

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成22年6月15日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19760384

研究課題名（和文） コンクリート構造物における炭酸ガス固定化効果の基礎的検討

研究課題名（英文） Fundamental study on carbon-footprint analysis for concrete structures

研究代表者 田村雅紀（MASAKI TAMURA）

工学院大学 工学部 准教授

研究者番号：80315754

研究成果の概要（和文）：

国内では、コンクリートおよびコンクリート構造物における環境配慮を促進するために、コンクリート材料の開発とコンクリートの運用システムの改善を推進し、環境負荷低減効果を具体的に示すことが求められている。

本研究では、コンクリート構造物における炭酸ガス固定化効果の基礎的検討として、各種セメントを用いたコンクリート材料における炭酸化現象を実験的に捉え、環境負荷低減に資する技術的仕組みを示すとともに、骨材の需給バランスが不安定になり、局所的に同一種類の骨材を使用せざるを得ない状況も生じることを踏まえ、その状況に対応するコンクリートをファミリー型のコンクリートとし、その基礎的物性についても同様に評価を行う。そして、最後に、コンクリート材料の運用システムで環境負荷を生じやすい輸送段階に着眼し、材料供給地と消費地までの輸送距離と、輸送量ならびに二酸化炭素排出量による環境負荷評価を輸送手段の区別を踏まえて行い、環境負荷低減に資するシステム運用上の課題について整理をおこなう。

研究成果の概要（英文）：

In Japan, it would be essential to develop resource conservation system regarding environmental conscious concrete and its concrete structures.

In this study, it was conducted the experiment for evaluating the fundamental properties of carbonated concrete using some kinds of cement materials and the conditions of carbon-footprint of transportation of concrete materials by track or shipment. Next, the fundamental properties of concrete fully contained of secondary construction byproducts such as recycle aggregates and solid stone powders were investigated and the environmental effect evaluation under practicing the proactive use of these secondary byproducts in concrete was evaluated. Finally, the state conditions of transportation on concrete aggregate to be considered transported distances, aggregate mass volume and number of times of transportation and CO2 emissions in comparison with the transportation ways were investigated.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|------|-----------|---------|-----------|
| 19年度 | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 |
| 20年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 21年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,200,000 | 300,000 | 3,500,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：コンクリート，炭酸ガス，地球環境保全

1. 研究開始当初の背景

2005年の京都議定書の公布により、以後、温室効果ガスに関連する諸問題が、世界規模での社会経済システムに多大な影響を及ぼす可能性があるものとして共通に認識されるようになった。建設業における多大な資源投入と排出を前提として成立してきた仕組みについても、大きな転換を迫られることになる。このような政策的転換に至るまで、重要な役割を果たした国際的取り組みの一つに IPCC(Intergovernmental Panel On Climate Change)の研究調査が挙げられる。2001年に公表された IPCC 第三次報告書では、地球温暖化が確定的現象であることを示し、その根拠として、地球炭素収支における主要な推定排出源として、「化学燃料の燃焼とセメント製造」を挙げ、その割合が全体の77%に及ぶことを明示している。そして、国際世論が醸成され、WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)では、世界のセメント産業に対し、炭酸ガス排出抑制の積極的取り組みの実施を促し、現在、世界における多くのコンクリート関連産業は、環境配慮型の生産システムへの移行を推進している。

このように、近年のコンクリートの産業は、地球環境に配慮した新たな生産の枠組みを探索し、社会的役割を具体的に示していくことが求められており、自然資本を原料に用いて人工資本を生み出し、社会便益を最大化させることを長期的目標として実現させる視点への配慮が高まっているといえる。

以上を鑑み、本研究では、コンクリートおよびその構成材料における長期的な性状変化をはじめ、システム運用の際に生じる環境負荷低減効果を具体化することを試みる。

具体的には、コンクリート材料における、セメントの水和が開始してから硬化状態に至り、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ や C-S-H 等の水和物の炭酸化反応を「炭酸ガス固定能力」として捉え、再生骨材を製造後の炭酸化微粉末を利用したコンクリート系材料を製造し、その材料性能に関する基礎的な検討を実験的に検討する。また、同時に、骨材の需給バランスが不安定になり、局所的に同一種類の骨材を使用せざるを得ない状況も生じるといえる。これらをファミリー型のコンクリートと称し、その基礎的物性についても同様に評価を行う。そして、これらの検討と同時に、コンクリート材

料の運用システムで環境負荷を生じやすい輸送段階に着眼し、材料供給地と消費地との需給バランスが反映された環境負荷評価を行い、システム運用上の課題について整理をおこなう。

2. 研究の目的

本研究を実施する期間内で、以下の課題を明らかにすることを目的とした。

1)各種セメントによるセメント硬化体レベルでの炭酸ガス固定能力の実験的検証(平成19年～20年度)

