

【論文・報告】

鋼・コンクリート合成鋼床版合成桁に関する研究—第3報—

Study on Steel-Concrete Composite Deck Girder

渡辺 滉*
Hiroshi WATANABE

武田 芳久**
Yoshihisa TAKEDA

高田 嘉秀**
Yoshihide TAKADA

1. はじめに

この報告は昭和58年より研究に取り組んできた鋼・コンクリート合成鋼床版合成桁(本形式はComposite Deck Girderと称し、以下C.D.G.と呼ぶ：図-1)に関する昭和61年度の研究成果をまとめたものである。

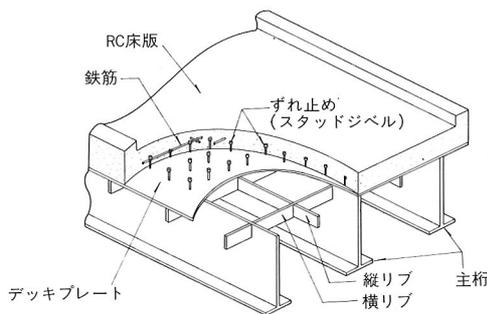


図-1 鋼・コンクリート合成鋼床版合成桁

本形式の特徴と既往の研究成果については第1報を本報 Vol.4/JAN., 1985¹⁾、第2報を本報 Vol.6/JAN., 1987²⁾に報告している。これらに続き、ここでは第3報として「C.D.G.の疲労特性に関する研究」の成果について述べる。

C.D.G.の疲労特性としては第2報²⁾で報告した様に基礎的データを得ている。すなわち、①デッキプレートの疲労亀裂発生が大であることから、リブ交差部を溶接しない構造、またはリブ交差部を設けない構造が望ましい。②スタッド頭部でコンクリートが水平に割れることから、より深く圧縮側コンクリートにスタッドを埋め込む方がよい(スタッド高を大きくする)。などの基礎的示唆を得た。そこで、昭和61年度の研究においてはこのよう

な背景を基に本形式の疲労強度の向上を計るために、縦リブのない構造、スタッドを高くした構造のC.D.G.を用い、走行荷重による疲労試験を実施した。

疲労試験はスタッド間隔の変化、支持条件、環境条件の相違に着目して行った。

スタッド間隔の変化については、これが疲労強度に及ぼす影響を明確にするため、同一供試体内で等間隔配置とし、スタッド間隔が10cmの供試体と20cmの供試体の2種類を用意し、適切なスタッド間隔を求めることを目的とした。

また、実橋におけるこのスタッドには床版作用と桁作用によるせん断力が作用する。このような2軸応力状態下におけるスタッドおよび床版の疲労寿命も把握しておくことは重要である。そこで、主桁の沈下を許す条件で疲労試験を行い、桁作用の相乗効果を基礎的に考察した。

さらに、近年、RC床版の上面に水を張っての疲労試験が行われ、その場合の疲労寿命は乾燥状態の200分の1以下になる傾向がある。この低下は、ひびわれへの水の侵入によって、ひびわれ面のこすり合わせが促進されるためと推察されている。C.D.G.においても、この際の疲労寿命、疲労性状を知ることが非常に重要であり、環境条件の影響として水張り試験を実施した。

今回の報告内容は上記の3項目を主としており、これらの成果は今後のC.D.G.の合理的設計法の確立へつながるものと考えられる。

2. 実験方法

(1) 供試体

供試体の寸法は、基本的にこれまでの供試体^{1),2)}に準じており、スタッド間隔10cmのものを2体、スタッド間隔

*川田工業(株)富山工場工場長(前・大阪支社設計課次長) **川田工業(株)大阪支社設計課

20cmのものを2体の計4体とした。その形状・寸法を図-2に示す。

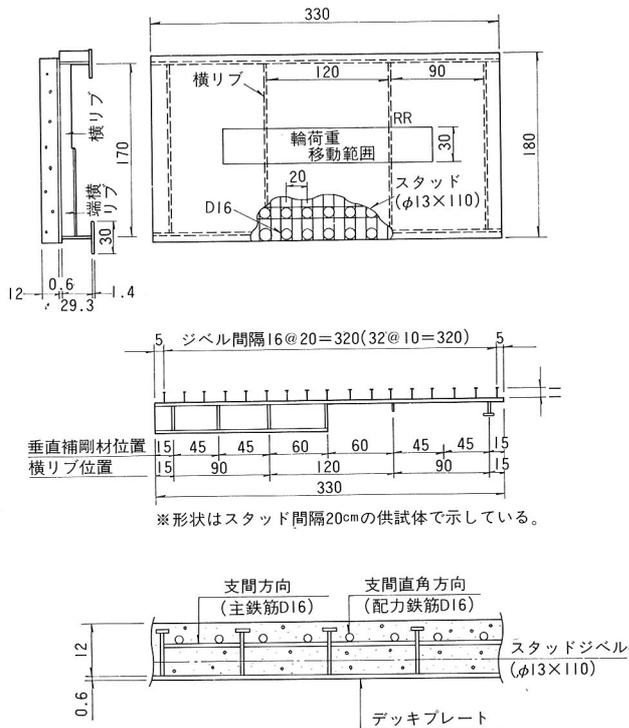


図-2 供試体の形状・寸法

これまでの供試体との違いは①デッキプレート下面の縦リブを省略したこと、②スタッド高を80cmから110cmにしたこと③スタッド間隔を同一供試体内で等間隔配置としたことなどである。

供試体の名称はスタッド間隔10cmのものを1A, 1Bスタッド間隔20cmのものを2A, 2Bとした。

デッキプレート, リブ, 支持桁などの使用鋼材はすべてSS41であり, 上側鉄筋は支間方向(主鉄筋方向)および支間直角方向(配力鉄筋方向)ともにSD30のD16を用いた。

