

論文 膨張材を混和した軽量 RC 床版の耐疲労性に関する検討

岸田 政彦*1・田嶋 仁志*2・北村 耕一*3・岸 利治*4

要旨：膨張材併用軽量床版は、粗骨材、細骨材ともに軽量骨材の軽量コンクリート 2 種を使用し橋梁上部構造全体の軽量化を図り、かつ、低添加型の膨張材を混和することでケミカルプレストレスの効果により耐疲労性の向上を期待したものである。本研究では、軽量コンクリート 2 種に低添加型の膨張材を普通コンクリートの標準混和量である 20kg/m^3 混和した実物大供試体を用いて耐疲労性の検討を行った結果、道路橋示方書に準拠した普通 RC 床版と同程度の耐疲労性を有することを確認した。

キーワード：軽量コンクリート 2 種、膨張材、輪荷重走行試験、耐疲労性

1. はじめに

軽量コンクリートを鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版へ適用することで、鋼桁を含めた橋梁上部構造全体の軽量化が期待できる。一方で軽量コンクリートは、骨材の特性から同等の設計基準強度の普通コンクリートに比べてせん断強度が低下し、耐疲労性が劣ることが知られている¹⁾²⁾。そこで、著者らは、軽量コンクリート 2 種を使用した道路橋床版の耐疲労性の向上策として、膨張材を混和した軽量 RC 床版の実用化に向けて検討を行ってきた。

膨張材を混和したコンクリートは当然 3 方向に膨張する。ただし、道路橋床版には水平方向と比較して厚さ方向に鉄筋がほとんど配置されない特徴を有していることから、道路橋床版に膨張材を混和する場合には床版の厚さ方向の膨張に注意が必要となる。そこで、膨張材を混和した実床版と同等の諸元の供試体を作製し、3 方向の膨張ひずみを計測することで、軽量 RC 床版の膨張特性を把握した。その結果、軽量 RC 床版においては普通コンクリートでは収縮補償相当、すなわち、JIS A 6202 に準拠した方法による長さ変化率 $150\sim 250\times 10^{-6}$ 程度の膨張率を得ることができる膨張材の混和量 (20kg/m^3) で、 250×10^{-6} 以上の膨張ひずみが発現することを確認した³⁾。

また、著者らは過去に低添加型の膨張材を普通コンクリートでは収縮補償相当の膨張ひずみが発現する混和量の 1.5 倍 (30kg/m^3) 混和した軽量 RC 床版 (以下、軽量 RC-30) の耐疲労性について検討を行った。実橋に用いるものと同等の床版厚の供試体を用いて、道路橋示方書⁴⁾で耐疲労性の確認手法として提案されている土木研究所が所有する輪荷重走行試験機を用いた階段状荷重漸増载荷⁵⁾⁶⁾を実施した結果、同試験方法で検証された 100 年以上の耐疲労性がある普通 RC 床版⁵⁾(以下、普通 RC)と同等の

耐疲労性を有することを確認した⁷⁾。

本研究では、軽量コンクリート 2 種に低添加型の膨張材を普通コンクリートの標準混和量である 20kg/m^3 混和して作製した実物大供試体 (以下、軽量 RC-20) を用いて輪荷重走行試験を実施し、普通 RC および軽量 RC-30 と相対比較することで耐疲労性について検討を行った。

2. 供試体および試験方法

2.1 供試体

供試体は $2,800\text{mm}\times 4,500\text{mm}\times 250\text{mm}$ の複鉄筋 RC 床版であり、その形状および寸法を図-1 に示す。供試体の外形寸法は、表-1 および表-2 に示す過去の軽量 RC 床版の試験で用いた供試体⁷⁾ (供試体名：軽量 RC-30) および平成 8 年の道路橋示方書⁴⁾に準拠した既往の研究の普通 RC の供試体⁵⁾ (供試体名：RC8n-1, RC8n-2, RC8n-3) と同一とした。主鉄筋は D19 を上段 300mm 間隔、下段 150mm 間隔とした。配力鉄筋は D16 を上段 300mm 間隔、下段 150mm 間隔とした。

