

付着型合成床版の疲労耐久性評価

Evaluation of Fatigue Durability on Bond-type Composite Slab

山田岳史*, 松井繁之**, 沼田 克***

Takeshi YAMADA, Shigeyuki MATSUI and Katsu NUMATA

*博(工) (株)神戸製鋼所 機械研究所 構造強度研究室 (〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5)

**工博 大阪大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-1)

***(株)神戸製鋼所 鋼構造本部 構造技術部 (〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4 丁目 2-7)

Steel plate-concrete composite slabs have been attracting attention due to high fatigue durability. However, fatigue limit states of most composite slabs have not ever been investigated precisely. Fatigue tests by using wheel running machine were carried out for two specimens of Bond-type composite slab “so-called U-Bolt slab”. One specimen with concrete thickness of 180 mm was fractured by fatigue. On the other hand, another specimen of 200 mm was not damaged. Two fatigue test results were plotted on S-N curve of RC slab. It was proved clearly that S-N curve of RC slab can be applied for a composite slab in which ultimate strength is dominated by the shear failure of the concrete.

Keywords: Fatigue durability, S-N curve, Composite slab

1. まえがき

鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版と称す)に代表されるコンクリート系床版の損傷のメカニズムは複雑であることから、設計計算によって疲労耐久性を定量的に照査することは、現状では困難な状況と言える。しかし、輪荷重走行試験機の開発によって、RC床版の疲労損傷のメカニズム¹⁾が明らかにされ、疲労耐久性に関してある程度明らかにされてきている。国土交通省は、疲労耐久性を把握する現実的な手法として、輪荷重走行試験機を用いた階段状荷重載荷²⁾による疲労耐久性試験を提案している。

一方、各種開発され、実用にも供されている鋼板・コンクリート合成床版³⁾(以下、合成床版と称す)のほとんどは、輪荷重走行試験機を用いた階段状載荷試験においても、破壊に至ることなく試験を終了しており、高い疲労耐久性を有することが確認されている。ただし、今後、合成床版の疲労耐久性に言及するためには、使用限界状態ならびに損傷過程、形態を把握しておくことは不可欠であると言える。

RC床版の疲労耐久性は、その損傷の過程ではり状化を呈し、そのはりのせん断耐力に相関すると考えられ、松井はそのはりのせん断耐力によって整理したRC床版のS-N線図⁴⁾を作成している。したがって、ずれ止めなどの鋼部材の破壊が先行せず、RC床版と同様にコンクリートのせん断破壊で終局に至る合成床版に関しては、RC床版のS-N線図の準用が可能であるものと推察できる。

そこで、本稿では、輪荷重走行試験において、典型的な押抜きせん断破壊にて終局を迎えた鋼板付着型の

合成床版(以下、U-Bolt床版⁵⁾と称す)の試験結果を用いて、RC床版のS-N線図への適用の可能性について検討を行った。すなわち、コンクリート厚 $h_c=180\text{mm}$, 200mm の2体の付着型合成床版(いずれも鋼板厚 $t_p=6\text{mm}$)に関して、一定幅のはりを想定し、そのはりのせん断耐力を求めた。さらに、そのせん断耐力を用いて整理した結果をRC床版のS-N線図へ適用し、その適用の可能性について言及する。

2. 付着型合成床版の設計方針

付着型合成床版は縞鋼板の優れた付着特性を底鋼板に活用^{6,7,8)}した合成床版であり、静的押抜きせん断試験においても終局に至るまで鋼板とコンクリートにずれが発生しなかったことを確認⁵⁾している。以下に本床版の設計方針を示す。

2.1 ずれ止め

(1)鋼板とコンクリートの剥離を防止するためにUボルトを配置する。

(2)鋼板-コンクリート間に発生する水平ずれに対しては、縞鋼板の突起によって抑制する。

2.2 Uボルトと鉄筋の配置

本床版は、底鋼板に縞鋼板を用いて付着強度を積極的に活用しているため、Uボルトが及ぼす底鋼板への拘束を考慮し、拘束影響面がほぼ底鋼板の全面に及ぶように、Uボルトの配置間隔に対して規則を設けた。

図-1に示すようにUボルトから底鋼板への拘束範囲をUボルト頂部から 45° に分布するものとして、Uボルトの配置を考えた結果、後述のとおりUボルトの配置間隔と主鉄筋、配力鉄筋の配置が決定される。

- (1)主鉄筋のかぶり 40mm を確保するために、U ボルトの高さはコンクリート厚 h_c より 40mm 低くする。
- (2)U ボルトの主鉄筋方向の配置間隔は、U ボルト高さの 2 倍程度を基本とする。
- (3)U ボルトの配力鉄筋方向の配置間隔は、U ボルト高さの 2 倍以下とする。
- (4)鉄筋の配置間隔は、道路橋示方書に準じ、100mm 以上かつ 300mm 以下とする。
- (5)配力鉄筋は、Uボルトの頂部直下に配置することを基本とするが、Uボルト頂部の間隔が 300mm を超過した場合には、Uボルト間中央にも配置する。
- (6)主鉄筋の配置間隔は、Uボルトの配置間隔を基本とし、配力鉄筋間隔と同程度の間隔となるように配置することとなる。したがって、配力鉄筋間隔によっては、Uボルト間にも配置することもある。

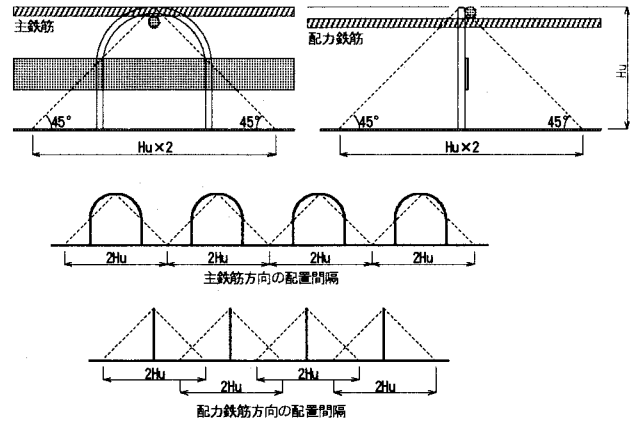


図-1 Uボルトの配置間隔

3. 疲労耐久性試験

3.1 供試体の概要

本床版の疲労耐久性を把握するために階段状荷重載荷による輪荷重走行試験を実施した。試験に用いた2体の供試体の概要を図-2に示す。本供試体は床版支間長 3000mm の連続板を想定し、その中の正曲げ区間の 2500mm を床版支間長とした2辺単純支持版である。

