

「CO₂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3年12月17日(金)

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) 背景及び目的・必要性

1-1) 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(CO₂)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CO₂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。

1-2) 目的

本研究では、セメント使用に関するCO₂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、CO₂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。

1-3) 建築研究所で実施する必要性・妥当性

建築におけるコンクリートのCO₂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、CO₂ 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関する検討
- （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関する検討
- （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関する検討
- （4）セメントの使用方法（普通セメントと混合セメントの使い分け）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研究開発の「目的・必要性」は十分に説明されているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・CO₂排出量の削減という全世界的な課題の解決に貢献する重要なテーマであり、研究目的を大きく2つに設定し、目的達成のための課題設定も適切である。本研究の必要性・重要性は言うまでもない。
- ・本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的・必要性について十分説明された。
- ・十分である。
- ・背景・目的・必要性はよく説明されている。
- ・CO₂排出量の削減は我が国にとって重要な課題である。本課題でも「2050年カーボンニュートラル」、既存ストックの活用といった社会背景も説明されており、目的と必要性は十分に説明されている。

②研究開発の「具体的計画」は適切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。

- ・具体的な研究課題として、4テーマを設定しており、それぞれの研究計画も明快である。
- ・研究計画として、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。
- ・適切である。
- ・適切に説明がなされている。
- ・セメント使用量を減じたコンクリートに関する検討など、4つの項目に分類した研究計画の実施内容を年度ごとに取り纏めており、適切に立案されている。

③研究開発の「体制」は適切に計画されているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・分科会でも意見が出されたように、本分野については、これまでも多くの知見がある。建築研究開発コンソーシアム等を活用して、この分野の専門家に意見や協力を依頼できる体制づくりも、有意義と思われる。
- ・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。
- ・適切である。
- ・関連研究分野、外部機関との連携も適切に計画されている。
- ・建築研究所としての活動だけでなく、建築研究開発コンソーシアム、UR都市機構などとの連携についても計画されており、研究体制は適切に計画されている。

④以下の観点から見て建築研究所に相応しい研究開発課題と認められるか。

- 本研究開発の独自性・新規性
- 他機関では必ずしも実施されない又は他機関との重複が無いこと
- 国の行政施策の立案や技術基準の作成又は国際地震工学研修の実施に資すること

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・まさに、建築研究所が主導して、成果を取りまとめるべき課題である。各種法律やそのバックボーンとなる技術基準に反映させる成果が期待できる。
- ・研究には独自性・新規性が見られること、国の方針や社会のニーズに適合していること、他機関との連携で進める点など建築研究所に相応しい研究開発課題である。

- ・相応しいと認められる。
- ・建築研究所が、先導的に実施する重要な課題であると評価できる。
- ・これまで本研究テーマには様々な研究機関が取り組んできたものの、研究成果を実際の市場に反映できたとはいえない。本課題は建築研究所の利点を活かした大規模かつ長期的な実験を含んだものとなっており、独自性、新規性のあるものとなっている。他機関との重複もない。結果は建築工事標準仕様書などに反映するものと考えている。

⑤「目標とする成果」及び「成果の活用方法」は適切に設定されているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・目標成果は明確である。成果の活用について法律や基準の改正等に役立てることは、建築研究所として適切である。民間技術の先導という点についても、本研究の実施課程で明確にし、積極的に公表して欲しい。
- ・CO₂削減のための具体的な方法が得られること、鉄筋コンクリート造建築物の設計が可能となるようなツールを目指す点、各種基準、規定、関連指針の改定に技術資料として活用されることなど、成果及び活用方法は適切に設定されている。
- ・適切である。
- ・各研究課題の目標とする成果とその活用方法に関しては、適切に設定されている。
- ・上記4.とも連動し、適切に設定されている。

⑥総合所見

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・非常に重要な課題であり、この時期に建築研究所が我が国の技術を取りまとめて、技術先導を行うべき課題である。

