

膨張材併用軽量 RC 床版の疲労耐久性検討（その 1）

首都高速道路(株) 正会員 ○加藤 恭介

首都高速道路(株) 正会員 津野 和宏

東京大学 生産技術研究所 正会員 岸 利治

(株)コスモエンジニアリング 正会員 土屋 智史

1. はじめに

道路橋の軽量コンクリート床版は、重量軽減のメリットがある反面、圧縮強度が同等な普通コンクリート床版より引張強度やせん断強度が小さいため、疲労耐久性に劣ることが報告されている¹⁾。そこで、膨張材を収縮補償程度以上添加した場合のケミカルプレストレス効果に着目し、膨張材を併用した軽量コンクリート製 RC 床版（以下、膨張材併用軽量床版）の疲労耐久性について検討を行った。

本稿（その 1）では、小型供試体によるせん断疲労試験及び疲労耐久性予測解析について報告する。

2. 小型供試体によるせん断疲労試験

2.1 試験概要

後述する解析に用いるパラメータを設定するため、要素試験を行った²⁾。小型供試体（280×150×630mm）中央に静的荷重によりひび割れを発生させた後、導入したひび割れ面でのせん断疲労試験を行った。図-1 に示す荷重方法により、両方向繰り返しせん断荷重を行った。荷重は荷重制御方式とし、せん断すべり量やひび割れ開口幅は 2 次元ひび割れ計測器で測定した。膨張材の効果によるケミカルプレストレスは、鉄筋に設置されたひずみゲージにより計測した。試験ケースを表-1 に示す。設計基準強度 24MPa 程度の普通コンクリートおよび膨張材 20kg/m³を添加した軽量コンクリートとし、通常の気中試験のほかに、水中を模擬するためにひび割れ面に水を浸み込ませた試験も行った。

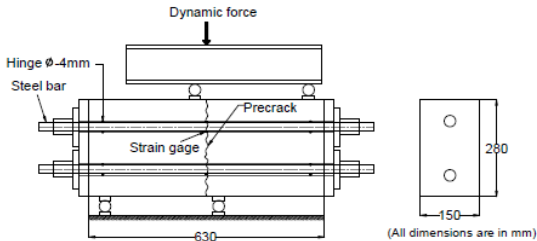


図-1 せん断の荷重方法^{2),3)}

表-1 せん断疲労試験実施ケース

ケース	使用材料	荷重方法	
		両側繰り返し	
ケース 1	普通		気中
ケース 2	コンクリート		水中
ケース 3	膨張材併用 軽量骨材		気中
ケース 4	コンクリート (20kg/m ³ 混入) CEA20LGS		水中

2.2 実験結果に基づく解析パラメーターの設定

せん断疲労試験から得られたデータを用い、繰り返しに荷重に伴う剛性低下に関する係数 X を表す式(1)のパラメータ (ξ_{conc} がコンクリート種別を表す係数、 ξ_w が水の影響を表す係数で、係数が大きい程剛性低下が著しい) を設定した³⁾。 ξ は荷重方法の違いを表す係数で、既報⁴⁾と同様に 1 とする。

$$X = 1 - \frac{1}{10} \log_{10} \left(1 + \xi_{conc} \xi_w \xi \int |d(\delta/\omega)| \right) \geq 0.1 \quad (1)$$

図-2 は、 ξ_w と ξ_{conc} を各々 10, 20 とし、両側繰り返しせん断荷重試験の結果を整理したものである。設定したパラメータを用いることで、膨張材併用軽量コンクリート（気中及び水中）の剛性低下過程を普通コンクリート供試体（気中）より、安全側に評価することが可能となる。

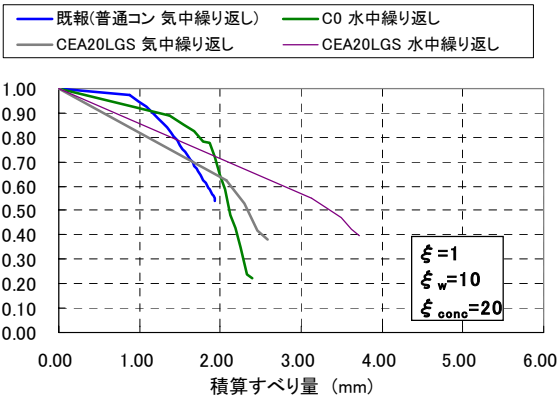


図-2 ξ_w と ξ_{conc} の設定の妥当性

キーワード 軽量コンクリート、膨張材、せん断疲労試験、疲労耐久性予測

連絡先 〒221-0013 神奈川県横浜市神奈川区新子安 1-2-4 首都高速道路(株)神奈川建設局 TEL 045-439-0734

次に、図-3 に鉄筋のひずみゲージの値から算出したコンクリート応力の材齢による推移を示す。膨張材によるケミカルプレストレス効果により、普通コンクリートと膨張材併用軽量コンクリートでは 0.4MPa 以上の差が生じた。このことから解析においては、膨張材併用軽量コンクリートの引張強度を 0.4MPa 割り増すことにより、ケミカルプレストレスの効果を簡易的に考慮することとした。