2)各種セメントを用いたコンクリートレベルでの「炭酸ガス固定能力」の実験的検証(平成19-20年度)

3)コンクリート解体材および同一産地骨材を単身で用いた同一ファミリーコンクリートの基礎的物性の評価(平成20-21年度)

4)特定地域におけるコンクリート建造物を対象としたビルディングレベルでの炭酸ガス排出量の簡易推計(平成20-21年度)

なお、「炭酸ガス固定能力」は、示差熱・熱重量測定器(新規購入)を用いて、コンクリートの中性化に伴う二酸化炭素固定量を実験的に求める。そのために、初年度においては、当該設備を必要とした。

本研究は、コンクリートは中性化し耐久性上の問題を生じさせるという概念を、環境的視点より逆手により、コンクリートおよびコンクリート構造物における中性化に伴い発生する問題に対し、環境便益に繋がる視点の広がりを求めるものともいえる。また、昨今は炭酸ガス層をコンクリートの表面に予め設けて、中性化を抑制するとともに、組織が緻密化する現象を有効利用する技術などが紹介されていることから、コンクリートのかぶり部に関する耐久性上の考え方の転換に寄与する可能性も有している。

一方、ファミリー型のコンクリート利用に関しては、骨材産地の地域偏在性が進むほどそのような状況が生じやすくなるといえるが、再生骨材コンクリートの利用や、砕石微

粉の利用などが促進されることにより、ファミリー型のコンクリート利用も増加するものといえ、その物性データを取りまとめる意義は大きい。

そして最後に、コンクリート構造物全体の輸送に伴う負荷を算定することは、コンクリートのライフサイクル全体におけるカーボンフットプリントを表現するうえで不可欠であるとともに、間接的建築行為においても、環境の視点を導入することで、主要な環境負荷要素となることを具体的に示す。

3. 研究の方法

1)各種セメントによるセメント硬化体レベルでの炭酸ガス固定能力の実験的検証(平成 19年～20年度)

コンクリート構造物には普通ポルトランドセメントを始め、各種のセメント(以下、普通ポルトランドセメント N,中庸熱ポルトランドセメント M,フライアッシュセメント FB種,高炉セメント BB種とする)が用いられている。これらの一般的なセメントを用いて細骨材とあわせたかたちでモルタル硬化体を作製し、促進炭酸ガス環境下に暴露した当該硬化体に関して、炭酸ガス固定化部分と非炭酸ガス固定化部分の重量比を示差熱・熱重量同時測定器により求め、セメント種類に起因する炭酸ガス固定能力の特徴を明らかにする。

2)各種セメントを用いたコンクリートレベルでの「炭酸ガス固定能力」の実験的検証(平成 19-20年度)

上記と同様に、各種のセメント(N,M,FB,BB種)を用いて、一般的な骨材とあわせたかたちでコンクリート硬化体を作製し、促進炭酸ガス環境下に暴露した当該硬化体に関して、炭酸ガス固定化部分と非炭酸ガス固定化部分の重量比を示差熱・熱重量同時測定器により求める。同時に各種基礎物性試験を行う。なお、これらを破碎、粒度調整した後に炭酸化処理を施し、炭酸化微粉末を製造し、再びセメント種類に起因する炭酸ガス固定能力の特徴を明らかにするとともに、炭酸化微粉末の特殊混和材としての利用性を評価する検討をモルタル試験により実施した。

3)コンクリート解体材および同一産地骨材を単身で用いた同一ファミリーコンクリートの基礎的物性の評価(平成 20-21年度)

同一産地・種類型によりファミリー型の材料選定を行ない、骨材微粉使用量を増加させたコンクリートを製造する。そして、基礎的物性の評価ならびに環境影響評価を実施し、環境保全に資するコンクリート材料の発展

的利用のあり方を検討する。

4)特定地域におけるコンクリート建造物を対象としたビルディングレベルでの炭酸ガス排出量の簡易推計(平成 20-21年度)

特定地域におけるセメントの需要を調査した後に、骨材の需給状況について調べる。その結果より、コンクリート用骨材の製造状況を確認するとともに、産地と消費地の距離的關係、輸送条件の考察等を行う。その後、「陸路」、「航路」の骨材輸送形態に関して、一定の条件下でトンキロ値と二酸化炭素排出量による環境負荷量を試算する。また骨材に石灰石骨材を用いた完全リサイクルコンクリートの今後の持続的な供給可能性について考察する、

4. 研究成果

本研究により、以下の知見が得られた。

1) 各種セメント(N,M,FB,BB)を用いたセメント系材料を製造し、一定期間存置した後に複数の粒度に破碎・分級し、特殊混和材を製造した。また、破碎時の粒度構成、破碎時の乾湿状態ならびにセメントの化学組成等が炭酸ガス固定量に影響を与えることが実験的に確かめられた。

