

台風下における道路照明柱の低サイクル疲労破壊に関する基礎的実験

構造研究室 長久武司

1. はじめに

2011年に発生した台風9号(最大風速約50m/s)により、図-1のように沖縄県南部に設置された照明柱数基が倒壊した。原因は暴風による疲労破壊と推察されるが、詳細は不明である。そこで、本研究では台風下の振動による外力を想定した低サイクル疲労試験を行い、照明柱基部リブの有無による耐力の違いやリブによる照明柱の疲労特性を検証することによって、破壊特性の基礎資料を得ることを目的とする。



図-1 台風により倒壊した照明柱

2. 実験方法

(1) 試験体と載荷方法

載荷試験には、撤去された長さ12mの実照明柱を基部から2mの位置で切断した照明柱を用いる。試験体は図-2に示すように、2本一対で治具に固定して、治具に強制変位を与えることで載荷試験を行った。また、照明柱の支持部には、実構造の片持ち状態を再現のため補強材を取り付け、治具付近に横倒れ防止のための仮設鋼材を設置した。



図-2 試験体写真

(2) 試験条件

試験体のFEMモデルを作成し、ひずみゲージと変位計位置を図-3のように決定した。図中の四角がひずみゲージ、矢印が変位計の位置である。ひずみはリブ先端(基部)から開口部までを中心に測定し、変位や、照明柱試験体のたわみを測定した。また、耐力試験の最大変位量と低サイクル試験の荷重振幅を表-1、表-2にまとめた。

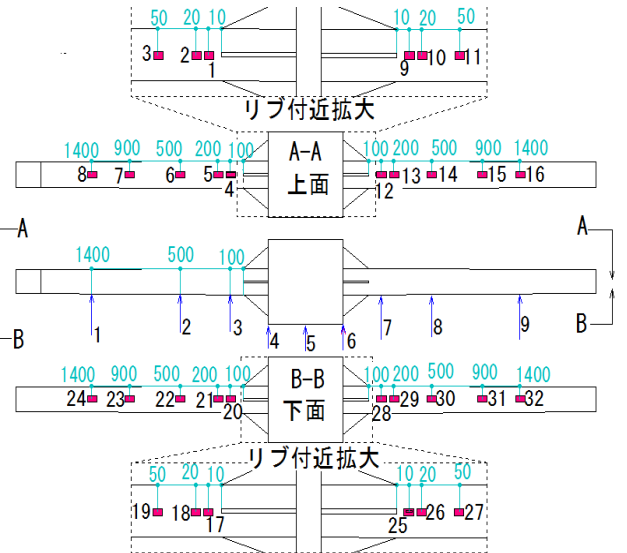


図-3 ひずみゲージと変位計貼付位置

3. 耐力実験結果

(1) 耐力特性

リブ有無ともに、図-4のようにFEMモデル以上の耐力を示しており、実照明柱の設計荷重のよりも非常に大きな耐力を持つことがわかった。またリブ有がリブ無に比べて5kN程度荷重が大きく作用することがわかった。

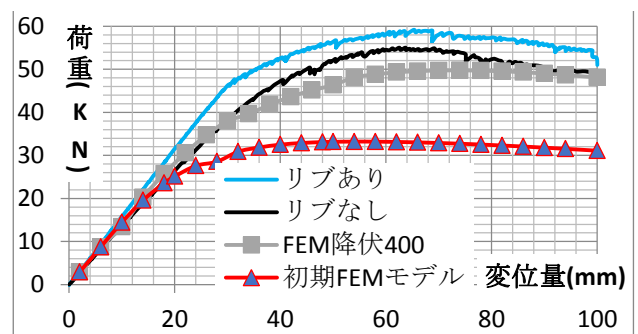


図-4 耐力試験での荷重変位曲線

(2) ひずみ特性

図-5のようにリブ有はリブ先端、リブ無は開口部で最大ひずみが見られた。また表-1のようにリブ有はリブ無に比べて局部でのひずみ値が高く最大変位時で約5倍の差があった。

(3) 局部座屈

図-6のように載荷試験で用いた各試験体の、開口部と基部範囲において局部座屈が発生した。また、基部やリブ付近といった開口部以外の箇所には破壊は無かった。

表-1 耐力試験時の最大変位量と最大ひずみ値

	最大変位量	$\Delta\mu\varepsilon$	$\Delta\sigma$
リブ無東	100mm	7000	1400
リブ無西	100mm	3200	640
リブ有東	100mm	37000	7400
リブ有西	100mm	26300	5260

