

動的荷重による鉄筋付鋼製型枠床版の底鋼板の剥落防止に関する研究

岡山大学大学院

(株)アイ・テックストラクチャー

但南建設(株)

岡山大学大学院

学生会員 ○古澤貴治

非会員 佐野洋次

非会員 藤原 齊

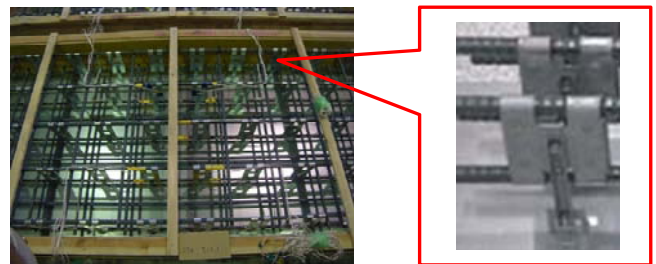
正会員 綾野克紀

1. はじめに

鉄筋付鋼製型枠床版とは、鋼製の型枠を吊り金具で主鉄筋に固定した床版である。鉄筋付鋼製型枠床版の施工方法は、写真 - 1 に示す鉄筋付鋼製型枠を工場で作製し、現場に搬入して設置したのちに、コンクリートを打設して、床版を架設するものである。鉄筋付鋼製型枠床版内部においては、主鉄筋と鋼製型枠が吊り金具により連結されており、上下の主鉄筋および鋼製型枠を吊り金具を用いて一体化させることで、コンクリート打設時の荷重を支持し、支保工組が不要な構造となっている。この支保工組を省略できることにより、工期の短縮や工費縮減を可能としている。また、主鉄筋の加工および配筋を工場内で行うため、施工精度が向上すること、コンクリート打設後も型枠を取り外さないことで、コンクリートの養生が十分に行われ、床版自体の品質も向上することが期待されている。従来の鉄筋付鋼製型枠床版は、写真 - 2 に示す吊り金具と底鋼板がリベットによって一体化されている。底鋼板は、工場での製作上および車両運搬上の問題により分割されたものをつなぎ合わせる必要があり、吊り金具と同様に底鋼板同士もリベットによりつなぎ合わされている。繰返し荷重が載荷され、リベットが破断した場合には、鉄筋付鋼製型枠床版の底鋼板が連結箇所において剥がれ落ちる可能性が懸念される。本研究では、鉄筋付鋼製型枠床版の底鋼板継手箇所への動的載荷試験を行い、繰返し荷重の載荷によるリベットの疲労による破断対策について、実験的な検証を行った。



写真 - 1 鉄筋付鋼製型枠床版



鉄筋付鋼製型枠床版型枠内

吊り金具

写真 - 2 鉄筋付鋼製型枠の内部と吊り金具

2. 実験概要

2. 1 鉄筋付鋼製型枠床版の動的載荷試験

(1) 床版の寸法および配筋

試験には、長さ 1,800mm × 幅 450mm × 高さ 190mm の鉄筋付鋼製型枠床版を用いた。上部主鉄筋および下部主鉄筋には SD345 の D19 の鉄筋を 5 本ずつ用いた。配力筋には、SD345 の D16 の鉄筋を上部と下部にそれぞれ 8 本用いた。スパン中央における床版上縁のコンクリートの圧縮応力が 10 N/mm^2 となる使用限界荷重¹⁾は 37.5kN である。主鉄筋の固定に用いた吊り金具および底鋼板は、鉄板の厚さが 1.6mm の鉄板を用いた。吊り金具と底鋼板とは、 $\phi 4\text{mm}$ のステンレス製リベットにより接合されている。リベットで接合されている部分では、厚さ 1.6mm の鉄板が 2 枚重なっている。

