

審査の結果の要旨

氏名 酒井 雄也

膨張材は、コンクリートに生来的に生じる収縮を補償してひび割れの発生を抑制し、鉄筋コンクリート構造において所要量以上を混和すれば、ケミカルプレストレスが導入されるなど、コンクリートおよび鉄筋コンクリートの性能を効果的に向上させる魅力的な混和材である。しかし、その特性は構造条件・環境条件等の使用条件によって変化するため、効果の事前把握が難しいこと、膨張量の確認以外の使用効果の定量評価手法が十分には確立されていないこと、結果として、期待に反して十分な使用効果が得られないことがあるなど、膨張材を有効に活用する上での課題は少なくなかった。特に、ケミカルプレストレスコンクリートについては、これまで多くの研究者によって、その特徴的な構造挙動が報告され、個々の挙動に対するメカニズムが個別に提唱されてきたが、その妥当性については不明な部分も多く、挙動と機構を体系的に理解・説明するには至っていなかった。

このような背景の下、本研究は、詳細な実験的検討と解析的検討により、膨張作用がペースト、骨材および鉄筋の各構成要素に与える影響および要素間の相互作用をそれぞれ分離抽出し、ケミカルプレストレスコンクリートが示す特徴的な挙動の支配機構を明らかにし、それらの知見を整理・体系化したものである。

第一章において、研究の背景と目的および既往の研究について概観した後、第二章において、膨張作用が硬化セメントペーストに与える影響を検討している。剛体ばねモデルを用いたシミュレーション結果、ペースト試料破断面形状の目視観察およびSEM観察結果、角柱ペースト供試体の曲げ試験結果等により、ペースト中のひずみのばらつきや微細損傷の存在、および材齢の経過や拘束の付与により、ひずみのばらつきが減少し、微細損傷の発生が抑制されることなど、膨張作用に起因する硬化セメントペーストへの影響を直接的に把握している。

第三章では、骨材の関与に着目した検討を行っている。まず、一度割裂して内部にひずみゲージを設置し再度貼り合わせた粗骨材を膨張コンクリート内に埋め込んで、コンクリートの膨張硬化時の粗骨材のひずみを測定した。その結果、膨張コンクリートに一般的な鉄筋比程度の拘束を与えた条件下でも、粗骨材には引張ひずみが生じていることを明らか

にした。続いて、粗骨材の代わりに、ビー玉やガラスビーズを混入した膨張コンクリートの破断面の観察から、三次元的な拘束を与えた場合にも、ビー玉やガラスビーズの周りには剥離が生じることを確認した。粗骨材を用いた場合には明確な剥離は確認されなかったが、粗骨材周りの帯水状況から、骨材が剥離気味になることを確認している。これらの観察結果から、ケミカルプレストレストコンクリートでは、骨材がセメントペーストから剥離しやすい状態になっており、これが十分に材齢が経過した後においても消失しない材料非線形性の原因であることを明らかにした。また、一般的なコンクリートのように、養生後に乾燥を与えた場合に曲げ耐力が回復するのは、この骨材界面の剥離が乾燥収縮により解消するためであることを明らかにした。

第四章では、膨張作用による鉄筋への影響と構造挙動との関わりについて検討している。まず、膨張ペーストを用いた実験では鉄筋界面に剥離が発生するものの、膨張コンクリートでは、粗骨材の存在により鉄筋周りの剥離が抑制されることを剛体ばねモデルを用いた解析により示した。また、従来、ケミカルプレストレストコンクリートでは付着が良くなるとの指摘があったが、ケミカルプレストレスト部材では、鉄筋の初期ひずみに分布が生じており、プレストレインによる載荷後の鉄筋ひずみの抑制量が一樣でないために、見かけ上、付着応力と比例する載荷後の鉄筋ひずみ分布の勾配が変化したに過ぎないことを明らかにした。

第五章では、本研究で明らかにしてきた硬化ペースト、骨材、鉄筋で生じる微視的な事象とそれらが構造挙動に及ぼす影響を踏まえて、ケミカルプレストレスト部材が示す特徴的な構造挙動の支配機構を包括的に検討している。そして、膨張作用による一次的な影響と、それに起因する二次的な影響としての特徴的な挙動発現との相関関係を図化して整理した。また、整理した知見に基づいて、膨張コンクリート使用の際の留意点や、膨張材の性能を活用しやすい条件等について整理した。

第六章では、明らかにした挙動メカニズムをもとに、膨張材の適切な使用方法の提案を行った。特に、混乱が生じやすいケミカルプレストレインとケミカルプレストレスの意味を明確に整理し、膨張コンクリートのひび割れ発生応力は、ケミカルプレストレスほどには向上しない理由を機構に基づいて明確にした。

以上、本研究は、複雑な構造挙動を示すがゆえに、これまで体系的な機構の解釈が困難であったケミカルプレストレスト部材の構造挙動メカニズムを詳細かつ体系的に明らかにした意義は大きく、また、本研究で得られた知見により、膨張コンクリートの合理的な活用方法や使用上の留意点を提案しており、学術的な新規性と実務における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。