

(株) 横河橋梁製作所 正員 名取 暢
正員 寺田 博昌

1. まえがき

トラス橋の弦材には、一般に箱断面が使われる。基本的にトラス弦材は軸力部材であるので、箱断面集成の角継手部には軸応力のみ作用を考えた片側すみ肉溶接あるいは部分溶込みレ形溶接が採られている。

しかし、近年の長大トラス橋の出現により、断面の大型化・構成板の厚肉化が進むと同時に構造も複雑化しており、角継手部に作用する力も複合応力を考える必要がある。特に格点部近傍や、道路・鉄道併用橋の床トラス弦材には、軸力以外に曲げモーメント・ねじりモーメント・せん断力が作用するが、これら複合外力を受ける弦材の角継手部の溶接接合詳細を決める方法は未だ不明確である。

そこで、ねじりが作用する弦材角継手部を対象に、種々の接合方法について電気的アナロジーにより、角継手部のせん断応力分布性状を明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

ねじり問題における基礎方程式は、(1)式に示すラプラスの方程式で表わされる。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$\psi = \phi + \frac{1}{2}(x^2 + y^2)G\theta$$

ここに、 ϕ はねじりの応力関数、 G は材料のせん断弾性係数、 θ は比ねじり角である。

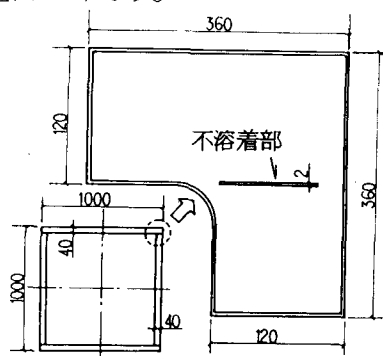
一方、抵抗が一樣な電解媒質に微小電流を流した場合の領域内の電圧分布(V)は、ねじりの問題と同様に、ラプラスの方程式を満足することが知られている。

$$\frac{\partial^2 \nabla}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \nabla}{\partial y^2} = 0 \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 K を類似係数として、 $\nabla = \psi/K$ とすれば、(1)式と(2)式の間には相似関係が成り立つ。したがって、電気的アナロジーにおいて、境界条件を適当に与え、電解媒質内の電圧を測定すれば、ねじりの応力関数 ϕ は、次式で求められることとなる。

$$\phi = KV - \frac{1}{2}(x^2 + y^2)G\theta \quad \text{----- (3)}$$

実験では、実大トラス弦材の角部を3倍に拡大し、アクリル板により深さ9mmの槽を作製した。槽中の電解媒質としては、食塩濃度を1%とした濃度2%の寒天を用いた。模型形状の一例を図-1に、電気配線図を図-2に示す。



想定弦材寸法 3倍拡大模型
図-1 模型形状の一例

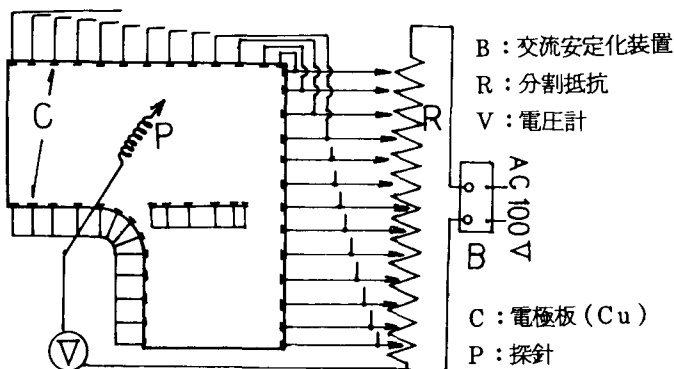


図-2 電気配線図

3. 実験結果

3-1 薄肉断面と厚肉断面の比較

完全溶込み接合を想定した薄肉と厚肉断面について実験を行った。図-3に実験から得られたせん断流線図と一般部、角部におけるねじりの応力関数、せん断応力の分布状況を示す。薄肉断面では、一般部のせん断応力は板厚方向にほぼ一様に分布している。これに対し厚肉断面では、板厚方向に大きく異なる分布形状となつている。角部では、せん断流の方向が変化するため、内側凹部に応力が集中し、薄肉断面で応力集中率は一般部の応力に対し $\alpha = 2.4$ 、厚肉断面では一般部内周縁での応力に対し $\alpha = 2.5$ となつている。薄肉断面について、薄肉理論に基づいた計算値（点線）と比較すると、実験値と計算値は比較的良好一致しており、今回想定した断面寸法において角部が完全接合されている場合には、従来より用いられている薄肉理論で特に問題がないと言える。

