

D-RAP工法による補修と2点交互移動載荷試験

Fatigue strength under two alternative pulsating method with D-RAP method

松島 秀夫¹ , 安井 昌幸² , 渡辺 泰行³ , 渡辺 孝治⁴ , 小柳 治⁵ , 青木 徹彦⁶
Hideo MATSUSHIMA , Masayuki YASUI , Yasuyuki WATANABE , Takaharu WATANABE ,
Wataru KOYANAGI and Tetsuhiko AOKI

¹ 大日コンサルタント株式会社 構造部 (〒500-8384 岐阜県岐阜市藪田南3-1-21)

² 名古屋ロード・メンテナンス株式会社 (〒461 愛知県名古屋市東区葵3丁目2番10号)

³ 日本道路公団 名古屋管理局 保全第1課 (〒491-8526 愛知県一宮市丹陽町)

⁴ 日本道路公団 名古屋管理局 羽島管理事務所 (〒501-6236 岐阜県羽島市江吉良町字鍵田2578-1)

⁵ 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科 (〒501-1112 岐阜市柳戸1番1)

⁶ 工博 愛知工業大学教授 工学部土木工学科 (〒470-0356 豊田市八草町八千草)

Reinforced concrete slabs on the steel girders of old highway bridge get damaged occasionally. Many cracks appear at the bottom of the slabs and in some cases, partial punching damage can be seen. These are caused as result of fatigue by mainly heavy traffic load. Various repairing methods of damaged deck slab have been developed adopted in site. Recently, D-RAP method has newly been proposed. It belongs to the top face reinforcing method, where after removal of asphalt pavement, deteriorated concrete slab surface is cut out and then pre-fabricated panels are glued on the deck slab in two layers with epoxy resin mortar. Fatigue tests of full scale model slab under two alternative pulsating method were also made. These test results showed that the D-RAP method is an effective reinforcing method of deteriorated slabs. It increases load-carrying capacity and fatigue strength as high as newly constructed slabs. It can also minimize the removal of old damaged slab portion. The method has been applied in several deteriorated bridge deck restoration in Japan Highway. Fundamental test results and actual application will be presented.

Key words : D-RAP method, deteriorated bridge deck, pulsating method

1. まえがき

損傷床版の補修方法は、2つのタイプに分類できる。1つは、いわゆる床版下面補強方法であり、例として鋼板接着工法や炭素繊維シート接着工法がある。もう1つは、床版上面補強工法である。例として現場打ち鋼繊維補強コンクリートを使用する床版上面増厚工法がある。最近、新しくD-RAP工法が提案された。この方法は床版上面接着工法の一つである。アスファルト舗装を取り除いて、品質劣化したコンクリート床版の表面をはつり、プレキャスト板をエポキシ樹脂で接着する工法である。D-RAPは、Deck Restration by Adhesive Panelsの頭文字を取ったものである。

著者らはこの工法で補強された梁やスラブの力学的挙動を知るために以下のような様々な試験を行った。すなわち、小型や大型の梁の供試体を作成し、プレキャストの目地位置や供試体温度60℃としたの実験¹⁾、不完全接着の影響と載荷点を変えたときの影響について調べるた

めの、小型スラブ供試体の実験²⁾、プレキャスト板と接着剤の材料試験、実物大床版の2点交互載荷による疲労試験である。

本論では、実物大床版の2点交互載荷による疲労試験結果と考察を論じる。

道路橋鉄筋コンクリート床版の格子状ひびわれ損傷は、道路橋特有の輪荷重の移動繰り返しによって生ずるものと考えられる。そのため、疲労試験の方法として、従来、岡田、岡村、園田らは定点移動試験を実施し、松井らは移動載荷装置を用いて疲労試験を行った。

著者らは、移動載荷試験のようなせん断力のくり返し床版疲労の原因と考え、荷重の載荷は荷重移動をシミュレーションした2点独立交互繰り返し載荷により行った。実験に用いた床版供試体は、17cmのRC床版にD-RAP工法により補強した床版と比較のためのRC床版である。

