

学位論文の要旨

氏名

上原 尚也

学位論文題目

短繊維で拘束した膨張モルタルのケミカルプレストレス特性に関する基礎研究

本論文は、船体材料や埋設型枠等に利用できる小型・薄肉なモルタル版の開発を行うことを目的とした。これらの構造物には高強度・耐衝撃性が求められることから、プレストレスの利用を考えた。本論文では、小型・薄肉な部材へのプレストレス導入を実現するため、拘束材として短繊維を用いたケミカルプレストレスを取り上げた。

これに関して、短繊維を混入したモルタルの配合、膨張特性、クリープ及び乾燥収縮に関する検討を行った。その結果より、短繊維による拘束およびモルタルの膨張によって導入されるケミカルプレストレスの基本的性質を明らかにするとともに、ケミカルプレストレスを利用した部材を製作する際の必要条件の提示を試みた。本論文は、これらの事項についてまとめたものである。

第1章は、本研究の背景及び目的と、論文の構成について述べた。

第2章は、本論文において取り扱う繊維補強コンクリートおよび膨張コンクリートに関して、従来明らかになっている事項や最近の動向について述べた。また、ケミカルプレストレスの利点と適用上の問題点について触れ、本論文の位置付けを示した。

第3章は、拘束材として短繊維を用いたケミカルプレストレスについて、膨張特性に影響を与える要因を分析し、必要なモルタル配合に関する検討を行った。

モルタルの配合要因として水結合材比、細骨材結合材比、膨張材混入率を採用し、モルタル供試体を用いた実験を行い、膨張ひずみを特性値として整理した。その結果、膨張ひずみは、膨張材混入率だけではなくペースト容積比の影響を受けることが明らかとなった。これらの要因を用いることで、モルタル膨張ひずみの推定方法を構築した。さらに、この方法を用いることで、同一の膨張ひずみを得るための単位膨張材量を最小化し、繊維混入状態の膨張モルタルの配合を決定する方法を提案した。

また、ケミカルプレストレスに影響を及ぼす要因として、膨張ひずみ、水結合材比、繊維長さを挙げ、これらの影響について実験により求めた。繊維長さが短い場合や水結合材比が高い場合には膨張ひずみのみが増加し、ケミカルプレストレスが得られない結果となった。逆に、繊維が長過ぎる場合には作業性を大幅に低下させる。これより、有効なケミカルプレストレスを得るための条件として、水結合材比50%以下、繊維の長さが19~25mm程度、繊維を混入した状態における膨張ひずみを $1000\sim 2000 \times 10^{-6}$ 程度に調整するのが適当であることを示した。

第4章は、ケミカルプレストレスの特性と評価方法について検討を行った。拘束材として極細で不連続な短繊維を用いた場合には、部材内部の応力状態を知ることができないことから、ケミカルプレストレスの存在を裏付けることが困難であった。

まず、膨張モルタルの若材齢時のクリープ特性を把握するための実験を行い、その結果より短繊維による拘束力を求め、用いた検討を加えることにより、モルタルに導入されるケミカルプレストレスを計算により求める方法を示した。

次に、仕事量一定則によるケミカルプレストレスの推定方法について検討を行った。繊維による拘束効果が大きいほど膨張ひずみが小さくなることから、結果として現れる膨張ひずみを利用して繊維による拘束の大きさを求め、ケミカルプレストレスの推定を試みた。

これらの結果より、短繊維を用いて導入されるケミカルプレストレスを推定し、評価することが可能になったものと考えられる。

第5章は、厚さの小さいモルタル部材におけるケミカルプレストレスの利用について検討した。実際に厚さ10mm程度の部材を製作することとし、製造方法としてダイレクトスプレー法の適用性について検討した。

このため、モルタル配合の検討、製作過程で生じた問題点の整理を行った。また、製作した部材の膨張ひずみの増加による強度、ケミカルプレストレスを測定した。

ダイレクトスプレー法においては繊維混入量を増加させられる利点があるが、繊維の配向性に若干の偏りがあることから、拘束特性がその影響を受けて膨張性、強度に影響を与えていることが分かった。

以上の結果より、従来プレストレスの利用が難しいとされてきた薄型部材においても、短繊維を利用したケミカルプレストレスが利用可能であり、今後のプレストレス利用拡大が期待できるものと考えられた。

第6章は、本論文における検討結果を総括し、本論文の結論を述べた。

論文審査の要旨

| | | | |
|------|---------|-------|-------|
| 報告番号 | 理工論 第 号 | 氏 名 | 上原 尚也 |
| 審査委員 | 主 査 | 松本 進 | |
| | 副 査 | 徳富 久二 | 武若 耕司 |

学位論文題目

短繊維で拘束した膨張モルタルのケミカルプレストレス特性に関する基礎研究
(Fundamental Study on Chemical Pre-stress of Expansive Mortar with Chopped Fibers)