両供試体の違いをまとめると表-1 のとおりである。底鋼板厚、Uボルト径などは同一であるが、コンクリート厚、圧縮強度、主鉄筋間隔、配力筋間隔ならびにUボルトの主鉄筋方向間隔などが異なる。鉄筋の配置間隔は、2.2 Uボルトと鉄筋の配置の(4)~(6)に示す鉄筋の配置間隔に従い、図-2のように決定された。また、コンクリート厚 h_c は 180mm (PART B 式³⁾ $h_c=2.5L+10$, $L=3m$) とそれより 20mm 厚くした 200mm である。

なお、Uボルトの頂部と主鉄筋はビード長 20mm のフレア溶接にて接合しており、Uボルトの中段にはコンクリート打設時の変形を抑えることを目的としたFB (38×6) を溶接にて取り付けている。さらに、打設時の Uボルトと鋼板のずれをなくすために、図-3のとおり、Uボルトにはテーパ加工を行い、鋼板にも 1C の面取りを施している。

3.2 疲労耐久性の把握

本床版の疲労耐久性を把握するために、(独) 土木研究所の所有する輪荷重走行試験機を使用した。供試体上に並べた 500mm×200mm の鋼ブロック上を輪荷重が±1500mm の範囲で移動し、156.8kN から 4 万回ごとに 19.6kN 増加させる階段状荷重漸増載荷である。

図-4 に走行時の載荷荷重と走行回数関係を示し、図-5 に供試体中央の活荷重たわみと載荷荷重の関係を示す。

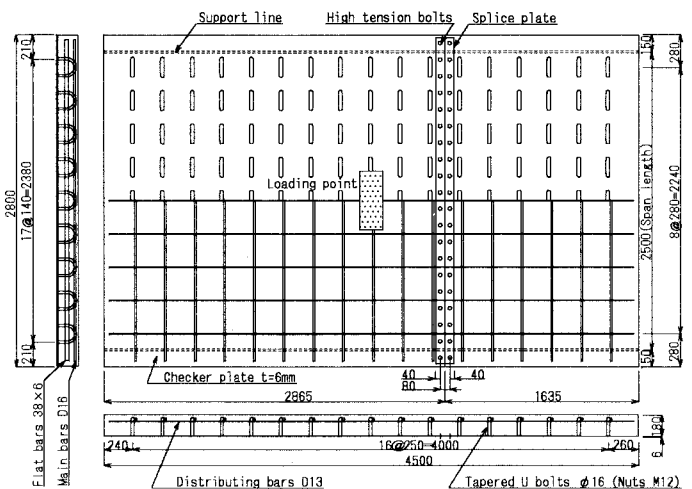


図-2(a) コンクリート厚 180mm の床版(A)

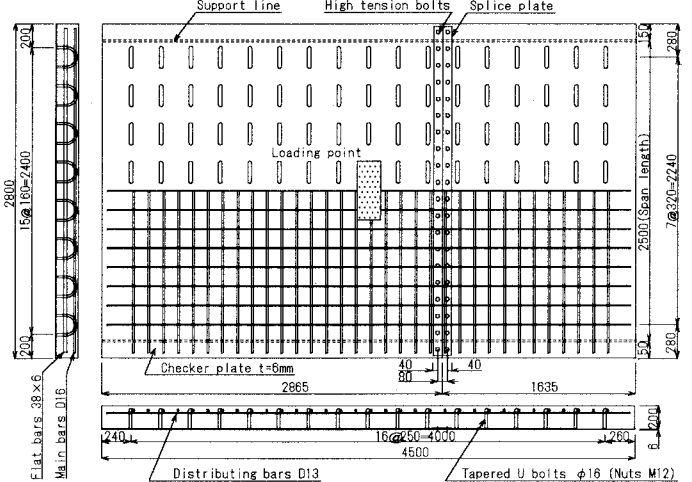


図-2(b) コンクリート厚 200mm の床版(B)

表-1 両供試体の諸元比較

試験時期	床版(A)	床版(B)
コンクリート厚	2002年12月 180mm	2003年10月 200mm
コンクリート圧縮強度 $f_{ck}=30N/mm^2$ (膨張材 30kg/m ³ 添加)	35.2N/mm ²	37.9N/mm ²
底鋼板(縞鋼板)厚 (SS400)	6mm	
主鉄筋 (D16) 間隔 (SD345)	250mm	125mm
配力筋 (D13) 間隔 (SD345)	280mm	160mm
Uボルト	径	φ16
	高さ	140mm
	配力方向間隔	250mm
	主筋方向間隔	280mm

