

「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 (終了時)

令和7年2月17日(月)
建築研究所研究評価委員会
材料分科会長 佐藤 雅俊

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(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。

●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。

●必要性

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

(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) 研究開発の成果が十分に得られているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・各研究課題に対して、計画通りの成果が得られている。
- ・屋外暴露試験、実構造物での計測を通して、十分な成果が得られている。
- ・研究開発の内容である、セメント使用量、混合セメントの積極的利用、耐久性、使用方法などについて十分な研究成果が得られている。
- ・期間内で得るべき成果として十分である。
- ・研究開発の成果は当初目標を満たしており、十分に得られたと考える。CO₂排出量の削減に寄与するコンクリートの設計では、コンクリートの耐久性と目標とするCO₂排出量の抑制量のトレードオフを最適化する必要があるが、本課題の3年間の実験により、これらの検討に資する多くのデータを蓄積できたと考えている。

(2) その他の評価（研究成果の発表状況、外部機関との連携等に関する評価）

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・研究成果の公表や外部機関との連携も十分対応されていると評価できる。
- ・学会等に18編の論文を発表し、専門雑誌等で6編の寄稿を行っており、外部機関との連携は十分である。
- ・研究成果が多く発表されている。外部機関との連携も適切に行われている。
- ・マニュアル・指針等への反映、査読付論文・雑誌への発表、技術指導、外部機関との連携など、すべての面で活発に行われている。
- ・研究成果は多くの学協会で公表されており、十分に周知されていると考える。外部機関との連携に関しても、UR都市機構、日本建築仕上材工業会、リフリート工業会、建築防災協会、東京理科大学、大手ゼネコンなどを行っており、精力的に活動してきたと考える。

(3) 総合所見

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ・建築におけるコンクリートのCO₂排出量の削減は、グリーン社会の実現に向けた技術開発課題であり、耐久性を確保しつつ、セメントの使用に関する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」などを用いた鉄筋コンクリート造建築物の実現を目指すものであり、当初の計画に基づく研究成果が得られたものと評価できる。これらの成果が、次年度から実施される「低炭素型コンクリート等のさらなる普及に向けた調査設計・耐久設計の合理化に関する技術開発」に反映されることを期待したい。
- ・研究課題を項目ごとに設定して、明確な目標を設定して研究が実施された。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、建築研究所の研究成果として相応しい内容と評価される。
- ・「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おり引き続き成果を期待したい。
- ・コンクリートでもカーボンニュートラルに大きく貢献することを目指した重要な研究で、着実に成果をあげられている。単位セメント量を減じたコンクリートに関して、日建連との意見交換などを実施するなど、今後の基盤整備等に向け引き続き、進めていただきたい。混合セメントを用いたコンクリートに対する耐久性試験により、貴重なデータが現在も継続的に得られており、設計合理化につながる

ことを期待する。

- ・精力的な実験の実施などにより、多くのデータを蓄積できたと考えている。後継する次の課題の中で、CO₂ 排出量の削減に寄与するコンクリートの最適設計方法が提案できるように進めて頂ければと考えている。

参考：建築研究所としての対応内容

- ・所見「(3) 総合所見」

これらの成果が、次年度から実施される「低炭素型コンクリート等のさらなる普及に向けた調合設計・耐久設計の合理化に関する技術開発」に反映されることを期待したい。

混合セメントを用いたコンクリートに対する耐久性試験により、貴重なデータが現在も継続的に得られており、設計合理化につながることを期待する。

⇒本課題で得られた成果は学術論文等として公表を進めていく。また、本課題で開始したばくろ試験については後継課題で測定を継続し、合理化に資するデータの拡充に努める。

3. 評価結果

- A 本研究で目指した目標を達成できた。
- ~~□ B 本研究で目指した目標を概ね達成できた。~~
- ~~□ C 本研究で目指した目標を達成できなかった。~~