

I-84

鋼板・コンクリート合成床版の疲労耐久性向上に関する疲労実験

大阪大学工学部 正員 松井繁之 大阪大学大学院 学生員 ○ 福田隆正
 阪神高速道路公団 正員 吉田 聡 大阪大学大学院 学生員 文 兌景

1. まえがき 著者らは、RC床版に代わる道路橋床版として鋼板・コンクリート合成床版を適用するため、現在までこの合成床版について様々な実験を行ってきたが、本構造に関する重要課題は走行荷重によってスタッドに回転せん断力が作用し、スタッドが疲労破壊することに対して、その破壊寿命を向上させることである。今回、高速道路等への重交通路線に本床版の導入を図るため、床版厚、スタッド径、鋼板厚等を従来の研究のものより大きくした。その安全性・耐久性を検証するため輪荷重走行試験機による疲労実験を行った。本論文はこれらの改善点の影響度を報告する。

2. 実験概要 供試体の改善点を表-1に示す。デッキプレート厚10mmの最適スタッド直径は16mmであるため、スタッド径をφ13からφ16に変更した。¹⁾スタッドピッチは200mmから250mmに変更した。またコンクリートスラブ厚は、これまでの実験との比較のために15cm、実用上の安全性を確認するため道路橋示方書による最小床版厚18cmの2タイプを用意した。リブを下側溶接にしたのは、上側溶接による橋軸方向のせん断によるコンクリートのずれの抑制とコンクリートスラブ表面のリブ上のひびわれ発生のおそれとを相殺し、メリットがあまりないという点からである。²⁾Type-Bにおける側壁とは、9×150×3260mmの鋼板をデッキプレート橋軸方向端部に溶接したものである。これは橋軸直角方向のせん断力によるコンクリートのずれの抑制を期待するというものである。以上の観点から、本実験では計3体（Type-A、B、C）の供試体を用意し、実験を行った。

表-1 供試体の改善点

	前回 (Type-D)	Type-A	Type-B	Type-C
スタッド径	φ13	φ16	φ16	φ16
スタッドピッチ	@200mm	@250mm	@250mm	@250mm
横リブ	上側溶接	下側溶接	下側溶接	下側溶接
デッキ厚	9mm	10mm	10mm	10mm
スラブ厚	15cm	15cm	15cm	18cm
側壁	無	無	有	無

以上を要約すると、今回の実験では、スタッド径をφ13からφ16に変更し、スタッドピッチを200mmから250mmに変更し、またコンクリートスラブ厚を15cmとした。またコンクリートスラブ厚は、これまでの実験との比較のために15cm、実用上の安全性を確認するため道路橋示方書による最小床版厚18cmの2タイプを用意した。リブを下側溶接にしたのは、上側溶接による橋軸方向のせん断によるコンクリートのずれの抑制とコンクリートスラブ表面のリブ上のひびわれ発生のおそれとを相殺し、メリットがあまりないという点からである。²⁾Type-Bにおける側壁とは、9×150×3260mmの鋼板をデッキプレート橋軸方向端部に溶接したものである。これは橋軸直角方向のせん断力によるコンクリートのずれの抑制を期待するというものである。以上の観点から、本実験では計3体（Type-A、B、C）の供試体を用意し、実験を行った。

3. 実験結果 載荷荷重は前回のφ13のスタッドを使用した実験では、載荷回数100万回までは10ton、以後15tonとしたが、今回はType-A、B、Cすべて15tonとした。これは、床版のφ16のスタッド使用による耐久性の向上を見込んで決定したものである。疲労耐久性という観点からみると、載荷荷重10tonで載荷回数100万回まで耐えたならば床版は十分安全であると考えられる。今回は載荷荷重15ton、載荷回数200万回で破壊に至らなければ実験終了とした。前回、実験を行った供試体と比較すると3つの供試体すべてにおいて、全体的にひびわれは少ない。またType-Bにおいては設置した側壁の影響により、他の2体と比べても橋軸直角方向のひびわれは少ない。Type-Cにおいては顕著に現れたひびわれは中央部に発生したのみであった。

スタッドの破断時期を推定するためスタッドの前後あるいは左右2cmにひずみゲージを貼付した。破断前は、スタッドはせん断力のため曲げを受け、鋼板は変形し、対のひずみゲージにおけるひずみ差が大きい。破断するとひずみ差が少なくなる。よって、ひずみ差がほぼ0近くになると完全に破断したと判断できる。得られたひずみ差と載荷回数のグラフを図-1に示す。この

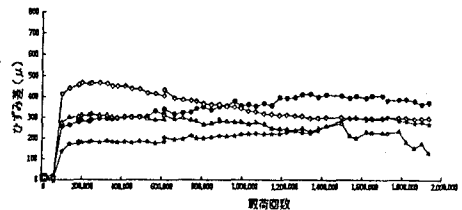


図-1 ひずみ差と載荷回数

図からわかるように、載荷回数200万回に至っても、そのひずみ差は0にはほど遠く、破断には至っていないと言える。すなわち破断時期は既往の実験と比べて大幅に延びたと考えられる。

