

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	高橋 智也
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博乙第491号
学位授与年月日	2024年3月25日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第2項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁の構造特性に関する研究
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 杉本 訓祥 横浜国立大学 教授 松本 由香 横浜国立大学 教授 河端 昌也 横浜国立大学 教授 細田 暁 横浜国立大学 准教授 石田 孝徳

論文及び審査結果の要旨

近年の地震被害では、倒壊の防止や人命・財産保護という最低限の目標は達成されたものの、構造躯体にひび割れや圧壊が生じたり、結果的に建物機能に影響を与える被害が生じた事例が報告されている。これらは、大地震後の継続利用を求める社会的要求に応えられたと言えない。このように、現在の建築物には、建築基準法が求める最低限の目標性能を満足するだけでなく、より高い耐震性やレジリエンスが求められている。本研究は、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）の靱性能に関する材料実験および短スパン梁に関する構造実験を行い、高い損傷抑制性能やレジリエンスを有する RC 短スパン梁を開発し、鋼繊維による力学特性改善効果を評価可能な設計法を提案することを目的としたものである。

本論文は、以下のように6つの章で構成されている。

第1章「序論」では、背景として短スパン梁への要求や損傷制御の重要性と SFRC の概要について述べ、既往研究概要と課題整理により、本研究の目的と方針を明確化している。

第2章「SFRC の引張靱性評価」では、材料特性のうち引張靱性について調合因子の影響を明らかにするために、両端に1.5段フック形状を有する鋼繊維を混入した鋼繊維補強コンクリートを対象に、繊維混入率、強度、骨材種類や空気量などを変動要因として切欠きはりの3点曲げ載荷試験を多数行っている。試験結果の引張軟化曲線をもとに、引張靱性を部材設計へ反映するための圧縮強度との関連性などについて詳細に分析している。

第3章「SFRC 短スパン梁の曲げ特性評価」では、鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁の基本的な構造特性および曲げ特性を把握することを目的に、曲げ降伏型短スパン梁の載荷実験を行っている。変動因子は、鋼繊維混入率、せん断スパン比、主筋の配筋方向、危険断面を架橋する鋼繊維の有無である。復元力特性の骨格曲線と履歴特性について検証し、危険断面を鋼繊維が架橋する場合の曲げ耐力評価法等を提案している。

第4章「SFRC 短スパン梁のせん断特性評価」では、鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁のせん断特性を把握することを目的に、せん断破壊型短スパン梁の載荷実験を行っている。変動因子は、鋼繊維混入率とコンクリートの引張靱性である。実験結果を踏まえた分析により、短期許容せん断力やせん断終局耐力、限界変形評価法を提案している。

第5章「SFRC 短スパン梁の付着特性評価」では、鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁の付着特性を把握することを目的に、付着割裂要素実験を行っている。変動因子は、鋼繊維混入率、主筋の位置、主筋の本数（2本と5本でコーナースプリット型破壊とサイドスプリット型破壊を想定）、横補強筋比である。実験結果に基づき付着割裂強度の評価法を提案している。さらに、第3章で行われた曲げ降伏型梁実験結果を用い、付着割裂強度式の短スパン梁への適用についても検証している。

第6章「本論文の結論と今後の課題」では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の課題について述べている。SFRC 短スパン梁の最大の特徴は、短期荷重レベルの損傷を大きく抑制すること、最大耐力後の過大な損傷を防止し荷重低下を小さく抑えられる高い靱性を有することである、と述べている。従って、本技術はひび割れが生じることが一般的な鉄筋コンクリート造建物における損傷制御技術として有効であり、大地震後の継続使用を可能とする鉄筋コンクリート造建物の構築に寄与し、レジリエンス社会の実現に貢献する成果であるといえると指摘している。さらに、今後の展望として、短スパン梁以外の部位への適用拡大や、適用された架構の地震時応答性状の評価、さらには非線形有限要素法に代表される解析に適用可能な構成則の開発などが望まれると述べている。

以上のように、本研究では、鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁を対象として、大地震時の構造部材について懸念される曲げ・せん断・付着挙動に関する詳細な分析を行い、構造設計に必要な各種の評価手法を提案している。信頼性の高い分析と評価を踏まえて設計手法を提案しており、極めて実用的な成果が示されている。さらに、本研究で行われた研究・分析および評価のプロセスは、今後も新材料開発が行われる可能性の高い鋼繊維補強の実用化に活かすことができ、発展性のある大きな成果といえる。

なお、iThenticate を用いて博士論文全文の剽窃チェックを行ったところ、剽窃が行われていないと判断できる結果であった。著者本人の論文が一致論文として挙げられたほかは、同じ分野の研究論文においてよく用いられる慣用的な表現や、専門用語に関わる表現が一致する程度であり、剽窃に関する問題は無いと判断した。

(試験の結果の要旨)

令和6年1月31日10時半より、建築学棟1階大会議室にて、審査委員全員出席のもとで、高橋智也氏の博士論文公聴会を開催し、学位論文についての口頭発表および質疑応答が行われた。その後、同日11時15分ごろより、同室にて審査委員会を開催し、厳正な審査の結果、審査委員全員一致で、本論文が博士(工学)の学位論文として十分な内容を有していると判断し、合格と判定した。公聴会における質疑応答の内容から、学位論文を中心として関連分野の科目について、博士(工学)の学位を得るにふさわしい学力を有すると判断した。

外国語の学力に関しては、審査付き公表論文のうち1編を英語で執筆し国際会議にて発表していることから、十分な学力を有すると判断した。

学位取得に必要な对外発表論文(査読論文)は以下5編であり要件を満たしている。

- 1) Tomoya Takahashi, Shinichiro Kawamoto, Hideyoshi Watanabe and Kuniyoshi Sugimoto: EXPERIMENTAL STUDY ON STRUCTURAL PERFORMANCE OF SHORT SPAN BEAMS USING STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE, Proceedings for the 6th fib International Congress 2022, pp.1563-1572, 2022.06
- 2) 高橋智也・河本慎一郎・渡辺英義・杉本訓祥: 鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁の曲げせん断実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, pp.733-738, 2022.8
- 3) 渡邊悟士・今井和正・高橋智也・黒岩秀介: 鋼繊維補強コンクリートにおける引張靱性の評価に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.88, No.808, pp.880-887, 2023.6
- 4) 高橋智也・小河雅広・杉山智昭・村松晃次・河本慎一郎・渡辺英義・杉本訓祥: 鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁のせん断特性, 日本建築学会構造系論文集, Vol.88, No.811, pp.1380-1390, 2023.9
- 5) 高橋智也・小河雅広・杉山智昭・村松晃次・河本慎一郎・渡辺英義・杉本訓祥: 鋼繊維補強コンクリートを用いた短スパン梁の付着割裂性状, 日本建築学会構造系論文集, Vol.88, No.813, pp.1545-1556, 2023.11

以上を踏まえて、最終審査は合格と判定した。なお、iThenticate を用いて博士論文全文の剽窃チェックを行ったところ、剽窃が行われていないと判断できる結果であった。著者本人の論文が一致論文として挙げられたほかは、同じ分野の研究論文においてよく用いられる慣用的な表現や、専門用語に関わる表現が一致する程度であり、剽窃に関する問題は無いと判断した。