

膨張材を適用した鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性

株式会社・エス関西支店技術部
 同上
 大阪大学大学院工学研究科
 同上

正会員 〇岸本 真輝
 正会員 真鍋 英規
 非会員 大西 弘志
 非会員 AbheethaPERIS

1. はじめに

道路橋において、「床版」は橋梁上を通過する車両からの荷重を直接受ける部材であり、極めて厳しい供用環境にある部材である。特に近年の技術動向として、高い耐久性を有する床版の開発が相次いでおり、コンクリート床版に関しても例外ではない。

コンクリート床版の耐久性を考える上で、コンクリートの打設後に発生する初期の乾燥収縮やクリープ等により発生するひび割れの制御（発生防止）は極めて重要な項目であり、近年では新規に建設される橋梁の床版においては膨張コンクリートの採用および適用事例が増加している。

膨張コンクリート床版に関しては多くの研究がなされているが、コンクリート打設直後のひび割れの防止に関するものがほとんどであり、膨張コンクリートを用いることによって、床版の力学的挙動にどのような影響があるのかに関しては調査されていない状況である。以上のことから、本研究では鋼橋床版の基本的な形式である RC 床版を対象として、エトリンガイト系の膨張材を添加して得られる膨張コンクリートを床版に使用した場合の効果について、輪荷重走行試験機を用いた疲労試験を実施し、膨張コンクリートを用いることによる床版の力学的挙動の変化を調べることにした。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

実験に用いた供試体は図-1に示すように、橋軸方向長さ 3000mm、橋軸直角方向長さ 2000mm、厚さ 180mmの床版供試体である。コンクリートの設計基準強度を 24N/mm²とし、スランプ、空気量を 18±2cm, 5±1%とした。床版供試体タイプとして、床版のみで支持を行う単純支持タイプと、床版と支持桁を合成させた固定支持タイプにより実施した。コンクリート打設後の床版内のひずみや温度の変化を測定するために供試体内に埋込み型ゲージを配置した。また輪荷重走行試験機では鉄筋・コンクリートのひずみ、たわみの

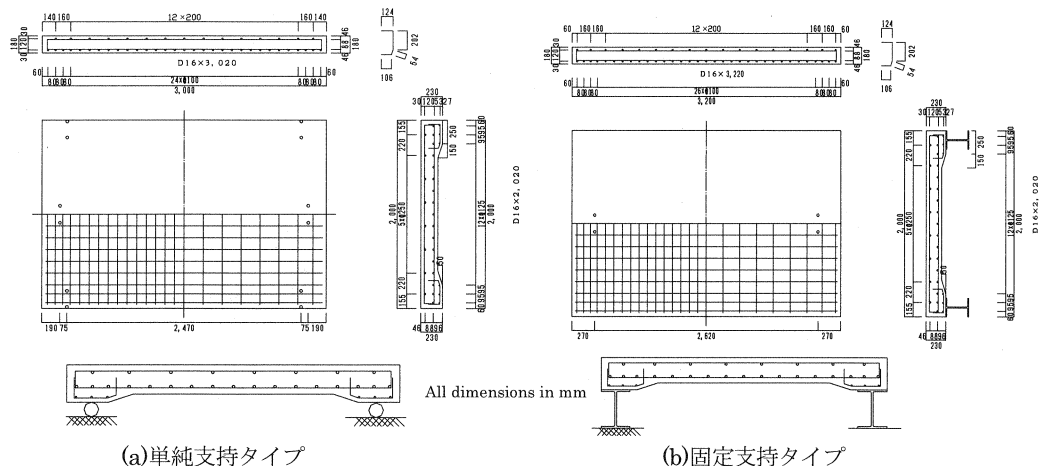


図-1 実験供試体

表-1 コンクリートの配合

コンクリート	W/P(%) ^{*1}	S/a(%)	単位量(kgf/m ³)					
			W	C	骨材		混和剤	混和材
					S	G ^{*2}	AE 減水剤	膨張材
普通コンクリート	55	45.9	179	326	803	979	3.26	—
膨張コンクリート	55	45.9	179	306	803	979	3.26	20

