

水平ひび割れを有するコンクリートの動的圧縮特性に関する一考察

名古屋大学 学生会員 ○佐藤 克樹

名古屋大学大学院 正会員 三浦 泰人, 中村 光, 山本 佳士

1. はじめに

我が国の道路橋は高度経済成長期に建設されたものが多く、道路橋床版については経年劣化や疲労、水などの影響で砂利化など深刻な損傷がみられるものも少なくない。RC床版には鉄筋腐食によって圧縮鉄筋をつなぐ水平ひび割れが生じることが確認されており、これがコンクリートの静的、動的圧縮特性に影響を及ぼす可能性がある。しかし、床版内部に水平ひび割れが存在するときの圧縮疲労特性についての研究はなされていないのが現状である。本研究では、3D-RBSM (3次元剛体バネモデル) を用いた解析的観点から、ひび割れがコンクリートの動的圧縮特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 解析手法および解析モデル

本研究では、ひび割れの存在が圧縮応力作用下でその近傍のコンクリートに及ぼす影響を詳細に評価することが重要である。そこで、ひび割れを明示的に直接評価可能な3D-RBSMを用いた解析的検討を行った²⁾。本解析モデルの概要を図-1(a)に示す。解析対象は100×100×300mmの角柱供試体、平均要素寸法は10mmで、赤色で示した部分は載荷版要素である。

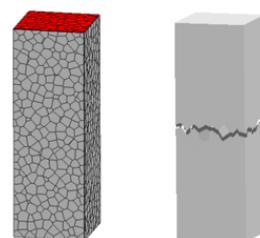
本研究では、図-1(b)に示すような水平ひび割れを導入し、除荷したのちに静的圧縮載荷解析、または繰返し載荷解析を行った。水平ひび割れの導入方法は供試体上端部の載荷版を上向きに変位制御して、所定のひび割れ幅になるまで載荷した。繰返し載荷においては、松本ら³⁾のように構成則上で圧縮疲労による損傷の蓄積をモデル化することせず、塑性ひずみが発生する応力レベルを対象として、導入したひび割れの近傍の応力状態から動的圧縮特性の評価を試みた。

ひび割れ幅が静的圧縮挙動や動的圧縮挙動に及ぼす影響を検討するために、ひび割れ幅0.0mmから1.2mmについて静的圧縮載荷解析を行い、繰返し載荷解析についてはひび割れ幅0.1mmと1.0mmの2ケースについて行った。なお、応力振幅は静的圧縮試験の結果から決定し、ひび割れ幅ごとの圧縮強度を基準として10-75%とした。またひび割れの影響を見るために10-90%のケースも検討した。コンクリートの圧縮強度は20MPaである。

3. 解析結果

3.1 ひび割れを有するコンクリートの静的圧縮挙動の再現

図-2に圧縮強度比-ひび割れ幅関係を示す。実験では、同じ寸法の供試体に割裂試験の要領で水平ひび割れを導入したのち所定のひび割れ幅で載荷をやめ、静的圧縮載荷試験を行った。図-2より、本解析ではひび割れの増大に伴って圧縮強度が低下しているが、実験では、このような低下挙動は見られない⁴⁾。ひび割れ導入方法の違いから、解析ではコンクリート全体に引張応力が作用しているため、損傷領域が大きい可能性がある。



(a) 供試体モデル (b) ひび割れ図

図-1 供試体概要

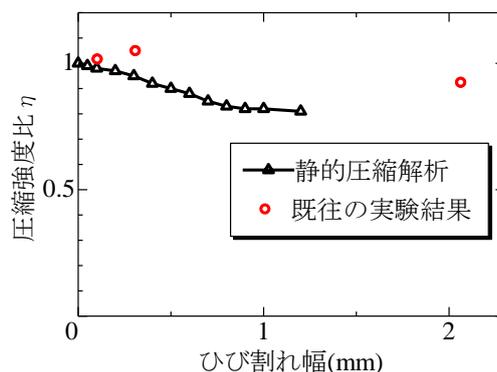


図-2 圧縮強度比-ひび割れ幅関係

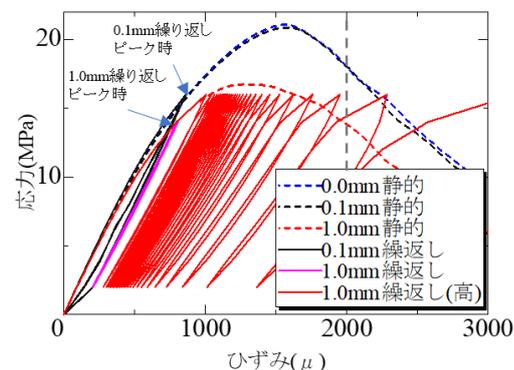


図-3 応力-ひずみ関係

3. 2 ひび割れを有するコンクリートの動的圧縮挙動の評価

図-3 に繰返し载荷解析から得られた応力-ひずみ関係を静的圧縮载荷解析の結果とともに示す。繰返し载荷解析では、ひび割れ幅 0.1mm のケースにおいて 1300 サイクル程度までの载荷では塑性ひずみが進展するような挙動は見られなかった。1.0mm のケースにおいても応力振幅が 10-75% では同様の傾向があった。一方で応力振幅が 10-90% の場合 20 サイクル程度で塑性ひずみが増大した。

