

超高強度合成繊維補強コンクリートのRC構造部材への適用性に関する研究

野澤, 忠明

<https://hdl.handle.net/2324/7329558>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 野澤 忠明

論文名 : 超高強度合成繊維補強コンクリートの RC 構造部材への適用性に関する研究

区 分 : 乙

論文内容の要旨

コンクリートは多くの土木・建築構造物で用いられており、我が国の発展に大きく貢献してきた建設材料である。一方で、多くのコンクリート構造物が供用後 50 年を超え更新期を迎えている。また、我が国では建設就労人口の減少や社会保障費増大に伴う公共事業費の縮減が進んでおり、建設産業全体の生産性向上や構造物の長寿命化が求められている。超高強度・超高耐久性という特徴を有する超高強度繊維補強コンクリート (UFC) は、部材の軽量化や構造物の長寿命化などを期待できるとともに、現場作業の省力化や維持管理の軽減にもつながり、上記のような我が国が抱える課題を解決し得る材料である。

現在、国内の UFC に関する指針は土木学会「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案)」(UFC 指針) があるが、UFC 指針では、補強に用いられる繊維が高強度の鋼繊維に限られるなど、材料・強度特性など適用範囲を限定した指針となっている。また UFC 指針では、無筋構造またはプレストレストコンクリート (PC) 構造にその用途が限定されており、より多様な構造物への適用を図る上では、ひび割れを許容する鉄筋コンクリート (RC) 構造への適用拡大が望まれる。また、繊維補強効果は、ひび割れ発生後の架橋効果として現れるため、ひび割れを許容する RC 構造物に適用することは、繊維補強効果を有効に活用することにもつながる。

本研究は、補強繊維として腐食のおそれがなくコスト低減も見込める合成繊維のうちポリビニルアルコール短繊維 (PVA 繊維) を用いた、超高強度合成繊維補強コンクリート (PVA-UFC) の各種 RC 構造部材 (梁・柱・床版) への適用性に関する検討を行ったもので、論文は全 7 章から構成される。各章を要約すると以下の通りである。

第 1 章は序論であり、繊維補強コンクリートの種類や技術開発、基準類の現状、既往研究などを整理するとともに、本研究の位置づけおよび目的を記した。

第 2 章では、本研究で対象とした PVA-UFC を構成する各材料の特性に加え、PVA-UFC の製造方法、強度特性や耐久性に関する材料特性を示した。特に、繊維補強コンクリートの特長である引張特性として、割裂引張試験結果から定めたひび割れ発生強度の特性値、切欠き梁の 3 等分点曲げ載荷試験による引張軟化曲線のモデル化の方法、ASTM C190 に基づく直接引張試験結果から定めた引張強度の特性値について述べた。

第 3 章では、PVA-UFC を用いた RC 梁の載荷試験を実施し、その力学特性を明らかにした。なお、UFC の高い強度を十分に活かすため、鉄筋にも高強度の鉄筋である SD685 を用いた。曲げ載荷試験の結果、超高強度かつ高じん性を有する RC 梁においても平面保持の仮定が成立し、一般的な RC 部材と同様の設計手法が適用可能であること等を実験的に示した。さらに、繊維混入率 1.0 ～ 1.7vol.% の範囲では繊維混入率が高いほどひび割れ発生荷重および降伏耐力が向上し、最大ひび

割れ幅が低減することを明らかにした。これらの結果に基づき、繊維混入率に応じて鉄筋応力度を低減させた矩形断面での耐力推定式を提案するとともに、その妥当性について検証した。高強度鉄筋の引張応力度の制限値を 300N/mm^2 まで高めても、発生する最大ひび割れ幅は耐久性上問題のない 0.2mm 以下に抑えられることを確認した。加えて、せん断載荷試験により得られたせん断耐力は各種示方書に基づく計算値を上回ることを示した。さらに、200 万回の繰返し載荷後においても耐力の低下はなく、十分な疲労耐久性を有していることを確認した。

第4章では、コンクリートと主鉄筋の強度を変化させた PVA-UFC 柱の正負交番載荷試験を実施し、その力学特性を確認するとともに、試験の再現解析と柱幅を変化させたパラメトリック解析を実施した。その結果、PVA-UFC が引張力の一部を負担することで帯鉄筋の降伏時の変形能力は改善し、柱の水平耐力が向上した。PVA 繊維はひび割れ幅の拡大を防ぎ、ひび割れの分散と幅の抑制に効果を発揮すること、また、剥落防止の効果も得られることを明らかにした。さらに、一般的な RC 柱と比較し、PVA-UFC 柱では、同じ曲げ耐力を得るために必要な断面積は 40%程度に低減できることを解析的に明らかにした。

第5章では、まず、PVA-UFC 床版の静的荷重に対する特性を調べるため、押抜きせん断試験を実施し、従来の押抜きせん断耐力算定式による推定値よりも高い耐力が得られることを確認した。次に、PVA-UFC 床版の輪荷重走行試験を実施し、輪荷重に対する疲労特性を調べた。その結果、床版厚 120mm と非常に薄型でありながら、寿命 100 年に相当する輪荷重走行 24 万回終了後においても、損傷が無く十分な耐力を有していた。PVA-UFC 床版の設計にあたっては、道路橋示方書に示される最小床版厚よりも薄くなることから、疲労寿命の照査方法を提案した。輪荷重走行後の押抜きせん断試験において、繰返し載荷を与えた床版と与えていない床版とで耐荷力の差はほとんど無く、疲労による耐力の低下は認められず、設計および照査方法が妥当であることを確認した。

第6章では、主に第3章の結果に基づき、実橋梁の架替えを想定した PVA-UFC 桁の設計、製作および載荷試験を行った。その結果、PVA-UFC 桁は RC 構造でありながら PC 構造と同程度の桁高となり、かつ、重量は従来技術（PC ホロー桁）よりも 30%程度軽量化される結果が得られた。また、ライフサイクルコスト（LCC）を試算した結果、従来のコンクリートと比較して PVA-UFC は高価な材料であり初期コストが増大するものの、塩害環境下では供用期間 50~60 年で LCC が逆転し、高耐久性が求められる構造物において経済的に優位となることを示した。

第7章では、本研究で得られた主な結論をまとめるとともに、課題と今後の展望についてまとめた。