*1 W/P は水粉体比を示す。膨張コンクリートの場合、P=C+膨張材を示す。

*2 G における砕石と川砂利の混合比率は容積比で 1:1 とした。

計測を行っている。

なお、供試体はコンクリート打設後 7 日間は湿潤養生を行い、その後は 90 日を経過するまで気中養生を行い、この間のコンクリートの挙動を調査した。

2. 2 輪荷重走行試験機

実験は大阪大学の輪荷重走行試験機を用いて実施した。本研究では試験実施期間の都合上、試験実施計画において普通コンクリートで作成した RC 床版で 20 万回の荷重走行で床版に押抜きせん断破壊を生じさせることとした。この荷重走行回数の制限と既往の研究により与えられている S-N 曲線を今回の供試体床版に適用することにより、載荷輪荷重の大きさを 180kN とするのが適当であることがわかった。そこで、今回の走行試験では P=180kN を基準の荷重として載荷プログラムを設定した。既往の研究¹⁾において、固定支持供試体の疲労耐久性は単純支持供試体の疲労耐久性よりもかなり高くなる傾向にあることがわかっているので、固定支持供試体の試験では走行試験開始後、比較的早期である荷重走行 300000 回の時点から 200000 回ごとに 20kN ずつ輪荷重を増加させることにした。

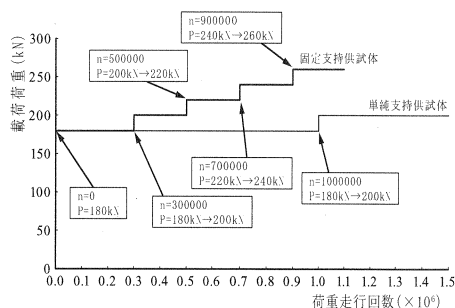


図-2 載荷プログラム

3. 実験結果

3. 1 初期ひずみ測定結果

埋込みゲージによって床版中央部のコンクリートひずみを打設直後より測定した。温度変化に伴う測定値の変動を除去した単純支持タイプの橋軸方向のひずみ変化を図-3に、橋軸直角方向のひずみ変化を図-4に示す。図-4より、普通コンクリート床版は打設後約 10 日間に体積膨張をみせ、10 日以降は収縮を起こして、90 日後には最大膨張時に対して約 200 μ 程度の収縮が起きている。その結果、床版は 150 μ 程度収縮した状態となった。この傾向は膨張コンクリートにおいても同様であるが、膨張コンクリートは初期の膨張量が大きく、最大膨張時で 380 μ 程度膨張していたため、90 日後においても 220 μ 程度の膨張ひずみを保持していた。

固定支持タイプの膨張コンクリートについては、90 日後の膨張量は 30 μ 程度と単純支持タイプと比較して小さな値ではあったが、普通コンクリートのように収縮している状態ではなかった。

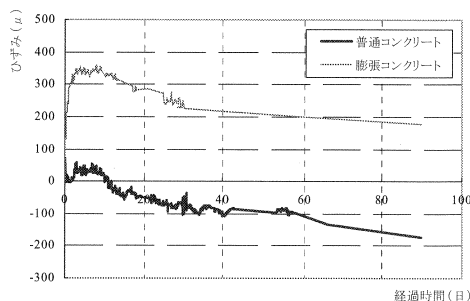


図-3 初期ひずみ経時変化 (橋軸方向)

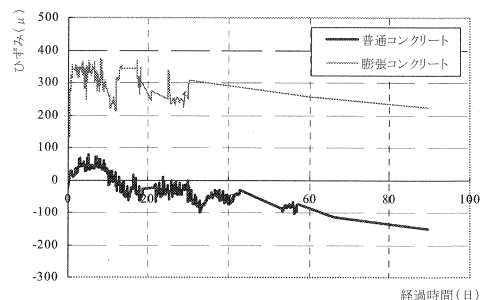


図-4 初期ひずみ経時変化 (橋軸直角方向)

3. 2 輪荷重走行試験の結果と考察

3. 2. 1 たわみ

輪荷重走行による疲労によって、供試体中央のたわみがどのような挙動を示すか、静的に測定を行った。図-5に静的載荷による供試体中央のたわみの推移を示し、図-6に走行回数2万回時の橋軸方向たわみ分布を示す。単純支持タイプ供試体の疲労試験初期のたわみ値(図-6)に着目すると、普通コンクリートは2.3mm(180kN 載荷時)であるのに対し、膨張コンクリートは1.0mm(180kN 載荷時)であり、普通コンクリートに比べて非常に小さい値であった。

