

接触を考えたカバープレート近傍の応力に関する研究

1070475 池田佳彦

1. はじめに

近年、鋼製橋梁各部に存在するカバープレートでの疲労損傷が多く報告されている。カバープレートから直接力を受ける沓座直下ダイヤフラムでは沓座端部直下のフランジとダイヤフラムの溶接ルート部で疲労亀裂が多く発生している。

岡田らは、FEM 解析および静的載荷試験を行い、沓座端部直下ダイヤフラム近傍の応力分布を測定した結果、図-1 に示す載荷ケースを問わず図-2 で示すように、沓座端部に応力が集中することを明らかにした。

この研究ではフランジと沓座は一体として考えられており、フランジ上面と沓座下面の接触問題は考慮されていない。実際には初期不正や、全周を溶接しているために発生する溶接変形などにより、図-3 に示す、ギャップ(肌隙)が発生している可能性がある。沓座直下の応力状態は、沓座とフランジの接触状態が大きく影響するものと考えられるため、本研究ではギャップが沓座近傍の応力状態に与える影響を明らかにすることを目的とする。また、フランジと沓座の間の接触状態はギャップの大きさ、沓座に作用する力の大きさ(種類)、沓座下部の構造、拘束条件などにも大きく影響を受けると考えられる。更にフランジ板厚によっても応力集中の大きさが異なり、発生する亀裂タイプも異なるという報告もある。本研究はこれらのパラメータの沓座端部近傍での応力状態への影響に関して、実験と FEM 解析により検討する。

2. 接触の影響の基本検討

2.1 実験概要

図-4 に示すように、I 型断面の試験体の上フランジにカバープレートを隅肉溶接して試験体を製作した。カバープレートと上

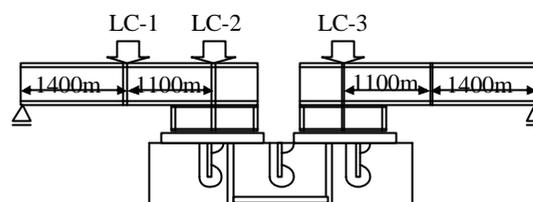


図-1 静的載荷試験の載荷ケース

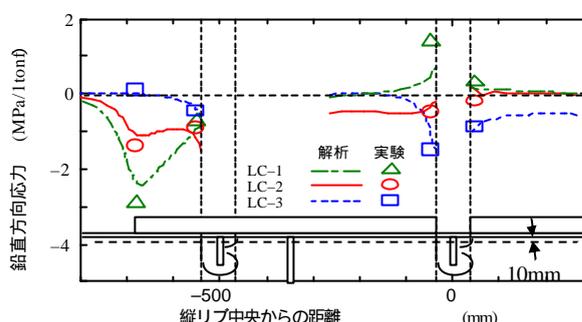


図-2 解析結果と静的載荷試験結果の比較

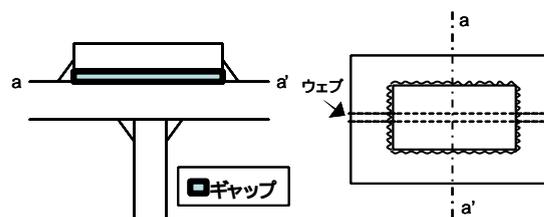


図-3 ギャップについて

フランジは板厚 19mm、下フランジとウェブは 12mm である、また溶接は全て脚長 8mm の隅肉溶接で行った。試験体写真を図-5 に示す。上フランジとカバープレートとの間のギャップは、その大きさの影響を検討するために、0mm(カバープレート下面と上フランジが初めから接触している)0.15mm,1.0mm とした。

試験は、カバープレート上に載荷板を置き、等分布の鉛直圧縮力を載荷した。載荷板の大きさは、カバープレートと同じ大きさのもの(200mm×250mm 載荷ケース P3)と(100mm×100mm)の鋼板をカバープレート中央部に置いた載荷ケース P2 とした。(図-4)に試験体寸法及び載荷ケースを示す。

