

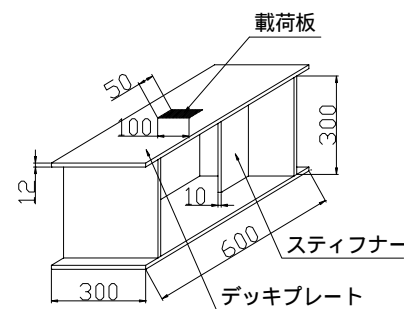
## 鋼床版垂直スティフナーすみ肉溶接部の疲労を対象とした補強方法

|           |      |        |
|-----------|------|--------|
| 法政大学大学院   | 学生会員 | ○大住 圭太 |
| 法政大学      | 正会員  | 森 猛    |
| (株)東京鐵骨橋梁 | 正会員  | 山田 浩二  |
| (株)ピーエムシー | 正会員  | 浅岡 敏明  |

1.はじめに 鋼床版は、薄い鋼板を溶接で組み合わせた構造であり、輪荷重が直接載るため、高い繰返し応力が生じやすく、疲労亀裂が発生しやすい。中でもデッキプレートと垂直スティフナーのすみ肉溶接部には疲労亀裂が数多く発生しており、適切な補修や補強が必要とされている。この部分の補強として、既に L 形鋼板を用いる方法を提案し、その効果について応力解析・応力測定試験・疲労試験を行なうことにより検討した。応力解析からは疲労亀裂発生点近傍の応力が 1/5 程度まで軽減するという結果が得られたものの、応力測定試験では応力軽減のバラつきが大きく、平均で 9/10 程度までの軽減が確認されたにすぎなかった。また、疲労試験からも十分な補強効果は確認できなかった。このような解析結果と測定結果の相違は、L 形鋼の平坦度やデッキプレートの変形などにより、L 形鋼とデッキプレートの密着が不十分であったために生じたものと考えられる。本研究では、密着性を向上させるために補強材と試験体の間に間詰め材を挟むことを考え、L 形鋼板補強の効果を応力測定試験と疲労試験を行うことにより検討する。

2.試験体と補強方法 試験体の形状と寸法を図 1 に示す。試験体は、鋼床版の垂直スティフナーが桁ウェブとデッキプレートに溶接された部分を模擬したものである。補強の仕組みを図 2 に示す。垂直スティフナーの板厚水平方向に対して、傾斜するテーパ面を持つテーパカラーを介してボルト締めし、テーパカラーを内側に移動させることによって L 形鋼をデッキプレート方向（上）に移動させ、L 形鋼の上面とデッキプレートを密着させようとする補強方法である。さらに密着を高める目的で、間詰め材をデッキプレートと L 形鋼の間に挟む。間詰め材に要求される性能として、間隙を十分に埋めるように変形が可能なこと、ある程度高いヤング率を有していることが挙げられる。ここでは、鉛板、CR ゴム、エポキシパテ、チタニウムパテ、セメント系グラウト材を間詰め材として用いた。なお、鉛板については厚さ 3mm、CR ゴムについては厚さ 2mm のものを用いた。

3.応力測定試験 载荷はデッキプレート中心部の 50mm×100mm の範囲とし、桁ウェブ直下の 2 線をローラー支持とした（図 1 参照）。図 3 に示すように、デッキプレート下面に 5 連ゲージを貼付し、21kN の荷重を载荷した際の応力分布の測定結果を図 4 に示す。補強なしの結果については、6 体の測定結果の平均値を示している。補強なしに比べて、いずれの補強方法を用いても全体的に応力が軽減しており、特に溶接止端近傍において軽減度が



橋軸方向 (単位: mm)

図 1 試験体

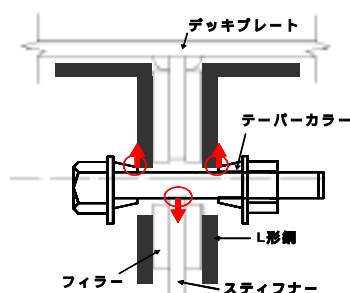


図 2 補強の仕組み



図 3 ゲージ貼付位置

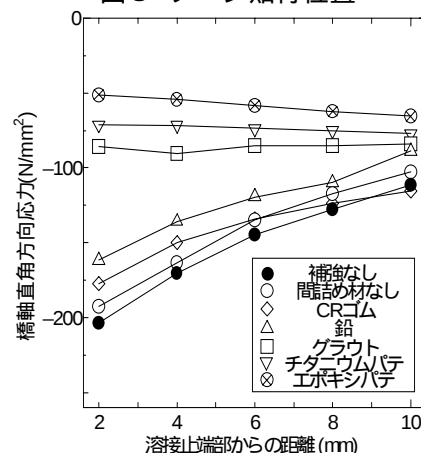


図 4 応力測定結果

キーワード：溶接止端，L 形鋼版，密着，間詰め材，応力軽減

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 TEL 042-387-6287

大きい。表1は、止端から2mmの位置での補強前後の応力の比率（補強後の応力／補強前の応力）を示している。間詰め材なし、およびCRゴムあるいは鉛を挟んだ場合には0.9弱と大きな応力の軽減は認められない。これは、先述のように間詰め材なしではL形鋼とデッキプレートの密着がよくないこと、さらにCRゴムや鉛では2、3mmの厚さがあり、ヤング率や強度が低いことが原因と考えられる。一方、グラウト材では0.4、チタニウムパテで0.36、エポキシパテでは0.25と顕著な応力軽減が確認された。これらは、硬化前は流動性が良く、小間隙に薄く塗布することが可能で密着性に優れていること、また硬化後にはある程度のヤング率を有するためと考えられる。なお、グラウト材は硬化前に柔らかすぎることで、またチタニウムパテは比較的硬いうえに硬化が早いことから、作業性としてはエポキシパテが優れていた。

