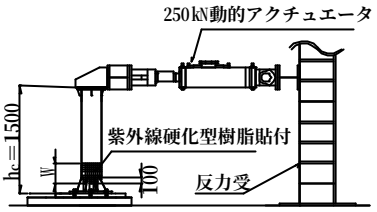
紫外線硬化型樹脂による補強対策を施した長柱の疲労実験

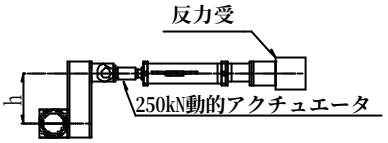
三井造船鉄構工事㈱　正会員　連　重俊*　　中央大学　学生員　佐藤武司
中央大学　正会員　平野廣和　　愛知工業大学　正会員　青木徹彦

1. はじめに

橋梁上に設置されている付属施設は、地上部と異なり交通荷重による振動の影響を受けるため、疲労損傷を生じる可能性が高くなっている。標識柱・照明柱の損傷事例としては、1999 年に標識柱の基部補強リブ上端に疲労亀裂が発生することにより強度が低下し高架下の平面街路に落下している[1]。このような落下事故には至っていないが、疲労による亀裂が確認されている標識柱があるとの報告もある[1]。この一つの原因として考えられることは、交通量の増大および金属沓からゴム沓等への移行に伴い、標識柱や照明柱は以前より交通振動の影響を受け疲労が生じやすい環境下に置かれていることにある。そこで本研究では、まず実物大の標識柱（高さ 7.25メートル横幅 4.90 メートルの F 型標準標識柱）の構造解析と振動特性、基部応力発生状況把握の実験[2]を実施後、疲労試験を行うこととする。ここでは、構造解析で得られた降伏点応力を試験体に歪みとして与え、早期破壊するために補強部材についても同等の歪みを発生させるように振幅を調整した。その結果得られた繰り返し回数を実発生応力に換算して戻し、予想回数として成果をまとめる。さらに新たな紫外線硬化型樹脂の貼付手法も提案し、補強効果の差に関しても評価できるように各種のタイプを用いた。これらにより、現実的な補強手法の基礎資料と長寿命化が確認された。



図－1　標識柱供試体



図－2　載過の方法

表－1　供試体諸元

供試体高さ：h(mm)	7250
取替部高さ：h_c	1500
標識部の幅：w(mm)	4900
鋼管の外径：D(mm)	267.4
鋼管板厚：t(mm)	9.3
基部のリブ高さ：h_s(mm)	200
基部のリブ幅：w_s(mm)	100

2.実験概要

標識柱供試体は、実際の構造と同一寸法の物[2]を用いる。疲労試験供試体は図－1 に示すように標識柱供試体の取替部のみを用い、供試体諸元を表－1 に示す。疲労試験は、紫外線硬化型の FRP 樹脂を巻き付け、実物大実験と同じ比率で供試体基部に応力が発生するように、偏心載荷を行っている。

表－2　補強の種類

タイプ	幅 W (mm)	巻き回数	補強プライマー塗布の有無
1	—	—	—
2	200	1	無
3	300	1	無
4	400	1	無
5	300	2	無
6	300	1	有

疲労試験に関しては、250kN 動的アクチュエータを用いて 2.0Hz の一定振動を与える。荷重は、水平力載荷試験により弾性領域を求め、これより供試体に過大な影響を与えない荷重として 40kN とした。疲労亀裂基部への補強荷重が低下するため、荷重を一定に保つように振幅を増加させることとする。F 型標準標識柱全体の振動特性を考慮し、図－2 に示すように横に張り出している標識部分の影響によるねじりの影響を考慮し、1500㎜の供試体による疲労試験においてもねじりを再現するように供試体の上部を偏心載荷する。紫外線硬化型の FRP 樹脂の補強タイプを表-2 に示す。補強パターンは無補強をタイプ 1 とし、シートの幅(W)、巻き付け回数、補強プライマー塗装の有無を考慮して合計 6 つのタイプを用意した。