試験結果は、載荷回数の増加につれて、ひび割れ密度と残留たわみが増加し、押し抜きせん断により破壊した。プレキャスト板とコンクリート面の剥離は最終破壊状態

まで見られなかった。

せん断の繰り返しが行われた2点の載荷板に挟まれた部分では格子状のひび割れ損傷を再現できた。

実験の結果から、D-RAP補強床版の疲労耐力が等厚のRC床版と同等であることと、2点交互載荷試験が移動載荷試験の簡易な方法として有効であることが認められた。

2. 実験概要

(1) 試験目的

本試験は、製作床版を実用供試体とし、無補強の床版とD-RAP工法で約30mm補強した床版を静的試験と疲労試験で破壊するまで行ったものである。無補強の床版と補強床版の静的耐力、疲労耐力を比較することにより、本補強工法の補強効果を確認することを目的とし、D-RAP工法の耐力評価法について検討を行った。

(2) 試験材料

a) プレキャスト板

プレキャスト板は、横幅300mm×縦長450mm×厚さ12mmのノンアスベストスレート板である。板の配合は、重量比69:4:1:1:12.5:12.5（セメント：ガラス繊維：パルプ：ピニロン：けい酸カルシウム：炭酸カルシウム）である。プレキャスト板の性能を表-1に示す。

表-1 プレキャスト板の性能

| 状態 | 比重 (kg/m^3) | 曲げ強度 (MPa) | 弾性係数 (Gpa) | 長さ変化率 (%) | 圧縮強度 (MPa) | 層間剥離強度 (MPa) | 吸水率 (%) |
|----|---------------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|-----------------|------------|
| 乾燥 | 1.71 | 30.4 [18.8] | 32.9 [24.9] | 0.162 | 107.9 | 2.2 | 16.2 |
| 湿潤 | 1.71 | 19.7 [18.8] | 15.8 [13.9] | — | 72.9 | 1.0 | — |

b) 接着剤

接着剤は、エポキシ樹脂を使用する。配合は、重量比3:1:12（主剤：硬化剤：珪砂）である。エポキシ樹脂の性能を表-2に示す。

表-2 エポキシ樹脂の性能

| 比重 (kg/m^3) | 圧縮強度 (MPa) | 引張強度 (MPa) | 弾性係数 (MPa) | 付着強度 (MPa) |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1.75 | 81.6 | 23.5 | 4440 | Min. 3.1 |

c) 供試体

実験床版の寸法を表-3に示す。無補強RC床版は実物大模型であり、床版厚さは17cm、配筋状態は主鉄筋D16（ピッチ100mm）、配力筋D13（ピッチ150mm）の複鉄筋とした。鉄筋の降伏点強度および引張強さはそれぞれ362MPa、および529MPaである。コンクリートには、M.S. 25mmのレデーミクストコンク

リート（早強セメント：圧縮強度 31.9MPa）を使用した。

表-3 スラブ供試体一覧表

| 供試体番号 | 種類 | 寸法 単位:cm | | | | 供試体数 |
|-------------|------------|----------|-------------|------|-----|------|
| | | 幅 | 厚さ | 有効高さ | 長さ | |
| 1-1,2 | 鉄筋コンクリート床版 | 330 | 17 | 14 | 180 | 2 |
| 2-1,2 | 鉄筋コンクリート床版 | 330 | 20 | 17 | 180 | 2 |
| 3-1 | 鉄筋コンクリート床版 | 330 | 22 | 19 | 180 | 1 |
| 4-1,2,3,4,5 | D-RAP補強床版 | 330 | 17 (20)* | 14 | 180 | 5 |

*補強後の総厚

d) D-RAP補強方法

プレキャスト板による補強は、無補強コンクリート床版にプレキャスト板を接着剤で2層構成、千鳥配置した。プレキャスト板一層目の設置は、床版面に接着剤を塗布し、プレキャスト板にプライマーを塗布した後に床版面に圧着した。その際に、プレキャスト板の空気孔からモルタルが出てくるのを確認し、板が完全に圧着出来たと判断した。2層目のプレキャスト板の設置については、1層目に対して千鳥で配置し、目地の影響を分散させた。