床版コンクリートには普通ポルトランドセメントおよび普通骨材を用い, 設計基準強度は350kg/cm²である。

(2) 試験方法

a) 載荷装置

載荷装置を図-3に示す。この装置は実橋における床版の疲労現象をできるだけ忠実にシミュレートするために考案されたもので, 輪荷重が供試体の床版上に設けた軌道の上を往復走行するようになっている。大きく分けて, 供試体に荷重を作用させながら走行する車体部と, この車体部をモータの回転によって往復させる起動装置からなっている。荷重の大きさは車体部の油圧ジャッキ近傍の油圧回路中に組み入れた圧力変換器のひずみによって検出できる。

この装置の能力は以下のとおりである。

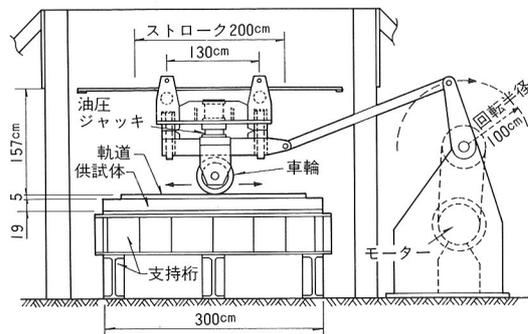


図-3 輪荷重走行試験機

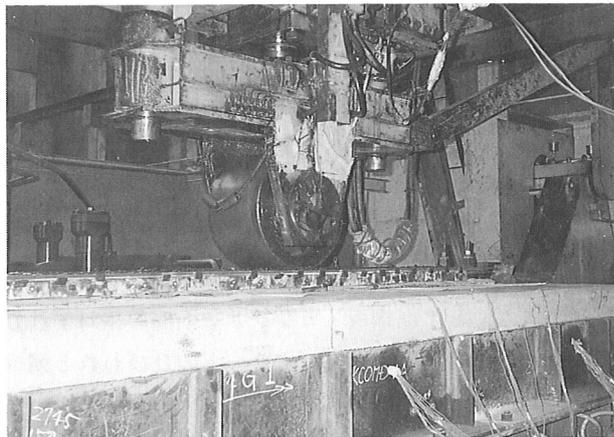


写真-1 試験状況

- 載荷能力 : 10ton~30ton
- 荷重移動範囲 : 床版中央から±100cm
- 走行速度 : 28往復/分
- 車輪(鋼製)外径 : 500mm
- 幅 : 300mm
- 油圧ジャッキストローク : 60mm
- 動的ストローク : 0~20mm
- 荷重保持能力 : 動的変位差20mm時で20%以内

b) 研究目的に対する供試体の組み合わせ

各試験条件と供試体の組み合わせを表-1に示す。

表-1 各供試体の試験条件

供試体	スタッド間隔	表面の状態	支持条件
1A	10cm	乾燥	固定
2A	20cm	乾燥	固定
1B	10cm	水	固定
2B	20cm	乾燥	沓

本研究ではスタッド間隔, 床版表面の状態, 支持条件の違いがC.D.G.の疲労性状に及ぼす影響を比較検討することが目的の一つである。これに応じるための供試体の比較検討の組み合わせを以下に示す。

- ① スタッド間隔の比較 : 1Aと2A
- ② 支持条件の比較 : 2Aと2B
- ③ 床版表面の状態の比較 : 1Aと1B

c) 測定項目と測定方法

すべての供試体について、最初に数回静的に荷重・測定した後、走行試験を行った。走行荷重途中、あらかじめ決めておいた回数毎に装置を停止させ、疲労の進行状況を把握するため、最大荷重まで静的荷重による測定・観察を行った。荷重位置とその名称を図-4に示す。

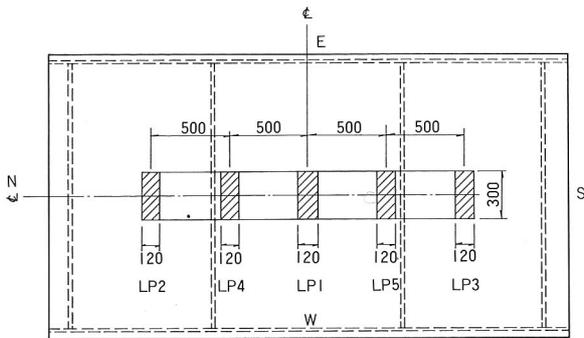


図-4 静的荷重位置

測定項目は原則として以下に述べる鋼板上下面のひずみ、たわみ、および鋼板・コンクリート間の相対ずれであり、その他目視によりコンクリートのひびわれと鋼板の亀裂発生状況の観察を行った。

① ひずみ

5mmのひずみゲージを使用した。ゲージの主な貼付位置はこれまでの研究で開発³⁾されたスタッドのせん断力の実験的評価方法を採用するため、鋼板上面でスタッドの溶接位置から前後2cmのところ、および床版の基本性状が評価できる点である。2A、2Bのひずみゲージ貼付位置を図-5、6に示す。

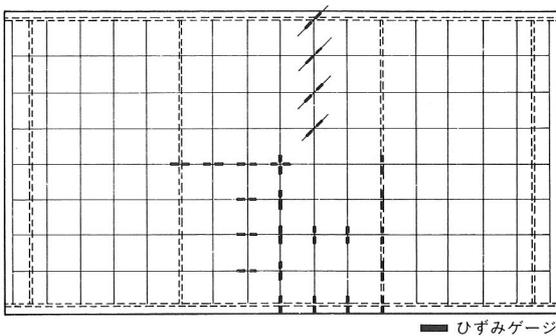


図-5 鋼板表面ひずみゲージ位置(2A, 2B)

