

JIL 1003:2009(照明用ポール強度計算基準)

Q & A 集

1. 計算上考慮する事項について	P 1
2. 開口部について	P 2
3. アーム、アームフランジについて	P 4
4. ベースプレートについて	P 6
5. アンカーボルトについて	P 7
6. 基礎について	P 8

JIL 1003 は、鋼製照明ポールの強度計算基準として、発行以来多くの設計者に利用されると共に、数度の改正を繰り返し、現在に至っています。特に 2009 年版では、開口部の捻りに対する照査と溶接部の照査の方法を明確化しました。また、それに伴う適用範囲の変更を実施しました。さらに基準化には至りませんでした。附属書として耐振動対策を提言するなど大幅な変更を行っています。

また LED 照明器具の普及に伴い、照明ポールに対する要求も年々変化しており、最近では当工業会にも多くの質問が寄せられるようになってきました。これを受けて今般、照明器具技術委員会ポール小委員会WGにてQ&A集を作成いたしました。

Q&A集の作成に当たっては、規格内容項目に加え、参考として掲載している基礎やアンカーボルトに対する質問にも対応しました。

1. 計算上考慮する事項について

Q1. 固定荷重を考慮する場合としない場合の区別について教えてください。

Ans. **JIL 1003:2009** では、「照明専用ポール及び付属物の取り付け数量が少ない場合は、固定荷重を考慮しないことができる。」としています(**JIL 1003:2009 P2 3.1 項** 固定荷重参照)。

また解説では、「固定荷重は、従来どおりとした。照明専用ポールと多目的照明ポールを区分して取り扱っていたが、照明専用ポールも多様化することが予想されるので同様に取扱うこととした。しかし、標準形ポールに類似する形状の照明専用ポールについては、固定荷重が比較的小さいので従来どおり考慮する必要はないと考えられる。同様に、歩行者信号機などが単一で比較的主柱近傍に設置される様な多目的照明ポールにおいても考慮する必要はないと考えられる。支柱の自重についても **JIL 1003:2009 P2 3.2 項** 風荷重によるモーメントに比べ比較的小さいので従来どおり考慮しないことにした。」としています。

(**JIL 1003:2009 P24 3.4 項** 固定荷重(本体の 3.1)参照)

Q2. JIL 1003:2002 年版において、制御装置の風力係数を 1.3 で計算している例が掲載されていましたが、今回の JIL 1003:2009 年版では掲載されていません。ボックス形状の機器類は、JIL 1003:2002 年版と同じ 1.3 でよいですか？

Ans. ボックス形状の機器類の風力係数は、**JIL 1003:2002** 年版と同じく 1.3 です。

2. 開口部について

Q1. 開口部の応力照査における開口部応力集中補正係数 $N=1.2$ の根拠について教えてください。

Ans. 照査式は道路標識設置基準・同解説によりますが、照明用テーパーポールの場合、標識柱に比べて開口比率が高いため、照査式と実際の挙動とによる応力に差が生じる事が考えられます。特に、開口部枠等に応力集中(JIL 1003:2009 P29 解説図-3 参照 黄色から赤色部)が発生し、照査式に比べて強度が低下する可能性があります。

そこで、標準的な形状の開口部にて、ねじり試験を実施し、弾性範囲内に収まる値と照査式とを比べ、開口部応力集中補正係数を設定しました。他の形状については、ねじり試験で測定した応力(ひずみ)と FEM 解析との整合性を確認しています。

一方、全体の応力集中補正係数 1.2 は、前述のねじり負荷に曲げ負荷を加えた場合の FEM 上で、通常部が許容応力を超えないように、かつ最大応力集中部でも実験で確認した弾性範囲内での最大集中応力以下に収まるように設定したものです。

なお、確認した範囲は開口比率が 13%~32%、開口長さが 1.7D~4.0D ですので、それを外れる場合は、FEM 等により補正確認する必要があります。また、確認した構造が標準的な枠構造なので、構造が異なると確認は別途必要となります。