(以下参考)

分科会でも述べたが、具体的な研究計画では、社会や業界が注目する課題名とした方が良いと感じた。例えば、

1)セメント使用量を減じたコンクリートに関する検討

→セメント使用量を減じたコンクリートによるCO₂排出量の低減

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関する検討

→混合セメントを建築分野で積極的に活用するためのコンクリート技術の検討

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関する検討

→混合セメントを用いたRC建築部材の耐久設計技術

4)セメントの使用方法(普通セメントと混合セメントの使い分け)に関する検討

→「JIS A5308・特記事項：使用するセメント」の選定のための検討

- ・コンクリートCO₂削減に関して、コンクリートの材料調合、施工、耐久性など既往の成果も含め整理し利便性の高い枠組みができることを期待する。
- ・重要な課題である。

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。

- ・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、CO₂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。
- ・前述したように、CO₂排出量の削減は我が国にとって重要な課題であり、各分野が個々に取り組んでいく必要がある。建築材料・施工の分野では、セメントの製造に起因するコンクリートのCO₂原単位の問題、スクラップアンドビルドに起因する建設時CO₂排出量の問題などに取り組む必要があり、本課題はそれらの改善に資する結果を得られるものと考えている。

(参考) 建築研究所としての対応内容

- ・所見「③研究開発の「体制」は適切に計画されているか。」への対応
分科会でも意見が出されたように、本分野については、これまでも多くの知見がある。建築研究開発コンソーシアム等を活用して、この分野の専門家に意見や協力を依頼できる体制づくりも、有意義と思われる。
 ⇒適宜、コンソーシアム等に専門家を招き、意見等を依頼できるような体制とする。
- ・所見「④建築研究所に相応しい研究開発課題と認められるか。」への対応
これまで本研究テーマには様々な研究機関が取り組んできたものの、研究成果を実際の市場に反映できたとは言えない。本課題は建築研究所の利点を活かした大規模かつ長期的な実験を含んだものとなり、独自性、新規性のあるものとなっている。他機関との重複もない。結果は建築工事標準仕様書などに反映するものと考えている。
 ⇒国立研究開発法人として研究成果が実際の市場に展開されるように、仕様書等に反映させていく予定である。
- ・所見「⑤「目標とする成果」及び「成果の活用方法」は適切に設定されているか。」への対応
CO₂削減のための具体的な方法が得られること、鉄筋コンクリート造建築物の設計が可能となるようなツールを目指す点、各種基準、規定、関連指針の改定に技術資料として活用されることなど、成果及び活用方法は適切に設定されている。
 ⇒成果が各種基準、規定、関連指針の改定に技術資料として活用されるとともに、CO₂削減という観点から、鉄筋コンクリート造を設計する際のツールとして活用されるような成果を目指す。
- ・所見「⑥総合所見」への対応
分科会でも述べたが、具体的な研究計画では、社会や業界が注目する課題名とした方が良いと感じた。例えば、
 - 1) セメント使用量を減じたコンクリートに関する検討
 →セメント使用量を減じたコンクリートによるCO₂排出量の低減
 - 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関する検討
 →混合セメントを建築分野で積極的に活用するためのコンクリート技術の検討
 - 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関する検討
 →混合セメントを用いたRC建築部材の耐久設計技術
 - 4) セメントの使用方法(普通セメントと混合セメントの使い分け)に関する検討
 →「JIS A5308・特記事項：使用するセメント」の選定のための検討

⇒各課題名を以下として研究に取り組む。

- 1) セメント使用量を減じたコンクリートによる CO₂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×CO₂排出量削減」に向けたセメント選定に関する検討

・所見「⑥総合所見」への対応

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。

⇒本研究がカーボンニュートラルに貢献していることをアピールできるような情報公開を目指す。

3. 評価結果

- A 新規研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。
- ~~□ B 新規研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。~~
- ~~□ C 新規研究開発課題として、実施すべきでない。~~