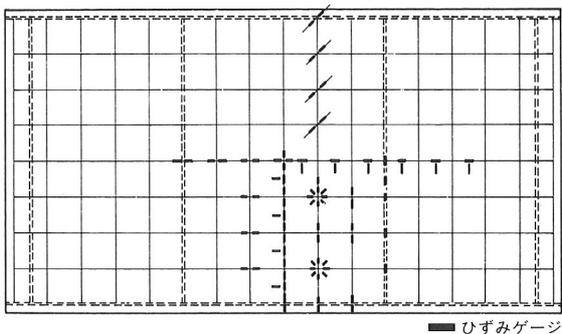


図-6 鋼板裏面ひずみゲージ位置(2A)

② たわみ

たわみは精度1/100mmのダイヤルゲージを用いて測定した。1Aのたわみ測定位置を図-7に示す。橋軸方向に20cm間隔で規則正しく設けたのは、板性状の変化がこの方向のたわみ分布に明瞭に現れるためである。

③ ずれ

鋼板とコンクリートの相対ずれは、精度1/1,000mmのダイヤルゲージを用い、鋼・コンクリート接触面での純せん断ずれを測定した。1Aのずれ測定位置を図-7に示す。

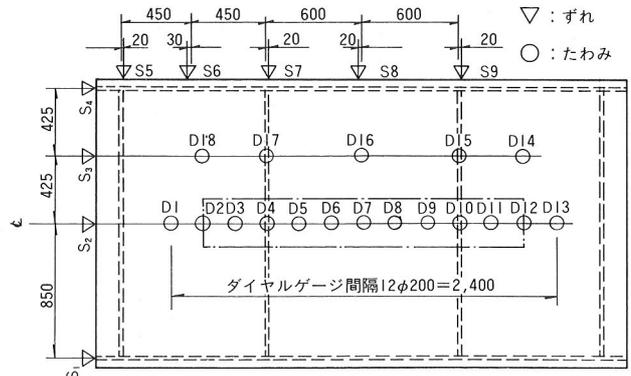


図-7 ダイヤルゲージセット位置(1A)

3. 有限要素法による解析

(1) 概要

疲労試験結果を考察する際の理論値として、有限要素法による弾性応力解析を適用した。

鋼・コンクリート合成構造を対象としたFEM解析のうち、K.R.Moffattらの方法⁴⁾は、ずれ止めせん断力の評価および構造物の全体的変形と局所的挙動を同時に解析できる。本研究ではこの手法に準じて開発された弾性応力解析用プログラムを用いて、数値解析を行った。

(2) 供試体のモデル化

供試体をできるだけ忠実に再現するために各構成部材を薄肉シェル要素によりモデル化し、立体構造物として解析を行った。図-8に要素分割の一例を示す。

デッキプレートとリブは面内力と曲げを受ける1節点6自由度の長方形平面要素(平板要素)に、コンクリート床版は偏心量を考慮した平板要素(偏心平板要素)にそれぞれ置換した。ずれ止めは「リンク要素」を用いて置換することにした。リンク要素は鋼・コンクリート間の相対ずれを考慮でき、バネ定数により合成の程度を自由に変化させることができる。

材料特性値として鋼およびコンクリートのヤング係数は材料試験結果を利用し、ポアソン比は $\nu_s = 0.3$ 、 $\nu_c = 0.167$ とした。

また、リンク要素のずれ定数の選定については第5章で述べる。

計算は以上の条件により、鉄筋コンクリート部を全断面有効とした場合と引張側コンクリート断面無視の場合の2ケースについて行った。

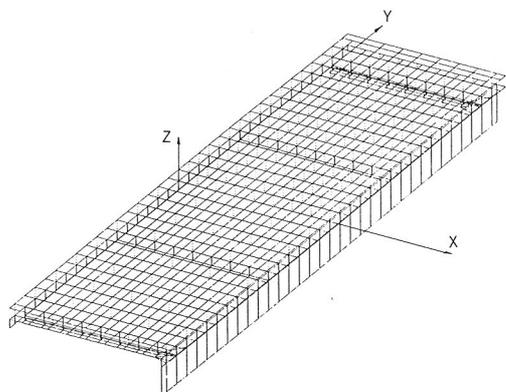


図-8 要素分割の例

4. 実験結果

(1) 実験結果の概要

a) 載荷荷重の決定

本供試体はほぼ実用的なものである。一昨年の実験では15tonの載荷荷重で行われたが、急激なせん断破壊を呈した。実橋での通常の平均荷重は約5tonであることから、今回の実験ではこれらの中間の値が適当と判断できる。

したがって、今回の実験では試験機的能力等を考慮して、全供試体に対して10tonの載荷荷重を基本とした。尚、繰り返し数は走行一往復を1回と数える。

b) 供試体1A (スタッド間隔10cm)

初期載荷の8tonにおいて鋼・コンクリート間の自然付着の切れる音がした。したがって、走行載荷の初期に自然付着は全て消え、スタッドのずれ止め効果のみに期待しなければならないようである。図-9に20万回走行後のひびわれ分布、図-10に最終のひびわれ分布を示す。

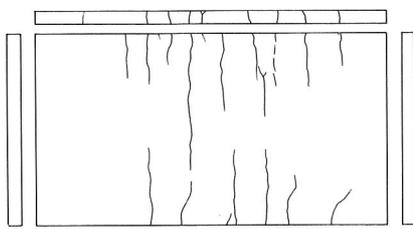


図-9 1Aひびわれ分布(20万回)

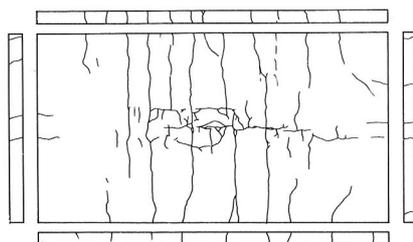


図-10 1Aひびわれ分布(最終67万回)

35万回で軌道下の床版に圧壊による橋軸方向ひびわれの発生が確認された。さらに載荷を続け、50万回に達したところで荷重を15tonに増加した。これは、これまでのように押し抜きせん断破壊という疲労破壊モードが全く発生せず、疲労強度が大きいことがわかったため、最終的な破壊状況を見ようとしたためである。最終的に67万回で変形が急増し、床版が最終破壊した。