Q2. 開口部の開口長さが 1.7D~4.0D の範囲と明記されていますが、照明用テーパーポールの場合に D はどの位置での径を指しているのですか？

Ans. 開口部中心径です。

Q3. 開口部の開口比率が 13%~32%の範囲と明記されていますが、外径 $\phi 355.6$ で開口幅を 130 とすると 13%を下回ると思いますが、どう対応すれば良いですか？

Ans. FEM 解析にて確認するのが望ましいのですが、13%を下回る場合は、13%の補正係数を使用すれば安全側の設計になります。

Q4. 長円形テーパーポールはねじり力が発生しますが、計算例では何故考慮しないのですか？(JIL 1003:2009 P56 参照)

Ans. ねじり力が発生するポールについては、原則としてねじり力を考慮する必要があります。

JIL1001:2009 P11・P12 の図 7・図 8 に示されるような標準的なポールでは、ねじり力を考慮しても強度計算上問題ないので、計算例では省略しています。

Q5. 開口部の蓋は強度計算上考慮しなくて良いのですか？

Ans. 開口部の断面性能の計算を行う場合、ポール本体と枠は考慮しますが、蓋は取り外しが可能な部分なので安全側を考慮して、強度計算上は無い物としています。

Q6. 開口部にクラック、サビ等で異常が発見された場合はどの様に評価したらよいですか？

Ans. 開口部等、ポール劣化、点検に関する対応例については、(一社)建設電気技術協会発行の「道路照明器具・テーパーポール経年劣化の実態と点検」に更新の目安として、クラックが認められるものは撤去する、と記載されています。

3. アーム、アームフランジについて

**Q1. アーム本体の応力照査における、応力集中補正係数 $n=4$ の根拠について教えてください。
(JIL 1003:2009 P16、P35 参照)**

Ans. 照査式は鋼管を全断面有効とみなして応力照査していますが、**JIL 1003:2009 P35** 解説図-9 に示すように溶接部近傍に応力集中が発生します。リブなしアームではこの応力が照査式から求めた応力に対し、FEM 上局部的に 7.0~7.9 倍程度になります。また、リブつきアームのリブ頂部でも 2 倍程度の応力集中が発生します。

この状態は基部でも同様で、リブ付ベースプレートの場合、リブを考慮しない計算値に対して、FEM 上で支柱のリブ頂部での応力集中が 3.3 倍あります。また支柱とベースプレートの溶接部近傍にも 2 倍程度の応力集中が発生します。しかし、局部的に応力が高くなったとしても構造体として弾性範囲外になるとは限りません。過去の実験結果からも設計強度が十分確保されているようです。従って局部的な応力集中部の応力が許容応力の 2 倍程度は許容されると考えています。

リブなしアームの場合、応力集中補正係数を 4 とすることによって、FEM 上の応力集中が局部的に 7.9 倍となっても、許容応力の $7.9/4=2$ 倍以内に収めることができます。なお、アームと支柱の接合部は、基本的に補剛リブを設けることを推奨します。

Q2. アームリブ部の応力照査及び同溶接部の応力照査で、長期・短期許容応力度以下でなければならないとしていますが、長期の場合は荷重方向が違うので($T=M/D$)の式は使用できないのではないですか？(JIL 1003:2009 P17 参照)

Ans. リブ及び溶接部の長期荷重の応力照査では、ご指摘のとおり荷重方向が異なるので $T=M/D$ は確かに適用できません。実際には通常十分な強度を有していますが、計算する場合は水平方向のリブ形状と異なるため、一般的にアームとポールの接点での鉛直断面を想定して断面係数による計算を適用します。アーム本体の応力照査では、リブ付の場合は $\sigma_{AH} = \frac{M}{ZA} \leq \sigma$ によりアームのみの断面性能で判定しています。