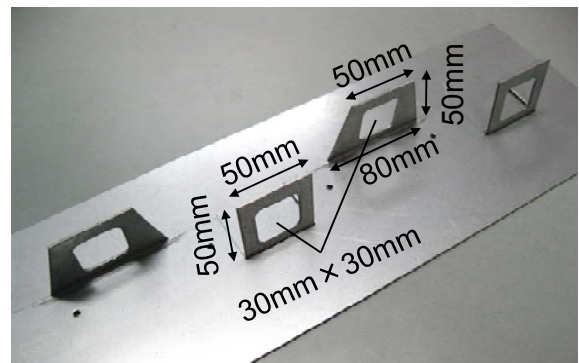


写真 - 3 鋼板折り曲げ部の詳細

底鋼板の動的荷重に対する耐久性を向上させる手法として、写真 - 3 に示すような継手部の底鋼板を折り曲げて床版内部に入れ込み、継手箇所にて床版と鋼板を一体化させる方法およびボルトにより床版と鋼板を一体化させる方法を検討した。底鋼板を折り曲げる方法において、底鋼板の折り曲げ長さは、つなぎ合わせる際に鉄筋に支障にならないように高さ 50mm の正形状および台形状として、内側を 30mm×30mm にてほりぬく形状とした。折り曲げる方向は、図 - 1 に示すように、主軸方向および配力筋方向の両方を検討した。また、ボルトを用いる方法では、ボルトの長さおよびボルトの本数について検討を行った。図 - 2 および図 - 3 に、M10×80mm のボルトを、8 本および 24 本設置した鉄筋付鋼製型枠床版の概略を示す。図中の ■ は、ボルトを設置した箇所を示している。実験には、M10×100mm のボルトも用いた。

(2) 床版の動的載荷試験方法

床版への動的載荷試験は、荷重を供試体中央に載荷する 1 点載荷とした。載荷面の大きさは、200mm×200mm である。動的載荷試験では、最小荷重が 10kN、最大荷重が使用限界荷重の 2 倍の 75kN で、周波数が 5Hz のサイン波を載荷した。動的な荷重を 200 万回載荷した後、底鋼板および底鋼板と吊り金具を固定しているリベットの破断状況、ならびに床版側面のひび割れの発生状況を調べた。

2.2 実験に用いたコンクリート

コンクリートは、普通 30-10-20-N のレディーミクストコンクリートを用いた。結合材には、普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm³, ブレーン値: 3,270cm²/g)を用いた。細骨材には、海砂(表乾密度: 2.55g/cm³, 吸水率: 1.59%, F.M.: 2.70)および砕砂(表乾密度: 2.55g/cm³, 吸水率: 1.59%, F.M.: 2.80)を用いた。粗骨材には、砕石(最大寸法 20mm, 密度: 2.72g/cm³, 吸水率: 0.37%, 実積率: 59.0%)を用いた。練混ぜ水には地下水を用い、混和剤には、AE 減水剤標準形 I 種を用いた。コンクリートの強度試験結果は、材齢 28 日の圧縮強度が、現場養生で