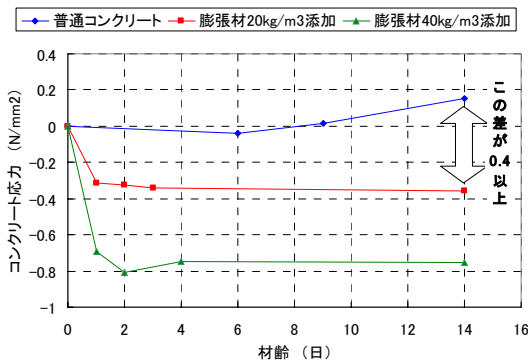


図-3 ケミカルプレストレスの推移

3. 疲労耐久性予測解析

3.1 解析手法

構造解析ソフト COM3³⁾を用いて、2.2.2 で設定したパラメータを用いて輪荷重走行試験のシミュレーション解析を行った。普通 RC 床版と膨張材併用軽量 RC 床版の疲労耐久性の比較を目的とし、既存の 2 分割部分モデル⁵⁾ (190mm 厚) を用いた (図-4)。配筋は、圧縮側の配筋は X 方向に D16 を 300mm ピッチ、Y 方向に D13 を 300mm ピッチとし、引張側の配筋は X 方向に D16 を 150mm ピッチ、Y 方向に D10 を 300mm ピッチとした。かぶりは上面、下面ともに 30mm である。輪荷重は図-4 の赤いハッチの部分往復する。輪荷重強度は、道路橋示方書に例示される階段状載荷パターン (4 万回ごとに 19.6KN の増加) を用いた。

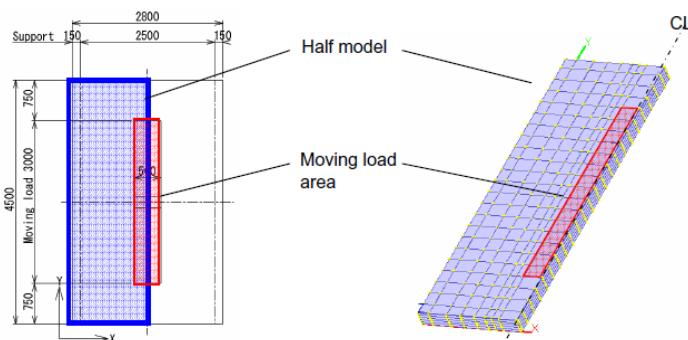


図-4 疲労耐久性予測解析モデル⁴⁾

3.2 解析結果

解析結果を図-5 に示す。輪荷重強度の増加に伴って床版のたわみも増加している。床版のたわみは、20mm 程度で既に使用限界を超過しているものと考えられるが、この段階まで、普通コンクリートを用いた RC 床版に比べて膨張材併用軽量床版の方が、たわみが低いレベルで推移し、解析上は疲労耐久性に優れていることを示している。これは、膨張材併用軽量床版ではケミカルプレストレスによる見かけの引張強度が増加する効果により、繰り返し載荷に対してひび割れが生じにくく、ひび割れ後のすり磨き現象に移行する段階が遅いことによるものと推察される。

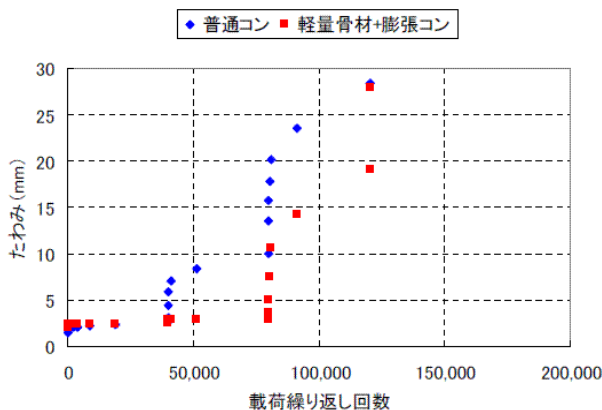


図-5 疲労耐久性予測解析結果

4. まとめ

膨張材併用軽量 RC 床版は、普通 RC 床版に劣らない疲労耐久性を有する可能性が解析的に明らかになった。この結果を踏まえ、実用性の検証を行うため、大型供試体による輪荷重走行試験を実施した。

参考文献 1) 松井ら：人工軽量骨材の道路橋床版への適用を目指した疲労耐久性に関する研究，軽量コンクリートの性能の多様化と利用拡大に関するシンポジウム論文集，2000.8

2) Truong, Viet Phuong and Kishi, T. : Experimental study on shear fatigue behavior through cracks of light weight aggregate expansive concrete, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集，2010.9

3) Esayas Gebreyouhannes et.al.: Shear Fatigue Response of Cracked Concrete Interface.. Journal of Advanced Concrete Technology Vol. 6, No. 2, 365-376, June 2008

4) Mackawa, K., Ishida, T. and Kishi, T. : Multi-scale modeling of structural concrete, Taylor and Francis, 2008.

5) Fujiyama, C. et al. : A proposal of durability assessment for existing bridge deck subjected to heavy traffic, SSMS 2009.