

審査の結果の要旨

氏名 林志海 (Lin, Zhihai)

コンクリート構造物にとってセメントの水和発熱に起因する温度ひび割れの発生は根絶が難しい問題である。最近では、設計段階で構造物の耐久性を検討する耐久性照査設計の導入と性能規定化の流れを受けて、従来よりも高品質なコンクリートの使用が標準となりつつあり、一般的なコンクリートの水セメント比は50%程度にまで低下してきている。このため、比較的大型のマスコンクリート構造物のみならず、一般的な寸法の部材においても、セメントの水和発熱に起因する温度応力と乾燥収縮の組合せによるひび割れが顕著に発生する事例が後を絶たない。このように、水セメント比の低減によるコンクリートの高耐久化と温度ひび割れの抑制は、両立させることが難しい技術的な課題である。

一方、膨張材およびこれを用いた膨張コンクリートの使用は、乾燥収縮に対して顕著な抑制効果があることから、乾燥収縮の場合と同様に、膨張材を用いて温度ひび割れを抑制する試みが行われてきた。しかし、温度ひび割れに対する膨張材の効果は、乾燥収縮に対する効果に比べて限定的であり、一定程度の効果を有するものの温度ひび割れに対する決定打とはなっていなかった。また、温度ひび割れに対する膨張材の効果が限定的である理由についても不明な点が多かった。

本論文は、このような背景の下、セメントの水和発熱による温度変化を与えた供試体に完全拘束を与えた応力測定実験を行い、まず、膨張材を用いたコンクリートに生じる引張応力は、膨張材を用いない通常のコンクリートに生じる引張応力よりも大きくなる傾向にあることを明らかにした。すなわち、膨張材の使用は、コンクリートの硬化過程において進行する自己収縮に対しては確実に抑制効果があるものの、温度履歴に起因した収縮応力の発生に対してはほとんど効果がないか、むしろ負の効果をもたらしている可能性が高いことを明らかにした。したがって、両者の効果は相殺し合い、拘束度が比較的小さい場合には、温度応力が小さいために自己収縮の抑制効果が勝るものの、拘束度が大きい場合には、自己収縮の抑制効果よりも温度応力の発生における負の効果が卓越してしまうものと推察している。温度降下過程において、膨張コンクリートに導入される収縮応力が大きくなる機構については現在のところ完全には解明できていないものの、膨張材の単独使用では、自己収縮や乾

燥収縮に対する収縮補償以上の効果は期待できず、特に拘束度が大きい場合には、膨張材を多量に使用してもその特長を活かすことができないことが明らかにしている。

さらに本論文は、膨張材単独の使用では温度応力に対しては負の効果が認められるものの、膨張材と軽量骨材を併用した場合には、逆に温度応力が顕著に抑制される事実を見出している。軽量骨材を使用すると、プレウェッティングされた軽量骨材中に含まれる水分がセメントの硬化過程で周辺硬化マトリックスに供給されることによる内部養生 (internal curing) 効果により自己収縮ひずみが抑制されることが知られているが、膨張材と軽量骨材の併用効果はこれを大きく上回ることを明らかにした。すなわち、従来知られている自己収縮ひずみの抑制効果のみならず、①相対的に剛性の小さい軽量骨材を使用することで拘束度が高い条件下で軽量骨材に圧縮弾性ひずみが効果的に蓄積され、その解放が温度降下時に収縮応力緩和効果をもたらすこと、および②軽量骨材による内部養生により、毛細管空隙中に生じている毛管力が緩和されて自己収縮応力が低減するため、膨張材が自己収縮応力に抵抗することによる膨張エネルギーの損失がなくなり、膨張効果が有効に発現し、温度降下時においても持続的な膨張が長期に亘って継続し、温度応力の発生を緩和することが明らかにしている。また、部材レベルの中規模実験を実施して、膨張材と軽量骨材の併用という提案手法に顕著な温度ひび割れ抑制効果があることを確認している。

本論文の第1章では、研究の背景と目的を述べ、第2章では、既往の研究についての整理を行っている。第3章では、本研究で使用した温度応力測定装置の作製過程を紹介した上で、従来行われてきた試料のヤング係数評価方法では装置剛性が影響を与えてしまう欠点があることを指摘し、実験過程で強制的に微小な圧縮引張変形を加えてヤング係数の経時変化を取得する方法を提案している。第4章では、膨張材あるいは軽量骨材をそれぞれ単独使用した場合の温度応力抑制効果について検討し、その効果が限定的であることを示した。第5章では、温度変化を伴う硬化過程で生じる全ひずみを解析的な評価方法を用いて各種ひずみ成分に分解して、温度応力抑制機構の検討を行っている。第6章では、膨張材と軽量骨材の併用効果が示す顕著な温度応力抑制効果について機構面での検討を加え、その効果を部材実験によって確認している。第7章には、以上の検討内容をまとめ、本研究の結論が示されている。

以上、本研究は、実務における工学的な適用性が極めて高く、かつ基礎研究の観点からも種々の支配機構を定量的に明らかにした意義は大きく、有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。