(3) 試験計画

a) 試験計画

試験の区別と載荷方法を表-4に示す。

表-4 試験計画

| 供試体番号 | 試験区別 | 載荷方法 | 実験環境 |
|-----------------|------|-----------|------|
| 1-1, 4-1 | 静的破壊 | 1点集中載荷 | — |
| 1-2, 2-1,2, 3-1 | 疲労 | 2点交互繰返し載荷 | — |
| 4-2,3,4,5 | 疲労 | 2点交互繰返し載荷 | 水張り |

b) 実験装置

実験供試体床版の長辺をスパン=1.5mで単純支持し、短辺を自由支持条件状態、すなわち1方向スラブとし鋼桁支持台上に据付ける。単純支持装置は、φ40mmのローラーを鋼桁上に並べ、内側のみに移動できるようバネで固定する。使用する大型試験機は、愛知工業大学構造研究室の電気油圧式サーボクルーズドループ制御490KN×2基（2点固定独立アクチュエータ式）を有する構造用疲労試験機（MTS社製）を使用する。

c) 静的破壊試験

静的破壊試験は無補強床版供試体と補強床版供試体について行い、耐荷力および破壊状況の比較を行う。この試験で得られた補強床版の静的破壊荷重：Psを基準として疲労試験時の上限荷重を決定する。床版供試体中央の1点集中載荷とする。載荷板の大きさは、後輪タイヤ2個の幅20cm×50cmの鋼板を用い、その下に厚さ2cmの木板を敷いて載荷する。実験供試体が破壊するまで荷重

を段階的に上げていく。

d) 疲労試験

疲労試験は無補強床版供試体、補強床版供試体についての補強効果の比較を行う。交通荷重をシミュレートした2点独立載荷を交互に繰り返す載荷方法とする。載荷図を図-1に示す。中央から35cm離れた位置にアクチュエーターを2基設置する。載荷板の大きさは静的破壊試験と同様のもの(20cm×50cm)を用いる。補強床版の耐水性と疲労による漏水状況を調べるため床版供試体上面を常時水張り状態とする。これは、疲労強度が乾燥状態での疲労強度の1/2程度となることが判明しており、実橋床版にも雨水等の浸透による損傷が確認されているため最悪の条件下で行うものとする。無補強床版と補強床版の疲労耐力を比較するため、繰り返し載荷前に0.6Ps(Ps:静的破壊試験で得られた補強床版の静的破壊荷重)=392kNの予備載荷を行い、これを上限荷重として破壊に至るまで繰り返す。下限荷重はアスファルト舗装、高欄の後打荷重を考慮して1~2tfとする。疲労試験は荷重制御による正弦波で行い、試験周波数は1.0Hzとする。

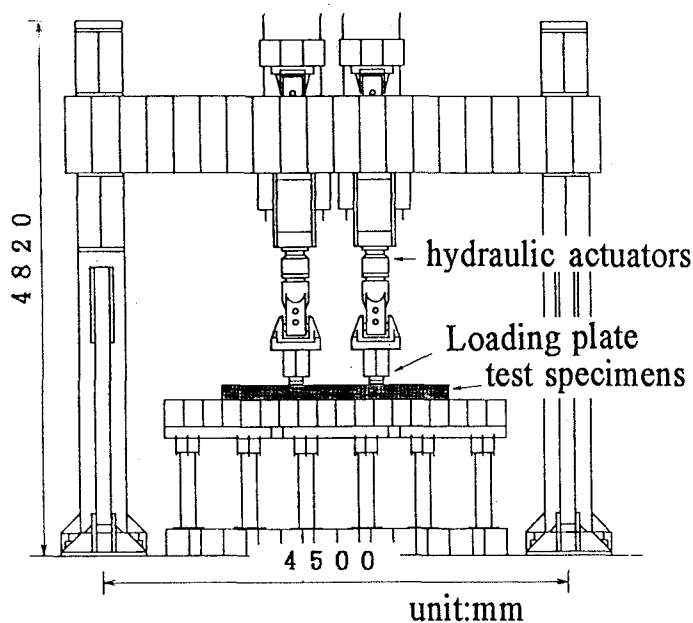


図-1 載荷図

(4) 測定項目と測定方法

静的載荷試験時および疲労試験時の各段階ごとに静的試験を行い、たわみ、ひずみ、ひびわれ状況について測定を行う。

3. 試験結果

(1) 静的試験結果(無補強供試体)

