

損傷を受けた鋼 I 桁の補強に関する実験的検討

トピー工業株式会社 正会員 林 健治

1. はじめに

鋼 I 桁の腹板が座屈や腐食により大きな損傷を受けた場合の補強方法として、当該パネルにコンクリートを部分充填する補強方法を提案している^{1), 2)}。本報では、座屈変形した鋼 I 桁及び腐食により腹板の一部が断面欠損した鋼 I 桁のモデル試験体を用い、それらの曲げ載荷試験を通して、コンクリート部分充填による補強方法の効果を確認し、その妥当性を検証するものである。

2. コンクリート部分充填法

鋼 I 桁の腹板の損傷例として、図-1に示すような鋼板の腐食、溶接部からの疲労亀裂、腹板のせん断座屈及び上フランジのねじれ座屈に伴う腹板の面外変形等が挙げられる。腐食や疲労亀裂に対する補修・補強法には、高力ボルトを用いた当て板補強法が多用されているが、供用下での孔開け・当て板設置等の煩雑な作業を伴い、より効率的な補強法の提案が望まれている。つぎに、腹板のせん断座屈に対する補修・補強法として、変形が小さい場合には、加熱矯正が実施されているが、現場にける作業には細心の注意が必要となる。また、変形が大きくなると、対象となる部材を交換し、取り替えるなど、大がかりな対策が必要となる。そのため、より合理的な補修・補強法の開発が同様に望まれている。

以上のような背景を受けて、鋼 I 桁腹板の座屈損傷及び腐食損傷に対する補修・補強法として、図-2に示すように、損傷部分の当該パネルにコンクリートを部分充填し、複合構造としての特性¹⁾を活かした新たな補修・補強法²⁾を提案する。

3. 座屈損傷に対する補修・補強

図-3に示す形状・寸法の鋼 I 桁試験体を製作し、先に鋼 I 桁について、曲げ載荷実験を行い、上フランジのねじれ座屈に伴い、腹板が面外に大きく変形（桁高 900mm に対し 30mm）し、耐荷力の増加がほとんど見込めない試験体の着目パネルにコンクリートを充填し、改めて、充填桁について同様の曲げ載荷実験を行った。鋼 I 桁及びコンクリート充填桁の曲げ載荷試験体をそれぞれ **BS**、**BC** と呼ぶことにする。

鋼材には、腹板が板厚 6mm、上下フランジが板厚 12mm の SM490Y 材を使用し、鉄筋には呼び名 D10 の SD345 を、充填コンクリートには早強ボルトランドセメントを用い、最大粗骨材寸法は 15mm とした。鋼材の降伏点(MPa)、引張強度(MPa)、全伸び(%)は腹板が 349、513、30、フランジが 372、511、30 であり、使用セメントの材令 28 日での圧縮強度は 47 MPa である。

なお、**BC** については、2 点載荷間のパネルを着目パネルとし、上下フランジ連結鉄筋を片面 4 カ所、水平鉄筋を 3 段設置した。荷重の載荷方式は、油圧ジャッキを用いて荷重制御により行い、荷重、下フラン

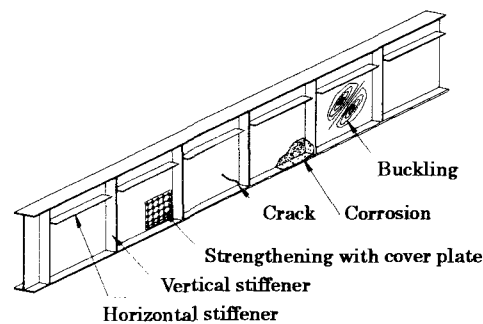


図-1 鋼 I 桁腹板の損傷と補強法

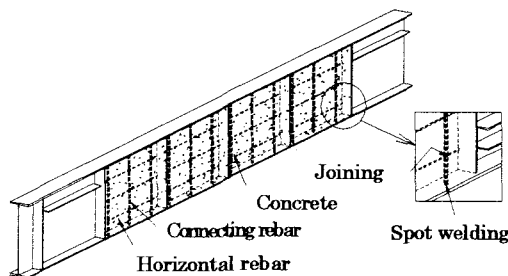


図-2 コンクリート部分充填法

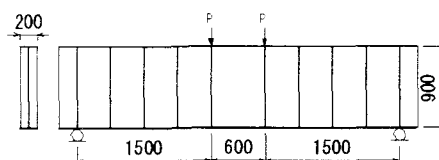


図-3 曲げ載荷試験体の形状と寸法

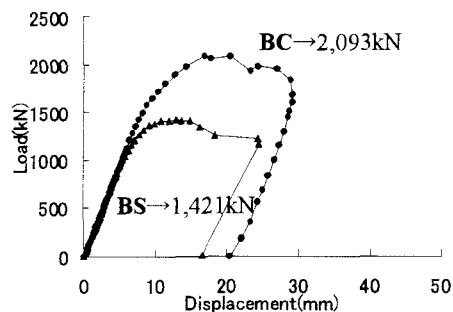


図-4 荷重-変位曲線 (BS、BC)