4. 疲労試験 補強なしの試験体、間詰め材なしで補強した試験体、そして鉛板、グラウト材、エポキシパテを間詰め材として補強した試験体を対象に疲労試験を行った。写真1にエポキシパテを間詰め材とした場合のL形鋼とデッキプレートの接触面の状況を示す。疲労試験は、上限荷重を41kN、下限荷重を1kNとして行なった。その際、疲労亀裂の発生と進展を調べる目的で、所定の繰返し数ごとに止端から2mm離れたデッキプレート下面でのひずみ測定と磁粉探傷法による溶接止端の観察を行なった。

写真2に補強なし試験体で観察された疲労亀裂の例を示す。疲労亀裂は、デッキプレート下面の廻り溶接部止端のほぼ中央から発生し、止端に沿って進展した後、デッキプレート内を進展している。表2は、各試験体の疲労試験結果を示している。試験体には2つの垂直スティフナーが取り付けられているため、1つの試験体に2つの試験部がある。亀裂長さの欄に右側・左側とあるのは、それらを区別するためである。補強なし試験体に比べ、間詰め材なし補強試験体では、100万回あるいは200万回の繰返しで、片側の亀裂長さが5mmとなっており、補強効果が確認できる。しかし2つの試験体とも、もう一方の試験部では補強なし試験体と同程度の亀裂の発生が認められること、2つの試験体で繰返し数が大きく異なることから、補強効果に確実性がないと言える。また、間詰め材を挟み補強した試験体では、鉛板を挟んだ補強では効果は得られなかったものの、グラウト材、エポキシパテを挟んだ補強では、左右共に高い効果が認められ、補強効果の確実性が確認された。特に、エポキシパテを間詰め材とした補強試験体では、200万回の荷重繰返しによっても疲労亀裂は観察されなかった。また、これら間詰め材を用いた結果は先に示した応力測定試験結果と対応している。図5は、補強なし試験体と、間詰め材としてエポキシパテを用いた試験体における、溶接止端から2mm位置の荷重繰返しに伴うひずみ（21kN 載荷時）の変化を示したものである。亀裂が確認された補強なし試験体では、荷重繰返しに伴うひずみの大きな変化が生じているが、エポキシパテを間詰め材として補強した試験体では、ひずみの変化はほとんど認められない。したがって、エポキシパテを用いた補強では微小な亀裂も生じていないものと推察される。

表1 応力比

| 補強 | 間詰め材    | 応力比  |      |      |
|----|---------|------|------|------|
|    |         | 右側   | 左側   | 平均   |
| なし | -       | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| あり | なし      | 0.90 | 0.89 | 0.89 |
|    | CRゴム    | 0.85 | 0.90 | 0.88 |
|    | 鉛板      | 0.85 | 0.89 | 0.87 |
|    | グラウト    | 0.41 | 0.39 | 0.40 |
|    | チタニウムパテ | 0.32 | 0.40 | 0.36 |
|    | エポキシパテ  | 0.28 | 0.23 | 0.26 |

表2 疲労試験結果(亀裂長さ)

| 補強 | 間詰め材   | 繰返し回数<br>(万回) | 亀裂長さ(mm) |    |
|----|--------|---------------|----------|----|
|    |        |               | 右側       | 左側 |
| なし | -      | 80            | 82       | 77 |
|    | -      | 300           | 54       | 56 |
| あり | なし     | 200           | 5        | 45 |
|    | なし     | 100           | 60       | 5  |
|    | 鉛板     | 310           | 70       | 64 |
|    | グラウト材  | 220           | 10       | 0  |
|    | エポキシパテ | 200           | 0        | 0  |



写真1 エポキシパテ密着部



写真2 デッキプレート下面の亀裂

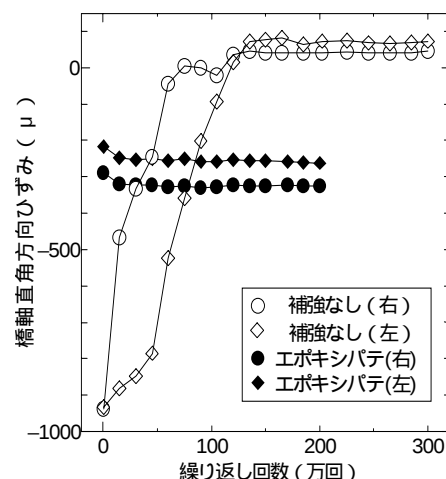


図5 疲労試験中のひずみ変化