最終状態では図-10に示すように橋軸方向のひびわれの長さ、幅が著しく大きくなる。しかしながら、各鋼板溶接部に疲労亀裂は全く見られず、スタッドを高くした効果は非常に大きいものと言える。

c) 供試体2A (スタッド間隔20cm)

1Aと同様に載荷初期に自然付着の切れる音がした。

図-11に20万回走行後のひびわれ分布、図-12に最終のひびわれ分布を示す。

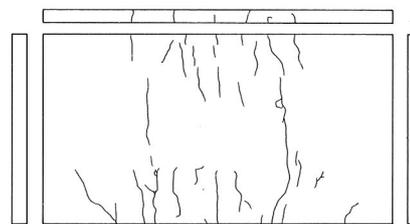


図-11 2Aひびわれ分布(20万回)

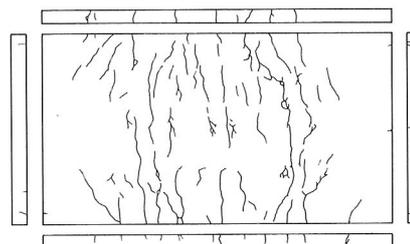


図-12 2Aひびわれ分布(最終23万回)

14万回でS側リブ上のスタッド頭上のコンクリートが部分的にホップアウトした。このことは、ひびわれの進行とともにコンクリート内部でのスタッドの変形が進行し、スタッド頭上のコンクリートのかぶり部に押し抜き力が集中したためと考えられる。20万回前後でこのようなホップアウトとひびわれの進行が著しくなった。

変形の増大からスタッド破壊の可能性が考えられ、22.7万回で走行試験を終了した。1Aと同様に鋼板各溶接部に疲労亀裂は全く見られなかった。

d) 供試体1B (スタッド間隔10cm)

1Bは260cm×100cmの範囲にパテで堰を作り、初期載荷後、水を張り走行試験を開始した。図-13に最終のひびわれ状況と水の浸透状況を示す。

RC床版と大きく異なる点はひびわれへ浸透した水が床版下面へ流出しないことである。14万回においてW側センターからS側よりの位置に鋼板とコンクリートの間

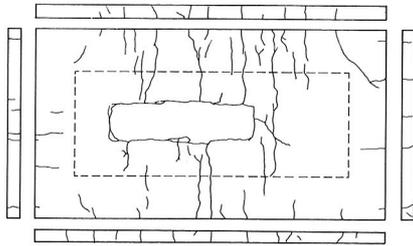


図-13 1Bひびわれ分布(最終16万回)

から水の浸出が確認された。15.95万回で軌道載荷板の陥没が確認されたため走行試験を終了した。軌道直下のコンクリートは完全に分離し、セメント部分は流出していた。このような現象はRC床版でも見られるものである。また、鋼板各溶接部に疲労亀裂は見られなかった。

e) 供試体 2 B (スタッド間隔20cm)

2 Bは他の供試体と異なり桁作用を考慮するために、4つの沓を設けてセットした。図-14に20万回走行後のひびわれ状況、図-15に最終のひびわれ分布を示す。

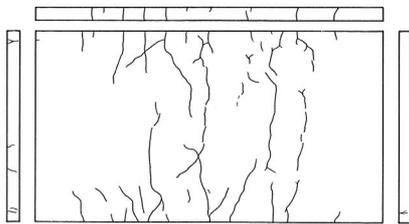


図-14 2Bひびわれ分布(20万回)

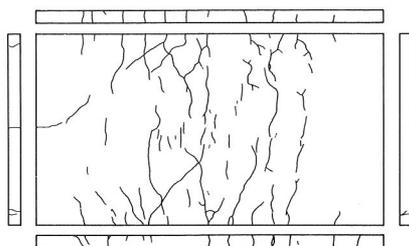


図-15 2Bひびわれ分布(最終27万回)

10万回に至るまで斜め方向のひびわれが発生し、17万回前後でコンクリートのひびわれ面のずれる音がし、22.7万回でS側側面のN側半分で鋼板から完全にずり出した状態となった。23万回では、センター西端のスタッド頭上のコンクリートのホップアウトがみられ、25.8万回でコンクリートが大きく剝離した。この時点でコンクリートのこすれる音が一層激しくなり、コンクリートのひびわれおよび鋼板とコンクリートのずれの増大をもって床版の破壊とし、26.76万回で走行試験を終了した。また、鋼板各溶接部に疲労亀裂はみられなかった。

(2) たわみの結果

図示のたわみはいずれもLPI载荷におけるものである。

a) 供試体 1 A

図-16にD 7のたわみ-サイクル曲線を示す。

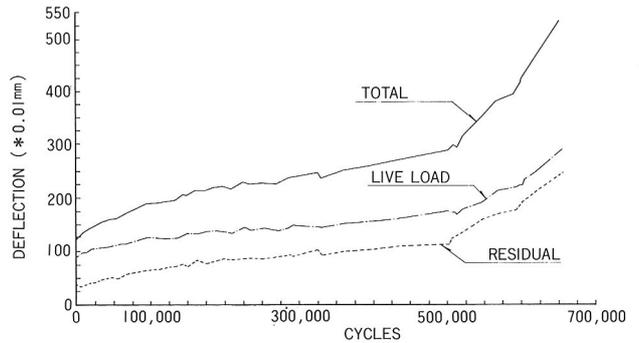


図-16 たわみ-サイクル曲線(1A, D7)

走行試験開始後、500回往復時で活荷重たわみ、残留たわみとも約1.3~1.4倍になり、その後の増加は非常に緩やかである。この初期の急激な増加は床版全域での曲げひびわれ発生のためである。50.3万回後、載荷荷重を15 tonに上げたため、たわみは急激に増加している。このことは曲げひびわれが進展したこと、およびスタッドに作用するせん断力が大きくなり、スタッドの変形が大きくなったこと等が考えられる。