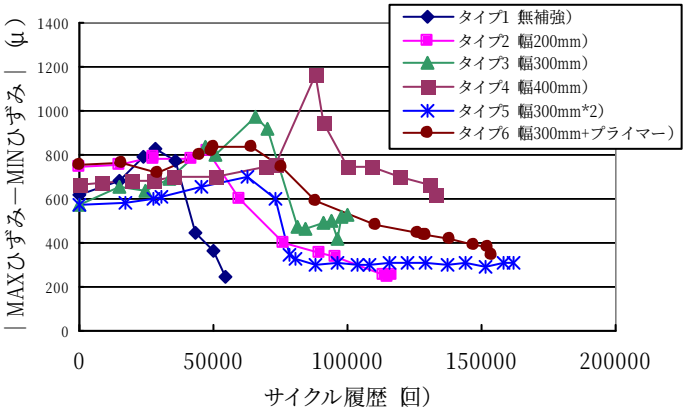


図-3　ひずみとサイクル履歴

キーワード　疲労実験，F型標識柱，補強効果，紫外線硬化樹脂　連絡先：大阪市住之江区柴谷 1-1-57 06-6683-3702　*)現：三井タンロン㈱

3．実験結果と考察

供試体基部に貼り付けたひずみゲージのひずみ、および振幅と振動回数より供試体の疲労強度を調べる。ひずみの変位とサイクル履歴との関係を図-3 に示す。縦軸は最大ひずみから最小ひずみを引いた絶対値を示す。これより、振動を繰り返していくと、ひずみは徐々に変化していき、ある回数を超えると急激に変化の程度が大きくなることがわかる。これらの現象と実験途中で目視によりき裂が確認できた時の振動回数がほぼ一致していることがわかった。これらより本実験では、ひずみとサイクル履歴のグラフにおいて、ひずみが急激に変化したところを亀裂の発生と考えることとする。なお、シートを貼り付けていることから一般にクラックの確認は目視ではし難いと考えられるが、亀裂が生じ始めたと考えられる頃から、鋼材とシートの間に亀裂から空気が入り込むことによりシートが白く変色するので、これで確認をする。

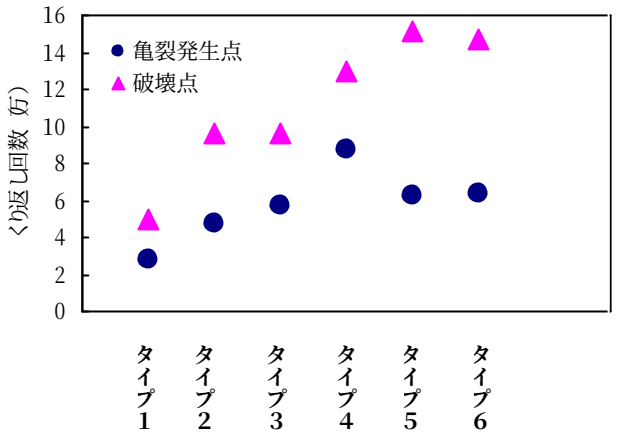


図-4　き裂発生回数と破壊点回数

図-4 に、各供試体タイプのき裂発生回数と破壊点回数を示す。き裂発生点に関して、補強シートの幅を増していけばほぼ線形的に繰り返り回数が伸びていくことがわかる。き裂発生点の繰り返し回数が伸びるということは、疲労強度が上がっていると考えられるので、補強幅を増やすことの効果が確認できる。ここで、幅が 300㎜ の場合について見ると、巻き数を増やすことや、強化プライマーを塗布することは、繰り返し回数にあまり変化が見られないため、亀裂発生に関してはあまり効果がないと言える。ところで、本研究ではき裂とき裂がつながるところを破壊点として考えている。この破壊点に至ると標識柱が落下するという事例が発生するので、き裂が入るというよりも、破壊しなければ良いと考えるべきである。その観点から考察すると、幅が 300㎜ の場合を見ると、1 枚巻いた時の繰り返し回数が 9.5 万回であったのに比べ、同じ補強幅でも、巻き数を 2 枚に増やすことや、強化プライマーを塗布することにより、繰り返し回数が約 15 万回になった。同じ補強幅でも繰り返し回数が約 1.5 倍に増えていることがわかる。これを、先ほどのき裂発生点と重ね合わせて考えてみると、き裂が生じ出す点は変わらないが、破壊点に至るまでの繰り返し回数が伸びているのでき裂が発生してもそれが進展せずにいるということが判断できる。これは施工面から、異常発生と対策の時間が現実的に稼ぐことができるというメリットを有している。

4．おわりに

本研究では、標識柱の振動特性を把握するとともに、長寿命化の具体的な数値の基礎資料を得ることが出来た。応力レベルの異なる状態でも今回の疲労試験により、タイプ 1（無補強）より、タイプ 2（幅 200㎜）とタイプ 3（幅 300㎜）では約 1.9 倍、タイプ 4（幅 400㎜）では 2.6 倍、タイプ 5（幅 300㎜*2）とタイプ 6（幅 300㎜+プライマー）では 3.0 倍の疲労耐久性を得ることができた。さらに実験を繰り返すことにより応力レベルの差との換算により具体的な繰り返し回数と現実的な長寿命化を提案することができる。

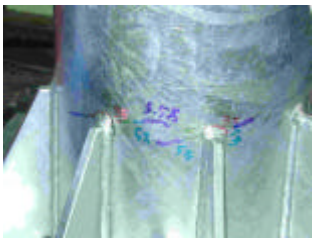


写真-1
振動疲労によるき裂（タイプ 1）

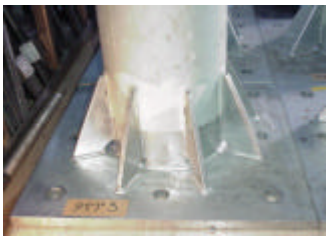


写真-2
振動疲労によるき裂（タイプ 3）

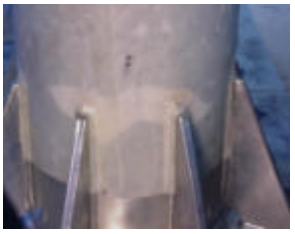


写真-3
振動疲労によるき裂（タイプ 6）

参考文献　1)池田他：橋梁照明柱の基部モデル改良に関する実験について，土木学会第 56 回年次学術講演会，I-B332，2001.10
2)佐藤他：紫外線硬化型樹脂による補強対策を施した長柱の構造特性，土木学会第 57 回年次学術講演会，I，2002.9