

◇報告◇

CO₂ 有効利用技術を適用した材料を用いた
低炭素型舗装の試験施工Test Construction of Low-Carbon Pavement Using
Materials Containing Absorbed Carbon Dioxide

石井 祐輔*, 小松 浩平**, 七尾 舞***,
池田 周生*, 田場 祐道*, 黒川 大亮****,
一坪 幸輝*****, 早川 隆之*****, 松浦 孝*****

ISHII, Yusuke*; KOMATSU, Kohei**; NANA O, Mai***;
IKEDA, Syusei*; TABA, Hiromichi*; KUROKAWA, Daisuke****;
ICHITSUBO, Kouki*****; HAYAKAWA, Takayuki*****; MATSUURA, Takashi*****

要 旨

太平洋セメントグループが開発した、セメント工場排ガスから分離・回収した CO₂ を、セメントを含む材料の炭酸塩化により吸収させて有効利用する技術の実用化に向けた実証試験を行った。本技術を適用した材料の舗装用途としての仕様を選定し、路床・路盤・コンクリート舗装の施工を実施した。いずれの技術においても、資源循環と低炭素化への貢献を目的に、産業廃棄物あるいは建設副産物に CO₂ を吸収させることで活用した。その結果、CO₂ を吸収した材料を用いた場合でも、従来の汎用材料と同様の方法にて施工でき、施工後の品質も目標値を満足することが確認できた。なお、本仕様による舗装 1m² 当たりの材料由来の CO₂ 排出削減率は、15.4% と試算された。

キーワード : CO₂ の分離・回収, CO₂ 有効利用, CO₂ 吸収, 炭酸化スラリー,
炭酸化スラリー固形物, 廃棄物, 生コンスラッジ, 廃コンクリート

*中央研究所 セメント・コンクリート研究部 固化・不溶化技術チーム
Solidification & Immobilization Technology Team, Cement & Concrete Research Department, Central Research Laboratory
**カーボンニュートラル技術開発部 技術グループ CO₂ 利用技術チーム
CO₂ Utilization Technology Team, Engineering & Technology Group, Carbon Neutral Technology Development Department
***中央研究所 セメント・コンクリート研究部
Cement & Concrete Research Department, Central Research Laboratory
****中央研究所 セメント・コンクリート研究部 固化・不溶化技術チーム リーダー
Manager, Solidification & Immobilization Technology Team, Cement & Concrete Research Department, Central Research Laboratory
*****カーボンニュートラル技術開発部 技術グループ CO₂ 利用技術チーム リーダー
Manager, CO₂ Utilization Technology Team, Engineering & Technology Group, Carbon Neutral Technology Development Department
*****海外事業本部 企画部 企画調査グループ リーダー
Manager, Research & Planning Group, Business Planning Department, International Business Division
*****東北太平洋生コン株式会社 本社工場長
Factory director, Head office factory, Tohoku Taiheiyo Ready Mixed Concrete Company

ABSTRACT

A demonstration test was conducted toward the practical application of a technology developed by Taiheiyo Cement Group to effectively utilize CO₂ separated and captured from the exhaust gases generated at cement factories. Specifications of pavement materials manufactured using the CO₂ utilization technology were determined, and test construction of the subgrade, base course and concrete paving was conducted. It was shown that the construction using the materials containing absorbed CO₂ could be carried out in the same way as with conventional materials, with the quality of the completed structure achieving the target values. With the specifications in the current study used, it was estimated that the material-related CO₂ emissions per square meter of pavement would be reduced by 15.4%.

Keywords : *CO₂ capture, CO₂ utilization, CO₂ absorption, Carbonated slurry, Carbonated slurry solid, Industrial and trade waste, Concrete sludge, Waste concrete*

1. はじめに

太平洋セメントグループでは、2021年度に「カーボンニュートラル戦略 2050」を掲げており、2030年までのCO₂排出原単位の20%以上の削減と、2050年までのサプライチェーン全体としてのカーボンニュートラルの実現を目指している¹⁾。カーボンニュートラル戦略の1つとして、セメント工場排ガスから分離・回収したCO₂²⁾を、セメントを含む材料の炭酸塩化により吸収させて有効利用する技術(CCU: Carbon dioxide Capture and Utilization)に取り組んでいる。

著者らは、湿式炭酸化によりセメントやコンクリートスラッジ等にCO₂を吸収させるカーボキャッチや、加熱炭酸化により廃コンクリートにCO₂を吸収させる技術を開発してきた³⁾⁴⁾。いずれの技術においても、産業廃棄物あるいは建設副産物にCO₂を吸収させて活用することが可能なため、資源循環と低炭素化に貢献できるものと位置付けられる。これら技術の基礎開発は既に完了しており、現在は2026年以降の市場導入に向けた実証試験に取り組んでいる。

本検討では、太平洋セメントグループのCO₂有効利用技術を適用した材料の舗装用途としての仕様を選定し、路床・路盤・コンクリート舗装の試験施工を実施した。舗装コンクリートおよび路床改良向けセメント系固化材については、廃棄物である生コン