破壊荷重は、584kNで、コンクリート標準示方書による押し抜きせん断荷重の計算値539kNと良く整合している。

破壊モードは、押し抜きせん断破壊であり、床版上面は20cm×50cmの楕円形の圧壊(約1cmの沈下)、床版下面は半径65cmの楕円形の剥離破壊を生じた。

破壊モードを図-2に示す。荷重点直下の鉄筋ひずみ(1,800micro)をかなり越えた後に破壊に至った。

降伏ひずみ時の荷重は274kNである。

初期ひび割れは、荷重面直下の床版下面で主筋と平行に入り、目視によるひび割れの発生荷重は98kNである。配力筋と平行なひび割れも次の荷重段階(増分間隔は19.6kN)で確認できた。

(2) 静的試験結果(補強供試体)

破壊荷重は、633kNであり、コンクリート標準示方書による押し抜きせん断荷重の計算値(RC床版t=20cm換算)649kNと良く整合している。

破壊モードは押し抜きせん断破壊であり、床版上面は20cm×50cmの楕円形の圧壊(約1cmの沈下)、床版下面が半径60cmの楕円形の剥離破壊を生じた。

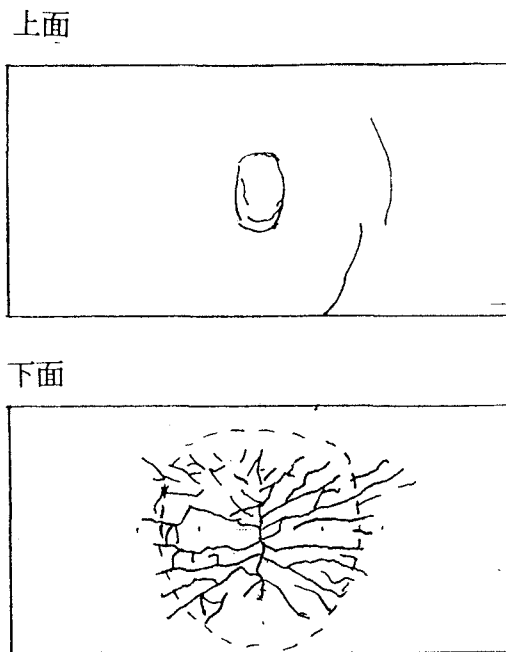


図-2 静的破壊モード(無補強供試体)

破壊モードを図-3に示す。荷重点直下の鉄筋ひずみは、降伏ひずみをかなり越えた後に破壊に至った。降伏ひずみ時の荷重は314kNである。

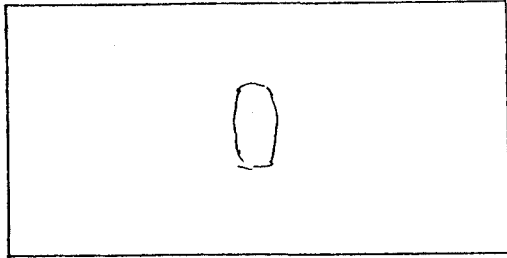
初期ひび割れは、荷重直下の床版下面で主筋と平行に入り、目視によるひび割れの発生荷重は118kNである。

