

I-11 メタルタッチ継手についての研究

東北大学工学部 ○ 学生員 長沼 二巳
 東北大学工学部 正員 倉西 茂
 東北大学工学部 正員 中沢 正利

1. まえがき

吊橋主塔の現場水平継手は、一般にメタルタッチ継手が用いられている。メタルタッチ継手とは、塔の各ブロックに作用する圧縮力の伝達を母材どうしの接触により行なう継手のことである。一般に圧縮力の50%を母材のメタルタッチによる直接伝達で、残りを高力ボルト摩擦接合で伝達するものとして設計している。しかし、メタルタッチ継手の圧縮力伝達機構は十分に解明されておらず、この設計方法での精度基準は過去の経験から定められたものと思われる。今後、主塔断面の大型化・複雑化にともない、現行の精度基準を満足することが困難となることが予想される。また、今後デザイン的な面から要望される、添接板を用いずに100%母材のメタルタッチにより圧縮力伝達を期待するメタルタッチ継手がある。この継手を設計する上で、さらに現行の精度基準を見直すためにも継手接触部での伝達機構の解明が必要となる。そこで本研究では、弾塑性有限要素法を用いてメタルタッチによる圧縮力伝達機構の解析を行った。また、この解析結果からメタルタッチ継手の現行の精度基準（表1）の妥当性を検討する。

2. 解析方法

定ひずみ三角形要素を使い、原則的に要素を一つずつ降伏させていく、いわゆる r_{min} 法による弾塑性有限要素法を用いた。降伏の他に接触による状態の変化を増分サイズに対する制約条件とし、各増分ステージで剛性が一定であるとして区分線形を仮定し、次のステージの解を求めている。また、接触による圧縮変形が無視できる距離に位置する面に等変位を与えて剛性方程式を解く変位制御を用いた。接触にともなう摩擦は、上下対称な断面の接触についての解析を行なったため考慮していない。解析対象は完全弾塑性体で平面応力状態にあるとし、von-Mises の降伏条件に従うものとする。

3. 数値解析結果

（1）荷重－変位関係と塑性域の拡がり

断面幅が規定され、接触面が円形である断面（図-1）、および接触面が連続する正弦波曲線となる断面（図-2）について解析を行なった。円形接触面の場合、曲率パラメーターとして接触面をなす曲率半径 r を断面幅 b で無次元化した r/b を用いた。荷重は、載荷荷重 P_0 を全断面降伏降伏荷重 P_y で無次元化した P_0/P_y を用いた。

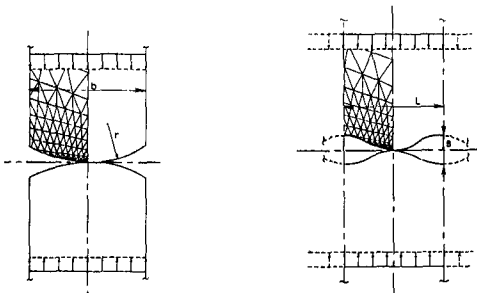


図1 断面（円形接触面）

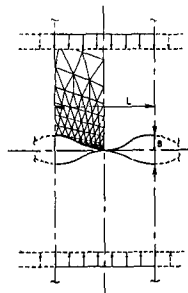


図2 断面（正弦波接触面）

表-1 メタルタッチの要求精度

メタルタッチ率	50%以上
メタルタッチの定数	0.04mm 厚スキマゲージが停止すること
最大サイズ	0.2mm
表面粗さ	12.5以下
端面直角度	20°以下

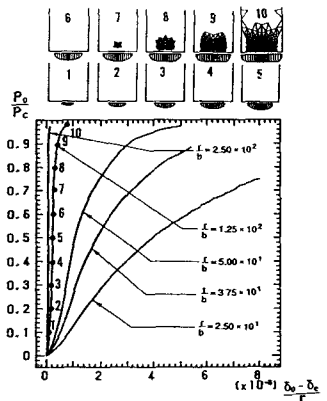


図3 荷重－変位および塑性域の拡がり
 （円形接触面）

変位は、実変位 δ_0 から弾性変位 δ_e ($\delta_e = PL/EA$) を引き、曲率半径で無次元化した。各曲率パラメーターについての荷重-変位関係、塑性域の拡がり、接触面の圧力分布を図-4に示した。