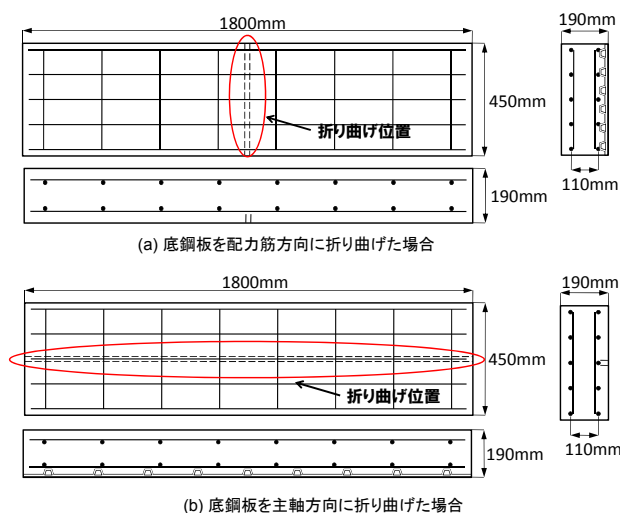


図 - 1 鋼板の折り曲げ位置詳細図

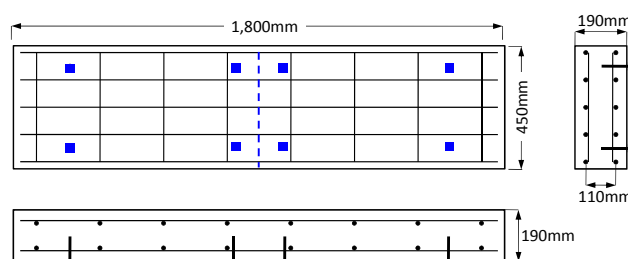


図 - 2 ボルトを 8 本配置した場合の詳細図

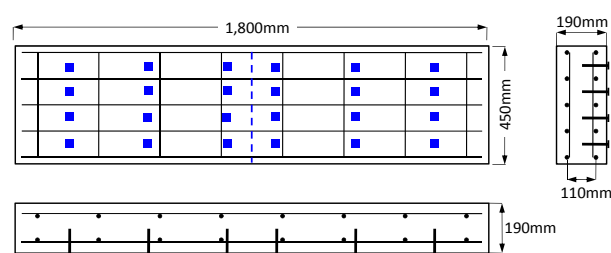


図 - 3 ボルトを 24 本配置した場合の詳細図

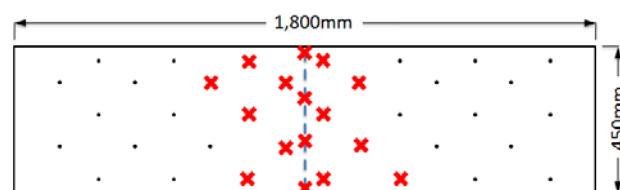


図 - 4 配力筋方向に鋼板を折り曲げた場合の 200 万回載荷後のリベット破断箇所

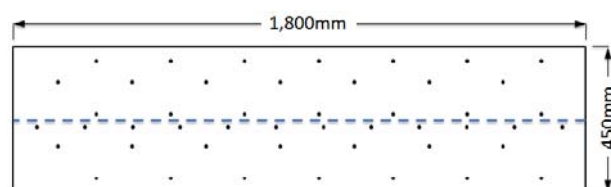


図 - 5 主鉄筋方向に鋼板を折り曲げた場合のリベット破断箇所

32.5N/mm²，水中養生で 38.1 N/mm²，静弾性係数が，現場養生で 30.9 kN/mm²，水中養生で 32.8 kN/mm²である。

3．実験結果および考察

図 - 4，図 - 5 は，底鋼板を配力筋方向または主軸方向に折り曲げる方法によって一体化させた鉄筋付鋼製型枠床版の 200 万回繰返し荷重を行った後の，吊り金具と底鋼板を接合しているリベットの破断箇所を記録したものである。図の × は，リベットが破断し，落下または手で容易に取れた箇所を示している。配力筋方向に折り曲げた場合は，繰返し荷重の荷重を開始すると，継手部分のリベットから破断が生じはじめ，折り曲げた底鋼板は，写真 - 4 に示すように，繰返し荷重を 70 万回載荷した頃，底鋼板が塑性疲労を起こし，底鋼板も破断する結果となった。最終的には，39 個のリベット中，16 個が破断していた。一方，底鋼板を主軸方向に折り曲げた場合は，リベットの破断箇所は全く無い結果となった。底鋼板を折り曲げる方法は，折り曲げる方向によっては，繰返し荷重に対し極めて不利に働くことが明らかとなった。

図 - 6 は，底鋼板を配力筋方向に折り曲げた場合の 200 万回の繰返し荷重を載荷した後の，床版側面に生じたひび割れを示したものである。一方，図 - 7 は，底鋼板を主軸方向に折り曲げた場合の 200 万回の繰返し荷重を載荷した後の，床版側面に生じたひび割れを示したものである。図中の点線は，繰返し荷重載荷前の静的荷重時に発生したひび割れで，実線は，200 万回の繰返し荷重によって進展したひび割れである。これらの図より，底鋼板が剥がれない場合においては，ひび割れが少ない結果となっており，底鋼板が剥がれない方がひび割れに対し有利に働くことが明らかである。

図 - 8，図 - 9，図 - 10 および図 - 11 は，それぞれ底鋼板に M10×80mm のボルト 8 本，M10×100mm のボルト 8 本，M10×80mm のボルト 24 本および M10×100mm のボルト 24 本をそれぞれ取り付けた鉄筋付鋼製型枠床版の 200