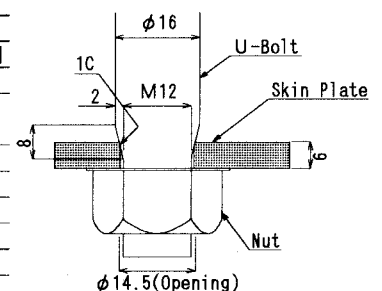


図-3 Uボルトの基部

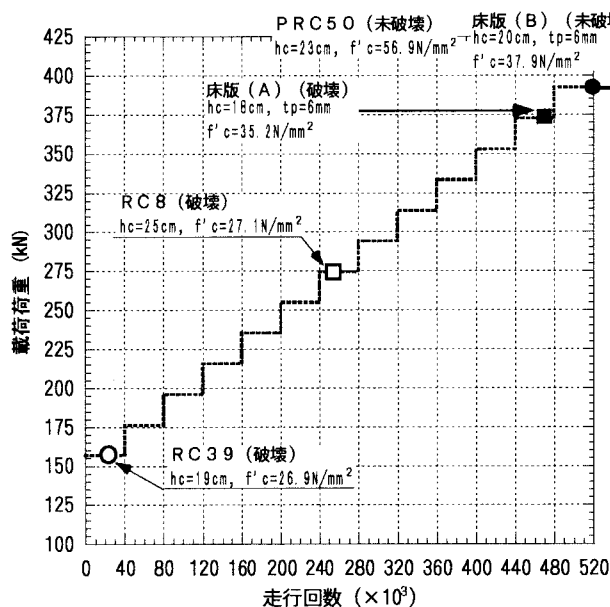


図-4 走行荷重と走行回数の関係

図中の RC39, RC8 はそれぞれ昭和 39 年, 平成 8 年の道路橋示方書 (以下, 道示) に準じて製作された R C 床版であり, PRC50 とは平成 8 年道示にてフルプレストレスで設計した P C 鋼材量を 50% 減じた P R C 床版である。コンクリート厚 $h_c=180\text{mm}$ の合成床版である床版 (A) は, 上面に押抜きせん断ひび割れの発生を確認した 372kN, 47.3 万回で破壊に至ったものと判断した。なお, 392kN, 48.3 万回まで試験を継続し, 最終的な活荷重たわみは 6.24mm となった。一方, コンクリート厚 $h_c=200\text{mm}$ 床版 (B) は健全な状態のまま 52 万回の走行試験を完了した。

図-5 の活荷重たわみを初期載荷荷重の 156.8kN に換算した結果を図-6 に示す。図中のコンクリート全断面有効, R C 断面はそれぞれの床版の各断面状態における 156.8kN 時の計算値である。さらに, この計算値には設計コンクリート厚 h_c ではなく, 試験終了後の切断面を計測した床版中央部の厚さを用いている。床版

(A) では, 無数にひび割れていたので計測不可能であったことから, 支点付近の厚さを参考に 183mm と判断した。また, 床版 (B) では, おおよそ 208mm であった。

床版 (A) に関しては, 試験開始直後から剛性低下が認められ, 走行回数 16 万回までにはほぼ R C 断面としての計算値 (以下, R C 断面計算値と称する) に到達している。その後 R C 断面計算値を超過する 24 万回までは換算活荷重たわみに大きな変化は認められず, 24 万回から 40 万回までは再び徐々に剛性が低下し, 40 万回以降, 急激にたわみが増加することとなった。

