

[別紙 2]

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 宮 崎 晋 行

繊維補強コンクリート/モルタル(以下 FRC/FRM)の最大の特徴は、延性的であり、破壊に多くのエネルギーを要することである。そのため、ひび割れが生じた後も耐荷能力を直ちに失うことはなく、大地震や岩盤崩落など災害時における人的被害の縮小に貢献する。FRC の特徴である延性は、ひび割れ面間で伝達される荷重によってもたらされ、これはひび割れ面を貫く繊維の引抜特性に起因するものである。従って、繊維の引抜特性は FRC の最も基本的な力学特性といえ、繊維の引抜特性を求めることによって、曲げ特性などを見積もることが可能と考えられる。本研究は、安価にかつ迅速に実施できる引抜試験方法の開発、および、引抜試験結果から一軸引張応力下での力学特性を求める手法の開発を行ったものである。鋼繊維と、最近開発された PET 繊維を主たる対象として、開発した試験方法および提案した推定方法を検証している。また特性の全くわかっていない PET 繊維補強モルタル(PET-FRM)の力学特性を明らかにした。

第3章では、FRCの最も基本的な力学特性ともいえる1本の繊維の引抜特性を得るための試験方法を開発した経緯を述べている。これまで引抜特性に関する研究はある程度見られるものの、ピーク強度以降の領域まで行われたものはほとんど無かった。また、引抜試験結果の妥当性を確認するため、この試験方法により求めた鋼繊維の引抜特性から、SFRMの一軸引張応力下におけるひび割れ後の応力を計算したところ、過去に求められた一軸引張試験結果を定量的に説明できることがわかったとしている。

第4章では、PET 繊維、ポリプロピレン繊維(以下、PP 繊維)と鋼繊維の引抜特性について比較・検討している。その結果、プラスチック繊維では、荷重の小さいうちから繊維が伸びるために、最大引抜抵抗となるときの変位が大きいこと、試験結果のばらつきが小さいこと、最大引抜抵抗以降の引抜抵抗曲線は繊維表面に施されたインデントと同じ周期で波打つが、全体的にはほぼ直線的に減少していること、などが特徴的であったとしている。

第5章では、繊維の引抜過程における載荷速度依存性について実験的に検討している。構造物の長期安定性を考える上で、構造部材の時間依存性挙動の検討は欠かせない。しかし現在までのところ、引抜特性の時間依存性に関する知見は、重要であるにもかかわらずほとんどない。特に PET 繊維や PP 繊維などのプラスチック繊維では粘弾性的な伸びが懸念される。本研究の実験結果によると、鋼繊維の引抜過程における載荷速度依存性は、ばらつきが大きかったものの、モルタルの一軸圧縮強度に関するそれより小さかった。プラスチ

ック繊維では鋼繊維よりも載荷速度依存性は大きかったが、最大引抜抵抗付近ではモルタルの一軸圧縮強度に関するそれと同程度であった。これによって、対象とした 3 繊維（鋼繊維、PET 繊維、PP 繊維）では、時間依存性に関して従来のモルタルないしコンクリートに対する配慮と同程度の配慮をすれば十分といえる。

第 6 章では、繊維の引抜特性と関連が深い FRM の一軸引張特性を求めた。特にひび割れ後の特性を正確に得ることを目的としている。鋼繊維や PET 繊維の混入により、ひび割れ後も繊維の引抜抵抗に起因する応力が観察できた。ひび割れ後において、PET-FRM の応力が極大となる変位は SFRM の数倍にもなること、PET-FRM の応力低下の方が SFRM よりも緩慢であること、などがわかったとしている。しかし、一軸引張試験方法はある程度試験に習熟する必要があり、また一軸圧縮試験と比較するとかなりの手間を要した。そこで、第 3 章と第 4 章に基づいてひび割れ後の応力を推定したところ、試験結果とほぼ一致した。このことから、第 3 章で開発した引抜試験は、FRM の力学特性の中でも特に重要な一軸引張特性を見積もるのに有効であるといえる。

第 7 章では、実用上重要な PET-FRM の曲げ試験を行い、SFRM との比較を行っている。SFRM でも PET-FRM でも、ひび割れ後の特性はプレーン・モルタルよりもかなり改善される。両者で比べると、曲げ強度は SFRM の方が大きい、ひび割れ後に荷重が極大となるときのたわみは PET-FRM の方が数倍程度大きいことがわかった。また試験中に撮影した画像からき裂長さやき裂開口幅を求めたところ、荷重の増減とき裂の発生や進展などとの間に密接な関係があることを確認している。

第 8 章では、SFRM の長期耐久性について述べている。SFRM は導入された直後から、一定期間経過すると鋼繊維が発錆するのではないかと懸念があった。これまでの研究では、腐食しやすい環境下での加速試験が主に行われていたが、本章では、条件が大きく異なる 3 地点における実施工での長期暴露試験を行い、鋼繊維の錆、SFRM の中性化や力学特性などを中心に検討したところ、地下の坑道や地表の法面では鋼繊維は十分な耐久性を示すこと、海岸飛沫帯のように厳しい環境下（塩害が主な問題となる環境下）ではステンレス繊維や高分子の繊維を用いることが望ましいこと、などを指摘している。

本研究は、引張応力下における FRC の特性を総合的に評価するシステムの開発を目指し、引抜試験から曲げ試験までの関連づけに対して一定の知見を加えた。まず、簡単・迅速に実施できる汎用性の高い引抜試験方法を開発した。これによってこれまでは求めるのが困難であった完全引抜抵抗 - 変位曲線を求めることに成功した。次に、引抜試験結果より一軸引張応力下での力学特性を求める手法を提案した。また、鋼繊維と PET 繊維を主たる対象として、引抜試験、一軸引張試験および曲げ試験を実施して、3 者の関係を明らかにした。あわせて特性の全くわかっていない PET-FRC の力学特性を明らかにして、その将来性について提言した。

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。