スラッジを原料としてカーボキャッチの技術によりCO₂を吸収させ、それぞれ構成材料の一部として使用した。また路盤材については、廃コンクリートを破碎した再生碎石を加熱炭酸化することによりCO₂を吸収させ、汎用材料の粒度調整碎石に一部置換することで使用した。このように、当社独自のCO₂有効利用技術を適用した材料の市場導入に向けた実証試験として、実際の工事に適用した際の性能を確認するとともに、CO₂削減効果について算定した。

2. 舗装構造

試験施工の場所は、太平洋セメント(株)仙台サービスステーションの敷地内とした。舗装構造は、路床・路盤・コンクリート舗装の3種類について、それぞれ従来使用している汎用的な材料を用いた場合を想定して、路床厚を500mm、路盤厚を150mm、舗装厚を200mmと設定した(Fig. 1)。この従来型の舗装を基準に、同要求性能を満足しながら、CO₂を吸収した材料を適用することで材料由来のCO₂排出量を削減した低炭素型舗装を検討した。低炭素型舗装の試験施工の範囲は55.6m² (3.5×15.9m)とした。

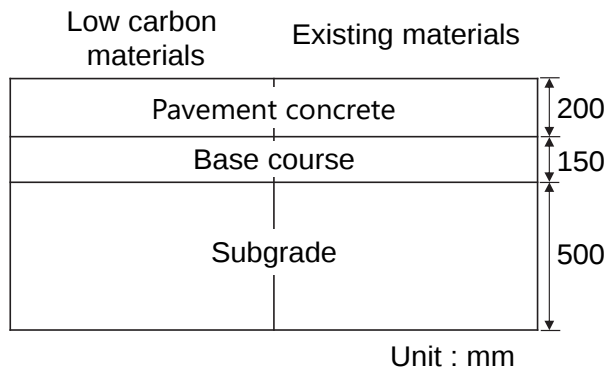


Fig.1 Cross-section of pavement
(舗装の断面)

3. CO₂を吸収した材料

3.1 コンクリートスラッジへのCO₂吸収

(1) CO₂吸収の方法

湿式炭酸化によりセメントやコンクリートスラッジ等に CO₂ を吸収させるカーボキャッチの概要を Fig. 2 に示す. 密閉型の反応槽内に CO₂ を連続的に供給し, セメントを含むスラリーを循環させることでスラリー中に効率よく CO₂ を吸収させた. CO₂ の吸収は, 工事向けのコンクリートを製造・出荷する東北太平洋生コン(株)本社工場の敷地内にて実施した. 同工場から排出されたコンクリートスラッジの脱水ケーキ (Fig. 3) の含水率をあらかじめ測定し, 水固形分比が 300%のスラリー状となるように加水して調整した. CO₂ 吸収設備は, コンクリート製造現場に持ち込む事が可能な可搬式の装置 (カーボキャッチ®モバイル) を用いた (Fig. 4). CO₂ には, 当社熊谷工場に併設されている CO₂ 回収実証プラントにて, セメント工場のキルン排ガスから分離・回収したものを使用した.

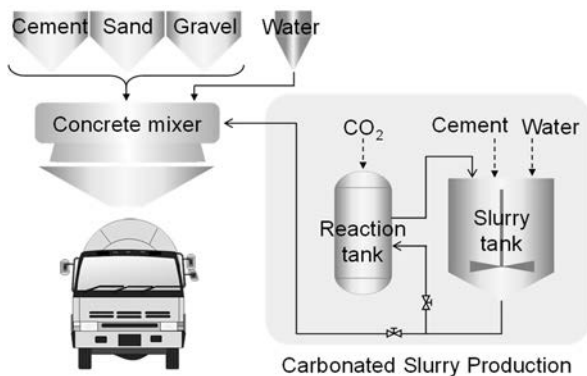


Fig.2 Overview of Carbocatch system
(カーボキャッチ®システムの概要)



Fig.3 Dehydrated concrete sludge
(コンクリートスラッジの脱水ケーキ)

CO₂ 吸収中のスラリーの pH 変化の一例を Fig. 5 に示す. 図中には, 別途測定した, 水固形分比 300%の普通ポルトランドセメントを用いたセメントスラリーに CO₂ を吸収させた際の結果も併記した. CO₂ の吸収開始直後におけるスラリーの pH は, スラッジが 12.9, セメントが 11.4 であった. 一方, pH の低下速度は, スラッジの方がセメントよりも速かった. pH の低下速度の違いに関しては, スラッジ中への細骨材の含有やスラッジの水和の進行により結合水が



Fig.4 Overview of CARBOCATCH®MOBILE
(カーボキャッチ®モバイルの全体像)

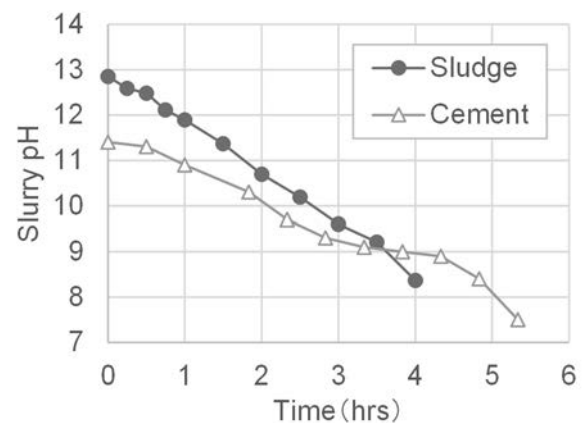


Fig.5 Change in slurry pH during CO₂ absorption
(CO₂ 吸収中のスラリーの pH 変化)