配力筋と平行なひび割れも次の荷重段階（増分は29.4KN）で確認できた。

補強供試体と無補強供試体の床版中央点でのたわみを図-4に示す。

鉄筋ひずみとたわみを表-5に示す。

上面



下面

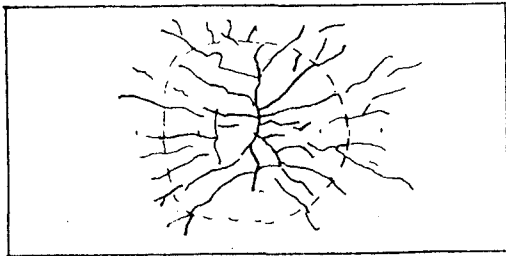


図-3 静的破壊モード（補強供試体）

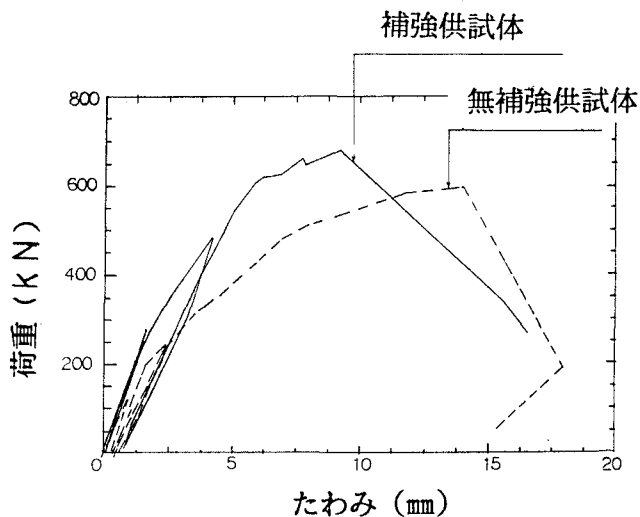


図-4 床版中央点での荷重-たわみ曲線

表-5 補強供試体（静的試験）のひずみ・たわみ

| 荷重 (KN) | 床版中央のひずみ・たわみ | | | | たわみ (mm) |
|---------|------------------|-------|-------------------|------|----------|
| | 主鉄筋ひずみ (μ) | | 配力鉄筋ひずみ (μ) | | |
| | 上側 | 下側 | 上側 | 下側 | |
| 118 | 27 | 501 | 100 | 385 | 0.65 |
| 235 | 72 | 1132 | 463 | 1214 | 1.49 |
| 353 | 469 | 2290 | 1117 | 2267 | 2.77 |
| 470 | 956 | 3391 | 1894 | 3334 | 4.25 |
| 588 | 1431 | 4399 | 2607 | 4508 | 5.88 |
| 663 | 2134 | 41827 | 3513 | 4903 | 9.23 |

(3) 疲労試験結果（無補強供試体）

無補強供試体1-2 (t=17cm) に対する2点交互載荷による、疲労試験の結果、疲労破壊に至ったときの荷重はP=0.45Ps=304KNであり、回数 N=18万回であった。

破壊の状況は、17万9千回を越えてから、異音を生じて、かけ落ちが始まり、18万回にて、床版下面（中央側片側の半円のみ）の剥離を生じた。このとき、交互載荷の中央側の載荷板の下の圧壊による陥没が見られた。その後も、載荷を繰り返したところ、剥離部分が格子状のひび割れに沿ってブロック化し、コンクリートの剥離落下が見られた。鉄筋ひずみとたわみの結果を表-6に示す。

供試体2-2 (20cm) の床版下面のひび割れを図-5に示す。

表-6 疲労試験結果（無補強床版1-2）

| 試験区分 | 測定項目 ラウンド N (繰返し回数) | 床版中央のひずみ・たわみ | | | | たわみ (mm) | 漏水 |
|---------------------------|---------------------------|--------------|------|---------|------|----------|----|
| | | 主鉄筋ひずみ | | 配力鉄筋ひずみ | | | |
| | | 上側 | 下側 | 上側 | 下側 | | |
| 疲労試験 304KN (0.45Ps) | N=1回 (392KN) N=18万回 | 293 | 3528 | 994 | 2944 | 4.97 | — |

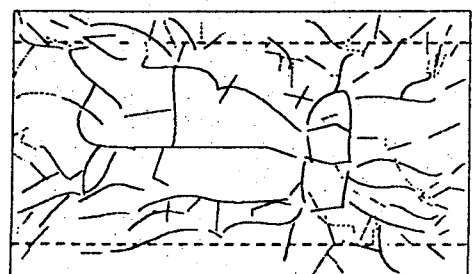


図-5 無補強床版厚さ (20cm)