4. 水平ひび割れが動的圧縮特性に及ぼす影響の考察

図-4 に、ひび割れ導入時の変形図、静的载荷および応力振幅 10-90% では 2000μ 、ならびに応力振幅 10-75% では最大応力時の圧縮载荷方向の変形図、水平、鉛直方向の応力分布、ひび割れ性状を示す。静的圧縮解析の結果を比較すると、0.0、0.1mm のケースでは広い損傷領域が確認され、せん断変形が卓越した破壊性状であることがわかる。一方、1.0mm のケースはひび割れ近傍の中心付近の領域で破壊が生じており、その破壊性状はそれ以外のケースとは異なることが確認できる。この傾向はひび割れ性状を見ても確認される。また、水平方向応力分布から、0.0、0.1mm のケースでは、ひび割れ箇所に応じて引張、圧縮応力が分布している。これに対して、1.0mm のケースでは導入したひび割れ部に圧縮応力が発生していることが確認できる。繰返し载荷の場合でも概ね同様の傾向であり、1.0mm の場合では、ひび割れ部に圧縮応力が発生していた。10-75% のケースでは 300 サイクルでも損傷が進展することはないが、10-90% のケースではひび割れ部の圧縮応力が生じている領域で損傷が進展した。すなわち、ひび割れが動的な圧縮特性に関与している可能性がある。今回はサイクル数が少ない中での検討であり、静的圧縮強度比とひび割れ幅の関係も異なるため、今後より詳細な検討が必要である。

5. まとめと今後の展望

水平ひび割れの存在によって、ひび割れ近傍に水平方向の圧縮応力が確認され、これがコンクリートの動的圧縮挙動に影響を与えている可能性が示された。今後、疲労のモデルを導入し、ひび割れ幅、角度などの影響を検討することを考えている。

6. 参考文献

- 1) 松井繁之: 移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について, コンクリート工学会年次論文報告集 Vol.9, No.2, pp.627-632, 1987,
- 2) 山本佳土他: 3次元剛体バネモデルによるコンクリート供試体の圧縮破壊解析, 土木学会論文集 Vol.64, No.4, pp.612-630, 2008,
- 3) 松本浩嗣他: メソスケール解析による時間依存荷重を受けるモルタルの損傷・破壊メカニズムと変形挙動, 土木学会論文集 Vol.66, No.4, pp.380-398, 2010,
- 4) 南里卓光他: 初期ひび割れを有するコンクリートの圧縮強度・圧縮破壊エネルギーに関する実験的研究, コンクリート工学会年次論文報告集 Vol.38, No.2, pp.115-120, 2016

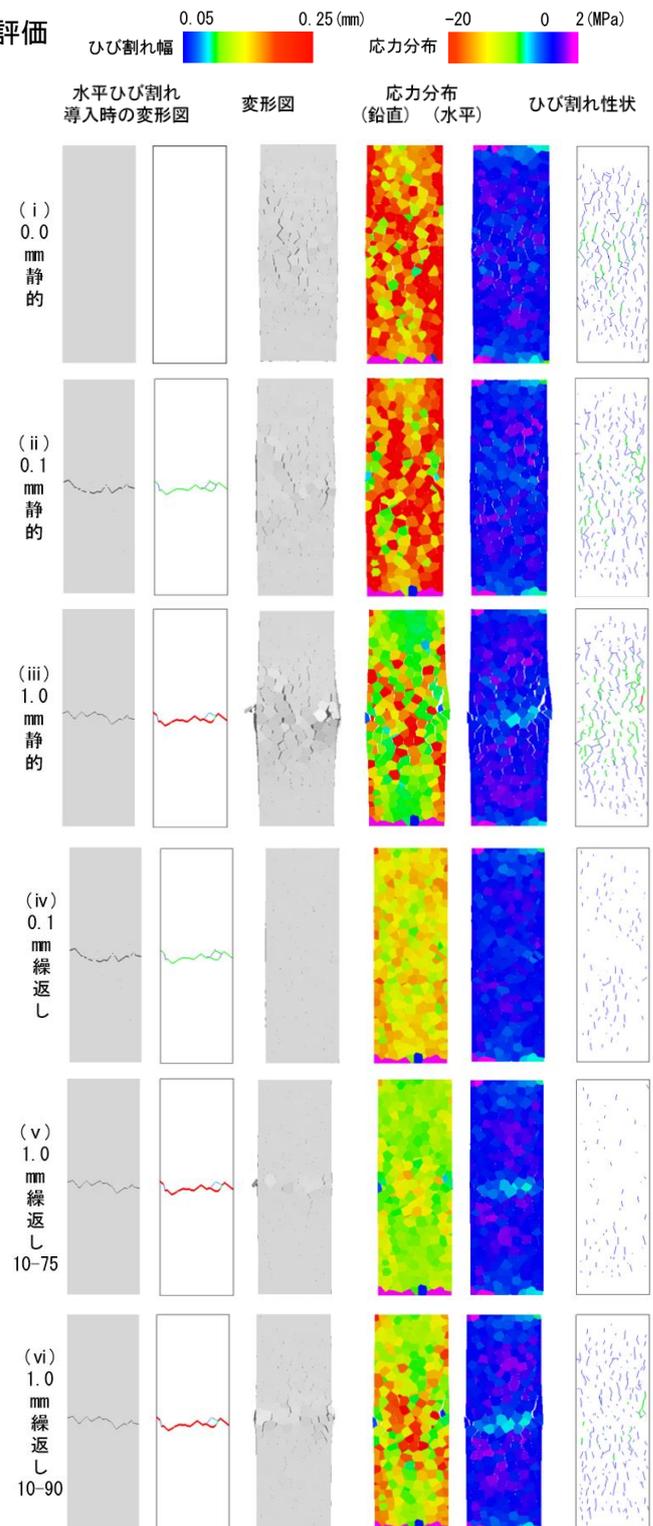


図-4 変形図、応力分布、ひび割れ性状 (2000μ 、ピーク時)