Table 1 Physical properties of materials before and after CO₂ absorption
(CO₂ 吸収前後のスラッジ固形物およびセメントの物性)

Sample		Density (g/cm ³)	BET Specific surface area (m ² /g)	Bound water (%)	CO ₂ absorption (kg/t-After carbonation solid)	CO ₂ absorption (kg/t-Before carbonation solid)
Sludge	Before carbonation	2.10	27.6	14.2	—	50
	After carbonation	2.59	68.0	9.3	178	208
Cement	Before carbonation	3.16	3.2	0.4	—	20
	After carbonation	2.58	46.6	4.7	298	364

生じることより、CO₂ 吸収前のスラッジ固形物中のカルシウム量がセメントよりも相対的に少なかった影響と、セメントとセメント水和物における CO₂ との反応速度の違いの影響が考えられる。CO₂ との反応を制御する上では、今後より詳細な分析が必要と考える。

(2) CO₂ 吸収前後のスラッジ固形物およびセメントの物性および CO₂ 吸収量

CO₂ 吸収前後のコンクリートスラッジは、アセトンにて水和停止した後、N₂ ガス雰囲気下で乾燥を行うことで固形物を採取し、各種分析に供した。スラッジおよびセメントの分析項目は、強熱減量 (JIS R 5202)、BET 比表面積 (JIS R 1626)、密度および CO₂ 吸収量とした。密度は定容積膨張法により、乾式にて測定した。材料中の CO₂ 吸収量は、熱重量示差熱分析 (TG-DTA) における 550～850℃ の重量減少を試料中の CO₂ 吸収量とし、炭酸化処理前に含有していた分を差し引くことで算出した。結合水量は、強熱減量から CO₂ 吸収量を差し引くことにより算出した。また、炭酸化前のスラッジ固形物またはセメントに対する CO₂ 吸収量は、式(1)により算出した。なお、炭酸化前のスラッジ固形物中の不溶残分は 5.6% であった。

$$W_{CO_2} = \frac{T_{CO_2A} - \{T_{CO_2N} \times (100 - L_A) / (100 - L_N)\}}{\{100 \times (100 - L_A) / (100 - L_N)\}} \times 1000 \quad (1)$$

ここで、 W_{CO_2} : 炭酸化前の材料 1t あたりの
湿式炭酸化による CO₂ 吸収量 (kg/t)

T_{CO_2A} : 炭酸化後の材料中の CO₂ 量 (%)

T_{CO_2N} : 炭酸化前の材料中の CO₂ 量 (%)

L_A : 炭酸化後の材料の強熱減量 (%)

L_N : 炭酸化前の材料の強熱減量 (%)

CO₂ の吸収前後のスラッジ固形物およびセメントの物性を **Table 1** に示す。表中には、同様にセメントに CO₂ を吸収させた際の結果も併記した。スラッジ、セメントともに CO₂ 吸収後の密度は同程度であった。また、BET 比表面積は炭酸化によりいずれも大きくなった。これは過去の知見⁵⁾より、微細な炭酸カルシウムの生成によるものと推察された。スラッジの炭酸化前後を比較すると、湿式炭酸化処理により CO₂ 吸収量は増加し、結合水量は低下した。これは、スラッジ中の水和物の炭酸化により、結合水の脱離が起こったことに起因していると考えられる。炭酸化前のスラッジ固形物 1t あたりの CO₂ の吸収量は 208kg、炭酸化前のセメント 1t あたりの CO₂ の吸収量は 364kg であった。スラッジの方がセメントよりも炭酸化前の材料あたりの CO₂ 吸収量が少ないのは、スラッジには CO₂ を吸収しない細骨材が含まれている事に加え、炭酸化前の材料としてセメント以外に結合水と CO₂ が含まれていることが影響している。一方、コンクリートスラッジは産業廃棄物の汚泥として処理されるが、汚泥において、廃棄物輸送を含まないリサイクル処理の CO₂ 排出原単位は 0kg/t とされている⁶⁾。今回のように、排出現場にてスラッジに CO₂ の吸収をした場合の CO₂ 排出原単位は、原料であるスラッジの 0 から CO₂ を吸収した分を差し引くことで、-178kg/t (ただし、CO₂ 吸収設備の稼働に必要な電力に由来する CO₂ 排出量は未考慮) と試算された。これより、CO₂ を吸収したスラッジはカーボンネガティブ材料として扱うことができると考えられる。

