

# 「CO<sub>2</sub> 排出量の削減に寄与するコンクリートに関する研究」

## (令和4年度～令和6年度) 評価書 (事前)

令和5年2月7日 (火)

建築研究所研究評価委員会

材料分科会長 大久保 孝昭

### 1. 研究課題の概要

#### (1) 背景等

##### 1) 背景及び目的・必要性

###### ●背景

令和2年10月26日にグリーン社会の実現のために、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」が宣言された。

コンクリートに使用されるセメントは、その製造過程で地球温暖化の主要因である二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を多く排出する。その量は、セメント協会の調査によると年間4000万tを超え、国内産業部門では電力、鉄鋼、化学に続く第4位の排出源であり、コンクリート分野におけるCO<sub>2</sub>削減への対応は喫緊の課題となっている。近年では、セメントを使用せずに、セメント・コンクリート系廃棄物を原材料とした新たな(いわゆる)コンクリートを製造する技術が提案されるなど、コンクリート分野においてもセメントの使用削減に向けた研究開発がなされている。しかし、それらを適用するための技術基準(仕様、設計・施工規準、性能評価手法など)の標準化に関しては、建築では時間がかかる。そのため、建築のコンクリート分野においてカーボンニュートラルを早期に実現するためには、現行のルールを変更する、または、ルールの解釈を変更するなどの方法が良いと考えられる。

一方、既存建築物、例えば分譲マンションストックは、令和2年末時点で約675.3万戸、そのうち、築30年超が約231.9万戸、築40年超は約103.3万戸あり、築40年超のマンションは10年後に約2.2倍、20年後に約3.9倍となる見込みである。持続型社会の形成という観点から、これらのストックを長期に供用し続けるためには、コンクリートによる鉄筋の保護効果を高めて鉄筋腐食を防ぐ必要がある。そのため、仕上材料によりコンクリートを保護するなどして、炭酸ガスや塩分が浸透しないような措置をとることが重要である。

###### ●目的

本研究では、セメント使用に関するCO<sub>2</sub>排出量の削減に向けて「セメント使用量を減じたコンクリート」、「普通セメント代替である混合セメントを用いたコンクリート」に関する検討を行う。なお、セメント使用量を減じたコンクリートは鉄筋の保護効果が劣り、耐久性が低下しやすくなる可能性がある。そこで、耐久性の観点から「混合セメントを用いたコンクリートの仕上材料による保護効果」、「セメントの使用量(普通セメントと混合セメントの使い分け)」に関する検討を行う。

以上から、本研究では、耐久性を確保しつつ、CO<sub>2</sub>排出量の削減に寄与する鉄筋コンクリート造建築物の実現を目指す。

###### ●必要性

建築におけるコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量の削減など、グリーン社会の実現に向けた技術開発を建築基準類と関連づけて検討ができるのは、建築研究所の他にはない。

## 2) 前課題における成果との関係

課題名：建築材料の状態・挙動に基づく RC 造建築物の耐久性評価に関する研究

成果の概要：本研究では、RC 造建築物を長期に使用する上で必要となる建築材料の状態・挙動に基づく耐久性確保の方法を整備することを目的とし、①中性化や塩害による鉄筋腐食評価手法、②鉄筋コンクリートの耐久性に及ぼす構成材料の影響評価手法、③建築物の変状・損傷の早期確認と診断支援技術、について検討し、本研究に関わる項目（①、②）に関しては、以下の知見などを得た。

- ・経年した RC 造マンションに関する目視調査などにより、目視調査によるマンションの老朽化状態の評価方法基準案を提案した。
- ・長期優良住宅認定に係る仕上塗材の中性化抑制効果の評価方法基準案などを提示した。
- ・RC 造壁を模擬した試験体（打放し、モルタル仕上げ）の電食試験により、目視による壁面のコンクリート剥離および剥落の危険性を判定する手法を提案した。
- ・津波などにより一時的に海水を被ったコンクリートを模擬したコンクリートに関して、ばくろ3年時までの試験から、一時的に海水（実験では塩水）を被った後の塩分浸透特性は、初期とほとんど変わらないことを示した。
- ・鉄筋腐食に与える影響が大きいコンクリート内部の水分状態に関して、一定期間のコンクリート内部の温湿度状態から、気象のデータを用いて将来予測する手法を提案した。