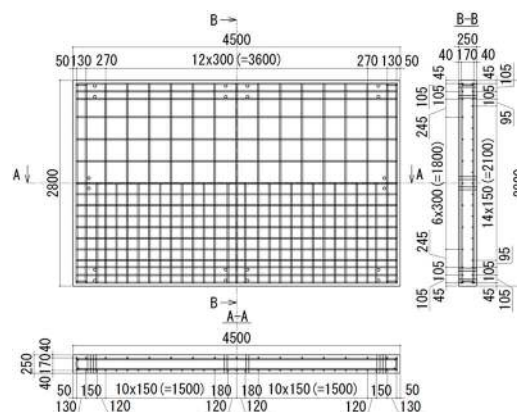


図-1 供試体概要図

*1 首都高速道路(株) 東京西局プロジェクト本部 修士(工) (正会員)

*2 一財)首都高速道路技術センター 博士(工)

*3 (株)IHI インフラシステム 開発部 修士(工)

*4 東京大学 生産技術研究所 教授 博士(工) (正会員)

表－1 供試体諸元

供試体名	外形寸法 (mm)	主鉄筋		配力鉄筋	
		径	間隔 (mm)	径	間隔 (mm)
軽量RC-20	2800×4500×250	D19	150(300)	D16	150(300)
軽量RC-30					125(250)
RC8n-1					
RC8n-2					
RC8n-3					

()内は圧縮側鉄筋の値

表－2 既往の試験結果^{5),7)}

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	破壊時荷重 (kN)	破壊時走行回数 (回)
軽量RC-30	49.1	17.7	353	424,190
RC8n-1	33.1	27.9	392	489,555
RC8n-2	38.4	25.7	334	394,122
RC8n-3	37.4	26.5	392	520,000*未破壊

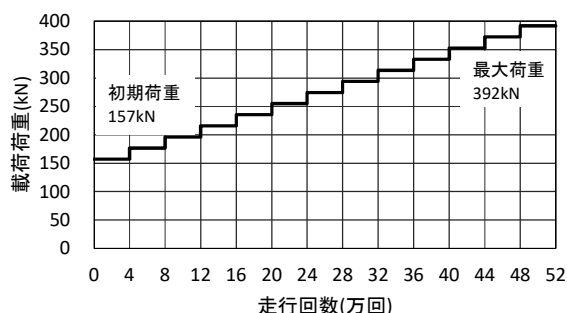
表－3 軽量コンクリートの配合

供試体名	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AD (P×%)	AE ^{*4} (P×%)
		W	C	E _x ^{*1}	SL	GL		
軽量RC-20	48.6	170	439	20	513	424	1.1 ^{*2}	0.001
軽量RC-30	45.0	165	415	30	555	603	0.6 ^{*3}	0.001

*1:低添加型膨張材 *2:AE減水剤標準型(I種) *3:高性能AE減水剤 *4:AE剤(I種)



写真－1 輪荷重走行試験機 (IHI インフラシステム)



図－2 階段状荷重漸増載荷

表－4 硬化コンクリートの物性値

供試体名	材齢 (日)	圧縮 強度 (N/mm ²)	静弾性 係数 (kN/mm ²)	割裂引 張強度 (N/mm ²)	せん断 強度 (N/mm ²)	単位容 積質量 ^{*1} (kg/m ³)
軽量RC-20	78	58.1	20.0	3.6	7.1	1830
軽量RC-30	173	49.1	17.7	3.3	5.6	1813

