

16. 橋梁床版

とりまとめ：岩崎正二 (岩手大学)

論文題目：“47年供用したRC床版のCFSS下面補強およびSFRC上面増厚補強による耐疲労性”

著者：高野真希子，阿部忠，木田哲量，小森篤也，
児玉孝喜，小川洋二
掲載：Vol. 57A, pp. 1286 - 1296, 2011年3月

◆討議 [本間淳史 (NEXCO 東日本)]

CFSS補強の効果およびSFRC上面増厚の効果に対して、それを合わせた補強効果は相乗効果となっているのか、それとも効果が低減されるのか。

◆回答：本研究に用いたRC床版は、昭和37年から平成9年までの47年間供用され、1次補強として上面増厚補強がなされていた床版である。なお、1次補強された上面増厚部は完全にはく離している状態であった。このようなRC床版に対して、床版下面にCFSS補強(RC-S-C)、旧SFRC上面増厚部を撤去して新たに増厚界面に接着剤を塗布したSFRC上面増厚補強(RC-S)を施した。その結果、既存RC床版の余寿命はほとんど評価されない結果となった。この既存RC床版の残存寿命に対して、下面にCFSS補強した場合は31.3倍、旧SFRC上面増厚部を撤去して新たに増厚界面に接着剤を塗布したSFRC上面増厚補強(RC-S)を施した場合は54.4倍耐疲労性が向上している。さらに、SFRC上面増厚補強とCFSS底面接着補強(RC-S.C)した場合には、既存RC床版の残存寿命に対して149倍、下面CFSS補強のみを行った場合に対して1.74倍、旧SFRC上面増厚部を撤去して新たに増厚界面に接着剤を塗布したSFRC上面増厚補強のみを行った場合に対して2.7倍耐疲労性が向上している。したがって、SFRC上面増厚補強とCFSS底面接着補強した場合には、それぞれ下面CFSS補強およびSFRC上面増厚補強のみを行った場合に対して、2倍程度の耐疲労性の向上がみられることから、上・下面併用した補強による相乗効果が確認できる。

論文題目：“丸鋼鉄筋を用いたRC床版の疲労特性に関する実験的研究”

著者：赤代恵司，三田村浩，渡辺忠朋，岸徳光
掲載：Vol. 57A, pp. 1297-1304, 2011年3月

◆討議 [阿部忠 (日本大学)]

(1) 図-14に示す $\text{Log}(P/P_{sx}) = -0.9121 \text{Log}N + 0.1808$ の値のうちS軸の0.1808はどのようにして得られたか。また、S-N曲線の傾きの逆数を用いて実験床版の破壊等価走行回数を算定されているのか。

(2) 式(2)の P_{sx} の算定において、中立軸 X_m の値は、使用限界状態として取り扱うのか、又許容応力度設計に用いる $n=15$ として算定しているのか教えて下さい。

◆回答：(1) 図-14に示す $\text{Log}(P/P_{sx}) = -0.9121 \text{Log}N + 0.1808$ の値のうち、S軸の0.1808は、図-14中に示した3体の丸鋼床版の実験結果の回帰直線の切片として求めました。また、本論文の内容においては、S-N曲線の傾きの逆数を用いて実験床版の破壊等価走行回数を算定は行っておりません。本研究で行った実験は、一定荷重による輪荷重走行試験であるため、S-N関係を整理する際には、図-15に示すように、各供試体の輪荷重 P に応じた無次元化せん断力 P/P_{sx} と、等価換算しない破壊時走行回数を用いて実験結果を整理しています。

(2) P_{sx} の算定において、中立軸 X_m の値は、実験供試体の使用材料に即して算出しております。具体的には、コンクリートの弾性係数は、試験期間に実施したコンクリートの材料試験結果の値を、鉄筋のヤング係数は、材料試験を実施していないため一般的な鉄筋のヤング係数である 200 kN/mm^2 を想定しております。(表-1)