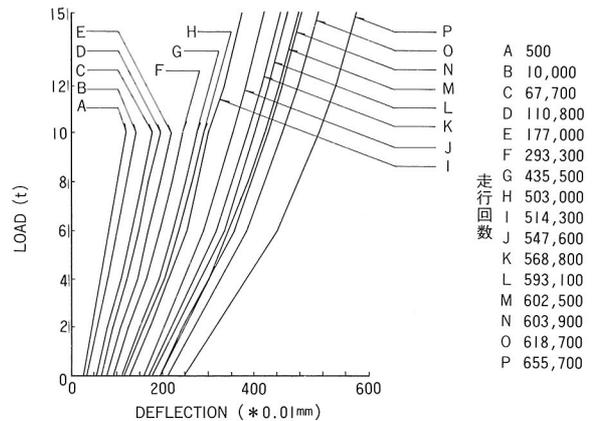


図-17 荷重-たわみ曲線 (D7)

図-17にD 7の荷重-たわみ曲線を示す。この図より床版劣化により43.5万回以降は線形性が保たれなくなることがわかる。60万回以降では6 tonで傾きが著しく変化する。このことは、スタッド周辺のコンクリートの局部破壊のため6 tonまでは剛性が小さい状態で挙動し、6 ton以上になると変形に伴って、ひびわれ面が接触し、スタッドとコンクリートとの接触によって再び本来の剛性を発揮するためと考えられる。

b) 供試体 2 A

図-18に残留たわみ分布、図-19にたわみ-サイクル曲線を示す。

図-18より、10.4万回、18.7万回、20.3万回、22.7万回でたわみが大きくなっていることがわかる。また、こ

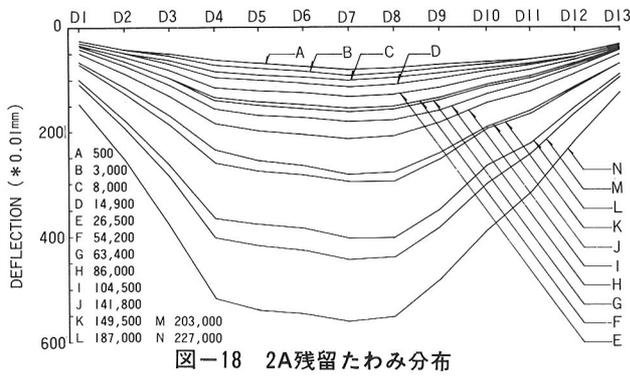


図-18 2A残留たわみ分布

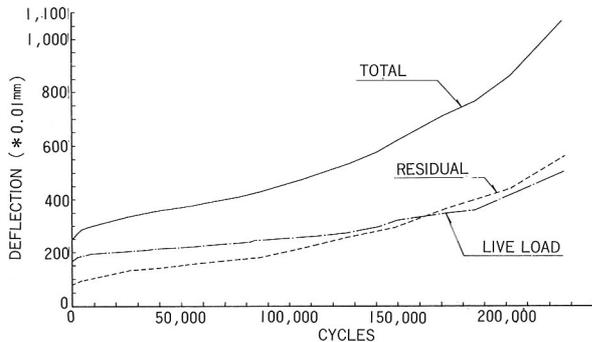


図-19 たわみ-サイクル曲線(2A、D7)

の傾向は図-19の変化点とも一致している。したがって、これらの回数において、スタッドあるいはコンクリートに変状があったものと推定できる。

また、残留たわみ分布はD 4 ~ D10間で鍋底状になっており横リブで囲まれた部分がほぼ一様に劣化しているものと考えられる。

c) 供試体 1 B

図-20に活荷重たわみ分布、図-21にたわみ-サイクル曲線を示す。これらの図から、10万回までのたわみの

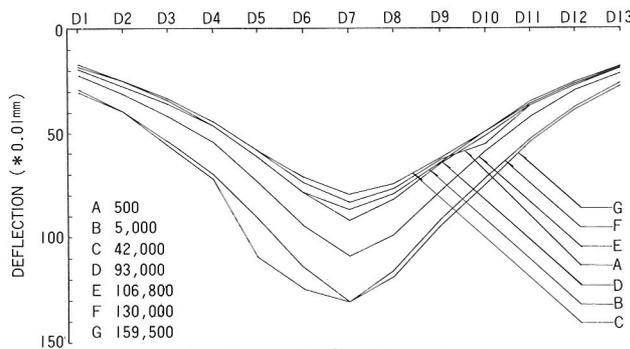


図-20 1B活荷重たわみ分布

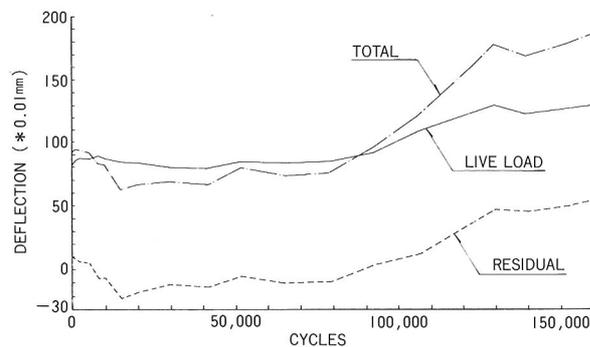


図-21 たわみ-サイクル曲線(1B、D7)

増加はほぼ安定していることがわかる。しかしながら、10万回すぎには急激な増加をたどり、13万回から再び増加が緩慢となっている。約16万回で床版上面を観察したところ、軌道直下のコンクリートが骨材だけになっていた。したがって、10.3万~13万回の間でコンクリートが水によって急激に疲労劣化したと推定できる。

d) 供試体 2 B

桁のたわみ量は走行回数の増加には無関係でほぼ一定値、あるいは減少する傾向にある。これはデッキプレート上のコンクリートおよびスタッドの劣化が進行し、変形がこの劣化した部分に集中するためと考えられる。

