

炭酸養生を行った透水性コンクリート舗装の性能に関する一検討

鹿島道路(株) 正会員 ○横田慎也 神下竜三 鎌田 修
 鹿島建設(株) 正会員 吉田祐麻 小林 聖 取違 剛 芦澤良一

1. 目的

近年、地球温暖化対策に関する取組みが世界的に加速しており、我が国でも「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、CO₂削減・有効利用技術の開発が期待されている。筆者らはこれまでCO₂と反応して硬化するダイカルシウムシリケートγ相（以下、 $\gamma\text{C}_2\text{S}$ ）を混和材として用い、強制的に炭酸化（以下、炭酸化養生）させることで、CO₂をコンクリート中に固定し、環境負荷を低減する技術について研究してきた¹⁾。本論文では、透水性コンクリート舗装を対象に室内試験で炭酸化養生の条件および $\gamma\text{C}_2\text{S}$ の混入が、曲げ強度や耐摩耗性に及ぼす影響を評価した。さらに、実規模サイズの透水性コンクリート舗装を対象に施工試験で屋外の炭酸化養生が曲げ強度に与える影響を評価した。

2. 試験概要

2.1. 室内試験

表-1 に使用材料を、表-2 に透水性コンクリート舗装の配合を示す。配合は、 $\gamma\text{C}_2\text{S}$ を重量比で30%結合材として混和したもので、水結合材比を35%とした。供試体として、曲げ強度の試験を10×10×40cmの角柱、すりへり量の試験を15×5×40cmの角柱で作製した。温度20℃、相対湿度60%の環境で2日間養生を行った後、表-3 に示す条件で12日間の炭酸化養生を行った。その後、供試体を材齢28日まで温度20℃、相対湿度60%の空气中に保管し、曲げ強度はJIS A 1106に規定された曲げ強度試験、耐摩耗性は日本道路協会『舗装調査・試験法便覧』のB002に規定されたラベリング試験で評価した。

2.2. 屋外での施工試験

施工試験は、幅2,000mm、延長5,000mm、厚さ100mmの場所打ち透水性コンクリート舗装を対象とした。表-2に示す配合のコンクリートを打ち込み、洗出しを行って写真-1に示すように骨材が表面に露出した状態に仕上げた。その後、室内試験と同様に、2日間空气中で養生を行い、コンクリートの硬化後、炭酸化養生を12日間行った。炭酸化養生は、表-3に示す温度、湿度およびCO₂濃度に調整した空気を、図-1に示すように、装置から舗装の上面へ送ることで行った。舗装の外周にプラスチック板を枠状に設置し、ビニールシートを掛け舗装の上面から100mm上方を封緘し、装

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度：3.15 g/cm ³
混和材	γ	$\gamma\text{C}_2\text{S}$ 、密度：2.85 g/cm ³
	EX	石灰系膨張材 密度：3.16 g/cm ³
細骨材	S	山砂、密度：2.61g/cm ³ 、F.M.：1.61
粗骨材	G	自然色骨材、密度：2.57g/cm ³
混和材	Ad	高性能減水剤

表-2 透水性コンクリート舗装の配合

W/B※ (%)	設定 空隙 率(%)	γ 置換 率(%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	γ	EX	S	G
35	18	30	104	188	89	20	112	1481

※Bは結合材で、 $B=C+\gamma+EX$

表-3 炭酸化養生の条件

試験種類	No.	温度(℃)	相対湿度(%)	CO ₂ 濃度(%)
室内試験	①	50	50	15
	②	20	50	15
	③	20	60	5
	④	20	60	—
施工試験	屋外炭酸化	50	50	15
	屋外気中	26~34	50~91	—



写真-1 洗出しの状況

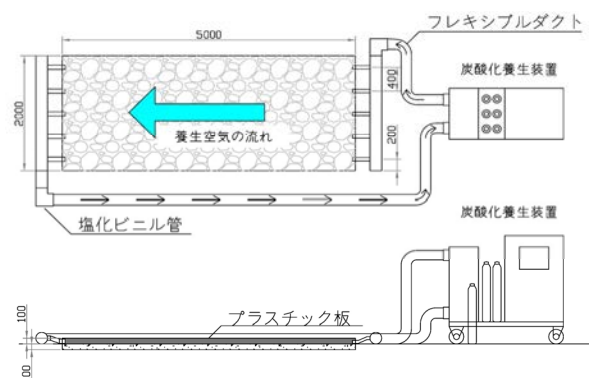


図-1 施工実験における炭酸化養生の概要

キーワード：環境配慮型コンクリート、炭酸化養生、CO₂吸収コンクリート、透水性コンクリート舗装、曲げ強度、すりへり量
 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島道路(株)技術研究所 TEL 042-483-0541

置から送られた空気が舗装の上面のみに供給されるようにした。曲げ強度は、舗装の上面に設置して実構造物と同様の炭酸化養生を行った供試体と、比較として屋外の気中で養生した供試体の2ケースを対象とした。