荷重が加わると、はじめ大きく変位し、荷重の増加と共に変位しにくくなる。これは、荷重が小さい段階においてほとんど接触していないため接触部に応力が集中して大きく変位し、そして接触部分が大きくなるに伴い応力が分散し変位の割合が小さくなると考えられる。また、載荷の途中で変位の割合が増加するのは、断面内部で降伏が起こるためである。円柱断面の接触において、接触面中心から高さ方向に接触幅の約1/4の点で最大せん断力が生じ、鋼のような材料ではこの点が最も弱く、図-3を見ても分かるようにここから塑性域が拡がっていくと考えられる。

正弦波接触面における荷重-変位関係、塑性域の拡がり、圧力分布を図-4に示す。接触面を表わすパラメーターとして、正弦波の周期 L を最大すきま S (振幅) で無次元化した L/S を用いる。正弦波接触面の場合、荷重-変位関係は円形接触面の場合と傾向は同じであるが、降伏による剛性の低下が少ない。これは、塑性域が高さ方向にあまり拡がらないためと考えられる。

(2) メタルタッチ継手の現行精度基準 (表-1) の検討

メタルタッチ継手を図-5とモデル化する。接触面は連続した正弦波曲線であると仮定、また添接板はバネモデルとしバネ長を接触面を挟んだボルト間隔 l_b とする。継手に設計荷重がかかる場合の添接板の応力状態を図-6に示す。これより、正弦曲線の周期 L 、つまりすきま幅に対するボルト間隔 l_b の割合 l_b/L が大きいほうが添接板の負担が少ないことがわかる。これは、ボルト間隔が長くなると、接触による圧縮変形の弾性変形に対する割合が非常に小さくなるためと考えられる。また、精度基準の最大すきま S はすきま幅 L と関連させて考えるべきである。つまり、程度にもよるがすきま幅が大きければ、最大すきまも大きくできる。仮にすきま幅が200mmとし、ボルト間隔が300mm以上であるならば最大すきまは現行基準以上の0.4mmであっても、添接板の応力は許容応力に達せず、十分安全であるといえる。

4. あとがき

メタルタッチ継手の現行の精度基準に規定されていない、すきま幅、および接触部を挟んだボルト間隔は、継手の強度に重要な意味を持つことがわかった。

5. 参考文献

- 1) Timoshenko, S. and Goodier, J.N.; Theory of Elasticity, 2nd Edition, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1951.
- 2) 植田、永田、小林; 吊橋主塔継手部の一考察、石川島播磨技報、第21巻、第2号、pp.145 ~ 151, 昭和56年3月。
- 3) 下川、辻、奥川、植村; 吊橋主塔現場水平継手の応力・変形挙動に関する実験的研究、土木学会論文報告集、第332号、pp.35 ~ 45、1983年4月。

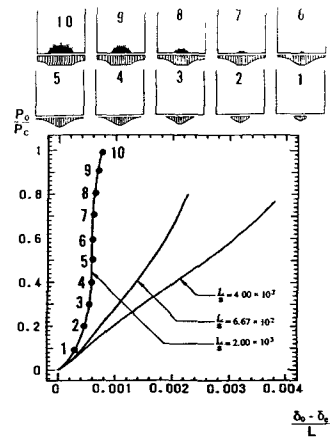


図4 荷重-変位及び塑性域の拡がり (正弦波接触面)

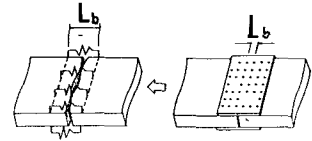


図5 メタルタッチ継手の解析モデル

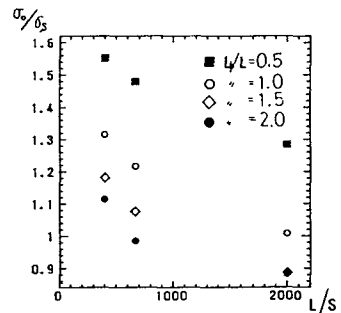


図6 メタルタッチ継手の添接板の設計荷重における応力