図-22に活荷重たわみ分布を示す。橋軸方向の各点のたわみは20万回以後急速に増加し始めている。したがって、この時点でスタッドの破壊が多く発生し、さらにコンクリートのひびわれも広範囲にわたり、一様な剛性の低下が生じたと推定できる。

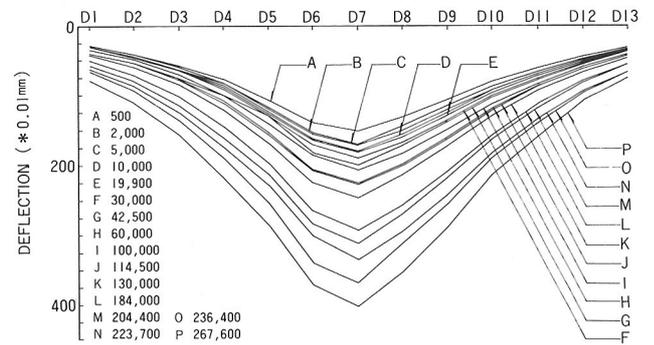


図-22 2B活荷重たわみ分布

(3) ずれの結果

1 A, 2 A, および 2 B の各供試体において、短辺中央点 S 2 の活荷重ずれは著しい増加を見せず、ほぼ一定値であった。このことは本供試体が一方板とみなせるため、橋軸直角方向のせん断力が卓越するためと考えられる(図-7参照)。

1 A の S 2 を除いた各残留ずれはいずれも増加している。これはコンクリートのひびわれの進展と、スタッド周辺のコンクリートの疲労破壊によるものであり、繰返し回数増加に伴って開口が残留するためである。

(4) ひずみの結果

ひずみ測定の結果からスタッドの破断時期を推定した。走行開始後はせん断力によるスタッドの曲げ変形のためひずみがジグザク状になる。さらに荷重の繰返しが進み、スタッドが疲労破断すると、スタッドの曲げによる局部応力が無くなり、ジグザク現象も無くなる。このジグザク現象の無くなった時点がスタッドの疲労寿命と考えられる。

図-23に 1 A のひずみ分布を示す。1 A については、52.3万回と 61.87万回の間に変化が現れる。これは

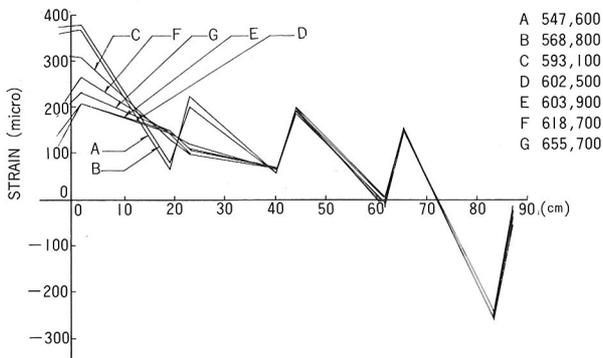


図-23 1Aひずみ分布(R1~R10)

支間中央より212.5cm離れたスタッドが破壊したものである。同様に2Aは10.45万回から14.95万回の間支間中央から212.5mm, 425mm離れたスタッドが, 14.95万回から18.7万回の間支間中央から637.5mmのスタッドが破壊した。

1Bにおいてはせん断力の再分配がみられず, スタッドの破断は少ないようである。2Bでは6万回から10万回の間支間中央より425mmのスタッドが, 13万回から18.4万回の間212.5mm, 637.5mmのスタッドが破断したと推定される。

(5) スタッドの破壊状況

床版コンクリートをはつり, スタッドの破壊位置の確認を行った。図-24に1A, 図-25に2A, 図-26に2Bのスタッド破壊状況を示す。無印は残存したものを示す。

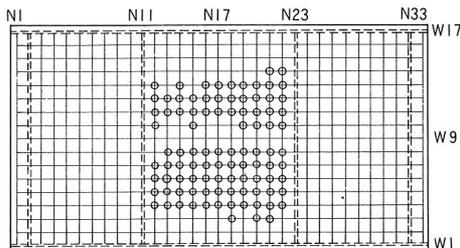


図-24 1Aスタッド破壊状況

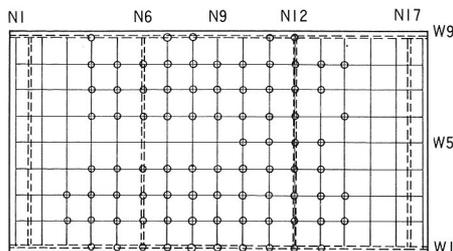


図-25 2Aスタッド破壊状況

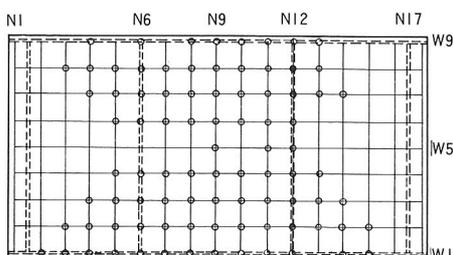


図-26 2Bスタッド破壊状況

1A, 2A, 2Bのいずれも, 支間中央の列のスタッドは残存していた。これは, 軌道直下のため, 橋軸方向せん断力の振幅の影響しか受けなかったためである。これより外側のスタッドはいずれも破断しており, 橋軸直角方向せん断力の振幅の大きさ, 方向が変化することにより破断したものと考えられる。1Bのスタッドはほぼ全てが健全であった。これは, 他の供試体に比べて走行回数が極めて少なかったためである。

写真-2に2Bのスタッドの破断状況を示す。



写真-2 2Bスタッドの破壊状況

5. C.D.G.の疲労性状に関する考察

(1) FEMとの比較

FEM解析に用いるリンク要素のバネ定数kは静的載荷試験に対して 1.5×10^5 (kg/cm)が良く適合するという結果を得た³⁾。しかしながら, 今回の様な走行荷重による疲労試験に対しては, 繰返し回数の増加とともにスタッド周辺のコンクリートの劣化および, ひびわれ発生による床版剛度の低下が進行し, バネ定数は静的載荷試験の結果より大幅に低下することが明らかとなった。