表-1 実験供試体使用材料のヤング係数

実験供試体	コンクリートのヤング係数 E_c (kN/mm ²)	鋼材のヤング係数 E_s (kN/mm ²)	ヤング係数比 $n = E_s/E_c$
RB-CON110	25.9	200	7.7
RB-CON150	25.4	200	7.9
RB-CON190	26.0	200	7.7
DB-CON150	23.9	200	8.4

論文題目：“付着面形状が異なるUFCパネルRC床版の耐荷力性能および破壊メカニズム”

著者：阿部忠，木田哲量，園木聡，山下壘，田中敏嗣
掲載：Vol. 57A, pp. 1316-1325, 2011年3月

◆討議 [三田村浩 ((独)土木研究所 寒地土木研究所)]

(1) UFCパネルの継手部の評価について確認されているのか。

(2) 上記は水の影響下で実施しているのか。

(3) コスト的に、他の比較対象はあるのか。またコストパフォーマンスはどのように考えているのか。

◆回答：(1) 鋼道路橋床版は、施工の合理化・省力化、コスト縮減を目的として UFC パネルと RC 床版の合成構造（以下、UFC パネル RC 床版とする）を提案した。UFC パネル RC 床版は耐久性の向上や合板型枠を使用しないことから、森林資源を保護する環境保全効果も期待できるものである。本研究は、UFC パネルの合成面に凹部を一樣に設けた付着面に対して、新たに開発した合成面に凸部を一樣に設けた付着面を設けた UFC パネル RC 床版の耐疲労性を評価した。その結果、凸部を一樣に設けた UFC パネル RC 床版の耐疲労性は大幅に向上する結果が得られた。しかし、ご指摘のとおり UFC パネルは橋桁上に並列させることから、パネルには継手構造が必要となる。そこで、UFC パネルの継手構造を図-1 のように提案し、疲労実験を行った¹⁾。その結果、継手構造は重ね継手とすることから、UFC パネルは 2 層となり、剛性が高まることから耐疲労性が向上する結果が得られ、継手部が弱点とならず、耐疲労性が向上した。

1) 山下壘, 阿部 忠, 木田哲量, 澤野利章: 継手部を設けた UFC 埋設型枠 RC 床版の耐荷力および破壊メカニズム, 土木学会全国大会第 65 回年次学術講演会, pp. 611-612, 2010. 9

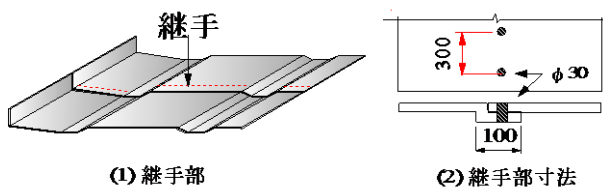


図-1 継手部構造

(2) RC 床版は輪荷重走行により 2 方向のひび割れが発生し、さらに破壊荷重付近では UFC パネルと RC 床版との界面ははく離が生じている。ご指摘のとおり、UFC パネルの付着面には雨水が堆積する可能性が考えられる。現時点では雨水の影響による UFC パネルの付着面に対する水の影響についての実験を行っていませんが、今後実験を行い、報告したいと考えております。

(3) 本提案する UFC パネル RC 床版は施工の合理化に加え、耐疲労性が大幅に向上することから、型枠として使用した場合に比してライフサイクルコストは低減するものと考えております。現在は、UFC の材料特性、付着面構造、継手部構造などを提案し、耐疲労性の評価を行っております。今後、コスト面についてさらに研究を進めたいと考えております。

論文題目：“埋設型炭素繊維シートジョイント付き RC 床版の輪荷重走行疲労実験”

