

火災を受けた鉄筋コンクリート造集合住宅の火害部コンクリートの強度低下とその調査手法に関する研究（学位論文要約）

Study on Reduction of Strength and Investigation Method of Reinforced Concrete Building Member after Fire (Summary Paper of the Doctoral Dissertation)

春畑 仁一^{*1}

1. 研究の背景と目的

火災を受けた鉄筋コンクリート造（以下、RC造と記す）建物の構造部材として使用されるコンクリートは、機械的性質、化学的性質および物理的性質にそれぞれ変化が生じ、火災の温度や継続時間の違いによって劣化を受ける範囲や深さが異なる。この劣化範囲や深さを推定することによって、建物を火災前の状態に戻すための補修範囲を把握し、その範囲を適切に補修することで建物の再利用を可能とする。火災を受けた建物の調査（以下、火害調査と記す）においては、劣化を受けた範囲や深さを推定することが重要となる。

本研究の目的は、火災を受けたコンクリートの劣化深さ（以下、火害劣化深さと記す）を推定することである。本研究では、火災を受けたRC造集合住宅の構造部材を対象として、被災した構造部材が受ける火災外力を推定し、コンクリート表面から内部に受けた火害による強度低下の範囲を明確にした。そして、被災した構造部材を補修するために検討される火害劣化深さを推定するため、従来、火害調査で実施しているコンクリートコア（以下、コアと記す）の圧縮強度試験を応用して、被災したコアの表面から深さ方向に連続して臨界応力度を求め、劣化深さを推定する方法を提案した。

2. 学位論文の概要

本論文を構成する各章の概要を以下に示す。

第1章では、本研究の背景と課題、研究の目的、本論文の構成を述べた。

第2章では、火災時にRC造の集合住宅が受ける火災外力を明確にするため、火災建物の被害とコンクリート部材

が受ける火災加熱温度および火災継続時間の検討を行った。なお、本章では火災後の建物からコンクリート部材が受ける火災被害を推定するため、当法人が1981年度～2016年度までに実施した建物の火害調査結果から火災温度または火災継続時間を集計（集計対象件数：191件）した。

第3章では、火災加熱を受けたコンクリート部材の強度低下に関する実験的検討を行った。本章では、第2章で推定した火災温度と火災継続時間から設定した加熱実験条件により火災加熱を与えたコンクリート試験体を作製し、試験体加熱面からJIS規格に基づくコアおよび直径約30mmの小径のコンクリートコア（以下、小径コアと記す）をそれぞれ採取して強度分布を求めた²⁾。

コアの圧縮強度は、加熱面の最高到達温度が高く、コンクリート加熱時間が長くなるほど低下し、火災前と比較して加熱時間が15分で89%程度、30分で76%程度、60分で59%程度、130分では43%程度残存することを確認した。これは、火害調査から得られた圧縮強度残存比よりも1.2～1.3倍高くなる傾向を示した。

小径コアの圧縮強度については、加熱面側と内部で生じた差を確認した。加熱面側（加熱面から60mmまで）の小径コアの圧縮強度は加熱時間が15分で27%、60分では60%程度低下した。一方、内部（加熱面から60mmを超えて120mmまで）の圧縮強度は、加熱時間が60分で16%、130分で32%程度の低下にとどまった。また、小径コアの受熱温度と圧縮強度残存比との関係には高い相関が認められた。これらから、加熱面側から60mmまでのコンクリートの圧縮強度は、加熱時間が15分であっても27%程度の低下が認められることから、火害の影響を少なからず受けていると考えることができ、補修範囲

^{*1} HARUHATA Masakazu：（一財）日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 耐震耐久性調査室 室長代理 博士（工学）

の対象として検討するための判断材料になることが示唆された。

第4章では、火災加熱を受けたコンクリート部材から採取したコアを用いて、変形特異点を深さ方向に連続して求め、その際の応力（以下、臨界応力度と記す）から火害劣化深さを推定する方法について検討を行った。

変形特異点とは、図-1に示すように一軸圧縮によってコンクリートの体積が膨張に転じた時点を示し、臨界応力度はクリープ限界応力や端面摩擦を減じた圧縮強度試験で得られる最大荷重にほぼ相当することが知られている^{3) 4)}。