バネ定数の推定は1Aの引張側コンクリート断面無視時と考えられる20万回~30万回の範囲において, 活荷重たわみ分布と適合するバネ定数を選出することで行った。さらに, この1Aの結果が他の供試体と一致することによってその妥当性を確認した。この結果, バネ定数は 2.0×10^4 が適切な値であることが判明した。図-27に1Aの解析値と実測値のたわみ分布の比較を示す。

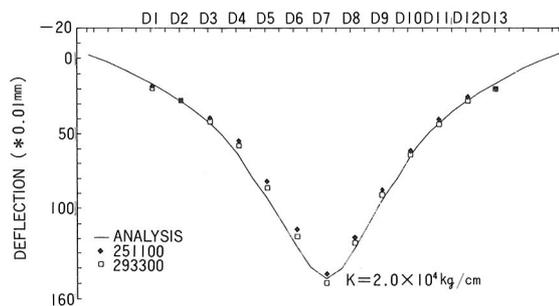


図-27 1Aたわみ分布の比較(引張側コンクリート無視)

(2) 一般特性

これまでの疲労試験²⁾ではコンクリートのせん断剥離破壊が支配的であった。しかしながら、今回の疲労試験ではこの様な現象はみられなかった。このことはスタッド高を11cmとし圧縮側コンクリートに十分定着させたため、せん断補強効果が生じたためと考えられる。したがって、スタッド高を大きくし、せん断補強することは、疲労強度向上の有効な手段であると言える。

また、縦リブを省略したことで鋼板各溶接部からの疲労亀裂の発生は見られなかった。しかしながら、スタッドの溶接部よりせん断破壊が生じ、これまでの一定点載荷の結果とは異なる現象となった。これは荷重が移動することにより、1本のスタッドに向きと大きさが逐次変化するせん断力(回転せん断力)が作用し、これによるスタッドの破壊が鋼板の応力集中による疲労亀裂よりも先行したためと考えられる。

(3) 実験諸条件による疲労特性の相違

a) スタッド間隔による影響

1 Aと2 Aで明らかに異なるものは、ひびわれ分布、およびスタッドの破壊状況である。

1 Aが走行開始後間もなく橋軸直角方向のひびわれが発生し、コンクリート部が約40cm間隔の梁状に分かれたのに対し、2 Aは20cm以下の間隔で版全域に広く分布し、横リブ付近では円弧状になった。このことは、スタッド間隔が10cmの場合、ずれ止めのせん断補強効果が大きい、20cmの場合、スタッド一本当りのせん断力が大きくなり、断面が局部的なせん断変形を伴うため、ひびわれが広範囲に発生したものと考えられる。

2 Aのスタッドの破断が20万往復までに橋軸直角方向に全列にわたって発生しているのに対し、1 Aでは50.3万往復まで全く発生しなかった。したがって、スタッド間隔がスタッドの疲労破断に及ぼす影響は非常に大きいといえる。

また、最大せん断力作用位置のスタッドが破断するとせん断力の再分配が生じ、他のスタッドの破断も早くなる。2 Aでは図-28に示すようにせん断力がほぼ平坦であることから、各スタッドの寿命差はほとんどなかった。

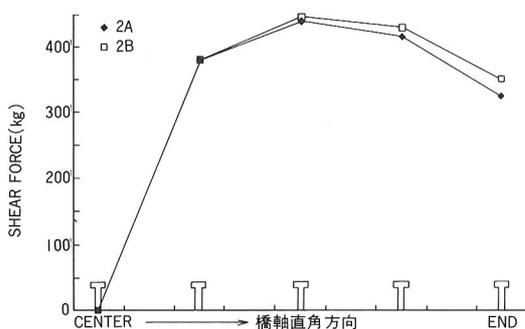


図-28 スタッドに作用するせん断力分布

b) 水の浸透による影響

水が与える影響は、ひびわれ、たわみよりもずれに顕著に現れる。図-29に1 A、図-30に1 Bの残留ずれ分布を示す。1 Aに比べ1 Bでは残留ずれが急速かつ大きく増加している。これは水の浸透によりコンクリートのひびわれ面相互、および鋼板とコンクリート面のこすりあわせが促進されるためである。

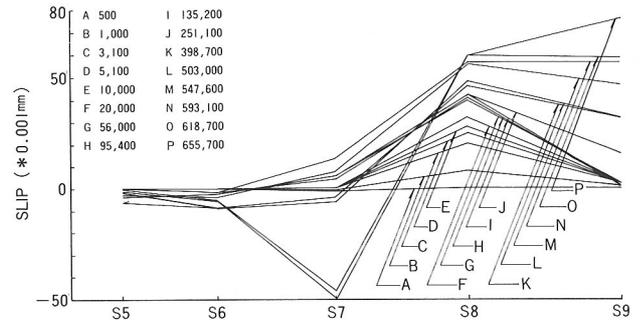


図-29 1A残留ずれ分布

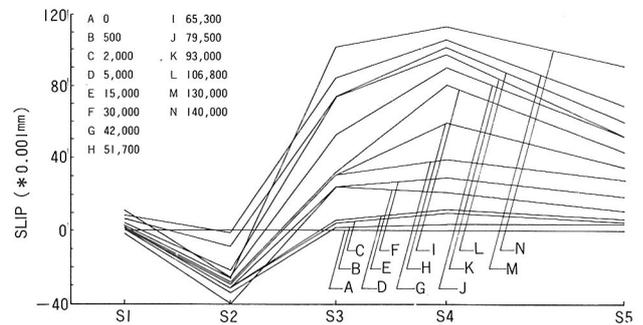


図-30 1B残留ずれ分布

RC床版における同様の実験では、水がひびわれ面を貫流し、こすれ合せによりコンクリート成分を洗い流してしまうため、床版のせん断変形が増大し、劣化が促進される傾向にある。しかしながら、C.D.G.はデッキプレートによりセメント分の洗い流しが防止され、せん断変形は拘束される。