*1:材齢28日の値を記載

2.2 使用材料

試験に用いた軽量コンクリートの配合を表－3に示す。普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)を用いて、粗骨材(絶乾密度:1.29g/cm³, 最大寸法:15mm, 吸水率:29.0%), 細骨材(絶乾密度:1.65g/cm³, 吸水率:15.0%)とも人工軽量骨材の軽量コンクリート2種とした。いずれも水セメント比は37%とした。軽量RC-20にはエトリンナイト・石灰複合系の低添加型膨張材を20kg/m³混和した。この混和量は、夏季に実施した軽量RC床版の膨張特性の検討において橋軸直角方向に1.2N/mm²の圧縮応力を導入できることを確認した混和量である。なお、配合上の単位容積質量は、1,793kg/m³である。一方、軽量RC-30には石灰系の低添加型膨張材を普通コンクリートの標準混和量である20kg/m³の1.5倍(30kg/m³)と、消泡剤を0.05%混和している。設計基準強度は40N/mm²で、せん断強度が設計基準強度27N/mm²の普通コンクリートと同等となるようにした。コンクリートは実機ミキサで練り混ぜを行った。スランブはコンクリート標準示方書⁸⁾を参考にポンプ圧送性が良好とされる18cmとし、空気量は現場条件が耐凍害性を考慮する必要がない場所であるため、普通コンクリートと同等の4.5%とした。軽量RC-20のフレッシュコンクリートの性状は、スランブ20.5cm, 空気量4.7%, コンクリート温度24℃, 材齢28日の単位体積質量は1,830kg/m³であった。凝結試験で終結を確認した後から湿潤養生とし、材齢28日の物性試験結果を確認後、材齢29日に脱型し、その後は気中養生とした。輪荷重走行試験の開始は、試験機の都合上材齢78日とした。

2.3 試験方法

輪荷重走行試験の実施は、IHIインフラシステムが所有する試験機を用いて行った。写真－1に輪荷重走行試験機を示す。供試体の支持条件は、長辺方向の2辺を単純支持(支持支間2,500mm)とし、短辺方向の2辺は弾性支持とした。輪荷重走行の範囲は幅500mmで橋軸方向の移動距離3,000mmとした。載荷荷重は、文献5)の方法と同様の図－2に示す階段状荷重漸増載荷とした。輪荷重走行による床版の劣化状況の把握は、たわみ、ひずみの計測値とひび割れ観察で行った。試験の終了条件は、床版が損傷して総たわみが急増する挙動を示した時期とした(総たわみの制限値10mm)。

3. 試験結果

3.1 物性試験結果

硬化コンクリートの物性値を表－4に示す。材齢28日の圧縮強度は56N/mm²であり、設計基準強度40N/mm²を上回った。試験開始材齢において、圧縮強度、割裂引張強度、せん断強度は軽量RC-20の方が大きくなって

る。この理由としては、軽量コンクリート 2 種を用いた試験結果⁹⁾と同様に、標準混和量より多く膨張材を混和した場合には鋼製モールドを使用したとしても供試体長手方向が無拘束状態となるため、混和量 30kg/m^3 より 20kg/m^3 の方が強度は大きくなったと推察される。なお、せん断試験は JCI-SF6 に準拠して実施した。また、式(1)を用いて算出¹⁰⁾した橋軸直角方向のケミカルプレストレス σ_{cp} の推移を図-3 に示す。ケミカルプレストレス量は 1.2N/mm^2 に届かず、軽量 RC-30 の約半分のケミカルプレストレス量となった。この理由としては、本供試体の作製が秋であったため、膨張材の温度依存特性によって、膨張量が小さくなったものと推察される。

$$\sigma_{cp} = \varepsilon \cdot E_s \cdot p \quad (1)$$

ε : 上下段鉄筋ひずみの計測値の平均
 E_s : 鉄筋のヤング係数
 p : 拘束鉄筋比 (配筋より 1.146%)

著者らが夏季に実施した軽量コンクリート 2 種の膨張特性試験の結果との対比を図-4 に示す。膨張材混和量と季節において導入される圧縮応力の関連については、今後の検討としたい。