4. 考察 スタッドの破断状況を図-2に示す。コンクリートはつり時における破断箇所と、疲労亀裂発見のためのスタッド曲げ試験による亀裂発生箇所はType-A、Bにおいて格段に減少し、床版中央部にのみ存在している。Type-Cにおいては、全く破断箇所が存在しなかった。これらのことから床版厚18cmのものではφ16

のスタッドで250mm間隔に配置して十分安全であると言える。

残留たわみ-サイクル曲線を図-3に示す。前回使用したType-Dと比較すると、残留たわみが非常に小さい。φ13スタッドを使用したType-Dでは、引張側コンクリートに荷重直後ひびわれが発生するが、φ16スタッドを使用したものは、スタッドの受けるせん断力によるスタッドの変形が抑制され完全合成のままではないかと考えられる。

実験結果をもとに解析を行った。荷重-たわみ曲線を図-4に示す。理論値①は、完全合成として求めたものであり、理論値②は押抜き試験結果から得られたスタッドのパネ係数 $1.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}$ (φ13)、 $2.29 \times 10^5 \text{ kgf/cm}$ (φ16) を用い全断面有効としたもの、理論値③はパネ係数 $1.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}$ を用い引張側コンクリート無視として求めたものである。初期の変形(○、□)はほぼ同一であるが、Type-Dにおいては荷重回数70万回付近で線形性が損なわれ始め、最終破壊時(●)では、コンクリートは完全に引張側無視の状態以上になっているが、Type-Aでは実験終了時(■)までコンクリートが全断面有効である。解析結果をもとにS-N線図を作成したものを図-5に示す。プロットしたのはφ13、16の回転疲労試験結果³⁾と荷重回数200万回のType-A、B、C、荷重回数180万回破壊時の前回の供試体Type-Dである。今回の供試体のデータはすべてφ13の供試体のものより右側に位置しており、疲労寿命は延びたと言える。またφ16のS-N線図で見ると荷重回数200万回の時点で健全であることがわかる。T

ype-Bにおいては側壁の影響により、Type-Cにおいてはスラブ厚18cmとすることによってせん断力が減少した。

5. 結論 ①既存の実験結果と比較した場合、φ13スタッド200mmピッチからφ16スタッド250mmピッチに変更したことにより、疲労耐久性は向上した。②側壁を設けることにより、スタッドの受けるせん断力は減少し、疲労耐久性が向上する。③たわみの結果からわかるように、今回の供試体はひびわれが少なく、コンクリートは全断面有効に働いている。④解析結果によるS-N線図から、せん断応力振幅は、全供試体を通じ減少し、疲労寿命が延びた。⑤合成床版においてコンクリートスラブ厚18cmのときφ16のスタッドを使用すれば、実用上、十分安全である。

参考文献 1) 松井・文・福田：スタッド溶植部周辺応力と疲労寿命との関係についての一考察、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-21、平成2年6月 2) 松井・文・福田・高田：走行荷重下における改良型合成床版の疲労挙動について、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-3、平成2年6月 3) 松井・文・福田：回転せん断力によるスタッド周辺応力と疲労寿命、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-84、平成2年6月

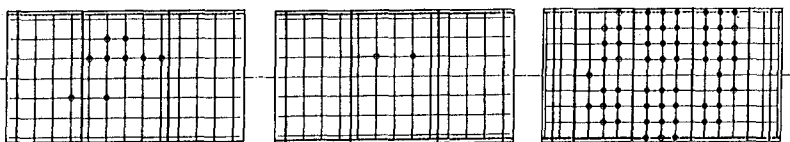


図-2 スタッドの破断状況 (●完全破断 ○疲労亀裂発生)

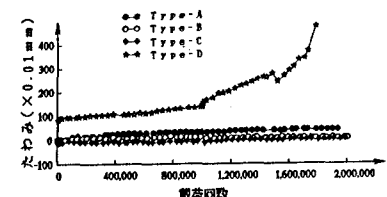


図-3 残留たわみ-サイクル曲線

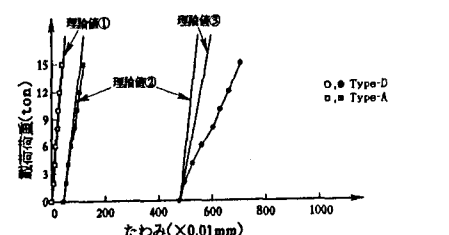


図-4 荷重-たわみ曲線

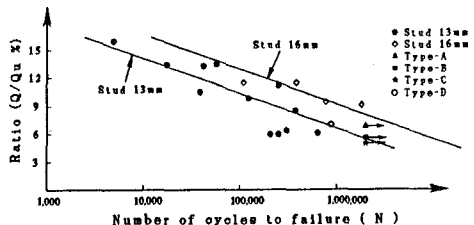


図-5 S-N線図
 $Q = \text{スタッドに作用するせん断力振幅 (kgf)}$
 $Q_u = 86.39 \cdot d_a^{1.5} \cdot h_a^{0.5} \cdot f_{cu}^{0.5} \text{ (kgf)}$