(1) リブの固定荷重による応力照査：

$$\text{本体の固定荷重による曲げ応力は } \sigma_{AH} = \frac{MV}{ZA} \leq \sigma$$

$$\text{一方リブの固定荷重による曲げ応力は } \sigma_{RH} = \frac{MV}{ZR}$$

断面係数はリブを含めたほうが大きくなるので $ZR > ZA$

$$\text{したがって } \sigma_{RH} = \frac{MV}{ZR} \leq \frac{MV}{ZA} \leq \sigma \text{ となり、リブの曲げ応力はアーム本体の曲げ}$$

応力より常に低くなり、OK となるので応力照査は省略することができます。

(2) 溶接部の固定荷重による応力照査：

溶接部の固定荷重による曲げ応力も同様に断面係数でアーム本体と比較します。溶接脚長を通常の最小値 4 mm と仮定しても、通常のリブ形式では溶接部はアーム本体の 2 倍以 FEM 面係数となり、アーム本体に比べて十分な強度を有していますので、やはり応力照査は省略することができます。

**Q3. 丸断面の主柱に四角アームが取り付けられる場合の補正係数はいくらにすればよいですか？
(JIL 1003:2009 P16 参照)**

Ans. FEM で確認できない場合は、補正係数 $n=4$ を使用すれば安全サイドです。もしくは水平方向の荷重に対しては、アーム鉛直面と主柱の接合部は大きな偏りがないと仮定して良いので、アーム水平面を無視して、鉛直面と主柱との溶接部の応力照査を行えば、アームの応力照査上の補正係数は不要とすることができます。

Q4. 「多目的照明ポールにおいてもアーム及び付属物が同一面内に取り付き、アーム長さが比較的短い場合は、その面に対して正面又は側面を考慮すれば良いと考えられる。」と書かれていますが、アーム長さは具体的に何mまでを想定していますか？ (JIL 1003:2009 P26 参照)

Ans. 直線形の多目的柱で歩行者用信号を想定した表現になっています。したがって 1m程度の長さを想定しています。但しアーム及び付属物が同一面内にあっても、開口部またはベースプレートの最弱方向と異なる場合は、 45° または最弱方向での照査が必要です。

Q5. アームフランジの応力照査において、丸フランジの計算方法は記載されていますが、四角フランジの場合の計算方法はようになりますか？ (JIL 1003:2009 P18 参照)

Ans. 各種形状が想定されるので、計算方法を統一的に示すことはできません。
JIL 1003:2009 P12～P15 のベースプレートの計算方法を参考にして下さい。

4. ベースプレートについて

Q1. ベースプレート部での主柱の応力照査やリブの応力照査において、応力集中を考慮しない理由について教えてください。

Ans. ベースプレート部の場合、応力集中が発生する箇所はリブの上端になります。一方、主柱の応力照査はベースと主柱の接合部の位置にて、リブを考慮しない計算値で行います。この計算値に対してリブの上端では、FEM 上 3.3 倍程度の局所的な応力集中が見られます。しかしあくまでも局部であるため、構造体の全体剛性に及ぼす影響は低く、過去の実験結果からも全体剛性への影響はなく、十分な強度を有しています。したがって補正係数は設けませんでした。

なお、ベースプレートと主柱溶接部近傍にも、局所的に 2 倍程度の応力集中が発生しているのが FEM 上で見られます。

**Q2. 4 枚リブの IR の算出式で、水平リブが考慮されていない理由について教えてください。
(JIL 1003:2009 P15 参照)**

Ans. 水平リブを考慮すると $+\frac{(L-C) \times tr^3}{6}$ だけ I_r が増加しますが、増加分は全体の

0.05%程度で実際には無視できるため省略しました。但しアームフランジの場合には考慮しているので、整合性をとるためベースプレートにも水平リブ分を追加した式を正誤表に掲載しています。