3.2 活荷重たわみと走行回数の関係

走行回数と活荷重たわみ (157kN) (以下、活荷重たわみは全て 157kN での値を示す) の関係を図-5 に示す。活荷重たわみは、静的に 157kN 载荷を行った際の総たわみから除荷時の残留たわみを差し引いた値とした。軽量 RC-20 のたわみは、走行開始直後は普通 RC より大きくなるが、走行回数 20 万回以降で大小関係が逆転し、軽量 RC-20 のたわみが小さくなる傾向であった。この傾向は軽量 RC-30 と同様であり、軽量コンクリートの静弾性係数が普通コンクリートより小さいため走行開始時の軽量 RC のたわみが大きくなるが、膨張材の混和によるケミカルプレストレスの効果で初期ひび割れが抑制されることと引張抵抗力が向上することによりたわみの増加が普通 RC より遅くなるためである。軽量 RC-20 は、走行回数 40 万回以降にたわみが急増して走行回数 440,814 回 (輪荷重 372kN) で試験を終了した。軽量 RC-30 と比較するとたわみが急増するタイミング、破壊時の走行回数 (424,190 回) はほぼ同じであり、いずれも普通 RC の供試体 RC8n-1 と RC8n-2 の間に位置することがわかる。この結果から、軽量 RC-20 に導入された圧縮応力は、軽量 RC-30 と比べて約半分しか導入されなかったが、圧縮応力としては十分であったと考えられる。なお、普通 RC の試験結果と同様に、軽量 RC の試験結果にもばらつきがあると考えられるため、軽量 RC の耐疲労性について破壊時の走行回数のみで判断せず、3.3 以降の検討を実施して総合的に判断することとした。

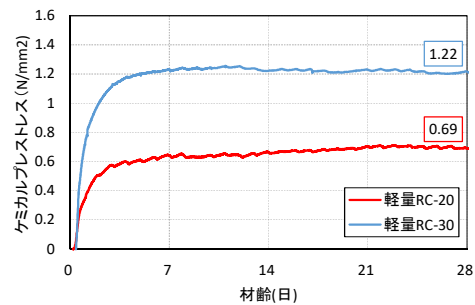


図-3 ケミカルプレストレスの推移

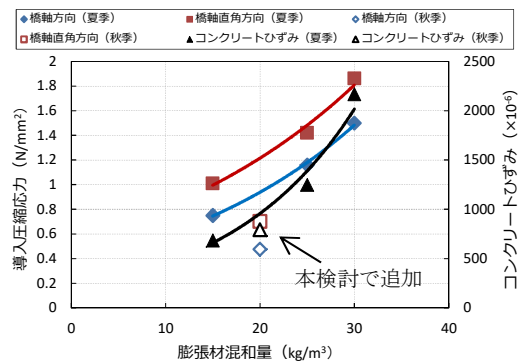


図-4 膨張材混和量と導入圧縮応力および鉛直方向のコンクリートひずみの関係

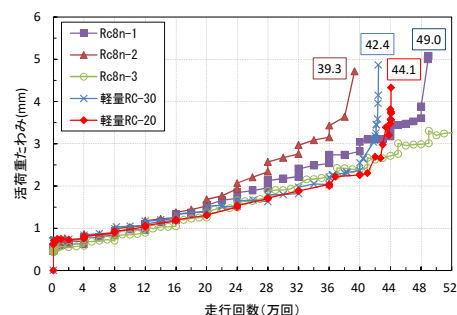


図-5 活荷重たわみと走行回数の関係

3.3 載荷荷重と強度補正した走行回数の関係

ここでは試験開始時の実強度と設計基準強度との比から走行回数を補正して、載荷荷重と強度補正した走行回数の関係を算出した。

本検討において比較対象としたのは、軽量 RC の 2 体と普通 RC の供試体の中で破壊した試験結果が得られている RC8n-1 と RC8n-2 とした。軽量 RC と普通 RC の設計基準強度は、それぞれ 40N/mm^2 と 24N/mm^2 である。強度補正した走行回数は、以下に示す方法で算出した。

- (1) 走行回数より 157kN 基準の等価繰り返し回数を算出
- (2) 強度補正係数 α を算出

$$\alpha = P_{sx} / P_{sxe} \quad (2)$$

ここに、 P_{sx} : 設計値の押抜きせん断強度、 P_{sxe} : 物性試験値を用いた押抜きせん断強度。式(3)、(4)は軽量コンクリート 1 種を対象とした提案式¹¹⁾である。

$$P_{sx} = 2B(\alpha_{cv} \cdot f_{cv} x_m + \alpha_t \cdot f_t C_m) \quad (3)$$

$$P_{sxe} = 2B(\alpha_{cv} \cdot f_{cve} x_m + \alpha_t \cdot f_{te} C_m) \quad (4)$$