写真 - 4 鋼板折曲げの底鋼板の剥がれ（配力筋方向）

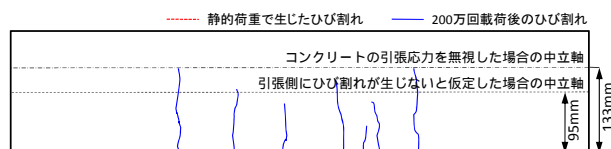


図 - 6 配力筋方向に鋼板を折り曲げた場合のひび割れ

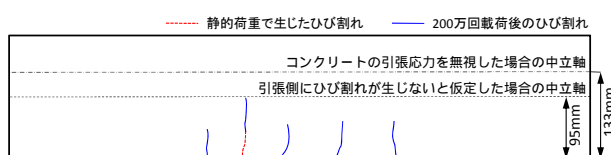


図 - 7 主鉄筋方向に鋼板を折り曲げた場合のひび割れ

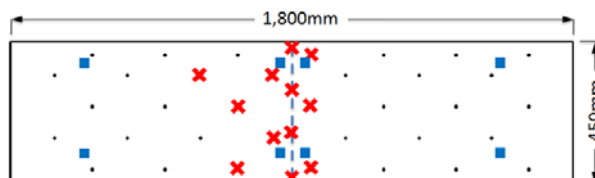


図 - 8 80mm×8本設置した床版のリベット破断箇所

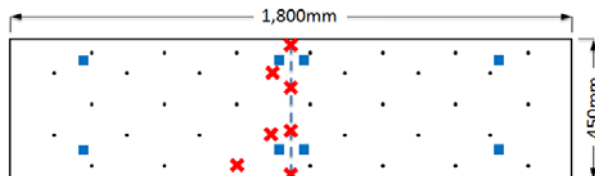


図 - 9 100mmのボルトを8本設置した床版のリベット破断箇所

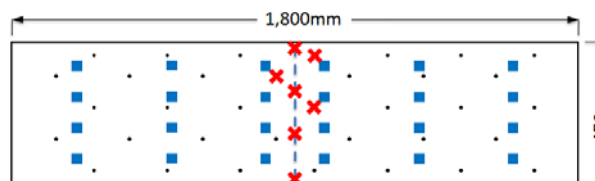


図 - 10 80mmのボルトを24本設置した床版のリベット破断箇所

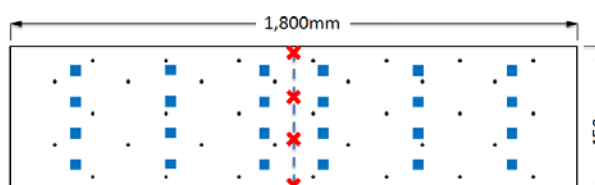


図 - 11 100mmのボルトを24本設置した床版のリベット破断箇所

万回繰返し載荷後におけるリベットの破断箇所を記録したものである。ボルトを配置した場合は、底鋼板を折り曲げた場合と比較して、底鋼板の浮きは見られなかった。図の■は、ボルトの配置箇所を、×は、リベットの破断をそれぞれ示している。写真 - 5 に、破断したリベットの状況を示す。リベットの破断個数は、それぞれ 39 個中 12 個、7 個、7 個、4 個が破断する結果となり、繰返し荷重によるリベットの破断を抑制する効果は、ボルトの本数よりも長さの影響の方が大きいことがいえる。

図 - 12、図 - 13、図 - 14 および図 - 15 は、それぞれ底鋼板に M10×80mm のボルト 8 本、M10×100mm のボルト 8 本、M10×80mm のボルト 24 本および M10×100mm のボルト 24 本をそれぞれ取り付けた鉄筋付鋼製型枠床版に 200 万回の繰返し荷重を載荷した後に、床版側面に生じたひび割れを示したものである。静的載荷試験後のひび割れは、長いものが引張側にひび割れが生じないと仮定した場合の中立軸付近まで入っていることが分かる。また、いずれの場合も、繰返し荷重によるひび割れは、コンクリートの引張応力を無視すると仮定した場合の中立軸位置まで達しているものがあることが分かる。短いボルトを数多く埋め込むよりも、ひび割れの長さと同程度または長いボルトを埋め込むことの方が繰返し荷重によるリベットの破断を抑制する効果が高いことが分かる。