いずれにしても、同じ走行回数において水による劣化は早く、床版上面での防水工が必要と考えられる。

c) 支持条件による相違

支持条件による違いはスタッドの破断位置と回数である。図-25と図-26を比べてわかるように2 Bではスタッドの破断が支間中央列を除いてほぼ全列にあり、沓設置位置付近にまでスタッドの破断が及んでいる。このことは図-28でわかるように2 Bの床版最外列のスタッドせん断力が2 Aより大きいこと、沓設置により主に桁上のスタッドに対し橋軸方向せん断力が増加したことに起因しているものと考えられる。

また、2 Bの場合、9万回で最初の破断が確認され、この破断したスタッドと同じ位置の2 Aのスタッドは13

万回で破断している。この列の橋軸直角方向せん断力の値がそれほど変わらないことから、この疲労寿命の低下は橋軸方向せん断力の作用する2軸応力であるためと推察される。

(4) C.D.G.におけるスタッドの疲労強度

本実験から道路橋のように走行荷重を受けるC.D.G.はスタッドの破断が、特有の疲労破壊現象と結論づけられる。そこで、スタッドの疲労強度について、既往のスタッド押し抜き試験と今回の試験結果を図-31より比較した。

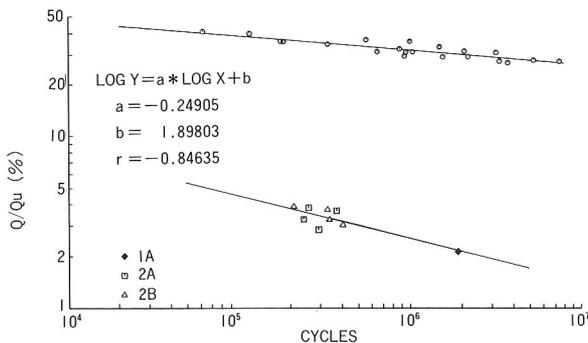


図-31 S-N線図

縦軸に作用せん断力を $Q_u = 40 \times DH \sqrt{\sigma_{ck}}$ で算出される終局耐力で割った無次元量を用い、横軸に走行回数を2倍とし、作用せん断力には薄肉シェル要素を用いたFEM解析による値を用いた。スタッドの破壊回数の推定には、デッキプレート下面でスタッドの前後20cmに貼ったひずみゲージのひずみ分布から、図-23のようにジグザグ分布が無くなる回数、すなわちスタッドに作用するせん断力が消失する回数とした。

図-31より、今回の試験の疲労寿命は、押し抜き疲労破壊から大幅に減少することが明らかとなった。このことは走行荷重試験下では、スタッドに大きさと方向が逐次変化する回転せん断力が作用するためと考えられる。

6. まとめ

本研究のC.D.G.の走行荷重による疲労試験において、以下の基礎的成果が得られた。

- 1) スタッドを高くすることは圧縮側コンクリートのせん断補強の面で有効である。
- 2) スタッド間隔20cmのものは10cmのものに比べ、版剛性の低下が速く、作用せん断力も大きいため疲労寿命は短い。10cm程度が実用的と考えられる。
- 3) 疲労破壊現象は、スタッドの疲労破断が主であり、スタッドの疲労設計が必要である。
- 4) 桁の沈下を許す支持条件では2軸応力状態になりスタッドのせん断破断が比較的早く発生し、支点付

近までの広範囲に及ぶ。

- 5) C.D.G.のスタッドは押し抜き試験体におけるスタッドよりもはるかに低い応力レベルで疲労破断に達する。これは、押し抜き試験体では一方向一定載荷であるのに対し、C.D.G.では方向と大きさが逐次変化する回転せん断力を受けるためである。
- 6) スタッドの疲労設計は図-31のS-N線図を用いる必要がある。
- 7) C.D.G.でも床版上面にひびわれが発生し、水の浸透があると早期に劣化する。ただし、R.C床版よりも破壊進行速度が遅い。
- 8) 縦リブの省略により疲労寿命は向上し、縦リブは必要ないことが確認された。

7. あとがき

この報告は昭和61年度に実施されたC.D.G.の疲労試験の結果をまとめたもので、特にスタッドに2軸応力が作用すること、スタッドの疲労設計が重要であることなどを見出したことで本形式の設計法の確立に有効な資料を得た。さらに現在、本形式の疲労強度を増大させるため、デッキプレートにしま鋼板を用いる場合と床版厚を増大させた場合の検討を進めている。

今後、これらの成果を基に本形式の合理的設計法を確立するため、一層の努力を続けていきたい。

最後に本研究を遂行するにあたり、大阪大学松井繁之助教授には絶大なる御指導を賜った。記して謝辞とする。

参考文献

- 1) 渡辺ほか：鋼・コンクリート合成鋼床版の静的載荷試験，川田技報Vol.4/JAN.，pp. 57~69, 1985.
- 2) 渡辺・武田・高田：鋼・コンクリート合成鋼床版合成桁に関する研究—第2報—，川田技報Vol. 6/JAN.，pp. 16~26, 1987.
- 3) 松井ほか：鋼・コンクリート合成床版におけるスタッドの設計に関する基礎的研究，土木学会合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，pp. 99~105, 1986.
- 4) Moffat, K. R. & Lim, P. T. K. : Finite element analysis of composite box girder bridges having complete or incomplete interaction, Proc. Instn. Civ. Engrs, Vol. 61, Part 2, pp. 1~22, March, 1976.
- 5) 松井・佐々木：合成床版の走行荷重による疲労試験，土木学会関西支部年次学術講演会，I-42, 1987.