

[別紙 2]

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 越智 恒男

越智恒男氏により提出された論文では、鋼繊維及び PET 繊維補強コンクリートの開発と応用に関する長年にわたる研究成果が述べられている。

本論文の第 3 章では、鋼繊維補強コンクリート (SFRC) は、繊維補強コンクリートの中で最も曲げ強度、せん断強度及び破壊靱性が大きく、耐衝撃性、耐疲労性、耐磨耗性に優れており、ひび割れ、乾燥収縮、温度変化に対する抵抗性が大きいなどの特性を有する複合材料であることを示すとともに、土木・建築及びアルミナセメント耐火物など広い分野にわたる用途開発をおこない多くの知見を得たと述べられている。例えば、SFRC をトンネル覆工に利用した場合には、以下の効果が挙げられることを明らかにした。覆工コンクリートの巻き厚減少、亀裂破損の防止、安全性・信頼性の向上、早期強度の確保、吹付けに容易に適用できる。また、ダム・河川構造物の場合にはひび割れに対する拘束性があることや、土砂、石礫などの流出による越流部の衝撃破壊や磨耗に対して改善効果があることを明らかにした。さらに、路面舗装への適用の場合には、以下の効果があげられることを明らかにした。舗装厚さを薄くできる、収縮目地間隔を大きくできる、舗装寿命が長くなる、欠けが減少する、凍結融解作用に対し、優れた抵抗性を示す AE 剤を入れた SFRC は、寒冷地帯に特に大きい効果を発揮し寿命延長が期待できる、そり応力が生じにくい。

本論文の第 4 章では、著者が提案し、開発した再生 PET 樹脂を使用したコンクリート補強用の PET 繊維について述べられてる。年間 150 億本も生産されているペットボトルのうち、廃棄されたペットボトルを再生した PET 樹脂を土木・建築などのコンクリート構造物のコンクリート補強用短繊維に再利用することによって、コンクリートの脆性的性質を靱性のある性能に改善できことを検証した。この再生 PET 繊維は、循環型経済システムの中で構築・確立されているリサイクルシステムの中から生み出された繊維であり、製品としての信頼性だけでなく、環境に優しい材料であることが意義深い。PET 繊維は引張強度が高いため、ひび割れ抑制効果があり、コンクリートの靱性を著しく増加させる。また、耐アルカリ性などが他のプラスチックと比較して良好であり、鋼繊維のように腐食しないため、耐久性に優れている。比重が 1.32 で水に沈み、分散性に優れていることから生コン車に直接投入・攪拌してもファイバーボールの発生もなく均一に混ざる。日本道路公団が行う第二東名・名神甲南トンネル工事に PET 繊維を混入した繊維補強覆工、繊維補強吹付けコンクリートが採用されたことからわかるように、コンクリート片の剥落現象を未然に防止するコンクリート構造物や海洋コンクリート構造物、法面保護工などの分野に適用できる。

審査の結果、下記の点を明らかにしたことが評価できることがわかった。

(鋼繊維補強コンクリート)

1. 鋼繊維の製造方法の一つである薄板せん断法を、わが国で初めて開発した。
2. 力学特性の解明に寄与した。すなわち、どのような荷重条件でも完全に破壊するまでに要するエネルギーは顕著に増大する。繰り返し荷重下の疲労や、衝撃荷重の場合ももちろんこれは当てはまる。強度の増大は荷重条件によって顕著な場合とそうでない場合とに分けられる。顕著なのは曲げ強度であり、受ける影響が小さいのが圧縮強度である。打ち込んだ SFRC に加えて、吹付け SFRC についても検討し、後者の異方性について明らかにした。
3. 鋼繊維の錆びが開発当初から懸念されたが、通常の使用では表面を除いて錆びは発生しない。但し、海洋環境下では 10 年程度でかなり劣化する場合があるので注意が必要である。
4. 凍結融解に対する抵抗性は、AE コンクリートとすれば著しく改善され、例えば鋼繊維混入率 1% でプレーンコンクリートと比較して寿命が約 2 倍になる。
5. SFRC の道路舗装、空港舗装、トンネル、法面保護工、併進工法への応用に成功した。個別の応用については、多くの技術者の協力を得たが、著者は一貫して全ての用途開発に携わり、いずれの用途においても SFRC が有効であることを示した。

(PET 繊維補強コンクリート)

1. プラスチックの中でも強度、親水性、耐薬品性の点で比較的良好な特性を示し、さらに安い材料コストの廃 PET ボトルから再生した PET 繊維を提案し、その製造方法を開発した。
2. 試作した PET 繊維を用いて手練りによる混練試験を実施したところ容易に混ざることが判明した。興味深いことに、3% まで PET 繊維混入率を増加させてもファイバーボールが発生することなく、何ら問題なく混ざりあうことがわかった。この結果から PET 繊維の第一の特徴は取り扱いやすさといえよう。
3. PET 繊維補強コンクリートを打設しても吹付けても繊維が浮き上がったり、偏ったりすることなく、PET 繊維補強コンクリートの表面は比較的円滑な状態であり、分散性、施工性が非常に良好であることが判明した。また、吹付けの場合のリバンド率は、SFRC の 30% に対し、約 1/2 であることを示した。
4. 最も危惧されたのは耐アルカリ性であったが、セメント・アルカリに対するいくつかの耐久性試験を行った結果、通常のコンクリート中では問題ないことが判明した。
5. 鉱山坑道、トンネル覆工、林道舗装への応用を試みたところ、良好な成果をあげた。

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。