ここに、 B ：はり幅 ($=b+2d_d$) (mm), b ：載荷幅 (mm), d_d ：引張側配力筋有効高さ (mm), x_m ：主鉄筋に直角な断面の引張コンクリートを無視したときの中立軸の高さ (mm), C_m ：引張側主鉄筋のかぶり高さ (mm), α_{cv} , α_t ：軽量コンクリートの低減係数⁹⁾ $\alpha_{cv}=0.785$, $\alpha_t=0.703$,

f_{cv} , f_t ：設計値のコンクリートのせん断強度, 設計値のコンクリートの引張強度 (N/mm²), f_{cve} , f_{te} ：物性試験値のコンクリートのせん断強度, 物性試験値のコンクリートの引張強度 (N/mm²)。普通 RC の P_{sx} , P_{sxe} も同様の計算式で算出した。ただし, $\alpha_{cv}=\alpha_t=1.0$, f_{cv} , f_t は文献 11) による。

(3) 強度補正係数 α を考慮した $P_0=157$ kN 基準の等価繰返し回数 N_{eqs} を算出

$$N_{eqs} = \sum_{i=1}^n \left(\alpha \frac{P_i}{P_0} \right)^m n_i \quad (5)$$

ここに、 P_i ：輪荷重 (kN), n_i ：走行回数, m ：S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 $m=12.76^{12)}$

(4) 強度補正を考慮した走行回数 N_s を算出

$$N_s = 1 / \left(\sum_{i=1}^n \left(\alpha \frac{P_i}{P_0} \right)^m \right) N_{eqs} \quad (6)$$

算出した結果を図-6 に示す。軽量 RC の算出結果は RC8n-1 と RC8n-2 の間に位置した。強度補正した軽量 RC-20 の走行回数は 323,100 回, 軽量 RC-30 の走行回数は 351,116 回であり, RC8n-1 の 35,7029 回に近い結果であった。

3.4 中立軸の推移

供試体中央の上下段の主鉄筋に設置した鉄筋ひずみゲージの計測値の平均から計算した中立軸の推移を図-7 に示す。軽量 RC-20 は, 普通 RC (RC8n-1) とは傾向が異なり, 載荷開始とともに約 15mm 上方へ移動したのちたわみが急増する 440,000 回以前までは微少に変化するもののほぼ一定の値で推移した。軽量 RC-30 と比較するとやや小さい値で推移するが, 概ね同じ傾向を示した。

3.5 ひび割れ分布

本試験のひび割れ分布を図-8 に示す。ひび割れの発生は供試体下面にほぼ均等に分散しており, 床版が一体構造として機能していることがわかる。この分布は, 普通 RC と違いがない。また, 本試験結果は文献 12) に示される 4 段階に大別される道路橋 RC 床版のひび割れ損傷過程に当てはめると, 一方向ひび割れ (段階 I) が 80,000 回, 二方向ひび割れ (段階 II) が 240,000 回, 亀甲状ひび割れ (段階 III) が 320,000 回に相当することがわかる。