一方, 床版 (B) では, 試験開始か

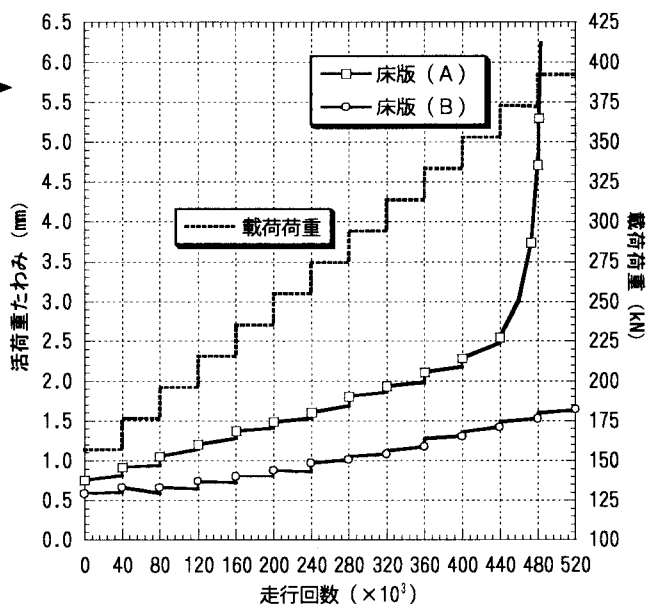


図-5 活荷重たわみと走行回数の関係

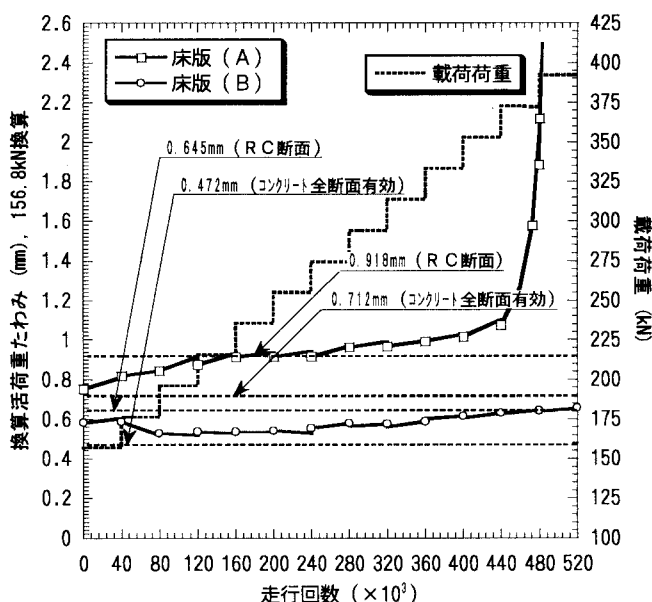


図-6 換算活荷重たわみと走行回数関係

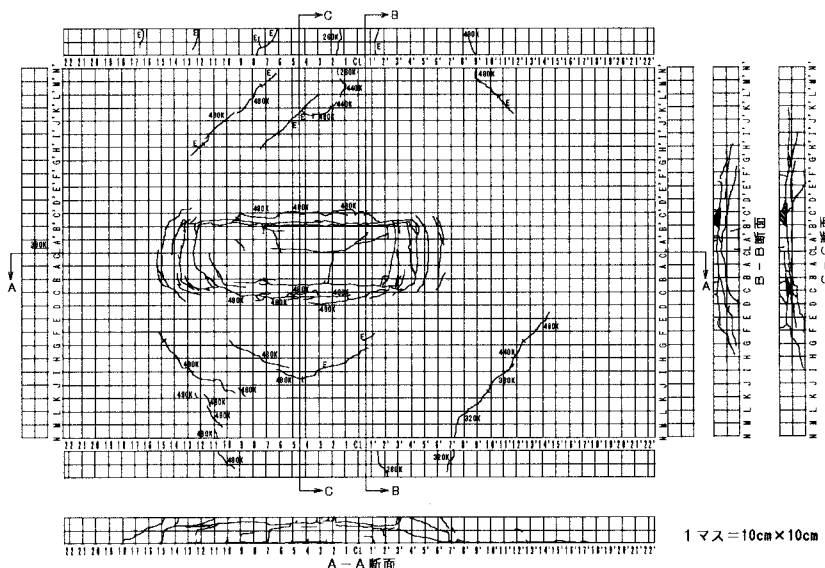


図-7 床版 (A) の上面と各切断面におけるひび割れ分布図

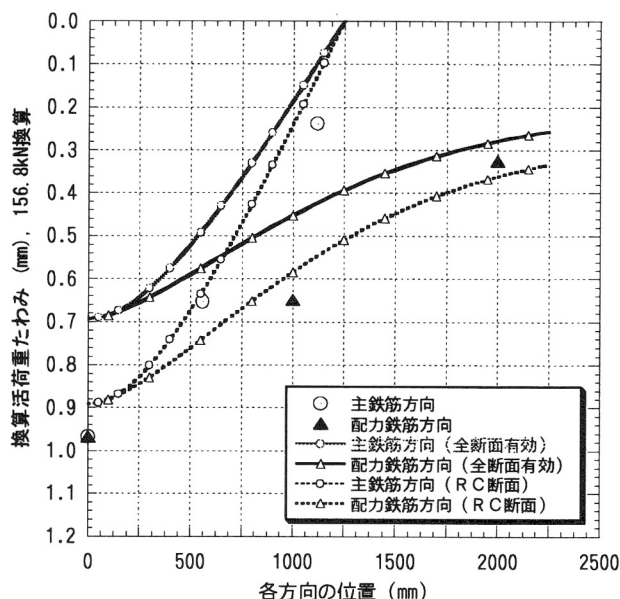


図-8(a) 床版 (A) の換算活荷重たわみ分布 (40 万回)

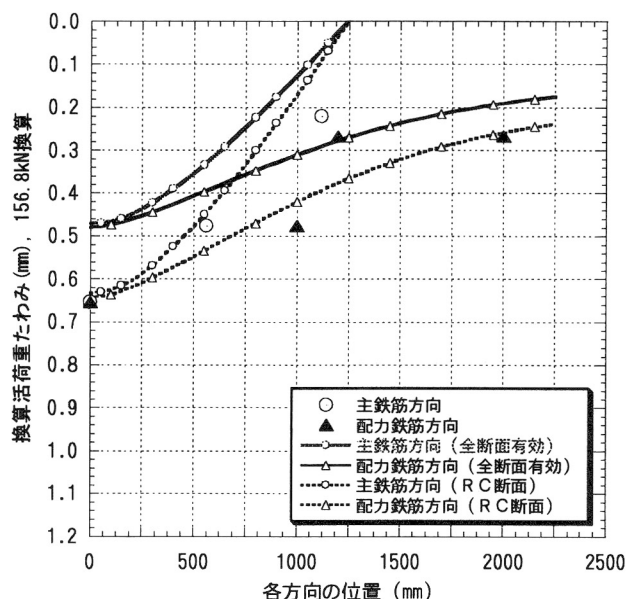


図-8(b) 床版 (B) の換算活荷重たわみ分布 (52 万回)



写真-1 コンクリート側接触面の状況, 床版 (B)

ら 8 万回まで、支持の不具合により比較的大きなたわみを認めることができるが、支持を修正した後は、24 万回まで剛性の低下もほとんどなく推移している。その後、48 万回で RC 断面計算値に到達し、52 万回で試験を終了した。

図-7 に床版 (A) の試験終了後の上面と各切断面におけるひび割れ分布図を示す。上面のひび割れ分布図より、典型的な押抜きせん断破壊にて終局に至ったことが分かる。また、切断面 B、C から本供試体の破壊は、コンクリートのせん断ひび割れの発達の後に、上側主鉄筋のせん断抵抗 (ダウエル作用) によって剥離面が形成されたものと推測できる。さらに、切断面 A の 2~10 と 7'~17' にかけて、底鋼板との境界面近傍に水平ひび割れが発生していた。このことは、繰り返し荷重下において、コンクリートのせん断強度よりも縞鋼板の突起による付着強度が高いことを示唆するものと考えられる。一方、床版 (B) に関しては、上面、切断面ともに目視ではひび割れの発生を確認できなかった。試験終了後に底鋼板を取り外した床版 (B) のコンクリート側接触面の状況を写真-1 に示す。接触面

には極めて明瞭な突起痕が目視で確認でき、ずれはほとんど発生しなかったものと考えられる。また、床版 (A) の状況⁵⁾も同様であった。

図-8 に床版 (A)、(B) のたわみ分布を示す。床版 (A) はたわみが急増する直前の 40 万回、床版 (B) は試験完了後の 52 万回時のものである。両者の試験結果は、等方性として RC 断面を仮定した計算結果とほぼ一致することが明らかになった。このことから本床版は活荷重たわみが急増する直前までは計算の仮定どおりの等方性版としての挙動を呈していたものと判断できる。

4. せん断耐力の検討

合成床版の疲労耐久性の検討を行うためには、RC 床版の S-N 線図と同様に、はりのせん断耐力を算定する必要がある。そこで、付着型合成床版をはり部材 (以下、付着型合成はりと呼ぶ) とした場合のせん断耐力について U ボルト配置をパラメータとして検討することとした。