(4) 疲労試験結果（補強供試体）

(a) 疲労耐力

補強供試体4-2の破壊の状況はP=363KNの載荷で11万4千回を超えたところから異音を生じ、荷重が低下しはじめたので、荷重制限によりP=363KNを確保して実験を継続していたところ、11万5千回にて異音とともに漏水を生じ破壊に至った。破壊は押し抜きせん断破壊であった。破壊モードを図-6に示す。

破壊の状況は、P=431KN 載荷で54000回くら

いより荷重振幅 4 3 1 kN が維持しにくくなり、荷重制御により実験を継続していたところ、ピシピシという音と共にかけ落ちが始まった。5 8 0 0 0 回において、床版下面の剥離（片側の半円）を生じた後、水漏れが生じた。その後、繰り返し載荷したところ、もう片側の剥離を生じて、剥離は 1.5 m × 2.4 m の楕円となった。このとき、床版上面は、圧壊による陥没が生じていた。

(b) ひび割れ状況

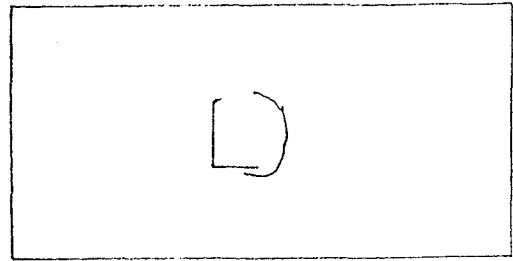
ひび割れ状況は、所定の繰り返し載荷数毎に 2 点交互載荷を止めて、床版中央の静的載荷試験を行い、2 4 tf で載荷時で測定した。

初期ひび割れは、2 点交互載荷位置において 4 0 tf の予備載荷により格子状に入った。繰り返し載荷の回数の増加とともに、ひび割れの数および長さが増大した。

また、供試体 4-2 は 1 5 0 万回から若干のコンクリートの微粉末の落下を確認した。他の供試

体も疲労の進行とともに、微粉末の落下を確認した。ひび割れ幅の変化は小さい。ひび割れ密度は増加した。鉄筋ひずみ、たわみとひび割れ密度を表-7、表-8 に示す。疲労試験の結果を表-9 に示す。

上面



下面

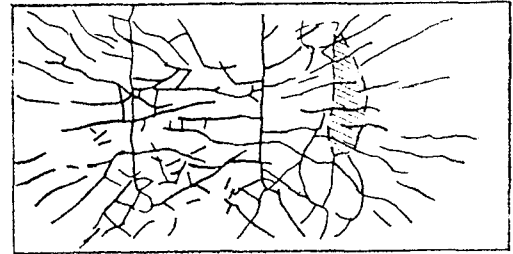


図-6 疲労破壊モード（補強供試体）

図-7 疲労試験の結果（供試体 4-2）

| 試験区分 | 測定項目 ラウンド (繰り返し回数) | 床版中央のひずみ・たわみ | | | | ひび割れ密度 (m/m ²) | 漏水 | 打撃調査 (ハンマーによる) |
|---------------------------|--------------------------|--------------|--------|---------|--------|-------------------------------|-------|-------------------|
| | | 主鉄筋ひずみ | | 配力鉄筋たわみ | | | | |
| | | 上側 | 下側 | 上側 | 下側 | | | |
| 疲労試験 (235kN) 0.35Ps | N=1回 | 287 | 1,405 | 772 | 1,254 | 1.82 | 5.22 | 無し |
| | N=25万回 | 255 | 1,268 | 834 | 1,210 | 1.78 | 7.91 | 無し |
| | N=50万回 | 255 | 1,268 | 867 | 1,066 | 1.84 | 9.10 | 無し |
| | N=100万回 | 251 | 1,256 | 887 | *1,231 | 1.79 | 11.22 | 無し |
| | N=150万回 | 243 | 1,207 | 801 | 1,175 | 1.93 | 11.97 | 無し |
| | N=200万回 | 237 | 1,225 | 829 | 1,282 | 1.84 | 12.06 | 無し |
| 疲労試験(304kN) 0.45Ps | N=1回 | 321 | 1,662 | 1,128 | 1,699 | 2.35 | 12.48 | 無し |
| | N=25万回 | 347 | *2,631 | 1,141 | 1,553 | 2.69 | 13.03 | 無し |
| 疲労試験(363kN) 0.55Ps | N=1回 | 419 | 2,033 | 1,361 | 1,999 | 3.16 | 13.03 | 無し |
| | N=11万5千回 | — | — | — | — | — | — | 漏れ |

