

京都大学大学院工学研究科 正会員 小野紘一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦邦征
 京都大学大学院工学研究科 学生員 Phongthon Tharachai
 京都大学大学院工学研究科 学生員 大島義信
 京都大学工学部 学生員 ○中居圭二

1. はじめに

コンクリート床版を補強する際に多く用いられる工法として、接着剤を用いて床版の下面に鋼板を貼付する、鋼板接着法がある。この鋼板接着法において、接着剤が付着力を発揮するまでの間に、仮止めとしてアンカーボルトを用いるが、このアンカーボルトによる RC 床版への影響は、設計には考慮されていない。そこで、本研究では、このアンカーボルトの有無による、RC 床版の曲げ耐力及び疲労耐性の違いを、静的試験、疲労試験によって検証する。

2. 実験概要

使用した材料の特性値を表1に示す。幅 100mm、高さ 200mm、長さ 1600mm の RC 梁に、幅 100mm、厚さ 2.3mm、長さ 1400mm 又は、幅 100mm、厚さ 4.5mm、長さ 1400mm の鋼板をエポキシで接着した。又、ボルト有りの試験体には直径 16mm、長さ 125mm のボルトを使用した。静的試験、疲労試験の両試験において、スパン 1400mm(全長 1600mm)、曲げスパン 200mm、せん断スパン 700mm の 2 点 1 方向载荷を行った。試験体概要を図1に示す。静的試験では、表 2 のような 4 つのケースについて試験を行い、梁のスパン中央におけるたわみを測定する。疲労試験では表 3 のような 3 つのケースについて試験を行う。载荷は毎秒 1 サイクルとし、サイクル N(N 回载荷した状態)における、梁の固有振動数を測定する。

3. 実験結果

3.1 静的試験結果

各ケースにおいて測定した荷重とスパン中央たわみよりスパン中央における、曲げモーメント-たわみ曲線を求め、厚さ 2.3mm 鋼板で補強したケースを図 2 に、厚さ 4.5mm 鋼板で補強したケースを図 3 に示す。図 2 では、载荷初期はどちらもほぼ弾性的であり、ボルト有りのケースでは緩やかに塑性に遷移し大きいたわみが、ボルト無しのケースでは急激に塑性に遷移し小さいたわみで鋼板が剥離し、破壊に至った。しかし、両ケースで最大耐力にはほとんど差が見られなかった。図 3 では、ボルト無しのケースでは、载荷してすぐに鋼板が剥離してしまった為、最大耐力に大きな差が出てしまった。ここで、ケース S2 の破壊状況を写真 1 に示す。鋼板のボルト孔周辺に亀裂が見られることから、孔周辺に応力集中が生じた可能性がある。有限要素法により、中央に直径 1.6mm の孔を有する幅 100mm、厚さ 2.3mm、長さ 100mm の鋼板の両端に引張荷重を加えた場合の、孔周辺での応力集中係数を求めた。

表 1 材料特性

	弾性係数 (Mpa)	最大強度 (Mpa)
コンクリート	3.10×10^4	43.1
2.3mm 鋼板	1.90×10^5	440
4.5mm 鋼板	1.85×10^5	460

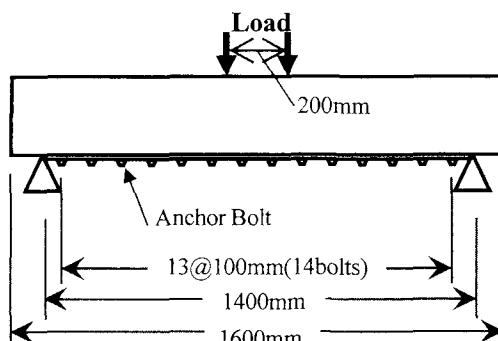


図 1 試験体概要

表 2 静的試験概要

ケース	鋼板厚さ	ボルト
S1	2.3 mm	無し
S2		有り
S3	4.5 mm	無し
S4		有り

表 3 疲労試験概要

ケース	鋼板厚さ	ボルト	最大荷重
F1	2.3 mm	無し	6.0tf(56.6%)
F2		有り	4.8tf(46.9%)
F3		有り	6.0tf(58.6%)

その結果、応力集中係数は3.2となり、それにより算定されるボルト孔周辺の応力は、実験時の最大荷重を用いて、917.5Mpaとなる。これは鋼板の降伏応力を上回っており、鋼板が応力集中により降伏、破断した可能性があると言える。