3-2 部分溶込み溶接とした場合の性状

薄肉断面について角部を部分溶込み溶接とした場合の実験結果を図-4に示す。この場合、角継手部の内側が不連続部となるため、せん断流は外側に片寄り、不溶着部先端には応力集中を生じている。今回、のど厚寸法(a)は板厚40mmに対し9mmに設定しているので、この部分では断面減少分だけ応力は増加することとなるが、さらに不溶着部先端では $\alpha = 3.7$ となり、非常に高い応力が発生する。また、ねじりモーメントを、3-1の完全接合されている場合と比較すると、

$$T_F = 3.72 \times 10^{10} \cdot G\Theta_F \text{ (完全接合)}$$

$$T_P = 2.47 \times 10^{10} \cdot G\Theta_P \text{ (部分溶込み溶接)}$$

$$(T = 3.54 \times 10^{10} \cdot G\Theta \text{ 薄肉理論に基づく計算値})$$

となり、比ねじり角を $\Theta_F = \Theta_P$ とするとねじりモーメントは約34%低下している。言いかえると角部を不完全継手とするときねじり剛性は低下し、ねじり変形が大きくなると言える。

3-3 内面すみ肉溶接を併用した場合の性状

外面溶接と等のだ厚寸法の内面すみ肉溶接を併用した場合の実験結果を図-5に示す。内面溶接を併用することにより、一般部でのせん断流は、外面と内面の溶接部に2分される。実験結果より、外面溶接部と内面溶接部に流れるせん断流を求めると、一般部でのせん断流 $q = \phi_i - \phi_o = 19200 \cdot G\Theta$ は、

$$q_o = 7800 \cdot G\Theta = 0.41q \text{ (外面溶接部)}$$

$$q_i = 11400 \cdot G\Theta = 0.59q \text{ (内面溶接部)}$$

と分担され、単純には両溶接部ののど厚に比例せず、内面溶接側に多く流れる傾向にある。

4. あとがき

本報告書では、ねじりが作用した弦材角継手部のせん断応力分布性状を取り上げたが、今後共、種々の外力が作用した場合の角継手部の応力性状を明らかにする予定である。

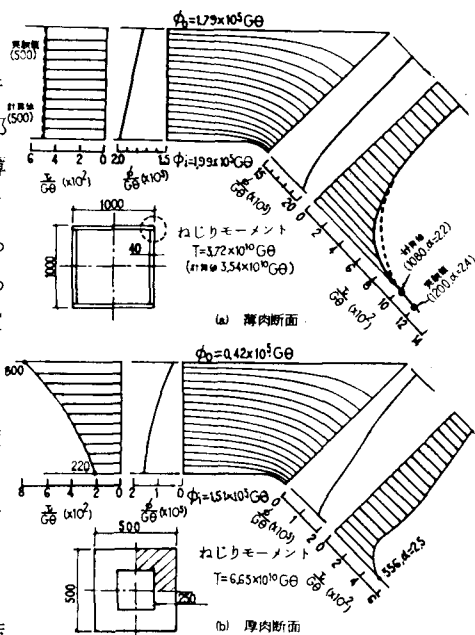


図-3 薄肉断面と厚肉断面の比較

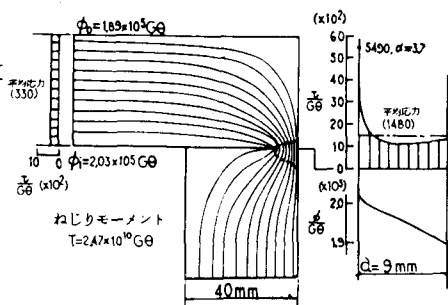


図-4 部分溶込み溶接とした場合の性状

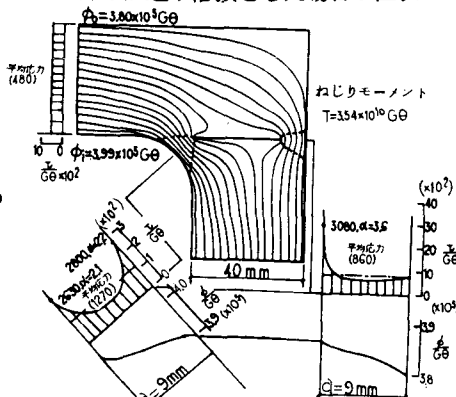


図-5 内面すみ肉溶接を併用した場合の性状