2)炭酸ガスが固定化された再生微粉末をはじめ、その比較対象として各種微粉末を原材料に用い、モルタル(N,M,FB,BBセメントを使用)を製造し、その基礎的物性(フレッシュ性状、力学特性、耐久性)を評価した。結果、新モルタルの混和材として再利用する際、十分に炭酸化し、二酸化炭素を固定化させることで、二酸化炭素が十分に固定化されていない微粒分よりも、モルタルの乾燥収縮量が抑制されることが確かめられた。通常の微粉や細骨材よりも乾燥収縮抵抗性を向上させられる可能性が見出された。

3) コンクリート解体材および同一産地骨材を単身で用いた同一ファミリーコンクリートの基礎的物性を評価したところ、フレッシュ性状は、微粉量、骨材種類によりフロー値が変化し、微粉量を9%まで混和すると、流動性の改善効果が期待できる。また、力学・破壊特性は、骨材種類の影響が確認されたが、微粉量は9%まで混和しても物性への影響は少ない。そして、中性化抵抗性は微粉量・骨材種類の影響が認められたが、乾燥収縮抵抗性は微粉量の影響は認められなかった。

4)首都圏において実施工された鉄筋コンクリート造建築物を対象とした場合、セメントの種類は年間を通じてNが約7割で、M、BB、L種の順で用いられ、建築の特性が反映しており、細骨材は年間を通じて7割程度が混合

使用されており、9割程度は千葉県等の関東以内から供給され、粗骨材は年間を通じて2割程度が混合使用されており、7割程度は関東以外から航路で供給されることが確認された。

5) 首都圏において実施工された鉄筋コンクリート造建築物を対象に導出した輸送時環境負荷量(骨材重量と移動距離の積で換算されるトンキロ値と輸送による燃焼燃焼に伴い排出されるCO₂排出量)は、航路による骨材輸送距離は平均1000km程度におよび、陸路の15倍程度の距離となるが、輸送量が大きいため年あたりの輸送回数は小さくなり、トン・キロ値および燃焼消費に伴うCO₂排出量は抑制されること、首都圏で実施工された非木造建築物のRC造はS造と比較し、主要構成因子である骨材と鉄骨の違いにより、同程度の建築面積の建物においておよそ2倍程度の輸送時環境負荷を生じさせ、その二酸化炭素排出量原単位はS造は0.3t/m²、RC造は0.76t/m²程度となることなどが明らかとなった。

その他、コンクリート構造物の炭酸ガス固定化効果という幅広いテーマに対し、複数の検討を行うことができた。それらの結果の一部は、論文等で公表している段階である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

田村雅紀, 阿部道彦: 首都圏に流入するコンクリート用骨材の需給動向調査と輸送時環境負荷評価, 日本建築学会技術報告集, pp.631-636, 第31号, 2009年9月

M. Tamura, K. Yoda, M. Oshima, J. Saito and M. Azami, A Study on Environmental Conscious Concrete with a Full Range of Secondary Byproducts Powder for Resource Conservation in Japan, 2010 PCI Annual Convention/Exhibition & third international fib Congress, 2010.6

M. Tamura K. Watanabe and Y. Nachi, Environmental Impact Evaluation of In-transit and Usage of Concrete Materials conveyed to Tokyo District for promoting the Building Stock Management, Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia, pp.267-272, 2010.2

M. Tamura Supply/Demand Survey and In-transit Environmental Impact Evaluation of Aggregate for Concrete Conveyed to the Tokyo District, , fib

symposium, Concrete 21c.Superhero, Building Sustainable Future, London, June, 2009.5

[学会発表] (計5件)

吉岡智博, 田村雅紀, 各種セメントを用いたモルタルの炭酸化処理による二酸化炭素固定量の把握と改質粒子作製の基礎的検討, 2009年度日本建築学会関東支部発表論文集, 2010.3

小室清人, 田村雅紀, 海洋生物殻廃棄物を用いたコンクリート系材料の破壊特性と環境改善効果, 2009年度日本建築学会関東支部発表論文集, 2010.3

渡辺恭平, 田村雅紀, 名知洋子, 首都圏で実施工された鉄骨造および鉄筋コンクリート造建築物における資材利用・輸送時環境負荷評価 2009年度日本建築学会関東支部発表論文集, 2010.3

田村雅紀, 首都圏に流入する骨材の輸送時環境負荷と完全循環コンクリートの供給可能性に関する基礎的検討, 第62回セメント技術大会講演要旨, 2008.5

田村雅紀, 首都圏に流入する骨材の輸送時環境負荷と完全リサイクルコンクリートの供給可能性に関する基礎的検討, 2008年度日本建築学会学術講演梗概集 A-1, 2008.9

[図書] (計0件)

[産業財産権] ○出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

研究者所属組織におけるホームページに投稿論文を掲載済

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~dt40009/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村雅紀 (工学院大学 工学部 准教授)

研究者番号: 80315754