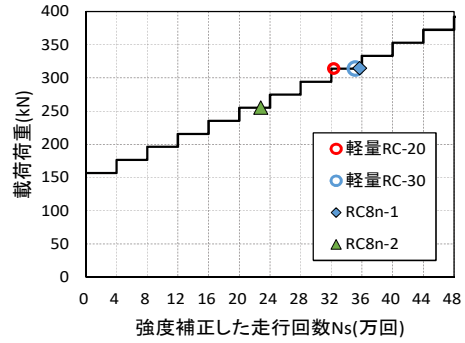


図-6 載荷荷重と強度補正した走行回数の関係

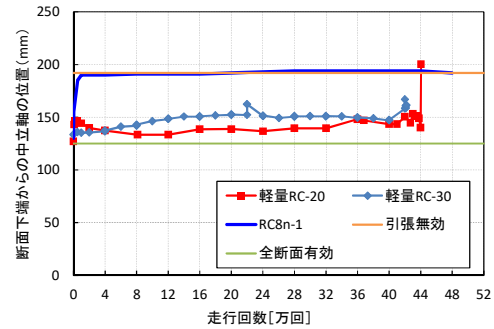
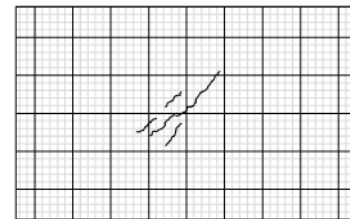
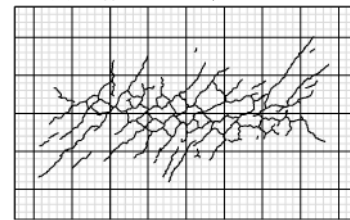


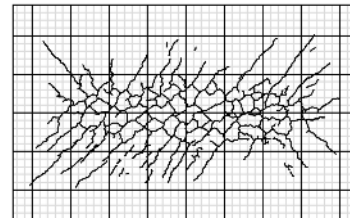
図-7 中立軸の位置と走行回数の関係



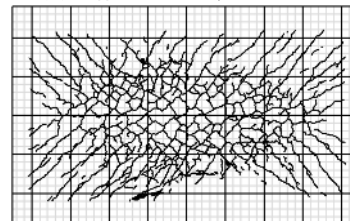
(a) 段階 I : 80,000回走行



(b) 段階 II : 240,000回走行



(c) 段階 III : 320,000回走行



(d) 段階 IV : 440,814回走行

図-8 供試体下面のひび割れ分布

陥没破壊（段階Ⅳ）に関しては、これに至る前に試験を終了したが、試験を終了した 440,814 回走行の状況に近似する。したがって、本試験は普通 RC の実構造の疲労損傷と同様の損傷過程を再現しており、実物大の軽量 RC の破壊性状は基本的に普通 RC と同様のものであると考えられる。図-9 に軽量 RC の床版下面のひび割れ密度と走行回数の関係を示す。ひび割れ密度の算出は、全床版面に対して格子密度法によって行った。ひび割れ密度の使用限界は 10.0m/m^2 であり¹²⁾、本試験結果はほぼ線形で増加し、試験終了時にひび割れ密度がほぼ使用限界値と一致した。普通 RC のひび割れ密度は試験開始直後から大きく増加し、その後緩やかに増加して 10m/m^2 付近で破壊に至ることから、傾向は異なるものであった。軽量 RC-20 のひび割れ密度はほぼ一定の増加率で漸増する傾向となった。走行回数 8 万回までひび割れ密度が増加しなかったが、その要因としては、軽量骨材の内部養生効果により脱型後の初期ひび割れが少なかったこと、軽量コンクリートの弾性係数が小さいために鉄筋が引張応力を負担する割合が大きかったこと等が考えられる。なお、走行回数 32 万回付近でひび割れの上下方向のずれが発生し、走行回数 36 万回付近でひび割れ部に角落ちが発生、走行回数 42 万回付近で段差を伴うひびわれ（写真-2）が発生し、最終的にせん断破壊に至った。供試体を中央で橋軸直角方向および橋軸方向に切断した断面のひび割れ分布を観察した結果を図-10 に示す。同図は、比較のため、軽量 RC-30 および走行回数が同等であった普通 RC（RC8n-1）を並列させて示している。橋軸直角方向は、軽量 RC-20 及び軽量 RC-30 は、普通 RC と比べてひび割れの角度がやや緩やかとなっている。軽量 RC-20 と軽量 RC-30 は、ともに、上鉄筋付近に層状に複数のひび割れの発生が認められる。これは、普通 RC には見られないことから、軽量 RC 床版の特徴であると考えられ、考察については今後の検討としたい。橋軸方向は、軽量 RC-20、軽量 RC-30 および普通 RC の全てに共通し、輪荷重の走行範囲全体の上面鉄筋に沿って水平ひび割れが発生しており、鉄筋コンクリート床版に共通した破壊形態と推察される。