本章では、火害調査時に被災部の構造部材の圧縮強度を確認する目的で採取されるコアに着目し、従来行われているコアの圧縮強度試験の際に、同時に加熱面から内部に至る劣化深さを求める方法について実験的に検討し、その方法を示した⁵⁾。その結果、図-2に示すように、体積ひずみはコアの深さ方向における最弱部から順に変形特異点に達することを確認し、その臨界応力度を求めることによって、火害劣化深さを定量化した。

第5章では本研究によって得られた結論および今後の課題について述べた。

3. おわりに

火災後の建物の再利用を目的とした火害調査は、被災した構造部材の補修範囲と深さを求めることが重要である。本研究では、RC造の集合住宅の火災に焦点を絞り、火害調査で実施しているコアの圧縮強度試験を応用して、火害部コンクリートの表面から内部における強度分布を従来よりも高い精度で推定できることを明らかとした。この方法を用いることにより、火害部コンクリートの劣化深さの推定精度を格段に向上することが期待できる。

本稿では、学位論文を要約して報告していることから、本研究で取り組んだ詳細な検討内容や設定条件などは割愛している。火災を受けたコンクリートの劣化深さを推定するための調査手法については、一連の技術資料としてその概要をご理解頂きお役立て頂ければ幸いである。

【謝辞】

本研究は、筆者が当法人 試験研究センター環境部耐火防火試験室（当時）ならびに構造部耐震耐久性調査室において、2013年から今日にわたり実施してきた自主研究の成果を纏めたものである。

本論文を纏めるにあたり、東京理科大学大学院池田憲一教授には、大変お忙しい中に懇切丁寧なご指導を頂きました。ここに篤く御礼申し上げます。また、在職中に

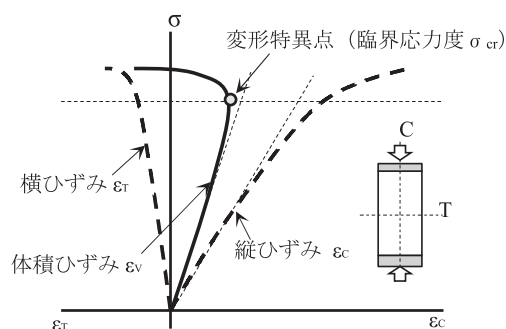


図-1 体積ひずみ曲線と臨界応力度⁵⁾

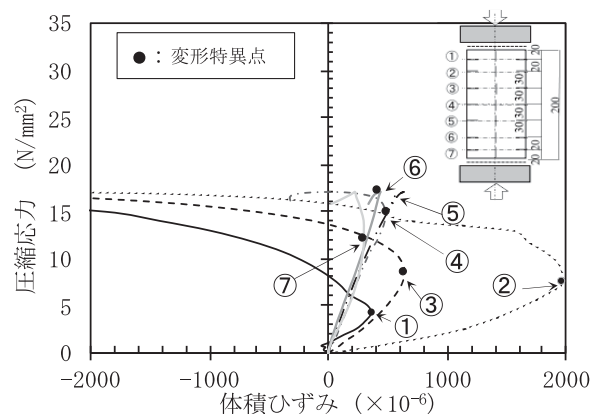


図-2 火害部コアの圧縮応力と体積ひずみの関係(一例)⁵⁾

も関らず研究活動を認めて頂き、その活動を後押しして下さった役職員の皆様に心から感謝申し上げます。加えて本研究における実験の多くは、耐火防火試験室職員の協力を得て実施することができました。とくに同試験室の新井真君には、実験から結果の整理に至るまで多くの協力を得ました。これらの実験は私たちの貴重な財産であるとともに、本論文を構成する重要な要素となっています。ここに心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 春畑仁一, 新井真: 火災を受けた建物の調査・診断に関する統計調査: 日本火災学会 研究発表会概要集, pp.232-233, 2018
- 2) 春畑仁一, 新井真, 池田憲一: 鉄筋コンクリート造集合住宅における火災によるコンクリートの強度低下に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 第85巻 第769号, pp.439-447, 2020
- 3) 谷川恭雄 監修: 硬化コンクリートの性質, セメントジャーナル社, 2004
- 4) 日本コンクリート工学協会: コンクリート便覧, 技報堂出版, p.78, 1976
- 5) 春畑仁一, 新井真, 池田憲一: 火災を受けたコンクリート部材から採取したコアの圧縮応力-体積ひずみ曲線による変形特異点を用いた火害損傷深さの推定に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第84巻 第765号, pp.1497-1502, 2019