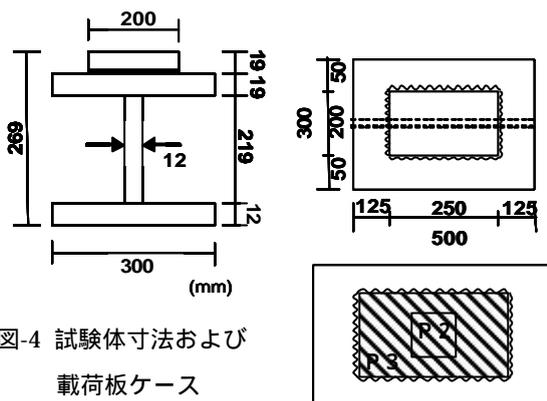


図-4 試験体寸法および
載荷板ケース



試験体

載荷板(P2)

図-5 試験体写真

カバープレートと載荷板の間には、不整による片当たりで目的とした等分布荷重が作用しなくなることを防止する目的で、免震沓用のゴムを挿んだ。

図-6 に示すように、ウェブ表裏の上フランジ ウェブ溶接止端部から 10mm 位置と、ウェブ直上の上フランジ上面の止端部から 10mm 位置にひずみゲージを貼付した。

本報告ではウェブの面内鉛直応力について報告するが、初期不整などから、ウェブの面外曲げも大きく現れていたため、表裏のひずみゲージの平均値を面内応力とした。

2.2 解析概要

実験を行った各試験体をモデル化して有限要素法ソフトウェア MARC を用いて解析を行った。カバープレート下面とフランジ上面の間には、摩擦を考慮せず鉛直力の伝達のみを考慮する接触要素を用いた。解析モデルの一例を図-7 に示すが、対称性が

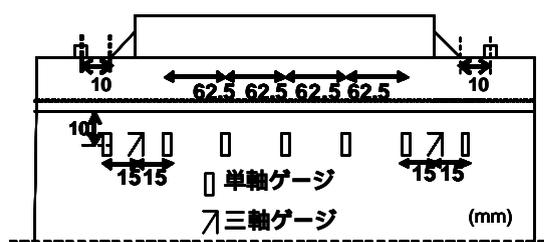


図-6 ひずみゲージ位置

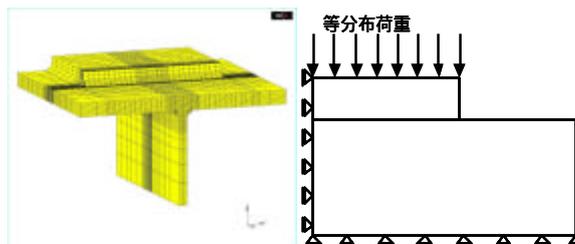


図-7 解析モデル

図-8 拘束条件

ら 1/2 モデルを用いた。拘束条件は図-8 のとおりとし、載荷板は使用せずカバープレートに直接 P2, P3 を載荷した。ここでは、先ず実験で貼付したひずみゲージ位置と同一位置の応力を評価した結果を示す。

2.3 ギャップの影響

図-10.1 に、載荷ケース P2 の場合の、実験及び解析から得られたウェブの応力分布を示す。試験体の初期不整や拘束条件の違いにより若干の差異はあるがほぼ結果は一致しており、今回作成した FEM モデルにより精度良く接触状態が再現できていると言える。載荷ケース P3 では P2 と比べ、初期不整の影響などから実験と解析結果の差異が若干大きく表れたが、傾向的には良い一致をしていた。

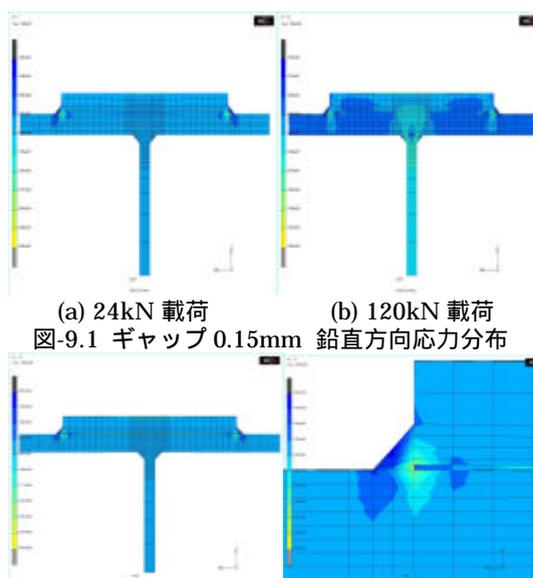
ギャップ 0mm の試験体では沓座下面と上フランジ上面が設計上初めから接触しているため、荷重によらずカバープレート端部での応力集中は見られず、中央部で大きな応力が発生していた。

