ウラソフ換算値 (kg)
部材力1	698	505
部材力3	645	483
部材力5	548	428
部材力7	415	348
部材力9	260	240
部材力11	89	125

* モーメント 5t²/12

図-10 隔壁の効果

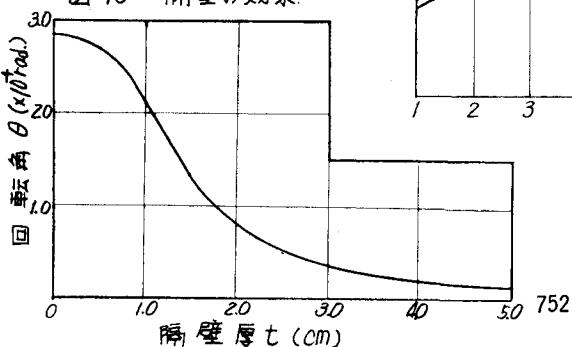


図-6 スパン中央の回転角とラテラル面

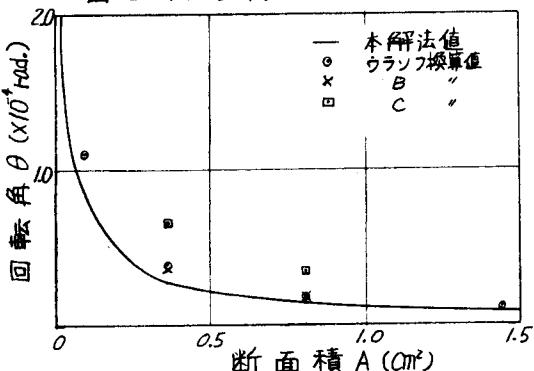


図-7 ラテラル応力と断面積

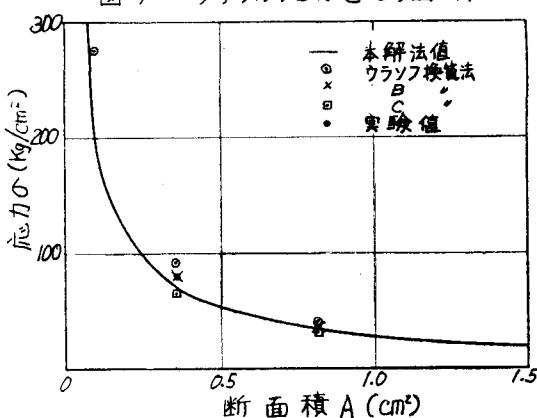
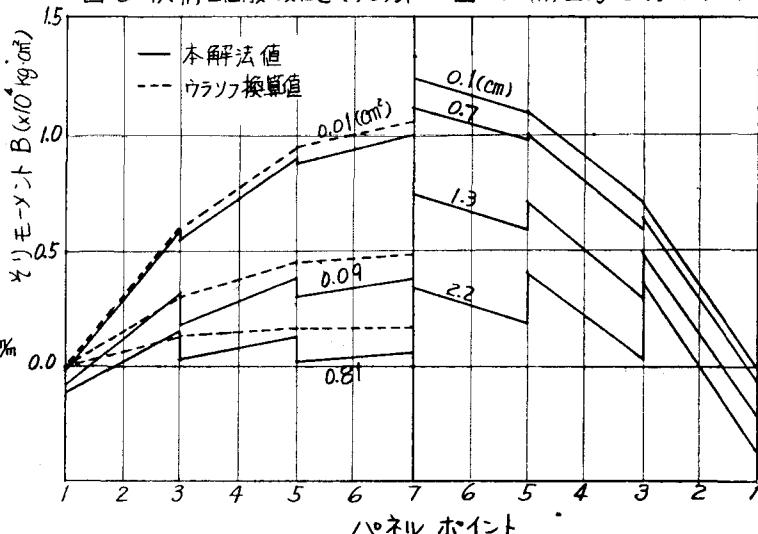


図-8 横構断面積の変化とモーメント

図-9 隔壁厚とモーメント



752

50 40 30 20 10 0

752

50 40 30 20 10 0

752