

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	ZAZIREJ STANISLAV
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博甲第2512号
学位授与年月日	2024年9月13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1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	Computational study of gas pressure impact on blast-induced fracture in reinforced concrete（衝撃的なガス圧による鉄筋コンクリートの爆破解析）
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 細田 暁 横浜国立大学 客員教授 前川 宏一 横浜国立大学 教授 菊本 統 横浜国立大学 教授 藤山 知加子 横浜国立大学 准教授 小松 怜史

論文及び審査結果の要旨

令和6年8月2日（金）16時15分～17時15分に、土木工学棟セミナー室およびオンラインにて公聴会を行い、その後、審査会は公聴会の後、17:15から同室で引き続き行われた。

本論文は、ニトロメタンに放電することによる気体の膨張圧力により、鉄筋コンクリートにひび割れが発生、進展することでコンクリートを効率的に爆破解体する現象を数値シミュレーションで検討する研究である。数値シミュレーションツールとして、東京大学で前川宏一博士（審査員）らにより長年にわたって開発されてきたCOM3をベースとして本論文で扱う爆破解体現象を再現できるように改良されたプログラムを用いて、既往の研究で報告されている爆破解体実験を再現したものである。種々の影響要因についてパラメトリックスタディが実施された。

序論では、ニトロメタンに放電して爆破解体する技術のニーズと、この現象を数値シミュレーションで再現する技術の必要性、そして本研究の目的がまとめられている。

2章では、本研究に関連する既往の研究がレビューされている。放電破砕に関する既往の研究と、COM3のうち、本研究に関連する材料構成則などがまとめられている。

3章では、液体のニトロメタンが放電により気化し、ガスがコンクリート内の空隙を移動する現象を取り扱うモデルが示されている。既往の6方向のひび割れを考慮できる分散ひび割れモデルによる鉄筋コンクリートの有限要素解析システムに、新たに圧縮性のガスが不飽和の空隙中を移動するモデルが組み込まれたシステムを用いて、ガスの圧力によりひび割れが進展する現象を再現した。高温で高圧状態のガスが、ガスを拘束する周囲のコンクリートにひび割れを発生させ、一方で多孔質であるコンクリート中の空隙を高速で拡散する現象を、動的に解析するシステムの構築に貢献した。

4章では、構築した数値解析システムの検証を、既往の研究で実施された放電破砕による爆破解体の実験結果を用いて行っている。鉄筋コンクリートの版型試験体に対して、ひび割れを誘導する誘導孔を有する条件も含み、ひび割れの発生形態が実験結果と整合することを示した。実験では観察不可能な、ガスが空隙中の移動する状況を、数値解析で可視化した。ガスの圧力は、周囲のコンクリートや鉄筋による拘束の影響を受け、鉄筋の有無により空隙中のガスの圧力が異なることも数値解析により示された。構築した数値解析システムの定性的な検証がなされた。

5章では、構築した数値解析システムを用いて、種々の影響要因についてパラメトリックスタディがなされている。コンクリート中の空隙率、爆破の速度、コンクリートの引張軟化係数、ひび割れの誘導孔の影響、などが数値実験により示された。数値解析システムを構築したことにより、ニトロメタンの放電破砕のメカニズムを深く分析できることが示された。今後は、実験による検証を実施する必要がある。

6章では、本研究で得られた知見がまとめられ、今後の課題に言及している。

博士論文の内容は新規性に富み、工学上有用な知見を多く含んでおり、論文としての体裁も整っており、審査委員全員一致して合格と判定した。

さらに、提出された論文に対して、iThenticateにより剽窃、盗用の不正行為を確認したが、専門用語や短い一般的な現象の定義表現を除き、剽窃や盗用に該当するものは無いことを確認した。

(試験の結果の要旨)

令和6年8月2日(金)16時15分～17時15分に、土木工学棟セミナー室およびオンラインにて公聴会を行い、その後、審査会は公聴会の後、17:15から同室で引き続き行われた。

博士論文の内容に関する質疑応答は次のような項目について行われた。

- (1) 圧縮性のガスが不飽和の空隙中を移動するモデルの詳細
- (2) 鉄筋の拘束により空隙中のガスの圧力が増大する機構
- (3) ダイナマイトによる爆破との違い

博士論文の内容に関する説明およびそれに対する質疑応答に基づき、研究内容の新規性、獨創性、工学上の有用性および論文全体の完成度について審査した結果、本論文は博士学位論文として十分な内容を有していると判断された。

また、質疑応答の結果から、博士論文の研究内容のコンクリート構造、多孔質体力学、熱力学、数値解析手法、および関連する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定された。

外国語としての英語については、本論文や投稿論文を英語で執筆し、また、学会で発表していることから、十分な能力があることが確認された。

修了に必要な単位は全て取得済みである。

以上の結果および学位に必要な条件を全て満たしていることを考慮し、審査委員全員一致して最終試験は合格と判定した。

発刊された投稿論文は以下の通りである。

ZAZIREJ S., MAEKAWA K. and HOSODAA., Poromechanical approach to blast-induced dynamic fracture in concrete, The proceedings of JCI, Vol.46, No.2, pp.55-60, 2024

以上より、最終試験は合格であると認められた。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。