ジ中央のたわみ等を各荷重段階で計測した¹⁾。

図-4に曲げ載荷試験体 **BS**、**BC** の荷重－変位曲線を表す（図中の数値は、最大荷重時の耐荷力を表す）。コンクリートを部分充填することによって、損傷を受けていない鋼 I 桁より、耐荷力が 1.47 倍と大幅に増加するとともに、十分な変形性能を有する。したがって、本補強法を用いることにより、損傷前よりも大きな耐荷性能を有し、十分な補強効果が得られることが明らかとなった。

4. 腐食損傷に対する補修・補強

支間中央の下フランジに隣接する腹板で腐食による損傷が進行し、孔食により断面欠損を生じた、事例を検討した²⁾。ここでは、鋼 I 桁試験体中央パネルの腹板下部に開孔を設けた。図-5に無補強試験体(**RS1**)、開孔部を鋼板と高力ボルトによって補強した試験体(**RS2**)及び中央パネルの水平補剛材と下フランジの間をコンクリート充填によって補強した試験体(**RC1**)の形状と寸法を示す。載荷は 4 点曲げ載荷方式を採用した。試験体を構成する鋼材(フランジ、腹板、鉄筋)の機械的性質は、前述の鋼材の値に近いものを使用した。詳細は省略する²⁾。また、補強板には SS400 材を使用した。尚、充填材として、ここでは、普通コンクリートを使用した。その圧縮強度は 26Mpa である。

RS1 では 1714kN で欠損部の上端コーナ一部にき裂が発生した。しかし、その後、荷重を増加させてもき裂は進展せず、最終的に隣接パネル上部の上フランジのねじれ座屈により変形抵抗が減少した。**RS2** でも、最終的に隣接パネル上部の上フランジのねじれ座屈で破壊した。**RC1** では、荷重初期段階でコンクリート下側に引張によるひび割れが発生したが、最終的に **RS2** と同様、隣接パネル上部の上フランジのねじれ座屈により変形抵抗が減少した。図-6に各試験体における荷重と着目パネル中央の下フランジ鉛直変位との関係を示す。図中の表は初期接線剛性および最大荷重を示したものである。

初期接線剛性は、**RS2**、**RC1** は **RS1** に対し、それぞれ 1.13 倍、1.30 倍となり、大きく向上した。これらは、それぞれ鋼板及びコンクリートによる剛性の向上に起因する。特に、**RC1** では、曲げ載荷時に損傷部周辺の応力が 2 割以上低減される効果を期待することができるので、損傷部からの疲労き裂の発生を防止することができる。一方、最大荷重は **RS1** が最も大きく、**RS2**、**RC1** は **RS1** に対し、それぞれ 0.88 倍、0.83 倍となった。**RS2**、**RC1** の最大荷重が無補強の **RS1** と比較して幾分小さくなった理由は、**RS2** と **RC1** では下フランジ側を補強したため、対象外である上フランジ側に局部座屈による損傷が集中したためと推察される。したがって、隣接パネルへの影響は考慮すべきであると考えられるが、充填による補強効果は明らかであり、耐荷性能の向上を期待することができるものと考えられる。

5. おわりに

座屈損傷や腐食損傷を受けた鋼 I 桁の補強法として、コンクリート部分充填法に基づく補強法を提案し、モデル試験体の曲げ載荷実験を通して、その妥当性及び有効性を検証した。その結果、補強法の選択肢の一つとして、その効果を期待でき、活用できるものと考えられる。

参考文献 1)中村ほか、鋼構造論文集、Vol.36、2003 2)林、小野、鋼構造年次論文報告集、Vol.13、2005

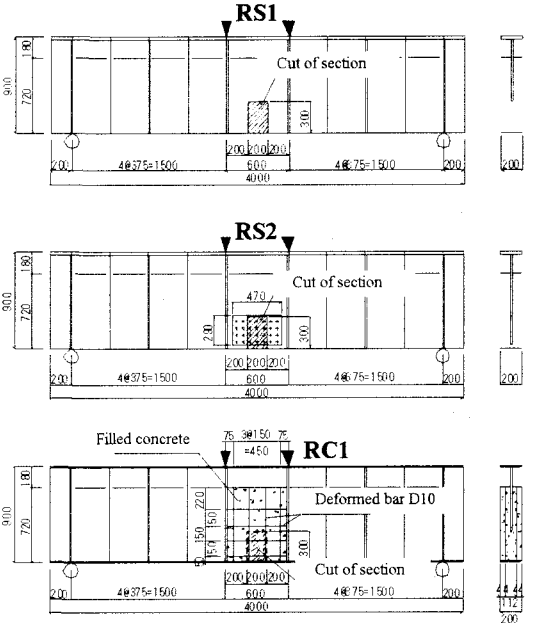


図-5 試験体の形状と寸法（断面欠損桁）

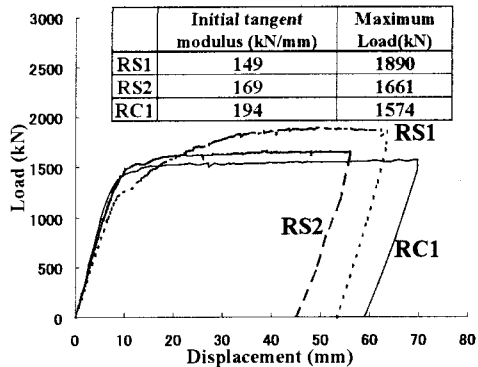


図-6 荷重－変位曲線（断面欠損桁）