

氏 名	きたがわ えいじ 北 川 英 二
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 4 6 6 号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	SMC を利用した下水道更生管の極低圧成形手法と設計に関する研究 (主査)
審 査 委 員	教授 濱田泰以 教授 藤井善通 教授 木村照夫 助教授 森田辰郎 助教授 仲井朝美

論文内容の要旨

本論文は、老朽化した下水道管を非掘削で更新する管更生工法の成形と設計において、使用材料である SMC の極低圧成形手法を確立し、極低圧成形用 SMC の材料設計を行うための指標を提案することを目的としている。さらに、SMC 更生管の耐震性などの構造設計に関わる問題を解決することも目的とした。

第 2 章では、0.1MPa 以下の極低圧で平板の SMC をさまざまな温度条件下で成形し、最適な成形温度を明らかにすることにより高温高压成形品と同等のボイド率と力学特性を有する成形品を得る手法を確立した。また、極低圧成形を行う場合の材料選定の指標として Molding Index を提案した。

第 3 章では、第 2 章で確立した SMC の極低圧成形手法において、材料の硬化を判断するために成形品の硬度、粘弾性挙動、残存スチレン量、DSC による未反応量、曲げ特性を測定した。これらの結果から極低圧成形品の硬化判断基準を明らかにした。

第 4 章では、第 2 章と第 3 章で得られた極低圧成形における最適成形条件が更生管の成形に適用可能であるかを検討し、平板における最適成形条件が更生管に対しても適用可能であることを明らかにした。また、SMC を利用した更生管の管厚比 (R/t) と剛性との関係を明らかにした。さらに、超音波による更生管の硬化確認手法を確立し、管更生の課題となる施工後の品質管理手法を提案した。

第 5 章では、二層構造管の実用設計と更生管の耐震性について検討を行った。二層構造管については、実用に応じた設計を行うための支持向上係数を提案した。更生管の耐震性については、下水の流下機能確保という目的を達成するために免震性という観点に立ち、地震発生時の地盤変動に追従する新たな更生管の構造を提案した。また、更生管の耐震性を検証するために地盤変位を考慮した実験を行い、新たな構造の更生管に対する耐震性を明らかにした。

第 6 章では、更生管設計に用いる 50 年後の曲げ弾性率を求めるために実施する 10000 時間のクリープ試験の促進試験として応力緩和試験を行った。得られた結果に時間-温度換算則を適用することにより、1 週間で 50 年後の曲げ弾性率を求めることができることを明らかにした。さらに、その値を 10000 時間のクリープ試験結果と比較、検討することにより、その妥当性を明らかにした。

以上、本研究においては、SMC の極低圧成形手法を確立し、その材料選定を行うための Molding Index を提案した。さらに、SMC 更生管の耐震性など構造設計に関わる問題を解決した。

論文審査の結果の要旨

SMC の成形においては低圧化が進むものの、0.1MPa 以下の極低圧成形条件での研究については例を見ない。そこで本論文では、0.1MPa 以下の極低圧成形は SMC の粘度と成形時間に依存することを、レオペキシー粘度測定、片側加熱による熱伝導測定、成形品の比重測定、ボイド率測定、力学特性の測定により検証し、低粘度で成形時間を長くすることによって SMC を厚さ方向へ流動させ、高温高圧成形品と同等の成形品を得るための極低圧成形手法を確立している。また、SMC の極低圧成形は成形時の粘度と時間に依存するため、成形時の粘度の逆数と成形時間との積を **Molding Index** と名付け、極低圧成形用 SMC の材料選定を定量的に示すための指標の提案を行っている。極低圧成形手法の確立により、管更生分野で安定した成形を行うことができるようになったことは高く評価できる。

管更生工法の材料設計を行うための指針として「管更生の手引き（案）」があり、そこには 6 項目の課題が示されているが、5 年以上経過しているものの、それらの課題に対する対策や研究例は無い。その 6 項目の中で、①二層構造管の実用的な設計値、②更生工法施工後の品質管理手法の確立、③耐震性の考え方、④10000 時間（1 年 3 ヶ月）の長期試験の短時間化、の 4 項目について本論文で検証を行った。本論文で解決し、新たに行った提案は更生管の材料開発に役立ち、工業上高く評価できる。

本論文の内容は次の 6 報に報告されており、全てが申請者を筆頭著者とするものである。

1. 北川英二，仲井朝美，濱田泰以／老朽管更生材（SMC）の低圧成形による強度特性の向上に関する研究，下水道協会誌，Vo.1.40 No.490, pp.187-199 (2003)
2. E.Kitagawa, M.Mizoguchi, A.Nakai, H.Hamada, EVALUATION FOR MECHANICAL PROPERTIES OF LOW PRESSURE-TUBULAR FORMED SMC USED FOR SEWER PIPE REHABILITATION, Proceeding of 14th International Conference on Composite Materials, 182-187 (2003)
3. E.Kitagawa, Y.Fujii, A.Nakai, H.Hamada, Material selection index for super low pressure SMC molding in rehabilitation method of sewer pipe, Journal of Materials: Design and Applications (投稿中)
4. E.Kitagawa, Y.Fujii, A.Nakai, H.Hamada, Proposal of Design Method for GFRP Pipe using SMC, Design, Manufacturing and Applications of Composites, Vol.5, 336-342 (2006)
5. 北川英二，藤井善通，溝口真知子，濱田泰以／下水道更生管の長期寿命予測手法の開発，下水道協会誌，Vol.40 No.494, 127-139 (2003)
6. E.Kitagawa, Y.Fujii, T.Shimizu, S.Baba, M.Mizoguchi, The Lifetime Prediction Method for GFRP Pipe with Time-temperature Superposition Principle, Proceeding 8th Japan International SAMPE Symposium, Nov. 18-21, 485-488 (2003).

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。