4.1 数値解析モデルの妥当性の検討

付着型合成はりのせん断耐力を検討するために数値解析⁹⁾を用いることとした。ただし、材料構成則、モデル化の妥当性を検討するために、輪荷重走行試験を実施する前に付着型合成はりの曲げ試験結果⁵⁾に対して数値解析を行うこととした。

図-9 に付着型合成はりの供試体を示す。供試体サイズは全高 206mm (鋼板厚 6mm)、全幅 500mm、支間長 2500mm である。鋼板には縞鋼板を用い、図のとおり単純支持にて 2 点線載荷試験を行った。

図-10 に曲げ試験による荷重-たわみ関係を示す。RC はりの慣用計算によれば、本はり供試体の曲げ耐力は 420kN であり、せん断補強鋼材を考慮しない場

合のせん断耐力は 295kN である。供試体の設計時には、Uボルトのせん断補強効果を期待し、せん断耐力として 540kN を見込んでいたものの、終局耐力は、せん断耐力 295kN を上回るものの、曲げ耐力の 420kN には及ばなかった。

また、図中の数値解析とはコンクリートおよび鋼材の材料非線形性を考慮した弾塑性有限要素解析結果である。鋼材には von-Mises の降伏条件、コンクリートには Mohr-Coulomb の破壊基準¹⁰⁾を適用している。さらに、コンクリートには Solid 要素、縞鋼板には Shell 要素、鉄筋ならびに U ボルトにはせん断変形を考慮できる Beam 要素を用い、各要素ともに節点共有にて結合させている。この数値解析の結果がほぼ試験結果に一致することから、材料構成則、モデル化は妥当であると判断できる。

4.2 数値解析によるせん断耐力の検討

上記と同様のモデル化によって付着型合成はりのせん断耐力の検討を行った。検討対象とした解析モデルを表-2 に示す。材料の機械的特性は図-9 の供試体と同等とした。

解析モデルは 7 ケースあり、Model-(a)はコンクリートのみのモデル、Model-(b)は底鋼板を取り付けたもの、Model-(c)はさらに主鉄筋を追加したモデルである。なお、Model-(b)、(c)はずれ止めがないために現実にはあり得ないモデルとなるが、その目的はせん断耐力に及ぼす各部材の影響を把握するためのものである。また、Model-(d)は Model-(c)に U ボルトを配置したモデル、Model-(e)はさらに FB を追加したモデルである。Model-(f)、(g)はそれぞれ(d)、(e)と同じ構成であるが、図-11 に示すとおり U ボルトの配置位置が異なる。U ボルトの配

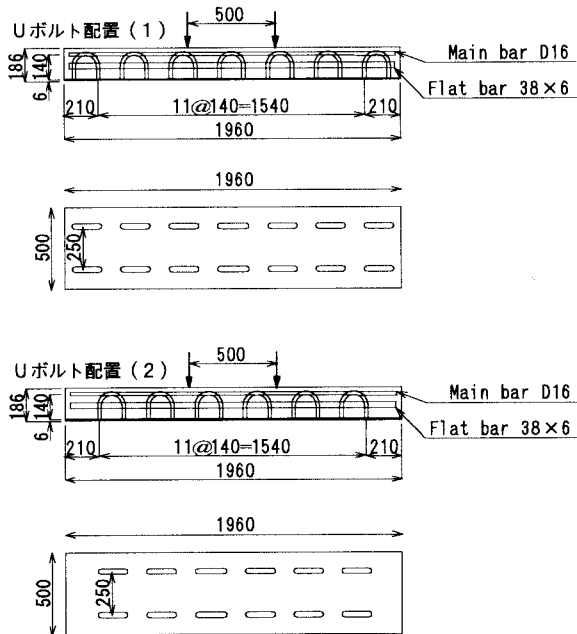


図-11 Uボルトの配置

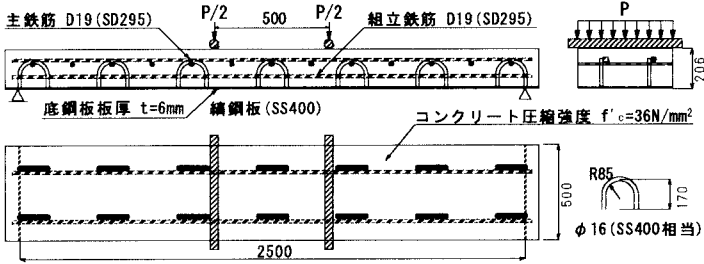


図-9 付着型合成はり供試体

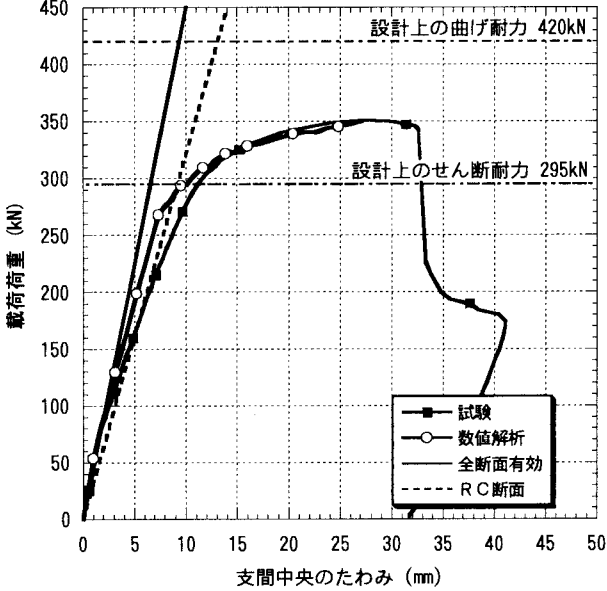


図-10 付着型合成はりの曲げ試験結果

表-2 各解析モデルの構成と終局耐力一覧

解析モデル	構成	数値解析(Ana) 示方書式(Sta)		Ana/Sta
		(kN)		
Model-(a)	Concrete	41.1	-	-
Model-(b)	Co + Plate	328.8	272.6	1.21
Model-(c)	Co + PL + Rebar	314.9		1.16
Model-(d)	Co + PL + Rb + Ubolt(1)	507.2	488.5	1.04
Model-(e)	Co + PL + Rb + Ubolt(1) + F.B.	527.2		1.08
Model-(f)	Co + PL + Rb + Ubolt(2)	490.8		1.00
Model-(g)	Co + PL + Rb + Ubolt(2) + F.B.	520.8		1.07