3. 試験結果

3.1. 室内試験における曲げ強度

図-2 に室内試験で行った曲げ強度の試験結果を示す。図中の赤線は、セメント協会が示す²⁾標準値 2.5 N/mm²を表しており、①～④のすべての供試体がこの標準値を満足していた。曲げ強度は、①の温度 50°C、相対湿度 50%、CO₂濃度 15%とした場合が 5.3 N/mm²で最も大きくなり、代表的な養生とした④に比べて 1.0 N/mm²曲げ強度が向上した。曲げ強度は、④と比べて CO₂を供給した③の方が若干大きくなり、③より CO₂濃度を高くした②とするとさらに大きくなったが、その変化は 0.1～0.2 N/mm²程度であった。つまり、多くの CO₂を供給するだけでなく、温度を 50°C程度に上昇させることが曲げ強度の向上に寄与する炭酸化養生の条件であると考えられる。

3.2. すりへり量

次に、図-3 にラベリング試験によるすりへり量を示す。図中の赤線は、国土交通省北海道開発局が示す³⁾標準値 1.3 cm²を表しており、①、④どちらの供試体もこの標準値を満足していた。炭酸化養生の有無ですりへり量はほぼ同等となり、炭酸化養生でモルタル部分が緻密化して耐摩耗性が向上するとした既往の研究⁴⁾と異なる結果となった。既往の研究が普通コンクリートを対象に実験を行ったのに対し、本試験のコンクリートの配合はモルタル分に比して骨材が多く、写真-1 に示すように骨材が露出している状態である。そのため、炭酸化によりモルタルが緻密化する効果より、粗骨材の破壊または抜け出しが支配的であり、①と④が同等になったと考えられる。

3.3. 屋外での施工試験における曲げ強度

図-4 に屋外での施工試験で行った曲げ強度の試験結果を示す。どちらの供試体も先述の標準値を満足していた。曲げ強度は炭酸化養生を行ったものの方が、気中で養生を行ったものより 1.4 N/mm²ほど高くなった。室内試験と同様の傾向が施工試験においても確認されており、図-1 に示すような方法をとることで屋外での炭酸化養生が可能であり、曲げ強度を向上することができるかと判断される。

4. まとめ

透水性コンクリート舗装を対象に、室内試験で、炭酸化養生の条件が曲げ強度とすりへり量に与える影響を評価した。CO₂濃度の上昇に加えて温度を上昇させた炭酸化養生で曲げ強度が大きくなり、施工試験でも同様であることが確認され、本論文で示した方法により屋外で炭酸化養生を行うことができることが分かった。また、透水性コンクリート舗装の場合、炭酸化養生の有無で耐摩耗性は同等になることが確認された。

参考文献

- 1) 取違ら：炭酸化養生を行ったコンクリートの CO₂収支ならびに品質評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1450-1455，2012。
- 2) セメント協会：ポーラスコンクリートの製造・施工の手引き（舗装編），2011。
- 3) 国土交通省北海道開発局：令和3年度北海道開発局道路設計要領，第1集道路，2021。
- 4) 取違ら：コンクリートの炭酸化による耐摩耗性向上に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.573-578，2008。

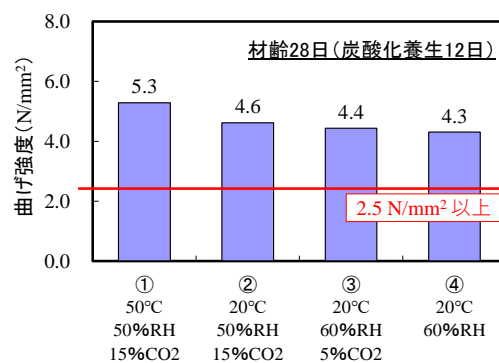


図-2 曲げ強度の試験結果 (室内試験)

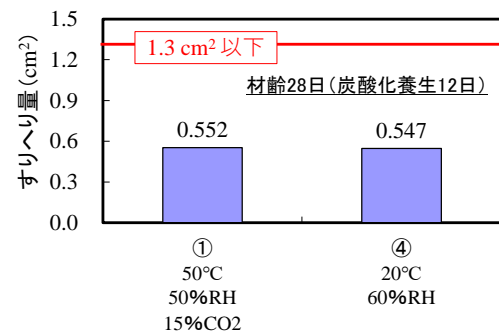


図-3 すりへり量の試験結果

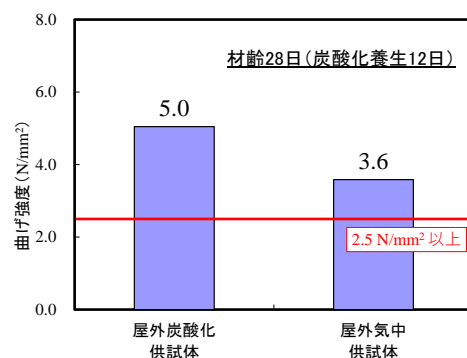


図-4 曲げ強度の試験結果 (施工試験)