注記：*1のひずみ測定寺に17番のひずみ計が破断した。原因は不明である。

*2のひずみ測定寺に24番のひずみ計が破断した。原因は不明である。

表-8 疲労試験の結果（供試体 4-3）

| 試験区分 | 測定項目 ラウンド (繰り返し回数) | 床版中央のひずみ・たわみ | | | | たわみ (mm) | 漏水 |
|---------------------------|--------------------------|--------------|-------|---------|-------|-------------|----|
| | | 主鉄筋ひずみ | | 配力鉄筋たわみ | | | |
| | | 上側 | 下側 | 上側 | 下側 | | |
| 疲労試験 (304kN) 0.45Ps | N=1回(40tf) | 600 | 2,742 | 1,118 | 1,963 | 3.47 | 無し |
| | N=25万回 | 700 | 2,123 | 1,041 | 1,430 | 3.81 | 無し |
| | N=50万回 | 778 | 2,061 | 1,133 | 1,488 | 3.69 | 無し |
| | N=100万回 | 748 | 2,109 | 1,175 | 1,526 | 3.83 | 無し |
| | N=150万回 | 688 | 2,072 | 1,134 | 1,450 | 3.92 | 無し |
| | N=200万回 | 707 | 2,082 | 1,160 | 1,467 | 4.03 | 無し |
| | N=250万回 | 710 | 2,100 | 1,189 | 1,468 | 4.00 | 無し |
| | N=300万回 | 775 | 2,096 | 1,234 | 1,472 | 3.98 | 無し |
| | N=350万回 | 697 | 2,099 | 1,187 | 1,451 | 4.01 | 無し |
| | N=400万回 | 700 | 2,115 | 1,209 | 1,446 | 4.14 | 無し |
| 疲労試験(363kN) 0.55Ps | N=1回 | — | — | — | — | — | — |
| | N=50万回 | 813 | 2,504 | 1,484 | 1,769 | 4.87 | 無し |
| | N=100万回 | 857 | 2,631 | 1,707 | 2,014 | 5.17 | 無し |
| 疲労試験(431kN) 0.65Ps | N=1回 | — | — | — | — | — | — |
| | N=5万6千回 | — | — | — | — | — | 漏れ |

表-9 疲労試験結果一覧表

| | 試験 | 荷重 | 载荷回数 | 破壊モード |
|-----|------|-------------|--------------|-------|
| 1-1 | 静的破壊 | 584 | — | 押抜せん断 |
| 4-1 | 静的破壊 | 663 | — | 押抜せん断 |
| 1-2 | 疲労 | 上限荷重 304 | 180,000 | 押抜せん断 |
| 2-1 | 疲労 | 363 | 2,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 431 | 1,500,000 | |
| | | 490 | 250,000 | |
| | | | 合計=3,750,000 | |
| 2-2 | 疲労 | 431 | 2,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 490 | 337,000 | |
| | | | 合計=2,337,000 | |
| 3-1 | 疲労 | 363 | 2,000,000 | 破壊せず |
| | | 431 | 2,000,000 | |
| | | 490 | 3,000,000 | |
| | | | 合計=7,000,000 | |
| 4-2 | 疲労 | 235 | 2,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 304 | 250,000 | |
| | | 363 | 115,000 | |
| | | | 合計=2,365,000 | |
| 4-3 | 疲労 | 304 | 4,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 363 | 1,000,000 | |
| | | 431 | 58,000 | |
| | | | 合計=5,058,000 | |
| 4-4 | 疲労 | 363 | 2,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 431 | 115,000 | |
| | | | 合計=2,115,000 | |
| 4-5 | 疲労 | 431 | 2,000,000 | 押抜せん断 |
| | | 490 | 18,000 | |
| | | | 合計=2,018,000 | |