3.2 再生砕石への CO₂ 吸収

(1) CO₂ 吸収の方法

加熱炭酸化装置（外熱式ロータリーキルン）により、廃コンクリートを破碎して作製した再生砕石に CO₂ を吸収させた。炭酸化装置の概要を Fig. 6 に示す。反応槽は全長 16m のキルンに攪拌羽が設けられており、この中で再生砕石を加熱しながら移動させることにより、再生砕石への CO₂ 吸収量の最大化を図ることが可能となっている。再生砕石は、エコセメントを使用した水セメント比 47%、細骨材率 43% のコンクリートブロックを破碎することで得た。炭酸化装置の内部は温度 80℃ に加熱し、濃度 100% の CO₂ と、CO₂ に対して外割で 40vol% の流量の水蒸気を同時に吹き込んだ。CO₂ および水蒸気は再生砕石の排出側から吹き込んだ。CO₂ は、当社熊谷工場内の CO₂ 回収実証プラントにて、セメント工場のキルン排ガスから分離・回収したものを使用した。加熱炭酸化における再生砕石の処理量は 500kg/h とした。

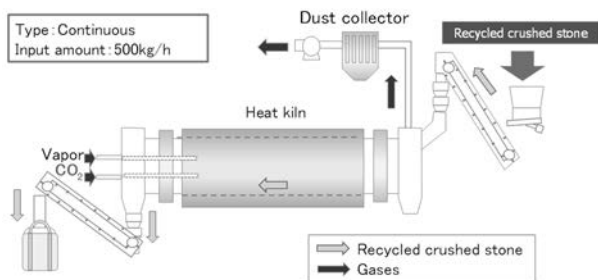


Fig. 6 Overview of the heating and carbonation equipment
(加熱炭酸化装置の概要)

(2) CO₂ 吸収量

Fig. 7 に汎用的な路盤材である粒度調整砕石と CO₂ を吸収させた再生砕石の外観を示す。加熱炭酸化後の試料を、ディスクミルにて微粉碎し、電気炉を用いて 500℃ および 800℃ 下で恒量となるまで加熱した。500℃ と 800℃ の質量減少の差から脱炭酸量を算出した。CO₂ 吸収量は式(2)により、セメント 1t あたりの量として算出した。

$$H_{CO_2} = \frac{T_{CO_2_Da} - T_{CO_2_Db}}{C} \times 1000 \quad (2)$$

ここで、 H_{CO_2} : 再生砕石中のセメント 1t あたりの加熱炭酸化による CO₂ 吸収量 (kg/t-cem)
 C : 再生砕石中のセメント割合 (%)

$T_{CO_2_Da}$: 炭酸化後の再生砕石中の CO₂ 量 (%)

$T_{CO_2_Db}$: 炭酸化前の再生砕石中の CO₂ 量 (%)

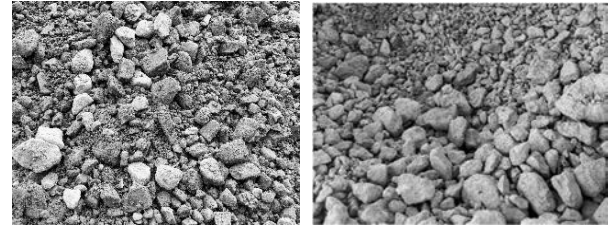


Fig. 7 Appearance of base course material
(Left; Crushed stones, Right; CO₂ absorbed recycled crushed stone)

(路盤材の外観: 左 粒度調整砕石, 右 CO₂ を吸収させた再生砕石)

4. 材料仕様の選定

4.1 固化材

(1) 試験水準

スラッジを湿式炭酸化したスラリーを脱水した後、105℃ 環境下で恒量まで乾燥することで、固形物（以下、CS）を得た。CS をセメント系固化材ジオセット 200 の構成材料とすることで、低炭素型固化材とした。試験水準は、セメント系固化材中に CS を内割で 3, 8, 14% とした。

(2) 試験方法

現場採取土に対する固化材添加量は、いずれの水準においても 50, 100, 150kg/m³ とし、CBR 試験を行うことで必要となる固化材添加量の選定をした。また、環告 46 号により六価クロム溶出量を評価した。

(3) 試験結果

Fig. 8 に CBR 試験の試験の結果を、Fig. 9 に六価クロム溶出量試験の結果を示す。いずれの水準においても、CBR 値の目標の達成および六価クロム溶出量の環境基準値を満足することが確認できた。これより、セメント系固化材に対する CS の内割混合量はより低炭素化を図る目的で 14% とした。また固化材添加量は、下限値の 50kg/m³ に対して現場添加量としての割増率 20% 分を考慮した 60kg/m³ と設定した。

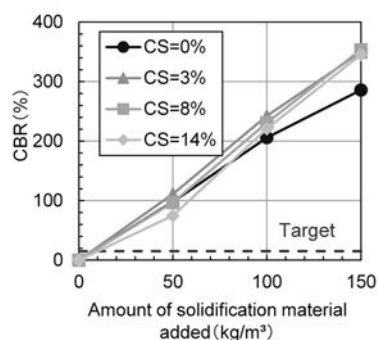


Fig.8 CBR test results
(CBR 試験の結果)

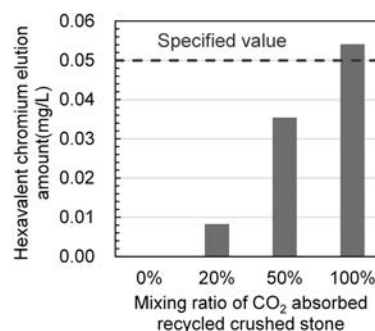


Fig.10 Hexavalent chromium elution test results
(六価クロム溶出試験の結果)