3.2 疲労試験結果

各ケースの破壊に至るまでの荷重回数 N_{MAX} を表4に、サイクル N で測定した固有振動数 f_N として、 $(f_N/f_0)^2$ と N の関係を図5に示した。表4より、ボルト有りのケースではボルト無しのケースに比べて疲労耐性は大きく下回ることが分かる。図5において、各ケースの荷重初期において固有振動数の大きな減少が見られるが、この間にコンクリートのひび割れが進んだ。また、ボルト無しのケースでは、鋼板が剥離した後、鉄筋が破断し破壊に至り、ボルト有りのケースでは鋼板がボルト孔周辺で破断した後、鉄筋が破断し破壊に至った。ここで、各ケースにおいて、鋼板の剥離及び破断の直後に、梁が破壊に至ったことより、コンクリートのひび割れの進行以降、鋼板が剥離及び破断するまでの間の固有振動数の減少は、鋼板の曲げ剛性の低下による部分が大きいと推測できる。さらに、静的試験結果の議論より、ボルト有りのケースでは、鋼板のボルト孔周辺に応力集中が発生すると考えると、ケースF2でのこの間の固有振動数の段階的な減少は、ボルト孔周辺の応力集中による鋼板の降伏が次々に起こっていることが原因だと考えられ、またこれによりボルト無しのケース比で疲労耐性が大きく下回ると推測できる。一方、ボルト無しのケースでは、この間緩やかに固有振動数が減少する。

4 まとめ

静的試験では、鋼板が薄い時はボルトの有無によって曲げ耐力はほとんど変わらなかったが、鋼板が厚い時にはボルト無しのケースでは鋼板がすぐ剥離した。また、ボルト有りのケースでは、ボルト孔周辺で、応力集中が発生し、これにより鋼板が降伏、破断することがあるということがわかった。疲労試験では、ボルト有りのケースでは、ボルト無しのケースに比べて疲労耐性は大きく下回り、その原因は、ボルト孔周辺における応力集中によって鋼板が降伏、破断することであると分かった。

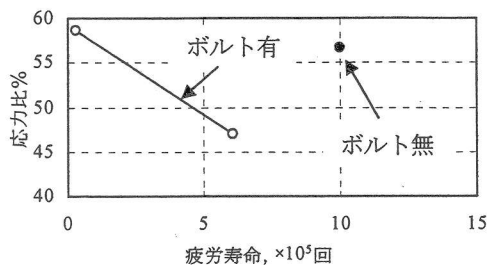


図4 S-N 曲線

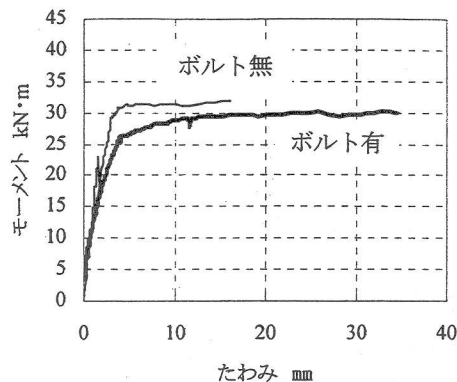


図2 荷重たわみ曲線(鋼板2.3mm)

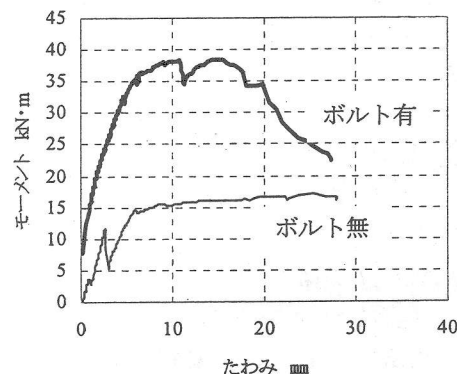


図3 荷重たわみ曲線(鋼板4.5mm)

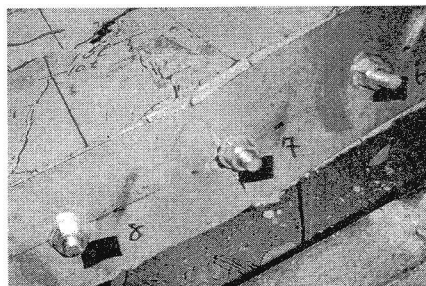


写真1 ケースS2破壊状況

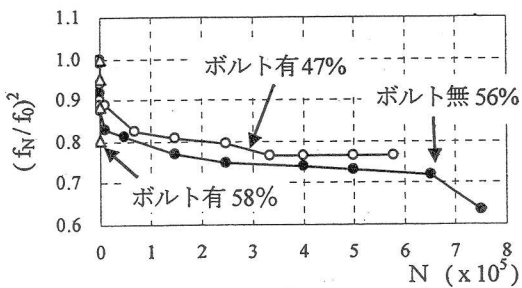


図5 $(f_N/f_0)^2 - N$ 曲線

参考文献

土木学会編: 構造工学シリーズ 10 橋梁振動モニタリングのガイドライン, 土木学会, 1999