## (2) 研究開発の概要

本研究では、建築のコンクリート分野において、耐久性を確保しつつ、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に寄与する鉄筋コンクリート造建築物の実現を目指して、以下の課題について検討を行う。

- (1) セメント使用量を減じたコンクリートによる CO<sub>2</sub> 排出量削減に関する検討
- (2) 建築分野における混合セメントの積極的活用に関する検討
- (3) 混合セメントを用いた RC 建築部材の耐久設計技術に関する検討
- (4) 「耐久性確保×CO<sub>2</sub> 排出量削減」に向けたセメント選定に関する検討

## (3) 達成すべき目標

(1) セメント使用量を減じたコンクリートについて、強度特性に関する知見を収集し、コンクリートのセメント量と強度特性の関係を示す。

(2) 普通セメント代替である混合セメントを用いたコンクリートについて、セメントが異なるコンクリートの促進試験による中性化特性に関する知見を収集し、両者の違いを示す。

(3) 混合セメントを用いたコンクリートの仕上材料による保護効果について、コンクリートの促進試験による中性化特性に関する知見を収集し、混合セメントを用いたコンクリートに仕上材料を施した場合の中性化抑制効果について示す。

既存鉄筋コンクリート造建築物を対象として仕上材料を用いたコンクリートの保護効果に関して継続して検討を行っている内容について、屋外ばくろ（実環境）約 10 年時における仕上材料の保護効果を示す。また、仕上材料が施されて塩害環境下に 30 年さらされている鉄筋コンクリート造建築物の調査を行い、仕上材料の塩害からの躯体保護効果を示す。そして、津波などにより一時的に海水を被ったコンクリートのばくろ 5 年時試験から、海水を一時的に被った後の塩分浸透特性を示す。

(4) セメントの使用方法について、供試体レベルで異なるセメントを用いたコンクリート界面部分における物質透過性の違い、鉄筋腐食について示す。

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：材料分科会）

1. 背景（目的・必要性）及び目標とする成果、成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合しているか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・地球環境問題の一つである地球温暖化への対応は、わが国だけではなく世界的な重要課題である。すべての建築で活用されるコンクリートについて、CO<sub>2</sub>削減を目指すという本課題は、まさに社会ニーズに適合している。また、これを達成するための具体性のある研究課題が設定されている。
- ・建築のコンクリート分野における「カーボンニュートラル」に寄与する鉄筋コンクリート造建築物の実現という目標は国の方針や社会のニーズに適合している。研究開発の計画として、主にセメントに着目し、使用量、混合セメントの積極的利用、耐久性、使用方法など、目的を達成するための研究開発の計画が適切に立案されている。
- ・国の方針や社会のニーズに適合している。  
研究開発の計画が具体的に立案されている。
- ・建築におけるコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量の削減は、グリーン社会の実現に向けた技術開発であり、耐久性を確保しつつ、セメントの使用に関するCO<sub>2</sub>排出量の削減に向けて「セメント使用量を減じたコンクリート」、「普通セメント代替である混合セメントを用いたコンクリート」に関する研究等を実施するものであり、具体的な成果が期待される。
- ・カーボンニュートラルは全産業の重要な課題であり、建築分野でも様々な取り組みが行われている。本課題はその一つであるコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量を抑制する取り組みを牽引するものであり、国の方針や社会のニーズに適合していると考えられる。研究開発の計画も、具体的に立案されていると評価できる。

2. 他機関との連携等、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られているか。技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・UR都市機構、建築研究開発コンソーシアム、NSKなどと連携し、技術開発を効率的に行い、成果を情報発信する体制が整えられている。
- ・本課題は多くの機関で遂行されており、効率の良い連携、協働が望まれる。
- ・UR都市機構、日本建築仕上材工業会、リフリート工業会、建築研究開発コンソーシアムとの連携で、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られている。技術資料のとりまとめにより、建築基準法、各種仕様書・指針に活用されることを考えており、成果の最大化のための取組もなされている。
- ・他機関との連携もあり効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が計画されている。
- ・建築研究開発コンソーシアム、UR都市機構などと連携し、効果的かつ効率的な研究を行っているとして評価できる。また、建築工事標準仕様書（建築工事編）、建築工事監理指針、日本建築学会の仕様書や指針類などを通じ、広くコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量を抑制するための技術的な支援を行えるものと考えられる。