4. まとめ

底鋼板の継手箇所、鋼板を折り曲げて、コンクリート内部に入れ込ませた場合、折り曲げ部で塑性疲労を生じ、底鋼板が破断する。一方、底鋼板にボルトを取り付けた場合では、200 万回の繰返し荷重を載荷した後でも、大きな剥離を生じることはない。ボルトの本数は多いほど、また、長さは長いほど、繰返し荷重によるリベットの破断を抑制する効果は高い。また、ひび割れの長さと同程度または長いボルトを設置する方が、短いボルトを数多く配置するよりも効果が高いことが分かった。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書(I 共通編・III コンクリート橋編)・同解説，p.126，2002.3

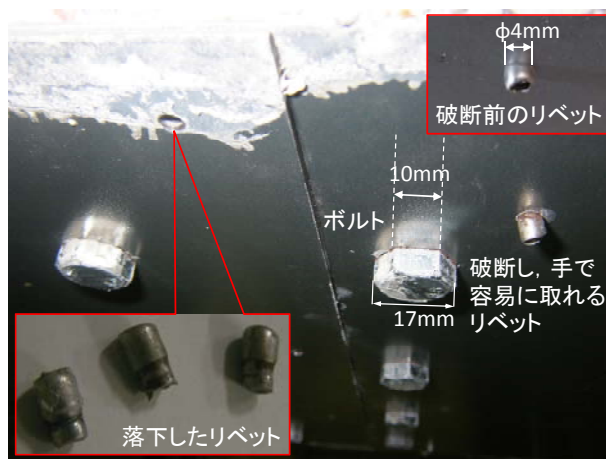


写真 - 5 リベットの破断状況

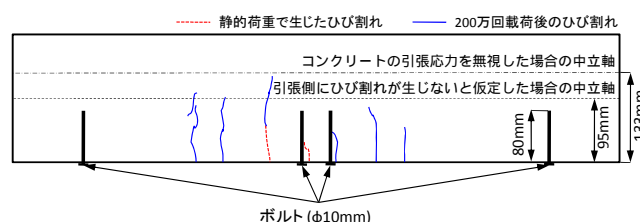


図 - 12 80mm のボルトを 8 本設置した床版のひび割れ

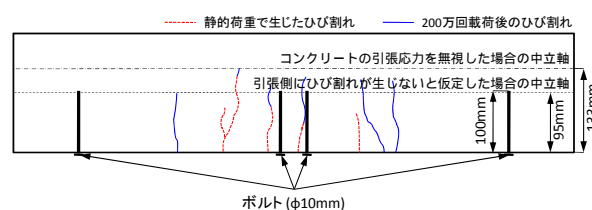


図 - 13 100mm のボルトを 8 本設置した床版のひび割れ

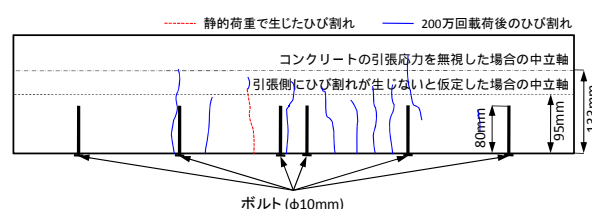


図 - 14 80mm のボルトを 24 本設置した床版のひび割れ

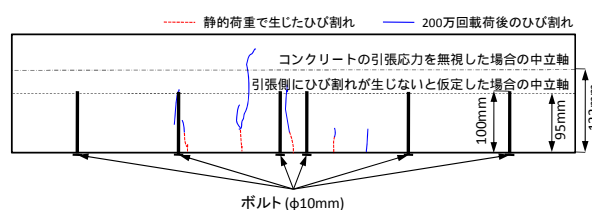


図 - 15 100mm のボルトを 24 本設置した床版のひび割れ