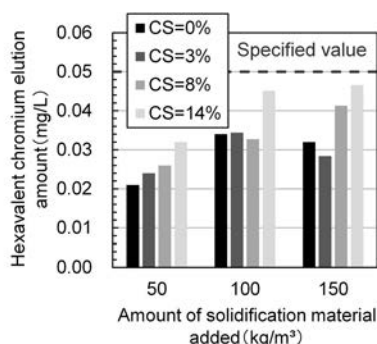


Fig.9 Hexavalent chromium elution test results
(六価クロム溶出試験の結果)

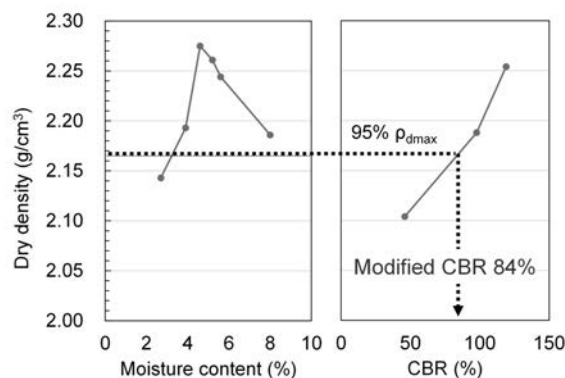


Fig.11 Relationship between moisture content and CBR and dry density; Crushed stone
(含水比および CBR と乾燥密度の関係 : 粒度調整碎石)

4.2 路盤材

(1) 試験水準

路盤材は、汎用材料として粒度調整碎石 (M-40) を用いた。M-40 に対して、CO₂ 吸収後の再生碎石を内割で 0,20,50 および 100% 混合した水準を評価した。

(2) 試験方法

再生碎石からは、微量の六価クロムが溶出する場合がある。舗装再生便覧⁷⁾で推奨されているように、六価クロムの溶出量が環境基準値以下であることを確認した。試料は粒径 27.5mm 未満となるように調整した。検液の作製は、利用有姿による溶出試験 (JIS K 0058-1) に準拠し、六価クロム溶出量は、工場排水試験方法 65.2.1 ジフェニルカルバジド吸光光度法 (JIS K 0102) により測定した。また、六価クロム溶出量の評価から M-40 に対する CO₂ 吸収後の再生碎石の混合量を設定し、修正 CBR 試験により路盤材としての物性を評価した。修正 CBR 試験は、突固めによる土の締固め試験 (JIS A 1210) および CBR 試験 (JIS A 1211) に準拠した。

(3) 試験結果

六価クロムの溶出量の結果を Fig. 10 に示す。CO₂ 吸収後の再生碎石の混合量が増えるほど六価クロムの溶出量は増加した。CO₂ 吸収後の再生碎石 100% では環境基準値である 0.05mg/L を超えたものの、50% 以下の混合割合では基準値を満足した。既往の検討⁴⁾では、加熱炭酸化の有無によらず六価クロム溶出量は 0.02mg/L 以下であった。本検討では再生碎石の粒度や配合の違いが影響したものと考えられる。修正 CBR は、粒度調整碎石および CO₂ 吸収後の再生碎石 20% 混合品にて評価を行った。乾燥密度-含水比曲線および乾燥密度-CBR 曲線を Fig. 11 および Fig. 12 に示す。乾燥密度の最大値の 95% に対応する CBR は、M-40 で 84% であるのに対し、CO₂ 吸収後の再生碎石 20% 混合品では 108% であった。従って、いずれも上層路盤材の品質規格である 80% 以上を満足しており、所定の性能を有していることが確認できた。これより、粒度調整碎石への CO₂ 吸収後の再生碎石の混合率を 20% と設定した。

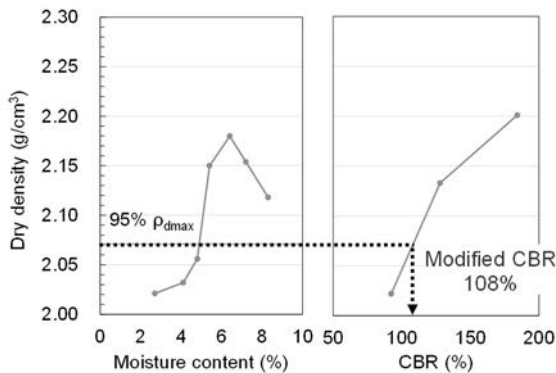


Fig. 12 Relationship between moisture content and CBR and dry density; Crushed stone mixed with 20% recycled crushed stone that was absorbed CO₂
(含水比および CBR と乾燥密度の関係 : CO₂ 吸収後の再生碎石 20%混合)

4.3 コンクリート

(1) 使用材料

コンクリートの使用材料を **Table 2** に示す. 使用したセメントは普通ポルトランドセメントとした.