同様に固定支持タイプ供試体の疲労試験初期のたわみ値に着目すると、普通コンクリートは1.0mmであり、膨張コンクリートは0.7mmと、やはり膨張コンクリートのたわみ値の方が普通コンクリートより小さい値となった。

単純支持タイプと固定支持タイプに関して、膨張材によるたわみ変化を比較した場合、単純支持タイプの方が膨張材による改善効果が大きかった。理由として、支持方法の違いから、発生する断面力が異なるため、たわみも異なることが考えられる。たわみの絶対値を比較した場合、単純支持タイプの版の方がたわみが大きくなる傾向にあるため、膨張材を適用することによる改善効果が顕著に現れたものと考えられる。

3. 2. 2 疲労耐久性

疲労耐久性に関して、載荷荷重の違いを既往の研究により与えられているRC床版のS-N曲線の式を用いて、各荷重段階の走行回数を180kNの荷重が走行した場合の破壊回数に換算した走行回数(以下、等価繰返し走行回数)で比較を行った。図-7にその結果を示す。単純支持タイプに関して普通コンクリートは荷重走行回数59,000回で破壊に至ったのに対し、膨張コンクリートは等価繰返し走行回数2,189,000回で破壊に至っており、普通コンクリートに対して疲労耐久性は大幅に向上している。また、固定支持タイプでは普通コンクリートは等価繰返し走行回数921,000回で破壊に至っており、膨張コンクリートでは等価繰返し走行回数16,004,000回で破壊に至った。膨張材による疲労耐久性の改善効果を比較すると、単純支持タイプの方が固定支持タイプよりも改善効果が大きくなっている。これは、コンクリート打設から90日後の残存膨張ひずみが、単純支持タイプの方が大きかったことや、膨張材によるたわみ改善効果が単純支持タイプの方が大きかったためであると考えられる。

3. 2. 3 ひび割れ

供試体の試験前のひび割れ状況を観測した結果、膨張コンクリート供試体は単純支持タイプ、固定支持タイプ共に初期ひび割れは見られなかった。普通コンクリートに関しては両タイプ共に乾燥収縮が原因と思われる微細なクラックが試験前に発生していた。図-8に2万回走行時の固定支持タイプのひび割れ図を示す。

表-2 破壊荷重

コンクリートタイプ	支持タイプ	破壊回数(回)	最大荷重(kN)
普通	単純支持	59000	180
膨張	単純支持	1310000	200
普通	固定支持	492380	200
膨張	固定支持	941168	260

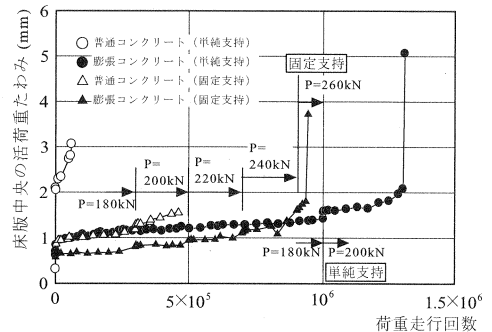


図-5 活荷重たわみの変動

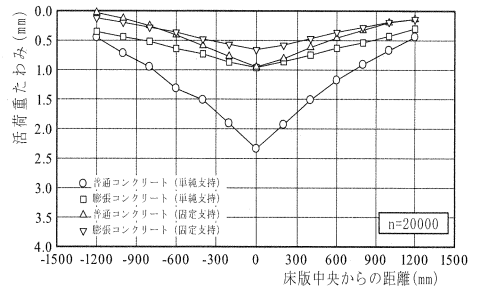


図-6 橋軸方向たわみ分布図(2万回走行時)

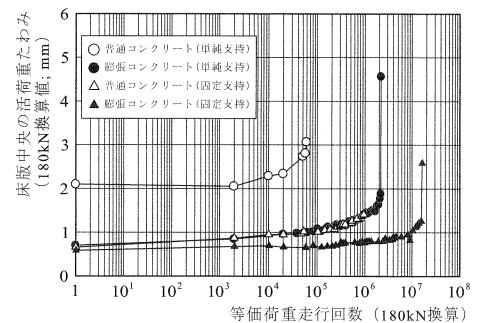


図-7 活荷重たわみの変動(等価繰返し回数)

