

实施内容

研究開発項目	研究開発目標
2. LCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムの構築	「広く社会実装できるCO ₂ 固定型コンクリートの実現」に必要なCO ₂ 固定量・品質評価技術の開発とLCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムの構築
研究開発内容	成果の反映先
① CO ₂ 固定量評価手法の開発	CO ₂ 固定量評価手法の学会規準策定（JISおよびISO系へ反映） ※コンソーシアム横断研究
② 品質評価・品質管理手法の開発	コンソーシアム研究開発項目1のCP材料・コンクリート製造手法の合理化 土木学会・日本建築学会が策定する設計・施工指針類への反映
③ LCA（材料資源）評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのCO ₂ 削減効果の適切な評価方法の確立
④ LCC評価手法の開発	CO ₂ 固定型コンクリートのコスト面、特にLCCでの優位性の明示
⑤ LCCO ₂ ・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討	・統合評価設計システムの構築 ・社会実装シナリオの提示 ・カーボンクレジットの公平性を担保するグローバルな評価基準の提案

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの開発進捗
① CO₂固定量評価手法の開発	従来評価手法の適用限界の把握	・TG、遊分析の大容量化による固定量評価を継続実施。 ・日本コンクリート工学会内の委員会を介して他コンソーシアムと連携し、JIS原案を作成し、規格協会に提出した。作成したISO原案を基にWG設置が正式決定。
② 品質評価・品質管理手法の開発	CO2固定骨材・混和材の品質評価手法の提案	・CPコンクリート用骨材（原材料、非灰酸化的）を使ったコンクリートの諸物性データを継続取得（補足-5、6）。CPコンクリート（舗装用ボラスコンクリート）を開発項目1から入手し、摩耗試験を開始した。
③ LCA（材料資源）評価手法の開発	BAUシナリオの設定と試行的評価	・開発項目1と協力し、CO2発生源を合理的に選定、A地域内でモデル的にLCAと併せてCLCを机上で検討することを計画
④ LCC評価手法の開発	道路舗装のLCC評価に必要な関連情報の整理	・同上
⑤ LCCO₂、LCA、LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討	CPコンクリートを対象とした多目的最適解導出手法の適用と改良	・統合評価では従来品と比較したCPコンクリートの耐久性（寿命）が大きく影響するため、耐久性評価のための試験計画を具体化し、促進評価試験は開始した。

主要な成果2)

[illegible]

① CO ₂ 固定量評価手法の開発		
1) 酸分解/熱分解-赤外線吸収法 (TOC計) の測定精度検		
表 TOC計の分析手法の違いが定量結果に及ぼす影響		
	酸分解型	熱分解型
長所	無機炭素のみが測定可(有機炭素は酸で分解しないため)	過小評価になり難い(全ての無機炭素が熱分解によりガス化するため)
短所	過小評価となる場合がある(サンプルの溶け残りがある場合、全ての無機炭素を測定できない可能性があるため)	過大評価になる可能性有(有機物が含まれるサンプルの場合、有機炭素を無機炭素として検出する可能性があるため)

① CO₂固定量評価手法の開発
 <分析精度を向上させる手法>

- ・サンプル量を増加し(目標:1.5Kg) サンプルングのバラツキを低減させるために試験装置を組み合わせ、適用性に関して検討を行う計画となっている。
- ・湿式分析法に関してもサンプル量を増やし(1g→20g)測定を実施した。通常の試料量の場合に比べて繰返し精度が高まることを確認した。

7

主要な成果5)

① CO₂固定量評価手法の開発
＜舗装用CPコンクリート・施工現場でのモニタリング＞

・我孫子地区に環境モニタリング機材の計測機を設置した。
・車止めから1m程度離れた地点に、CO₂濃度計を設置し、入出庫時にCO₂濃度が上昇することを確認した。
・他の計測機器（温湿度計、日射計、雨量計等）も問題なく動作している。

環境モニタリング機材外観
(我孫子地区)

CO₂濃度 (ppm)

9/1 9/2 9/3 9/4 9/5 9/6 9/7 9/8

① CO₂固定量評価手法の開発
 < 供用中のCO₂固定量評価・推定手法の開発 >

概要：供用中のCARBON POOLコンクリートの固定量を評価するために、様々な環境下での固定量の変化に関してモニタリングを行い、従来コンクリートとの比較を行う。



電中研 横須賀地区

② 品質評価・品質管理手法の開発

<舗装用「Carbonated Sludge Powder (CSP)使用コンクリート」の品質評価試験>

Figure 1 consists of three SEM images showing the morphology of CSP particles and three bar charts showing CO2 consumption (g/kg) for three CSP types (CSP-A, CSP-B, CSP-C) at 7, 28, and 91 days for three curing methods (Water, CO2, W/C). The charts show that CO2 consumption is highest for CSP-A and lowest for CSP-C, and that consumption increases with curing time and CO2 curing.

Figure 1 製造方法が異なるCSPの形態とモルタルの強度

Left Watanabe: Evaluation of CO₂ supply method on CaCO₃ formation in sludge water and effects of carbonated sludge powder on mortar strength. Case Studies in Construction Materials 23 (2023) 104586

Figure 2 consists of two line graphs. The top graph shows the carbonation degree (%) on the y-axis (3.00 to 6.00) versus curing time (days) on the x-axis (0, 7, 14, 28). The bottom graph shows the water absorption ratio on the y-axis (0.0 to 0.8) versus curing time (days) on the x-axis (0, 7, 14, 28). Both graphs compare five CSP types: WS20 (red circles), CS20 (blue squares), WS10 (green triangles), CS10 (purple diamonds), and CS5 (black crosses). The carbonation degree generally decreases over time, while the water absorption ratio generally increases over time.