5. アンカーボルトについて

Q1. アンカーボルトの許容引張応力度が、 180N/mm^2 から 235N/mm^2 に変わったのは何故ですか？

Ans. アンカーボルトの短期許容引張応力度の根拠は、日本建築学会発行の「鋼構造設計基準」によります。**JIL 1003:2002** の短期許容引張応力度は、「鋼構造設計基準(2002年2月版)」の 180N/mm^2 で、対象とするボルトの断面積は軸断面積です。また、**JIL 1003:2009** の短期許容引張応力度は、「鋼構造設計基準(2005年9月版)」の 235N/mm^2 で、対象とするボルトの断面積はねじ部有効断面積です。よって、**JIL 1003:2002** から **JIL 1003:2009** へ改正の際、アンカーボルトの許容引張応力度の値が変更になったのは、鋼構造設計基準が改正された事によります。

Q2. アンカーボルトの照査式(JIL 1003:2009 P104 参照)で、丸鋼の許容付着応力度を短期で 1.35 を採用することが望ましいとしていますが、日本建築学会発行の「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年2月度版)」では、JIL 1003:2002 で採用している許容応力度となっています。許容付着応力度 F_a は、 $6 \times F_c / 100$ を採用して良いのではないですか？

Ans. 「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説(2010年2月度版)」では、許容付着応力度 F_a は $6 \times F_c / 100$ とありますので採用して良いと思います。

JIL 1003:2009 改正作業時には、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年2月度版)」が発行されていなかったため、丸鋼の許容付着応力度を短期で 1.35 を採用しました。

Q3. アンカーボルトの最小埋め込み長さについて教えてください。

Ans. 建設省告示第 1456 号に、アンカーボルト定着長さに関して記載されていますので、参考にして下さい。

Q4. アンカーボルトの締め付けトルク値を教えてください。

Ans. 照明ポールに使用されるアンカーボルトの締め付けトルク値に関しては、建設電気技術協会発行の「電気通信設備施工管理の手引き」に、通信鉄塔・反射板設置工における規格値が掲載されていますので参考にして下さい。

Q5. コンクリートに対するアンカーボルトの最小かぶり厚さを教えてください。

Ans. アンカーボルトに対しての記載ではありませんが、日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説(I 共通編 IV 下部構造編)」に、鉄筋の最小かぶり厚さに関する記載がありますので参考にして下さい。

6. 基礎について

Q1. 簡易ケーソン計算例における β の算定について教えてください。(JIL 1003:2009 P113 参照)

Ans. 建設省土木研究所資料第 1035 号「ポール基礎の安定計算法」には、次の様に記載されています。

B は基礎の有効底面積を算出するための角度(rad)であり、次式が満足されるように決定しますが、この式を満足させるには、 B を仮定、代入し試算する他ありません。

$$\beta = kv \cdot a^3 \cdot \theta \cdot v1 = V + 4 \cdot a \cdot b \cdot l \cdot \gamma c$$

また、基礎に対する荷重と基礎形状によってはこの B が収束しない結果となることもあります。この場合、基礎形状を変更し再計算となります。

Q2. 斜面上に基礎を設置する場合の検討はどうすれば良いですか？

Ans. 日本道路協会発行の「杭基礎設計便覧」に、斜面上に設けられる基礎の計算方法が示されていますので、参考にして下さい。

Q3. 軟弱地盤に基礎を設置する場合の計算方法について教えてください。

Ans. 日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説(I 共通編 IV 下部構造編)」に記載されている受動土圧係数 K_p の式に、同書に記載されている砂質土のせん断抵抗角 ϕ を代入することで基礎計算は可能と思われます。

但し、 ϕ を算出するための前提条件は N 値 > 5 の砂質地盤です。

Q4. 基礎構造として、置き基礎形式(埋め込みなし、基礎の自重と底面摩擦による水平支持)を設置した事例はありますか？「基準」の検討項目に相当する安定性を満足すれば、構造的に可能ですか？

Ans. 仮設としては検討した例はあるようですが、本設での事例は当方では確認していません。

Q5. 照明柱の設置場所が、外防波堤際に位置しており、波浪時には波をかぶる可能性があります。このような場合、一般的には対策を行いますか？風荷重と波荷重を考慮するのですか？

Ans. JIL 1003:2009 では固定荷重(自重)と風荷重を扱っていますので、波の影響を受ける場所に設置する場合は、別途設計条件を設定して強度計算して下さい。