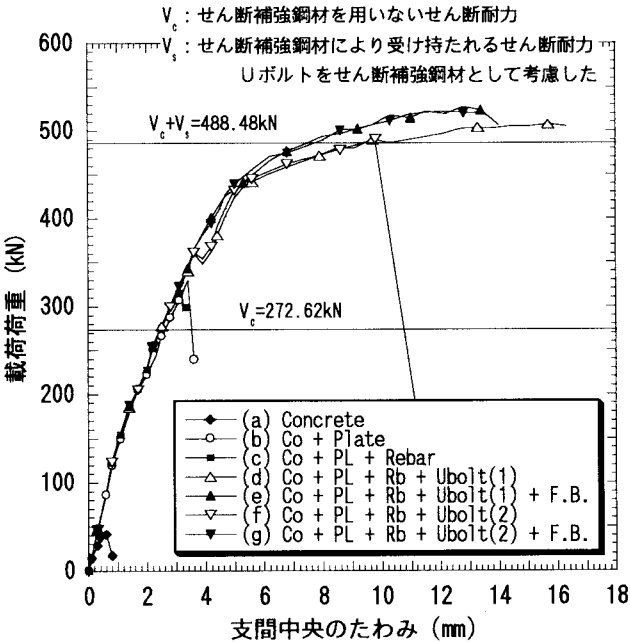


図-12 各解析モデルの荷重－たわみ曲線

置位置を変えたモデルを検討した理由は、載荷点とUボルトの位置関係がせん断耐力に及ぼす影響を把握するためである。また、曲げ破壊を先行させないために、Uボルトの配置を考慮に入れて、せん断スパン比を図-9よりも小さい $a/d=2.88$ とした。

7モデルについて数値解析を行った結果を図-12 および表-2 に示す。図中の V_c はコンクリート標準示方書¹⁾のせん断補強鋼材を考慮しないせん断耐力式による計算値であり、 V_c+V_s は同示方書のせん断補強鋼材を考慮したせん断耐力式による計算結果である。なお、部材安全率については、 $\gamma_b=1.0$ とした。

Model-(a)はせん断破壊ではなく、曲げ破壊であった。Model-(b), (c)は示方書式 V_c を若干超過するものの、示方書式で評価することは妥当であると考えられる。一方、Uボルトが配置された Model-(d)~(g)についても同様に、 V_c+V_s とほぼ一致することが明らかとなり、Uボルトをせん断補強鋼材として評価しても問題がないと言え、この場合のせん断補強鋼材間隔は 140mm として算定した。また、Model-(e)と(g)、もしくは(d)と(f)の比較から判断して、Uボルトの配置がせん断耐力に及ぼす影響もほとんどないと判断できる。

図-13 に Model-(a), (c), (d)の最大主ひずみ分布図(1/2 対称モデル)を示す。Model-(a)はコンクリート下縁で最大主ひずみが発生しており、曲げ破壊したことが分かる。Model-(c)はせん断補強鋼材の役割を期待したUボルトがないために載荷点からほぼ 45° でせ

ん断ひび割れが発生しているのが分かる。さらに、Uボルトが配置された Model-(d)は 360.0kN では Model-(c)の終局と同じ状態であるが、Uボルトのせん断補強効果によって、507.2kN まで耐力が向上し、終局時には載荷点から支持点にかけてせん断ひび割れが発生することが判明した。

4.3 Uボルト間隔がせん断耐力に及ぼす影響

表-3 に示す各解析モデルを用いて、Uボルトの配置と間隔がせん断耐力に及ぼす影響について数値解析によって検討を行った。Uボルト配置(1), (2)の間隔

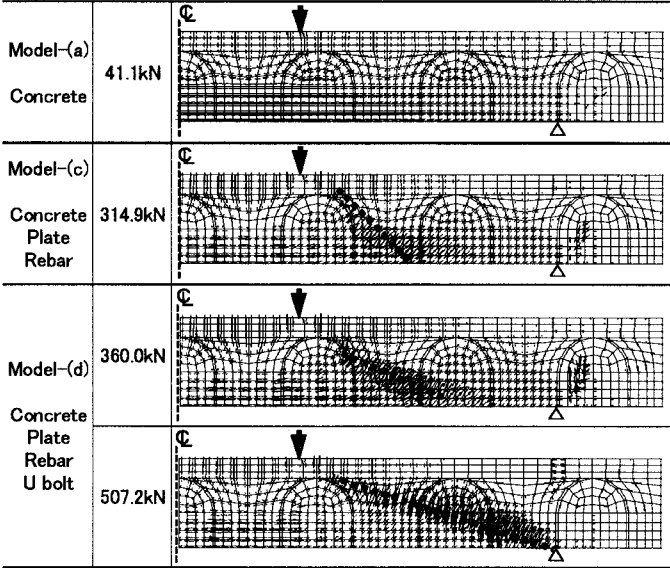


図-13 最大主ひずみ分布図

表-3 Uボルトの配置・間隔

Uボルト配置(1)	Uボルト配置(2)
Uボルト間隔140mm Model-(e)	Uボルト間隔140mm Model-(g)
Uボルト間隔196mm	Uボルト間隔210mm
Uボルト間隔280mm	Uボルト間隔326.7mm

表-4 Uボルト配置・間隔とせん断耐力の関係

Uボルト配置(1)		Uボルト配置(2)	
間隔 140mm	527.2kN	間隔 140mm	520.8kN
間隔 196mm	509.6kN	間隔 210mm	360.4kN
間隔 280mm	315.5kN	間隔 326.7mm	273.1kN