3.6 S-N 曲線

軽量 RC と普通 RC の輪荷重走行試験結果を載荷荷重 157kN 基準の S-N 曲線にプロットしたものを図-11 に示す。S-N 曲線は文献¹²⁾の松井理論式とした。図中の縦軸に示す P_{sxe} は、式(4)より算出した。軽量 RC の 2 体の試験結果はせん断強度比 S を P_{sxe} で算出した場合のどちらもほぼ同じ位置にプロットされており、同等の耐疲労性を有することが確認できる。また、普通 RC の S-N 曲線よりも右方に位置していることから、耐疲労性に優れることがわかった。

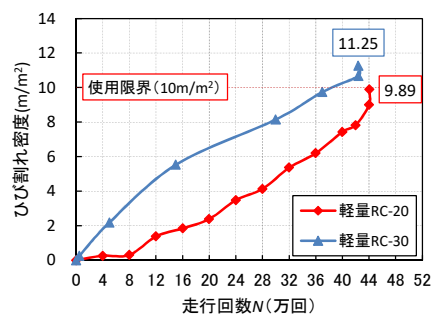


図-9 床版下面のひび割れ密度と走行回数の関係

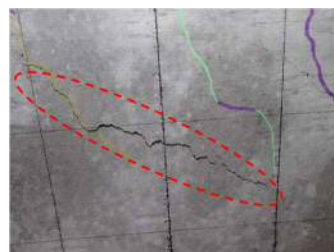


写真-2 段差を伴うひび割れ（軽量 RC-20）

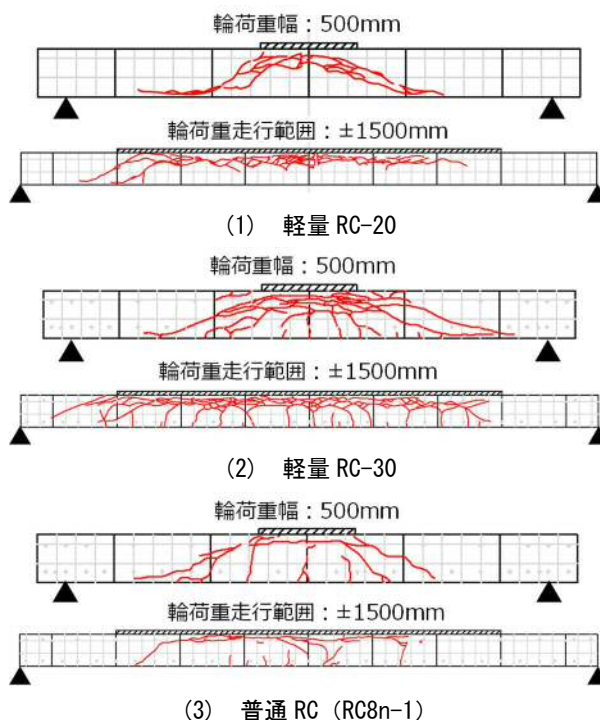


図-10 供試体断面のひび割れ分布
（上段：橋軸直角方向，下段：橋軸方向）

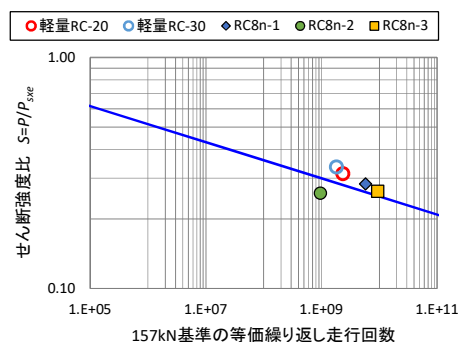


図-11 157kN 基準の S-N 曲線

4. まとめ

本研究では、軽量 RC-20 を用いて輪荷重走行試験（階段状荷重漸増載荷：土研式）を実施し、普通 RC および軽量 RC-30 との相対比較により耐疲労性の検討を行った。以下に得られた結果をまとめる。