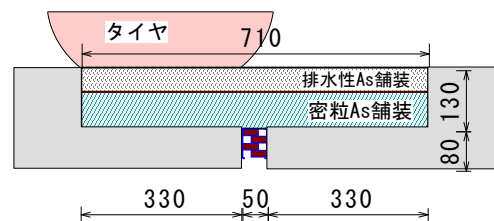
著者：関口幹夫, 橋原正周, 堀川都志雄
掲載：Vol. 57A, pp. 1326-1337, 2011 年 3 月

◆討議 [川井豊 (日本大学)]

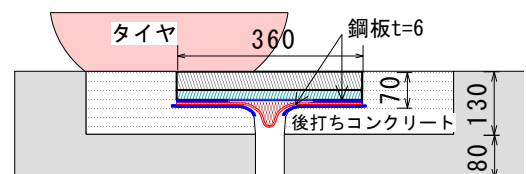
(1) 走行試験時に段差により衝撃は発生しないのか。
(2) ゴムジョイントの鋼板の影響について説明してください。

◆回答：(1) ジョイント左右での床版の段差の最大値は、本文図-9 に示した総たわみ値以内である。その最大段差量は、荷重 200 kN の累積走行回数 64 万回で、床版 C2 において約 9mm であり、他は概ね 6 mm 以下である。段差量 9mm は、実橋では 10 mm 以上ある段差での走行実験の経験から、走行速度が概ね 10km/h 以上では、衝撃が発生すると推察できます。しかしながら、本実験では、①窒素ガス入り航空機用ゴムタイヤで、走行速度が 2~3km/h と遅いこと。②ジョイント通過時の観察では、タイヤが床版端部に滑らかに乗り上げて通過しており、衝撃音や激突音が発生していない。したがって、疲労損傷に影響を与えるほどではないと考えております。

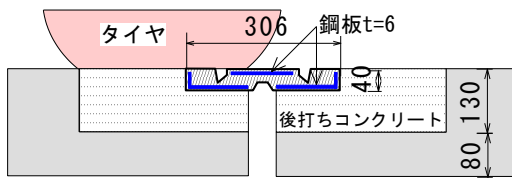
(2) 本文図-22 は、伸縮装置取付け部の荷重分布概念図であり正確でない。下図 (図-1) にジョイント 1 での正確な寸法を示す。下図 c) に示すゴムジョイントには、b) に示す荷重支持型埋設ジョイントにない遊間を跨ぐように鋼板が挿入されている。この鋼板があることで、橋軸方向での荷重分散が良好であり、反対側に荷重が移る際に滑らかに荷重分布すると考えられる。また、ゴムジョイントは、ジョイント本体の断面積が最も小さく、後打ちコンクリートの断面積が最も大きい。後打ちコンクリートは、ジェットセメント使用の 3 時間圧縮強度 30N/mm² 以上である。したがって、切欠き部の全体剛性は、ゴムジョイント取付け部が最も大きいことになり、この剛性の差が基本的に疲労耐久性に大きく影響していると推察できる。



a) 荷重分散型埋設ジョイント



b) 荷重支持型埋設ジョイント



c) 荷重支持型ゴムジョイント
 図-1 ジョイント設置部の詳細

論文題目：“温度負荷を受ける多層版の変位関数の開発とその応用について”

著者：横山広，関口幹夫，堀川都志雄
 掲載：Vol. 57A, pp. 1346-1353, 2011年3月

◆討議 [川井豊 (日本大学)]

温度変化時に車輪が乗った際はどのような挙動を示すか.

◆回答：本研究では主として温度負荷を受ける多層版界面における付着せん断応力の挙動を対象にしている. これまでの研究によれば, 輪荷重のタイヤ接地域の端部直下に位置する界面で, 付着せん断応力が最大になることが確認されている. 温度負荷と外荷重による作用はそれぞれ独立な力系で表されるので, 「重ね合わせの原理」が適用できる. よって輪荷重による影響を温度負荷時の応力状態に付加すれば, 付着せん断応力は更に増大すると推測されるため, この部位で剥離発生の危険性が懸念される.