Table 2 Materials used for concrete
(コンクリートの使用材料)

Materials	Symbol	Characteristics	Density(g/cm ³)
Water	W	Tap water	—
Cement	B	Ordinary Portland Cement	3.16
Carbocatch solid		Material: Dehydrated concrete sludge	2.61
Fine aggregate	S	Mountain sand : Crushed sand=80 : 20 (volume ratio)	2.58
Coarse aggregate	G	Crushed stone	2.70
Superplasticizer	SP	Polycarboxylate ether (Normal type)	—
	SP-R	Polycarboxylate ether (Delayed type)	—

Table 3 Concrete mix proportions
(コンクリートの配合)

Name	W/B (%)	s/a (%)	CS/B (%)	Unit weight (kg/m ³)					SP** (B×%)	SP-R** (B×%)
				W	B		S	G		
					C	CS*				
PL	40	39	0	175	438	—	645	1057	0.4	—
CS10			10		394	44	642	1051	—	1.4
CS15			15		372	66	641	1049	—	1.8
CS19			19		355	83	640	1047	—	2.4

*液固比 187%のスラリーで使用する, 含水率は単位水量を補正

**打設現場までの運搬時間をおよそ 30 分として調整

Table 4 Concrete mixing procedures
(コンクリートの練混ぜ手順)

Name	Mixing procedures
PL	G+S+C→Mix for 15 sec.→W+SP→Mix for 60 sec.
CS	G+S+C→Mix for 15 sec.→CS*→Mix for 60 sec.→W+SP→Mix for 120 sec.

*液固比 187%のスラリーで使用する

カーボキャッチにより, コンクリートスラッジに CO₂ を吸収させたスラリーを CS とした.

(2) 配合

試験を実施したコンクリートの配合を **Table 3** に示す. 配合はいずれも W/B=40%, s/a=39%, W=175kg/m³ とした. CS 無混合の水準を PL とした. セメントに対して CS を 10, 15, 19%の内割混合した水準を, それぞれ CS10, CS15, CS19 とした. スランプの目標値を 21±2.0cm, 空気量の目標値を 4.5±1.5% とし, 混和剤の添加量により調整した.

(3) 試験方法

コンクリートの練混ぜは, 工事の時期を考慮し, 10℃環境下にて実施した. コンクリートの練混ぜ方法を **Table 4** に示す. CS シリーズに関しては, 既往の知見⁵⁾を参考に分割練混ぜを採用した. 練混ぜ手順は, セメントおよび骨材とともに CS をスラリー状で練り混ぜ, その後, 残りの水と混和剤をミキサに投入した.

フレッシュコンクリートの試験として、スランプ(JIS A 1101)および空気量(JIS A 1128)を測定した。スランプの測定は、コンクリートの打設現場までの運搬時間が約 30 分であることを考慮し、練混ぜ直後、30 分後および 60 分後とした。硬化コンクリートの試験として、曲げ強度試験(JIS A 1106)を行った。曲げ強度用の試験体は、材齢 1 日にて脱型し、現場養生を想定した 10℃環境下での湿布養生および 20℃水中養生を行った。

(4) 試験結果

スランプ試験の結果を Fig. 13 に示す。スランプの変化に関して、PL および CS15 では大きな差は認められなかった。一方、フレッシュコンクリートを目視により観察した結果、CS の混合量の増加に伴いコンクリートの粘性は増加する傾向であり、CS19 では粘性が極端に大きかった。これより、CS15 まではコンクリートの打設に問題ないレベルであり、CS19 では打設が困難となるリスクが高いと判断した。曲げ強度結果を Fig. 14 および Fig. 15 に示す。材齢 3 日の曲げ強度はいずれの水準も大きな差は認められず、交通開放の目安となる 3.5N/mm^2 を概ね満足した。材齢 7 日では CS 混合量が多い CS19 の曲げ強度が若干小さくなったが、CS15 までは PL と概ね同程度であった。また、20℃水中養生下における材齢 28 日の曲げ強度はいずれの水準も同程度であり、目標値である 4.5N/mm^2 を満足した。これらの結果より、フレッシュコンクリートの状態と硬化コンクリートの曲げ強度の発現性を考慮して、CS15 と設定した。

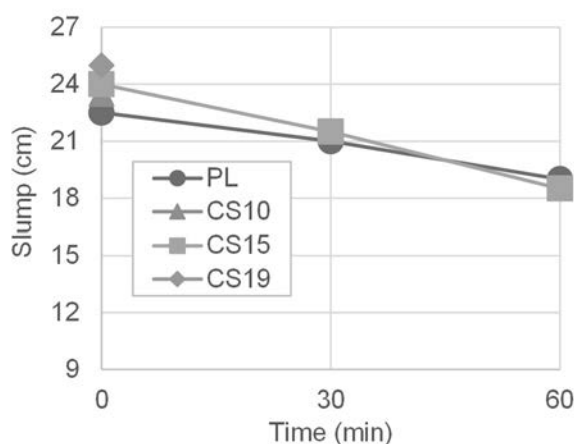


Fig.13 Slump test results
(スランプ試験の結果)