3. 研究開発が目標に向けて順調に進捗しているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・具体的に4項目の課題を設定し、それぞれ本年度までの目標を順調に達成している。実験の進捗状況も問題がなく、これまでの成果の発信も適切になされている。
- ・順調に進捗している。

- ・順調である。
- ・順調に進捗しているものと判断される。
- ・研究開発は順調に進んでいると評価できる。令和4年度の論文数、講演会や雑誌等を通じた発表数なども十分であり、研究開発が問題なく進捗していることを裏付けている。

#### 4. 総合所見

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・これまで多くの研究者が取り組んできた課題も含まれているが、研究課題を明快に4項目に分け、明確な目標を設定して研究が進捗しており、成果への期待が大きい。コンクリート工学に関する単なる学術成果ではなく、品確法や長期優良住宅制度などの行政施策を支援する方策も立案されており、建築研究所に相応しい研究と評価される。
- ・コンクリートの材料調合、施工、耐久性など、他機関の成果も含め整理し、各種基準、規定、関連指針の改定に技術資料として利便性の高い枠組みが構築できることを期待する。また、設計段階だけでなく構造体構築後での具体的なCO<sub>2</sub>削減効果についての評価方法の確立もできると良い。
- ・重要な課題である。目標の達成状況も良好である。  
これまでに多くの研究が行われてそれぞれに成果が出ていると思われるので、それらを整理して検討を進めていただき、有用なアウトカムを出していただきたい。  
コンクリートでもカーボンニュートラルに大きく貢献出来ていることを、一般社会に対してもアピールすることが大切だと考える。  
論文、学会発表もしっかり行われており、アウトカムも適切に考えられている。  
提案コンクリートの材料特性に焦点をあてている研究だと思われるが、これを構造部材に適用した時に耐久性以外の検討課題もあると思われるので、その方向にも焦点をあてていただきたい。
- ・本研究課題は、コンクリート建築物の耐久性を確保しつつ、CO<sub>2</sub>排出量の削減などグリーン社会に向けた技術開発が実施されるのもので、具体的な成果が期待される。
- ・CO<sub>2</sub>排出量削減に向けた取り組みとして重要な課題と考える。また、スマートフォンアプリのような日常生活で利用できるツールを用いた劣化度評価手法などにも着目しており、時代にあわせた適切な技術が研究開発に組み込まれていると評価できる。

#### 参考：建築研究所としての対応内容

- ・背景（目的・必要性）及び目標とする成果、成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合しているか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。  
すべての建築で活用されるコンクリートについて、CO<sub>2</sub>削減を目指すという本課題は、まさに社会ニーズに適合している。  
⇒本課題では、現状のルールでCO<sub>2</sub>削減が実現可能な範囲のコンクリートをテーマとしているが、現状のルールでは取り扱うことが困難なジオポリマーや、クリンカレスコンクリート等についても、国総研と連携により検討を行っていく。
- ・所見「4. 総合所見」  
設計段階だけでなく構造体構築後での具体的なCO<sub>2</sub>削減効果についての評価方法の確立もできると良い。  
⇒一般課題で、CO<sub>2</sub>固定に関する検討を行っているので、そちらの課題と連携して、将来的に、設計から施工、解体といった一連の流れにおけるCO<sub>2</sub>の評価方法が検討できればと考えている。

・ 所見「4. 総合所見」

提案コンクリートの材料特性に焦点をあてている研究だと思われるが、これを構造部材に適用した時に耐久性以外の検討課題もあると思われるので、その方向にも焦点をあてていただきたい。

⇒本研究期間（令和 4～6 年度）においては、材料特性について把握することに主眼を置き、次の期間（令和 7～9 年度）で部材としての特性について検討していく所存である。

3. 評価結果

- A 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができる。
- ~~B 研究開発課題として、目標の達成を概ね見込むことができる。~~
- ~~C 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができない。~~