審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は短繊維で拘束した膨張モルタルのケミカルプレストレス特性に関して纏めたものである。

第1章は序論であり、研究の背景や問題点等について記述したものである。

第2章では、短繊維を混入した膨張モルタルの膨張特性と配合設計に関する検討を行ったものである。膨張モルタルの膨張ひずみは膨張材料のほかにもペースト容積比の影響を受けることを明らかにし、特にその比率を0.55以上にするのが適切であることを示した。さらに、膨張ひずみの推定式を構築し、これによって配合設計方法を提示した。

第3章では、ケミカルプレストレス特性に及ぼす種々の影響要因に関する検討を行ったもので、膨張ひずみの増加に伴ってケミカルプレストレスが得られ、最大でケミカルプレストレス 2.3 N/mm^2 を得た。水結合材比が大きい場合にはケミカルプレストレスが得られないことを示した。短繊維による有効なケミカルプレストレスを得るには水結合材比 50%以下、繊維長 19-25 mm程度、繊維混入率2-3%および膨張ひずみを 2000×10^{-6} にすることを提案した。

第4章では、ケミカルプレストレスの推定方法およびケミカルプレストレスの特性の検討を行ったもので、クリープ、乾燥収縮および繊維の配向を考慮したケミカルプレストレスの推定式を提案した。実測値と推定値は良い整合が得られ、推定式は安全側の値であることを示した。また、繊維長が短くなるとケミカルプレストレスが得られないことを示した。また、乾燥収縮による影響を検討した結果、短繊維で補強したモルタルは乾燥収縮によるケミカルプレストレスの減少を考慮しなくても良いことを示した。

第5章では、ケミカルプレストレスの薄肉部材への開発に関する検討を行ったもので、ここではダイレクトスプレー法を取上げ、膨張特性、ケミカルプレストレスの観点から、ケミカルプレストレスの実用化の可能性を示した。

第6章は結論である。

以上、本論文は短繊維と膨張モルタルの組み合わせによってケミカルプレストレスが導入され、十分に実用化が可能であることを示したものである。このことは、コンクリート工学の分野において工学的に大きく貢献するものであり、審査委員会は博士(工学)の学位論文として合格と判定した。

学 力 確 認 結 果 の 要 旨

| | | | |
|---------|-----------|-------|-------|
| 報 告 番 号 | 理 工 論 第 号 | 氏 名 | 上原 尚也 |
| 審 査 委 員 | 主 査 | 松本 進 | |
| | 副 査 | 徳富 久二 | 武若 耕司 |

平成19年2月7日、午後3時半から行われた学位論文発表会において審査委員を含む約30名の前で学位論文の内容が説明され、その後以下に示すような質疑応答が行われた。いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

Q：通常のPC構造では、鋼材のリラクセーションが問題になるが、今回の場合、短繊維のリラクセーションは問題にならないのか？

A：論理的にはあると思いますが、長期のケミカルプレストレスが余り減少しないことの結果からみても、繊維のリラクセーションは無いと考えています。

Q：拘束ひずみが分かればケミカルプレストレスが推定できるのに、推定式では、自由膨張ひずみで表しているのは何故か？

A：拘束膨張ひずみはケミカルプレストレスを算定するときに、力と変形の適合条件の中に考慮されている。結果的に自由膨張ひずみが分かれば、ケミカルプレストレスが求まる。

Q：部材の厚みは、どれくらいのを考えているのか？また、薄すぎるとケミカルプレストレスの効果がでないのでは？

A：10mmから40mm程度の薄肉を考えている。薄すぎる場合は繊維とモルタルの付着が十分に取れるということが重要です。

Q：このケミカルプレストレスの技術で船体が造れるか？

A：造れます。なお、繊維の配向が2次元の場合で、0.65、3次元配向の場合で、0.5であることを考えると、部材厚さを余り大きくしない範囲で考慮する方がケミカルプレストレスを有効に利用できる。

Q：短繊維の量が増えれば、靱性が大きくなるのでは？

A：靱性は破壊時の問題であり、本研究では供用時の問題を特に絞って行ったため、特に靱性の問題に対しては検討を行っていない。

Q：膨張ひずみの推定式の中で、 α および β は自由膨張ひずみによって変わってくる。この膨張ひずみは、繊維長にもよって変わってくるのではないか？4章のケミカルプレストレス推定式の中ではこの考慮がされてないのでは？

A：4章の推定式では、短繊維は連続した拘束材として考えているので、 α および β の中に繊維長の影響は考慮していない。しかしながら、繊維長の影響を膨張ひずみの推定式に考慮する方がより望ましいと考えられ、今後の課題としたい。

なお、語学に関しては専門に関する学術論文の英文和訳の課題を与え、適切な和訳がなされていることを確認した。