Figure 2 粒状化再生粗骨材の炭酸化による吸水率の変化

Figure 3 consists of two line graphs. The top graph shows the compressive strength (MPa) on the y-axis (100 to 160) versus curing time (days) on the x-axis (0, 7, 14, 28). The bottom graph shows the carbonation degree (%) on the y-axis (10 to 16) versus curing time (days) on the x-axis (0, 7, 14, 28). Both graphs compare two types of recycled aggregate concrete: 2種 (red circles) and 3種 (blue squares). The compressive strength generally increases over time, while the carbonation degree generally decreases over time.

Figure 3 2種類のCCU材を用いた舗装用コンクリートの力学特性

主要な成果8)

② 品質評価・品質管理手法の開発
 < 建築用「ハーフプレキャスト部材」の品質評価試験 >

CO₂固定量 (g/m²)

図 炭酸化養生によるCO₂固定量(コンクリート体積当たり)

炭酸化養生によるコンクリート構造物の供用中のCO₂固定量の非破壊検査方法の開発

・ 昨年度は上記の目標を達成する初期段階として単純化した試料を測定し、本測定方法によって炭酸カルシウムが定量可能であることを示した。

・ 本年度以降は測定対象と測定条件を徐々に実環境に近づけ、現場への適用性を高める。

11

② 品質評価・品質管理手法の開発

＜土木用「最大・中間型CPコンクリート」の品質評価試験＞

【最大・中間型CPコンクリート…コンクリート構成材料中に固定したCO₂量が70kg/m³程度とした配合のコンクリート。これに養生・供用中のCO₂固定を合算して140～160kg-CO₂/m³を目指したもの】

表 配合例

水 (kg)	セメント (kg)	高炉スラグ (kg)	スラッグ 粉末 (kg)	細骨材 (kg)	炭酸 化 再 生 細 骨 材 (kg)	粗骨材 (kg)	炭酸 化 再 生 粗 骨 材 (kg)
175	76	178	64	397	346	0	842

評価項目

力学特性：圧縮試験，割裂引張試験

耐久性：自己/乾燥収縮，中性化速度，凍結融解抵抗性，水分/塩分浸透速度，鉄筋腐食抵抗性、暴露試験

メカニズム解明：構造解析，化学分析など

12

② 品質評価・品質管理手法の開発
 <土木用「最大・中間型CPコンクリート」の品質評価試験>

現場封緘養生の為、屋内/屋外の違いは考慮しない。
 室内試験（20℃水中養生）と比較すると強度が低い結果が得られた。
 これは、冬季に暴露試験を開始したこと
 で外気温が低くがセメントの水和反応の
 進展が比較的緩慢になったことに起因す
 るものと考えられる。
 今後は各地点での気象データをもとにした外気温の補正值による比較等も検討していく。

地点	28日 (N/mm²)	20℃水中養生 (N/mm²)
A地点	24	25
Y地点	24	25
H地点	24	25
室内	29	29

図 圧縮強度試験の結果

13

今後の展開

③, ④ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装
シナリオの検討
＜LCA、LCCの要素項目の検討＞

- ・CP材料、CPコンクリートを製造、利用することで従来材料、コンクリートで発生した環境負荷、コストのうち相殺できる項目を抽出する。カーボンクレジットによるコスト相殺効果も織り込む。
- ・CP材料製造～CPコンクリート製造の各段階におけるCO₂の収支、コストと各工程間の移動距離をパラメータとして机上検討する。⇒開発項目1のA地域内での実施体制をモデルケースとする。
- ・従来品と比較した舗装コンクリートの寿命評価が大きく影響するため、都立大で実施する促進耐久性評価試験と併せてB社が実施する実走耐久性評価試験(C県内の試験場)を計画した。

⑤ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装
シナリオの検討
＜統合評価手法の概念検討＞

評価対象外: 通常のコンクリート製造から現場施工

LCA・LCC評価起源
原料: 廃コンクリート(廃棄物)

S2: 排ガスCO₂の直接利用
＜濃度、温度、純度＞
排ガスからの利用による環境
負荷とコストの差、相殺効果

S1: 鉄コン配置き
＜量、質＞
産廃処理費と原材料化の間の環
境負荷とコストの差、相殺効果

CPコンクリート施工现场

S5: CPコンクリート施工
＜施工性・施工量・機能＞

CP用材料製造工場

- ①CO₂固定量評価手法の開発
 - ・有機物の有無および天然由来の炭酸塩の有無の影響を抑制できる測定手法、試料調整方法の開発に取り組む。少量のCO₂固定量に対する高感度な定量手法の開発に取り組む。
 - ・供用中のCO₂固定量の推定方法の検討を継続する。
- ②品質管理手法の開発
 - ・実規模に近い状態で舗装用・建築用・土木用CPコンクリートの品質評価、品質制御方法、適用範囲の明示に関わる開発を進める。
- ③環境影響評価(LCA)手法の開発
 - ・開発項目1のチームと連携してモデル地域を対象として一連のサプライチェーン内での環境影響因子の収支評価を行う。
- ④ライフサイクルコスト(LCC)評価手法の開発
 - ・開発項目1のチームと連携してモデル地域を対象として一連のサプライチェーン内でのコスト、全経路価値の収支評価を行う。

耐久性・環境負荷・コストの差

コストの一元評価手法の概念を提示する。

連絡先：電力中央研究所 山本 武志
MAIL : t-yama@cripi.denken.or.jp