- (1) 活荷重たわみと走行回数の関係より、軽量 RC-20 の破壊時の走行回数は軽量 RC-30 とほぼ同等であり、RC8n-1 と RC8n-2 の間に位置した。また、物性試験の結果から強度補正をした走行回数に換算しても軽量 RC-30 とほぼ同等であり、RC8n-1 と RC8n-2 の間に位置した。
- (2) 本研究にて作製した軽量 RC-20 に導入された圧縮応力は、軽量 RC-30 と比べて約半分しか導入されなかったが、破壊時の走行回数が普通 RC および軽量 RC-30 と同等であったことから、圧縮応力としては十分であったと考えられる。
- (3) 軽量 RC の中立軸の推移は載荷開始とともに約 15mm 上方へ移動するが、その後たわみが急増する 440,000 回以前までは微少に変化するもののほぼ一定の値で推移した。これは、軽量 RC-30 と概ね同じである。
- (4) 軽量 RC-20 の損傷進展過程は普通 RC と同様に、ひびわれの上下方向のずれ、角落ちが発生して最終的な破壊に至った。
- (5) 軽量 RC-20 供試体を切断した断面のひび割れ分布の特徴としては、特に橋軸直角方向について、ひび割れの角度が普通 RC よりやや緩やかなこと、上鉄筋付近に層状に水平ひびわれが発生することであり、これは軽量 RC 床版のひび割れ分布の特徴であると考えられる。
- (6) 軽量 RC は松井理論式の普通 RC の S-N 曲線よりも右方に位置し、耐疲労性に優れることがわかった。

以上より、総合的に判断すると、軽量 RC-20 は軽量 RC-30 と同程度の耐疲労性を有しており、また、普通 RC と同程度の耐疲労性を有していると考えられる。よって、軽量コンクリート 2 種に膨張材を普通コンクリートの標準混和量を(20kg/m³)混和すれば普通 RC と同程度の耐疲労性を有することを確認できたと考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、日本大学岩城一郎教授には、多くの助言を頂いた。また、人工軽量骨材 (ALA) 協会およびデンカ株式会社よりコンクリート材料の一部を提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

本研究の一部は、国土交通省道路局が設置する新道路技術会議における技術研究開発制度により、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究「生産性向上とライフサイクルの削減に資する膨張材併用軽量床版の研究開発」で行われたものです。

参考文献

- 1) 二羽淳一郎, 岡本享久, 前堀伸平：高品質軽量コンクリートの構造部材への適用, コンクリート工学, Vol.38 No.12, pp. 3-9, 2000
- 2) 磯部龍太郎 他：膨張材と軽量骨材を併用した道路橋 RC 床版の耐疲労性に関する研究, 土木学会論文集 E2, Vol.71, No.2, pp.191-202, 2015
- 3) 岸田政彦 他：膨張材を混和した軽量 RC 床版の膨張特性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.40 No.1, pp. 261-266, 2018
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編, II 鋼橋編, 2012.3
- 5) 国土技術政策総合研究所：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験, 国総研資料第 28 号, 2002.3
- 6) 国土技術政策総合研究所 他：道路橋床版の疲労耐久性評価に関する研究, 国総研資料第 472 号, 2008.8
- 7) 岸田政彦 他：膨張材併用軽量 RC 床版の輪荷重走行試験による耐疲労性の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38 No.2, pp. 1387-1392, 2016
- 8) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書 施工編, 2012.3
- 9) 杉山彰徳 他：膨張材添加軽量コンクリートの力学的性能, 土木学会第 66 回年次学術講演会 (平成 23 年度), V-530
- 10) 土木学会：膨張コンクリート設計施工指針 (コンクリートライブラリー (第 75 号)), 1993.7
- 11) 東山浩士, 水越睦視, 松井繁之, 小田憲司：軽量コンクリートを用いた RC 床版の押抜きせん断耐力の評価とその実用性に関する研究, コンクリート工学論文集, 第 16 巻第 1 号, pp.45-54, 2005.1
- 12) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, pp.9-60, 森北出版, 2007.10