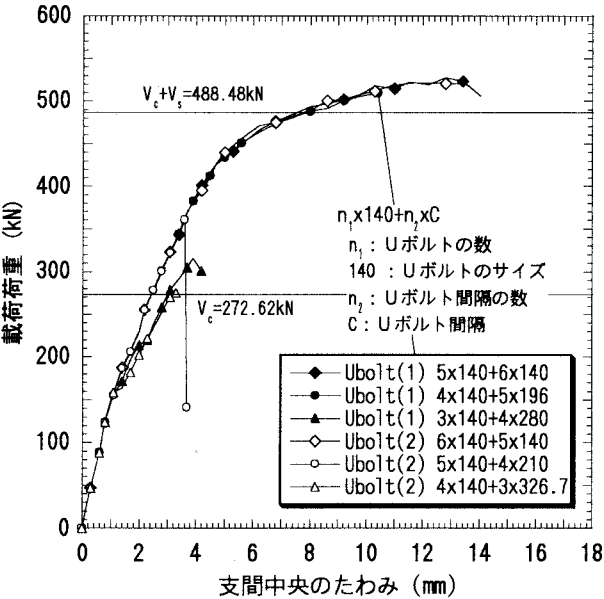


図-14 Uボルト配置・間隔の影響を把握する各解析モデルの荷重－たわみ曲線

140mm の解析モデルは、それぞれ前出の Model-(e)，(g) のことである。

表-4 および図-14 に解析結果を示す。Uボルトの配置(1)では、間隔 140mm と 196mm ではせん断耐力にほとんど差は認められないものの、280mm ではせん断補強鋼材を用いないせん断耐力 V_c を若干上回る結果となった。一方、Uボルトの配置(2)では、間隔 140mm と 210mm に顕著な差が認められ、さらに、327mm では、 V_c とほぼ一致する結果となった。

このことから判断して、Uボルト間隔が 200mm 程度 (Uボルト高さ 140mm の 1.5 倍程度) になると載荷位置がせん断耐力に影響を及ぼすものと考えられる。したがって、Uボルトの配置としては、2. 付着型合成床版の設計方針に記したとおり、Uボルトの主鉄筋方向の配置間隔はUボルト高さの 2 倍程度とすれば、載荷位置に影響を及ぼされず、せん断耐力をコンクリート標準示方書式によって評価できると考えられる。

5. 疲労耐久性評価の検討

合成床版の疲労耐久性を評価するためには、S-N 線図の作成が必須と言える。しかし、現在各種ある合成床版に対して、それぞれ S-N 線図を用意するのは現実的でないと考えられる。そこで、ずれ止めなどの鋼部材の破壊が先行せず、コンクリートのせん断破壊で終局に至る合成床版に限っては、同様にせん断破壊を呈する R C 床版の S-N 線図が準用できるものと考え、その適用の可能性について検討を行う。

そこで、典型的な押抜きせん断破壊で終局を迎えた $h_c=180\text{mm}$ の床版 (A) と $h_c=200\text{mm}$ の床版 (B) の結果を用いて、疲労耐久性評価の検討を行う。

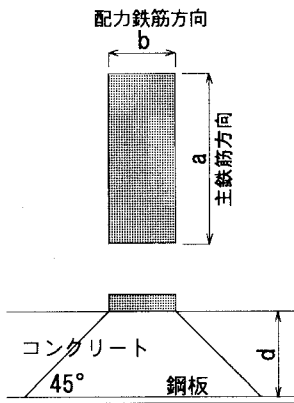


図-15 輪荷重の接地面とせん断有効幅

表-5 はり幅とせん断耐力

	床版(A)	床版(B)
はり幅(B)	566mm	616mm
はり高さ(d)	183mm	208mm
Uボルトの列数	2列	
せん断補強鋼材間隔	140mm	160mm
せん断耐力	572.0kN	609.2kN
コンクリートの圧縮強度	35.2N/mm ²	37.9N/mm ²
Uボルトの降伏強度	260N/mm ²	

5.1 付着型合成はりのせん断耐力

付着型合成はりのせん断耐力はコンクリート標準示方書式によって算定できることが明らかになったことから、図-2 に示す 2 体の供試体 (Uボルトの配置間隔はUボルト高さの 2 倍) のはり部材に対しても示方書式を準用することとした。

また、はり幅 B は式(1)⁴⁾とした。(図-15 参照)

$$B = b + 2d \quad (1)$$

(独)土木研究所所有の輪荷重走行試験機の載荷板では $b=200\text{mm}$ に相当する。したがって、床版(A)，(B) のはり幅 B は表-5 のとおりとなる。なお、せん断力の算定には、各はり幅中に Uボルトが 2 列 (列間隔は 250mm) あるものとしている。

5.2 等価繰返し回数の算定

一定荷重下での疲労試験ではない階段状荷重漸増載荷による輪荷重走行試験では、等価繰返し回数を計算しなければならない。そこで、R C 床版の損傷挙動と同様である合成床版については、前述のとおり R C 床版の S-N 線図が準用できるものと考え、マイナー定数 $m=12.763$ を用いることとした。

R C 床版にマイナー則 (線形累積損傷則) の適用が可能であることが確認されている⁴⁾ものの、これは一定荷重下での疲労試験に基づく結果である。

階段状荷重漸増載荷にて輪荷重走行試験を実施した本床版の場合は、図-6 に示すとおり床版の剛性低下が認められることから、非線形挙動を呈していると判断できる。したがって、線形挙動をするものに対して等価繰返し回数を算定するマイナー則をそのまま適用することは妥当でないと考えられる。

そこで、載荷荷重によって受けた損傷を現していると考えられる活荷重たわみによって、式(2)のように評価することとした。

$$N_{eq} = \sum_i (\delta_i / \delta_0)^m n_i \quad (2)$$

N_{eq} : 等価繰返し回数

δ_0 : 基本たわみ (156.8kN時のたわみ)