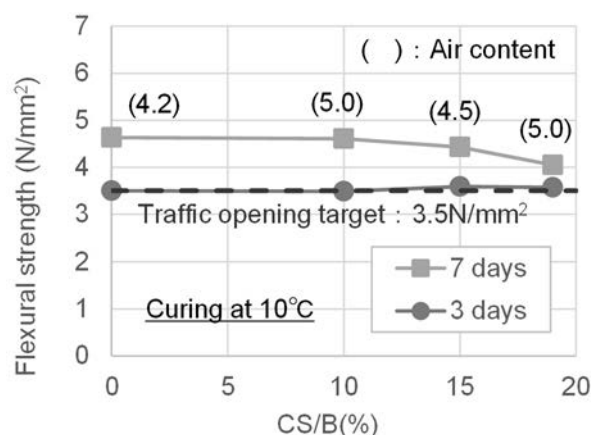


Fig.14 Flexural strength of concrete
(曲げ強度試験の結果)

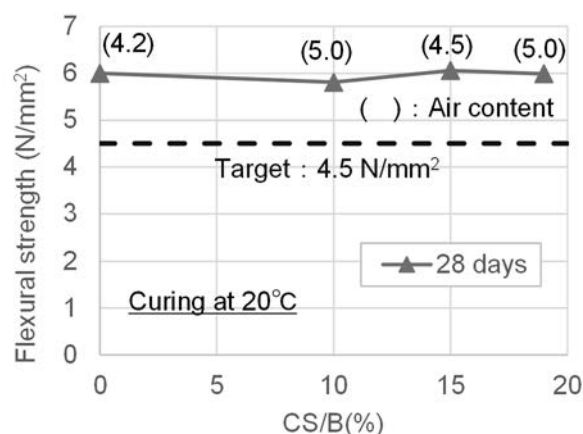


Fig.15 Flexural strength of concrete
(曲げ強度試験の結果)

5. 試験施工の実施

4. にて選定した固化材、路盤材およびコンクリートの材料仕様にて、路床、路盤およびコンクリート舗装の施工を行った。施工の状況を Fig. 16 に示す。施工は、従来の汎用的な材料の場合、 CO_2 を吸収した材料を適用した場合のいずれにおいても以下に示す通り同様に実施し、施工後は所定の品質を満足することを確認した。これより、 CO_2 を吸収した材料を用いた場合でも、従来の方法にて施工が可能であり、品質も問題ないことが確認できた。