普通コンクリートは2方向のひび割れが発生し、格子状にひび割れが形成されている進展期であると考えられる。膨張コンクリートは1方向のひび割れしか発生しておらず、状態は潜伏期と考えられる。ただし、既往の研究の固定支持タイプ潜伏期では、乾燥収縮の主拘束の影響により橋軸直角方向のひび割れが卓越することが多いのに対し、膨張コンクリートでは橋軸方向のひび割れが卓越した。

次に、試験体を疲労試験終了後にカットし、ひび割れを観測した結果を図-9に示す。固定支持タイプの普通コンクリートに関しては損傷が激しく、切断断面の観測はできなかった。押抜きせん断破壊面の角度を計測した結果、普通コンクリート・単純支持で平均42度であり、通常の押抜きせん断破壊の45度とほぼ同じ角度となった。膨張コンクリートでは、単純支持タイプが34度、固定支持タイプが30度となり、普通コンクリートに比べて角度が小さくなっている。この現象は、PC床版においてプレストレス力の影響によりせん断破壊面の角度が小さくなる²⁾ことと類似している。このことから膨張材をRC床版に適用することにより、PC床版の内部と同様な力学的環境を床版内に作り出すことができている可能性があると推察できる。

3. 2. 4 S-N関係

図-10に本研究で実施した輪荷重走行試験の結果におけるS-N関係を示す。図中の白抜きで示した記号は、実験によって得られたS-N関係を、既往の研究による P_{sx} (疲労を受けた床版の梁のせん断押抜き強度)を用いて整理を行った結果である。この結果より、単純支持タイプ膨張コンクリートは通常のRC床版に対して大きな疲労耐久性があり、固定支持タイプに関しても同様であることがわかる。また、図-10の黒塗りで示した記号は、膨張材による床版内の力学環境を反映するために図-9破壊面の角度を考慮して P_{sx} を別途算定し、プロットした結果である。その結果、既往のS-N曲線とほぼ一致した。このことより、今後膨張材を使用した床版の疲労寿命に関して、既往のRC床版に関するS-N曲線から予測できる可能性が見出された。

4. まとめ

今回の実験により、膨張材を使用したRC床版は普通コンクリートのRC床版より高い疲労耐久性を有していることが確認された。また、膨張材を使用したRC床版は、鉄筋による内部拘束しか期待できない単純版でも高い疲労耐久性を有していることが確認された。

参考文献

- 1) 前田幸雄・松井繁之：鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断力の評価式，土木学会論文集大348号/V-1,pp221-224,1984
- 2) 東山浩士・松井繁之：橋軸方向プレストレスした床版の走行荷重に対する疲労耐久性に関する研究，土木学会論文集，No.605/I-45,pp79-90,1998

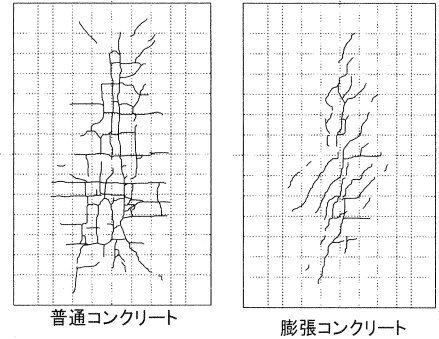


図-8 床版断面ひび割れ図 (2万回走行時)

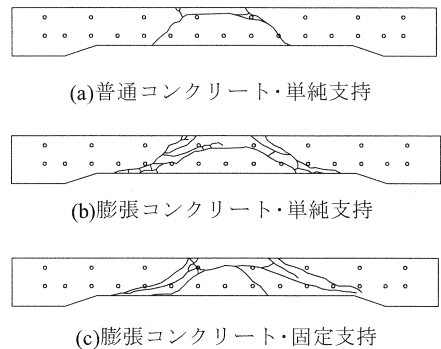


図-9 断面図 (終了時)

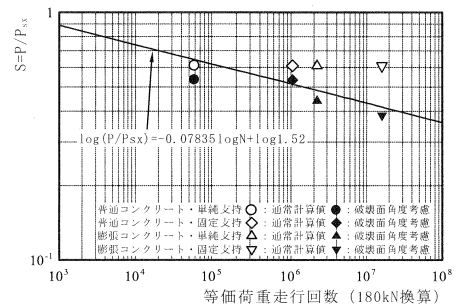


図-10 S-N関係図