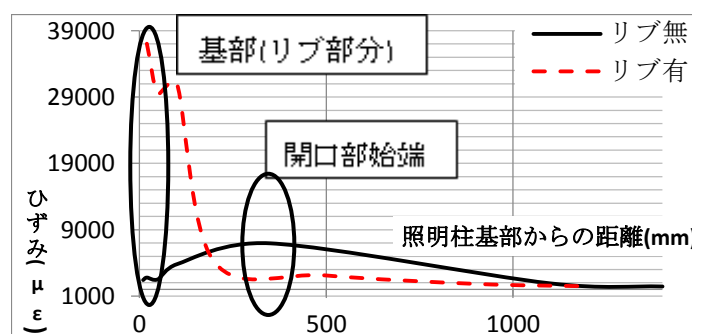


図-5 最大変位時(100mm 変位時)のひずみ分布の比較

4. 低サイクル疲労試験結果

(1) 台風時荷重の算定

速度圧 q と風荷重 P_w の算定式は次式で示される。

$$q = 1.23 \times v^2 / 2 \quad \text{式(1)}$$

$$P_w = CqA \quad \text{式(2)}$$

ここで、 v : 風速、 C : 風力係数、 A : 実照明柱の受圧面積である。台風時の風速 v を 60m/s とすると、式(1)より $q = 2.21\text{kN/m}^2$ となる。また $A=1.63$ 、実照明柱断面は円形なので $C=0.7$ なので式(2)より風荷重 2.52kN となる。実照明柱を長さ 12m の片持ち梁と考えると基部に働く曲げモーメントは $2520 \times 6=15120\text{Nm}$ となる。試験体を 4m の単純支持で中央に集中荷重を与えると考える場合、局部に同様の曲げ応力を発生させる荷重は約 15kN となる。

(2) 荷重振幅の設定

局部が降伏ひずみに達する低サイクル疲労破壊が発生するように全ての試験体に対して 30kN の初期振幅で試験を行った。また、この振幅は風速 85m/s に相当する。

(3) ひずみ特性

表-2 と図-6 のように基部付近での最大ひずみはリブ無試験体で $1200 \mu\epsilon$ 、リブ有で $2600 \mu\epsilon$ 、応力に換算すると 240N/mm^2 と 520N/mm^2 である。これは降伏応力よりも大きく、また耐荷力試験同様にリブ有はリブ無に比べて局部に倍以上の力が働いている。

(4) 変形、破壊特性

リブ有無ともに基部(リブ)付近の溶接部に亀裂が確認された。図-8 のように、リブ有は 3600 回時点で亀裂が確認され、進展をして破壊した。一方、リブ無は 3600 回の時点では亀裂は確認されず 10800 回の時点で図-9 のような亀裂が確認された。これは図-1 に示した実照明柱の亀裂状態と同様である。またリブ有では両側の下部から亀裂が見られたが、リブ無は一方のみに見られ、またリブ有のほうが最終的な亀裂深さも大きかった。

5. まとめ

以下に得られた結果をまとめる。

- (1) リブ有はリブ無に比べて耐荷力が 5kN ほど優れており、耐荷力の増強にリブを用いることは有用である。
- (2) 台風下にて破壊した実照明柱と同様に低サイクル疲労破壊が実験で確認できた。
- (3) 低サイクル疲労破壊では、リブ有はひずみ値がリブ無と比較して高く、亀裂発生も早いため低サイクル疲労しやすいことがわかった。一方リブ無は亀裂発生や進展が遅くリブ有と比較して低サイクル疲労破壊に対しては強いことが分かった。



リブ有の耐荷力試験終了時全体と開口部拡大



リブ無の耐荷力試験終了時全体と開口部拡大

図-5 耐荷力試験での開口部座屈

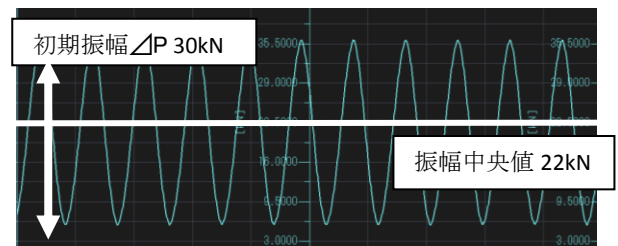


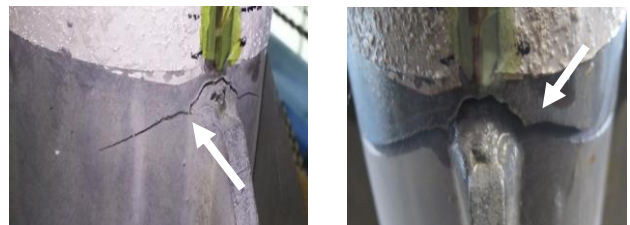
図-6 試験開始直後の荷重振幅

表-2 試験体の応力、ひずみ振幅と破壊までの振幅回数

	ΔP	$\Delta \mu \epsilon$	$\Delta \sigma$ (N/mm^2)	N(回)
リブ無東	30kN	950	190	破壊無し
リブ無西	30kN	1200	240	10800
リブ有東	30kN	2600	520	3600
リブ有西	30kN	1700	340	5400



低サイクル試験終了後のリブ有全体写真



(左 3600 振幅時、右 終了時)



図-9 リブ無の試験終了時亀裂