5.1 路床改良

路床改良の施工は、対象地盤を掘削し、バックホウを用いて固化材を混合した。路床厚を考慮し、埋戻しと振動ローラによる転圧を 1 層 25cm の間隔で

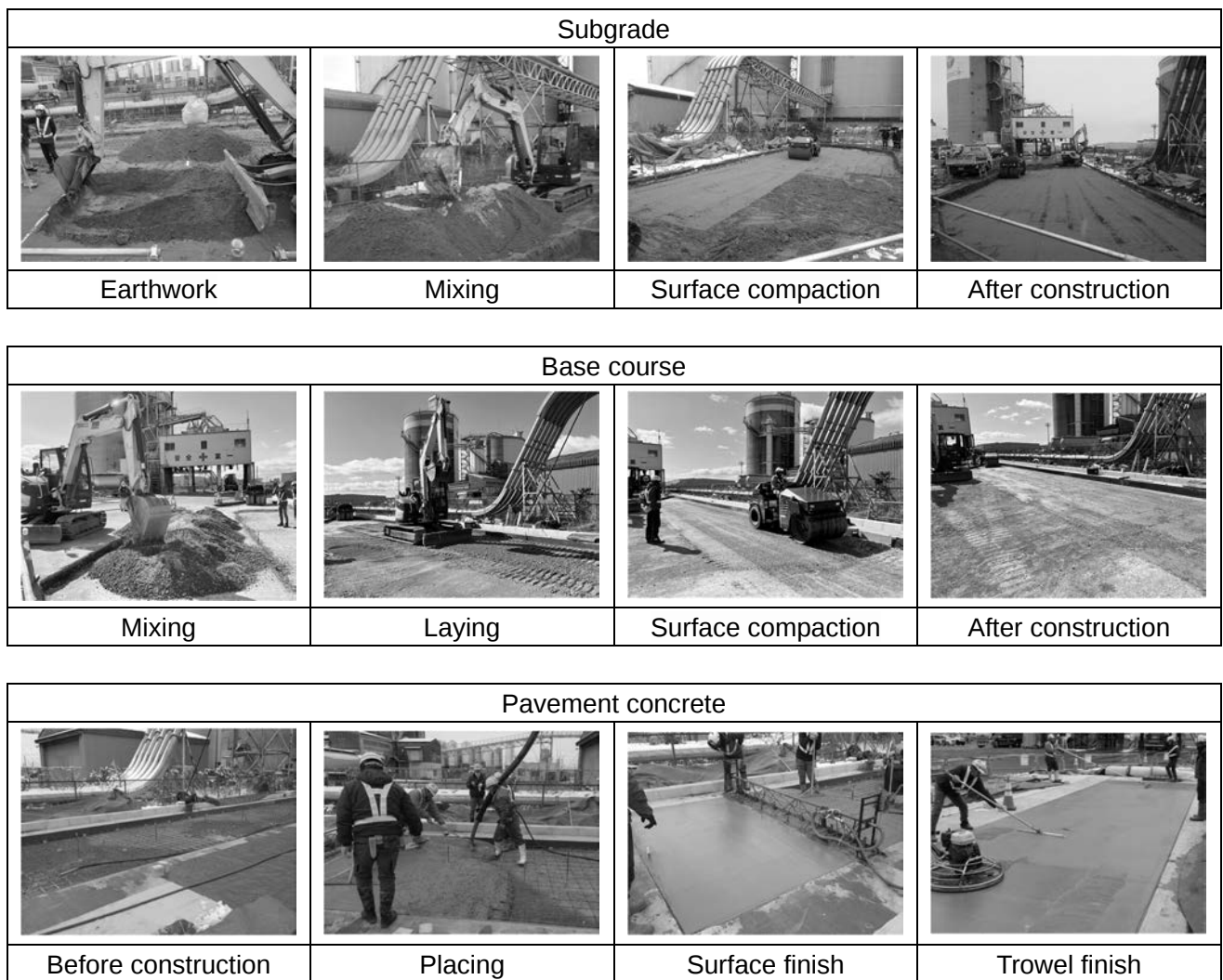


Fig.16 Construction status
(施工の状況)

2回実施した。現場 CBR 値は、汎用材料が 62.3%， CO_2 を吸収した材料が 68.6%となり、いずれも目標 CBR 値 15%を達成した。

5.2 路盤

路盤材の施工について、 CO_2 を吸収した材料と汎用材料との混合はバックホウを用いて施工現場にて実施した。路盤材は、バックホウによる敷き均しを行った後、振動ローラにより転圧を実施した。現場 CBR は汎用材料が 117%， CO_2 を吸収した材料が 126%となり、いずれも目標とする性能を満足していた。これより、 CO_2 を吸収した材料を用いた場合でも、施工性・品質ともに問題なく施工を完了した。

5.3 コンクリート舗装

コンクリートの施工について、生コン工場にて練混ぜたコンクリートは打設現場までおよそ 30 分かけて運搬した。運搬したコンクリートは、コンクリートポンプ車を用いて打設した。打設したコンクリートは、表面仕上げとコテ均しの後、ほうき目仕上げを行った。打設後は養生マットと養生シートを設置し、材齢 7 日までは湿潤養生を行った。なお、初期凍害防止を目的に、材齢 1 日までは吸熱養生を行った。20℃水中養生を行った試験体の曲げ強度は、PL で 5.49N/mm²，CS15 で 4.76N/mm² となり、いずれも目標値を満足した。施工箇所は、供用後 2 ヶ月時点の路面調査によりコンクリート舗装が健全な状態であることが確認できた。

Table 5 CO₂ emission reductions
(CO₂削減効果)

	CO ₂ missions (kg/m ²)		Reductions	
	Existing materials	Low carbon materials	(kg/m ²)	(%)
Pavement concrete	77.1	64.3	12.8	16.6
Base course	0.86	0.04	0.82	95.3
Subgrade	16.4	15.5	0.9	5.5
Total	94.3	79.8	14.5	15.4

6. CO₂の削減効果

参考文献

本舗装の施工において、材料由来の1 m²当たりのCO₂排出原単位を **Table 5** に示す。CO₂を吸収した材料を適用した場合は、従来の汎用材料を用いた場合と比較して、14.5 kg/m² (15.4%) のCO₂削減効果があることが試算された。

7. ま と め

本検討では、太平洋セメントグループのCO₂有効利用技術を適用した材料を舗装用途として適用した。廃棄物である生コンスラッジを原料としてカーボキャッチの技術によりCO₂を吸収させ、舗装コンクリートおよび路床改良向けセメント系固化材の構成材料の一部として使用した。また、再生砕石を加熱炭酸化することによりCO₂を吸収させ、汎用材料の粒度調整砕石に一部置換することで路盤材として使用した。CO₂を吸収した材料を用いた場合でも、従来の汎用材料の場合と同様の方法にて施工を行い、施工後の品質も目標値を満足することが確認できた。また、本仕様による舗装1 m²当たりの材料由来のCO₂排出削減率は、15.4%と試算された。

- 1) 太平洋セメント. 統合報告書：太平洋セメントレポート 2021. 2021, p. 14.
- 2) 太平洋セメント. セメントキルン排ガスからのCO₂分離・回収、有効利用実証試験設備完成. 太平洋セメントニュースレター. 2022-02-04.
<https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/220204.pdf>, (accessed 2024-09-04).
- 3) 太平洋セメント. CO₂をフレッシュコンクリートに固定化する製造システム「カーボキャッチTM」の開発に成功. 太平洋セメントニュースレター. 2023-03-15.
https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/230315_1.pdf, (accessed 2024-09-04)..
- 4) 七尾 舞, 野崎隆人, 王佃超ほか. セメントキルン排ガス分離回収CO₂を用いた加熱炭酸化処理による廃コンクリートへのCO₂固定化. セメント・コンクリート論文集. 2022, 76(1). p. 512-520.
- 5) 阿武稔也, 佐々木幸一, 田場祐道ほか. セメントスラリーを利用したコンクリートへのCO₂固定化技術に関する基礎的検討. 日本建築学会構造系論文集. 2023, 88(803), p. 38-46.
- 6) 環境省. サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース (Ver. 3.4) . 2024-03.
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate_05.html, (accessed 2024-11-11).
- 7) 日本道路協会. 舗装再生便覧. 令和6年版, 2024.