図-9.1 にギャップ 0.15mm の試験体の鉛直応力分布を示す。荷重が小さいとき接触

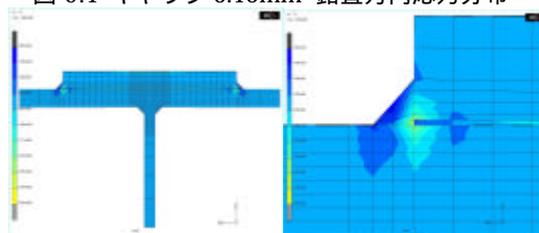
は起こらず端部で応力が集中しているが、60kN を超えるとカバプレート中心部で接触が起こり、荷重が増大するにつれ接触面積が大きくなり中心部での応力が大きくなった。

ギャップ 1mm では図-9.2 に示すように本研究の範囲内の荷重で接触は起こらなかった。荷重によらずカバプレート端部で応力が集中し応力の分布形状も変化がなかった。ギャップの大きさによって接触状態が異なり、それにより応力状態がまったく違ってくるといった結果となった。

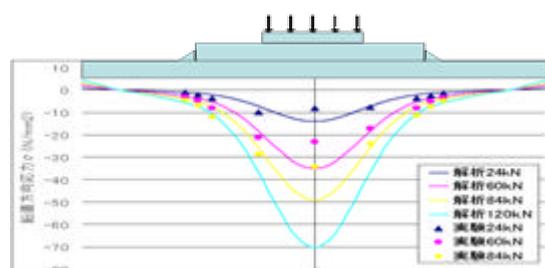
図-10.2 に荷重ケース P2,P3 の解析により得られたルート部の鉛直応力分布を示す。応力分布はウェブ(ゲージ貼付位置)の分布と大きな差は見られなかった。中心部の応力は P2 が P3 の2 倍であった。これは荷重が中心部に集中しているため P2 の方が中心部での接触が早く、応力も大きくなるからである。P3 では、広い範囲で応力が発生しており、又端部での応力も大きい。但し、接触が発生しないギャップ 1mm の応力分布は P2、P3 共にほぼ同様である。



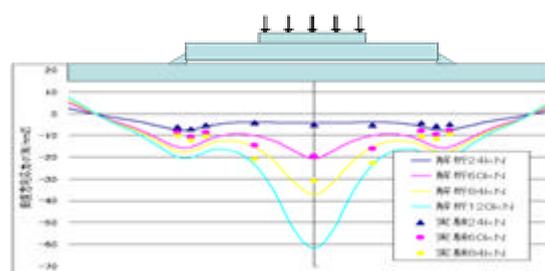
(a) 24kN 荷重 (b) 120kN 荷重
図-9.1 ギャップ 0.15mm 鉛直方向応力分布



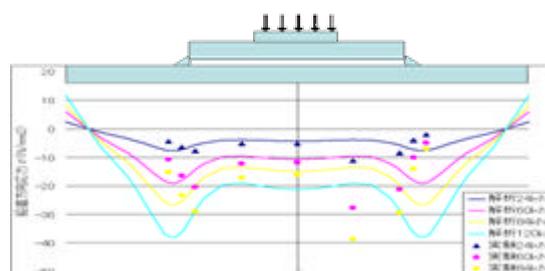
(c) 120kN 荷重 (d) カバプレート端部拡大
図-9.2 ギャップ 1mm 鉛直方向応力分布



(a) ギャップ 0mm

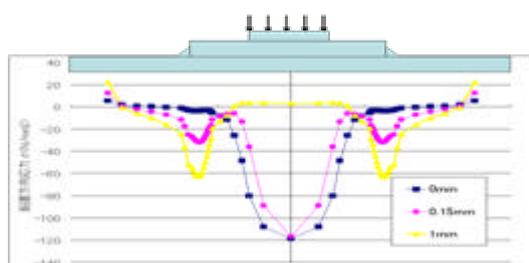


(b) ギャップ 0.15mm

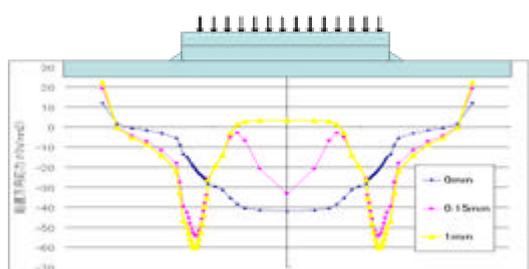


(c) ギャップ 1mm

図-10.1 止端部から 10mm 位置
荷重ケース P2 時の応力分布



(a) P2 120kN



(b) P3 120kN

図-10.2 ルート部 応力分布

3. 荷重形式(曲げ)