4. 考察

(1) 破壊モード

実橋ではRC床版の疲労破壊は格子状のひび割れ損傷が進展し、ひび割れ密度がある程度の回数で一定値となるが、ひび割れ面での摩耗によるすり減りやひび割れ部の角落ちは繰り返し回数とともに激しくなり、ひび割れがスリット状へと変化し、両振りのせん断力によりひび割れが貫通する。

このひび割れのスリット化は、床版の下面からのコンクリートの微粉末の落下の確認で裏付けられる。しかし、今回の実験においては、コンクリートの微粉末の落下の確認はされたが、スリット化が格子状になっていない。

しかし、せん断の繰り返しが行われた2点の载荷板にはさまれた部分では、格子状のひび割れ現象を再現できた。このように部分的に荷重移動をシュミレートした試験において、補強供試体と無補強供試体が同じような破壊モードの押し抜きせん断破壊したことから、鉄筋コンクリート床版とD-RAP補強床版の破壊モードは近似できると考える。

(2) ひび割れとたわみ

疲労の進行により、ひびわれ密度は大きくなった。2点交互载荷では、実橋床版のひびわれ密度よりは小さくなった。鉄筋ひずみは、降伏しているため評価しにくい。たわみの進行と破壊の関係は相関があると考えられる。よって、ひびわれとたわみについても鉄筋コンクリート

床版とD-RAP補強床版は近似できる。

(3) 疲労耐力

近年、鉄筋コンクリート床版の損傷に関する研究により、累積損傷理論である「マイナー則」の適用がRC床版にも鋼材同様成立することが判っている。

载荷試験の結果で得られた疲労強度をS-N線図として図-8に示す。S-N線図は、無補強床版(厚さ=20cm)の結果を、累積疲労を考慮して(マイナー則)表示してある。これに対し、D-RAP補強床版の疲労回数を $P=0.65Ps$ の線の上にプロットした。その結果、無補強床版(厚さ=20cm)のS-N線図と、D-RAP補強床版のプロットした点がほぼ一致する結果となった。

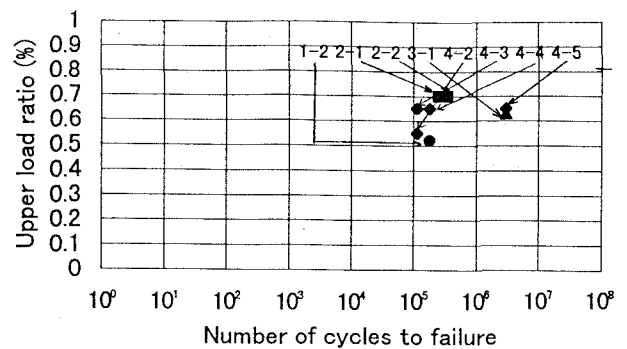


図-8 S-N線図

5. まとめ

D-RAP工法による補強床版(17cm+3cm)と、無補強床版(20cm)を同じ条件で疲労試験することによって、D-RAP補強床版が等厚のRC床版と同等の疲労耐力があることが判った。また、D-RAP補強床版においては、完全な施工が行われれば防水効果も充分期待できることが認められた。

参考文献

1) 村山貴之, 小柳治, 安井昌幸, 江口光昭: D-RAP工法と小型はり試験, コンクリート工学年次論文報告集, vol.17, No.2, pp923~928, 1995

2) 村山貴之, 内田裕市, 小柳治, 江口光昭: D-RAP工法の補修効果に関する2,3の検討, コンクリート工学年次論文報告集, vol.18, No.2, pp1487~1492, 1996