δ_i : 荷重段階 i でのたわみ

n_i : 荷重段階 i での繰返し回数

m : マイナー定数 ($m=12.763$)

また、床版の疲労寿命は、破壊で決定されるのではなく、設計時に設定した状態とするのが合理的だと考えられる。すなわち、使用限界状態に至るまでを疲労耐久性の評価対象とするのが望ましいと考えられる。さらに、疲労耐久性の評価のために使用限界状態を設定するためには、その状態を定量的に予測できる必要があると考えられる。

図-6 から判断すれば、床版 (A) については活荷重たわみが急増する 40 万回 (以下、変曲点と称す) までは設計で仮定したとおり、等方性版としての挙動を

呈していたことが確認できている。したがって、変曲点が使用限界と言える。しかし、その変曲点となる変位、剛性を現状では設計計算できないことから、使用限界状態を変曲点とすることは妥当でないと考えられる。設計で期待し、定量的に評価できるのはRC断面としての挙動までであることから、RC断面の剛性を使用限界状態と考えた。その結果、図-6より、床版(A)は24万回、床版(B)は48万回で使用限界状態に至ったものと判断できる。

床版(A)は24万回、床版(B)は48万回までを考慮して、式(2)によって等価繰返し回数を算定した結果を示すと図-16のようになる。

図中、実線がRC床版の終局限界状態のS-N線である。また、破線はRC床版の終局限界状態の1/2を使用限界状態と仮定した場合のS-N線である。

床版(A)、(B)ともにRC床版のS-N線に近似する結果が得られた。すなわち、RC床版と同様にコンクリートのせん断破壊を呈する合成床版に対しては、RC床版のS-N線図を適用できるものと考えられる。

6. まとめ

付着型合成床版(U-Bolt 床版)の輪荷重走行試験結果を用いて、疲労耐久性評価手法について検討を行った。すなわち、解析モデルの妥当性を踏まえた数値解析によってはり部材のせん断耐力について検討を行うとともに、RC床版のS-N線図への適用の可能性を検討した。

これらのことをまとめると以下のとおりである。

- (1)付着型合成床版は、床版(A)では40万回、床版(B)では52万回に至るまで等方性版としての挙動を呈していた。
- (2)はり部材のせん断耐力を検討したところ、Uボルト高さの2倍程度のUボルト間隔であれば、Uボルトの配置と載荷点の関係がせん断耐力に及ぼす影響はほとんどなく、Uボルトをせん断補強鋼材として考慮できる。
- (3)また、その間隔でUボルトを配置すれば、コンクリート標準示方書式によってせん断耐力を評価できる。
- (4)付着型合成床版の疲労耐久性の評価にはRC床版のS-N線図を適用できる。しかし、等価繰返し回数を算定するには、損傷を現している活荷重たわみによって整理する必要がある。
- (5)本稿では、使用限界状態をRC断面の剛性までと考えたが、この状態以降も使用に耐えうるだけの性能を有していると考えられる。したがって、使用限界状態の定義については、今後の課題と言える。

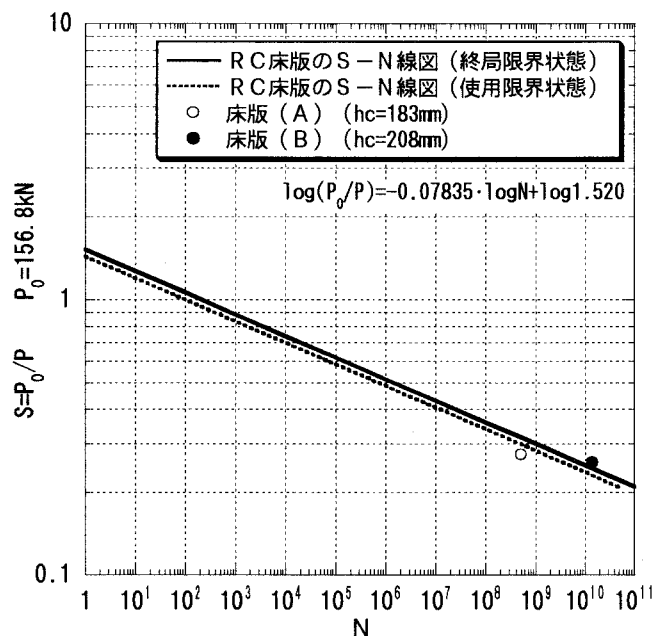


図-16 S-N線図

参考文献

- 1) 松井繁之, 西川和廣, 大田孝二: RC床版とその損傷, 橋梁と基礎, 1998.5~6.
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 2002.3.
- 3) 土木学会: 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物, 1997.
- 4) 松井繁之: 橋梁の寿命予測 道路橋RC床版の疲労寿命予測, 安全工学, Vol.30, No.6, 1991.12.
- 5) 山田岳史, 沼田 克, 岡本安弘, 窪田 晃, 松井繁之: 縞鋼板とUボルトをずれ止めに用いた鋼板・コンクリート合成床版の構造特性, 土木学会, 第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集, 2003.6.
- 6) 山田岳史, 沼田 克, 岡本安弘, 窪田 晃, 松井繁之: 縞鋼板の付着特性を活用した合成床版, 土木学会, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 2003.11.
- 7) 関口幹夫, 穴戸 薫, 川島 力: 縞鋼板を用いた鋼板合成床版の実験的研究, 土木学会, 第40回年次学術講演会概要集, V-210, 1985.
- 8) 園田恵一郎, 鬼頭宏明, 中島一男, 上中宏二郎: 突起付き鋼板のせん断伝達特性に関する系統的研究, 土木学会論文集, No.598, I-44, 1998.7.
- 9) Diana/Nonlinear Analysis User's manual Release 7.
- 10) W.F.Chen: Plasticity in Reinforced Concrete, McGraw-Hill International Book Company, 1982.
- 11) 土木学会: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編], 2002.3.