3.1 解析概要

2 節では、下面を完全拘束し等分布の鉛直圧縮力を载荷したが、1 節で述べたように、沓座に作用する力の大きさ(種類)、沓座下部の構造、拘束条件などに影響される下部構造の変形にも、カバープレート近傍の応力は大きく依存する可能性がある。そこで本節では 2.2 節の解析で使用したモデルを変更して図-12 に示す桁とし、曲げが加わる構造についても解析を行い、下面を完全拘束した場合の結果と比較した。ここではギャップを 0.15mm とした場合について示す。解析モデルの一例を図-11 に示す。

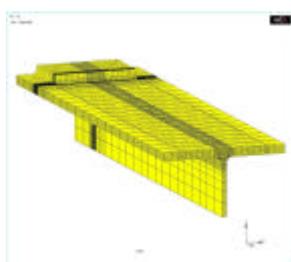


図-11 解析モデル

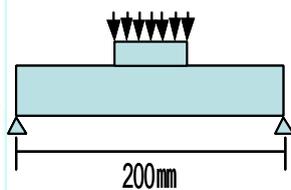


図-12 解析対象

3.2 解析結果

図-14 に载荷ケース P2 の場合の解析結果を示す。また図-13 に、カバープレート近傍の変形図及び鉛直応力分布を示す。下面を拘束せず桁にしたので、桁がたわむ為にかバープレートと上フランジの接触が生じにくかった。接触は 120kN まで発生せず、端部に応力が集中していた。図-13 で示すように、カバープレート端部からのみフランジへ荷重を伝達するので、端部での応力集中は鉛直の荷重形式と比較しても、荷重 84kN、120kN 時でそれぞれ約 2 倍および 3 倍にもなった。

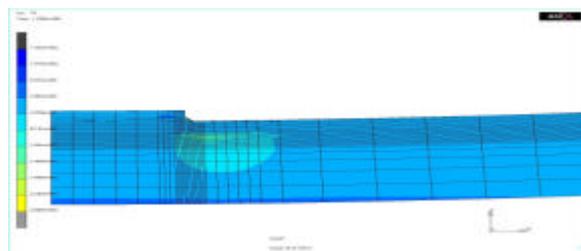
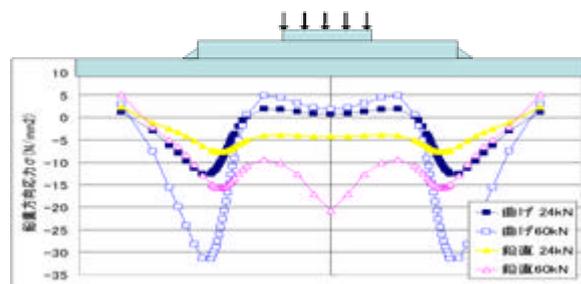
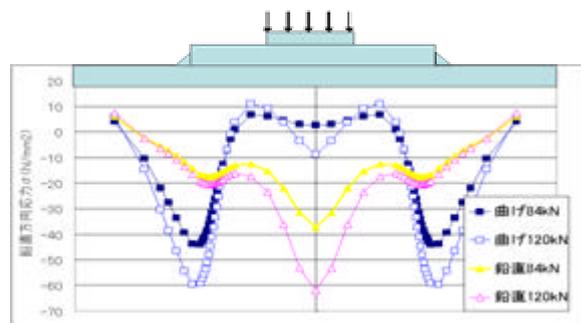


図-13 ギャップ 0.15mm 変形図



24kN,60kN 载荷



84kN,120kN 载荷

図-14 荷重形式(曲げ)のギャップ
0.15mm 応力分布 P2

4. 結論

ギャップの大きさやカバープレート下部の変形によって接触状態が異なり、それにより応力状態がまったく異なることが分かった。

【参考文献】

1. 鋼製橋脚横梁支点部直下ダイヤフラムの疲労挙動：穴見健吾, 溝江慶久, 梶原仁, 岡田和也
2. 鋼橋支承部ソウルプレート端に生じた疲労損傷と局部応力についての考察：三木千寿, 妹尾賢一郎, 森猛