

## セメントを使用しないコンクリートの駐車場舗装への適用性の検討

奥村組土木興業株式会社 正会員 ○肖 奥博 正会員 佐々木庸志  
正会員 梅田 惇 正会員 山口 文也

## 1. はじめに

セメントを使用せず、結合材に高炉スラグ微粉末、骨材として高炉水砕スラグおよび製鋼スラグを用い、海水で練り混ぜることにより所要の強度が得られるコンクリート(ゼロ・セメントコンクリート)を開発し、重力式擁壁や小規模な駐車場舗装の試験施工を行ってきた。ゼロ・セメントコンクリートの構成材料のほぼすべてが産業副産物であることから、製造過程で排出されるCO<sub>2</sub>は普通セメントを用いたコンクリートに比べて95~99%程度削減できるが、既往の実験<sup>1)</sup>によりブリージング量を減らすことと早期の強度発現が課題であった。

本報は、駐車場における舗装用ゼロ・セメントコンクリートの配合検討と冬期における実施工での施工性と強度特性について検討を行ったものである。

## 2. 配合検討

使用材料の諸元を表-1に示す。既往の試験施工の配合<sup>1)</sup>を参考に、ブリージング量を減らすため、粉体量および細骨材率を増やして単位水量を減らす配合検討を行った。配合表を表-2、表-3に示す。

目標スランブは8cm以上、目標空気量は4.5±1.5%、目標ブリージング量は0.35cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>以下、目標圧縮強度は24N/mm<sup>2</sup>以上とした。フレッシュ性状と圧縮強度試験結果を表-4に示す。No.1~3は単位水量を調整したものであり、No.4~7は高炉スラグ微粉末量と細骨材率、製鋼スラグの粒度を調整したものである。

No.1~3の試験結果より、単位水量を減らすとブリージング量は減少するがスランブが著しく低下し、圧縮強度も低下した。No.4~7の試験結果より、材齢7日ではSgG粒径5mm以下が混入されている方が圧縮強度は高いが、材齢28日では粒径5mm以下が混入されていないものと同様となった。高炉スラグ微粉末の混入量が多いNo.6とNo.7の圧縮強度は材齢28日で30N/mm<sup>2</sup>以上と、最も高い値となったが空気量の低下が大きかった。また、スランブ値は22cm程度と大きい、微粉末量が多いことから粘性が高く、練り混ぜ機への負荷が大きくなることや敷均し作業が困難となることが懸念された。

このことから、冬期施工における駐車場舗装の配合は、単位水量200kg/m<sup>3</sup>、高炉スラグ微粉末の混合量650kg/m<sup>3</sup>、s/a=50%、SgGの粒径5mm以下の混入率50%程度とした。

表-1 使用材料の諸元

分類	種類	記号	諸元
水	海水	Ws	瀬戸内海
結合材	高炉スラグ微粉末	B	密度2.850g/cm <sup>3</sup> 、比表面積4570cm <sup>2</sup> /g
骨材	高炉スラグ細骨材	SgS	密度2.65g/cm <sup>3</sup> 、吸水率3.48%
	製鋼スラグ	SgG	密度2.96g/cm <sup>3</sup> 、F.M.5.95、吸水率3.68(5mm以下)8.32(5mm以上)
混和剤	AE減水剤	Ad	ポリカルボン酸系化合物

表-2 配合表 (No.1~No.3)

No.	Ws/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					備考
			Ws	B	SgS	SgG	Ad	
1	34.0	50	200	588	760	801	5.88	SgS 5mm以上 58.1%
2	34.0	50	190	559	787	830	5.59	
3	34.0	50	180	529	815	862	5.29	

表-3 配合表 (No.4~No.7)

No.	Ws/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					Ad
			Ws	B	SgS 5mm以下	SgG 5mm以上	SgG	
4	34.3	90	223	650	1254	0	147	6.50
5	34.3	90	223	650	1254	73	74	6.50
6	29.0	50	290	1000	437	0	462	10.00
7	29.0	50	290	1000	437	229	231	10.00

表-4 フレッシュ性状と圧縮強度試験結果

No.	スランブ(cm)	空気量 (%)	ブリージ ング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		
				7日	28日	91日
1	17.0	3.5	0.26	16.5	23.9	30.7
2	14.0	3.6	0.21	16.3	22.8	29.5
3	7.5	3.8	0.17	15.6	22.0	28.5
4	13.0	4.5	-	0.2	26.4	-
5	7.5	5.0	-	7.9	26.7	-
6	21.5	2.0	-	3.6	32.3	-
7	23.5	2.1	-	21.4	34.6	-

キーワード セメントゼロ、高炉スラグ微粉末、製鋼スラグ、海水、環境配慮、冬期施工

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先1丁目11番18号 TEL. 06-6572-5262

### 3. 実施工における配合と補強材の区画

2021年12月中旬に、幅23.0m、長さ7.5m、厚さ0.15mの駐車場舗装の施工を行った。ゼロ・セメントコンクリートの練り混ぜは、移動式プラントで行った。移動式プラントでの配合を表-5に示す。ひび割れや欠けなどの損傷防止を目的とした補強材の効果確認のため、図-1に示す5つの区画で打設を行った。溶接金網とジオテキスタイルは舗装厚の中間高に設置した。補強材の仕様を表-6に示す。

### 4. 駐車場舗装の施工

#### 4.1 施工性の検討

移動式プラントによるフレッシュ性状を表-7に示す。試験の結果、繊維無しはスランプ19.5cm、空気量2.7%、繊維混入でスランプ18.0cm、空気量2.4%および2.5%となった。空気量は2.4%~2.7%と目標より低かったがスランプは目標値以上で、流動性もあり施工性に問題はなかった。繊維無しにおけるブリージング量は $0.13\text{cm}^3/\text{cm}^2$ と目標値以下で、施工後の目視調査ではブリージングによる表面沈下は見られない。材齢48日で駐車場供用となったが、供用から約50日後の調査ではひび割れや欠けなどの損傷はない。駐車場供用中の状況を図-2、図-3に示す。

#### 4.2 冬期施工での強度試験結果

圧縮強度と曲げ強度試験結果を表-7に示す。圧縮試験用供試体は標準養生と現場養生の2種類とし、曲げ試験用供試体は標準養生のみとした。供試体は打設後4日で脱型を行い、標準養生は $20\pm 2^\circ\text{C}$ の水槽で水中養生を行った。現場養生は脱型後、平均気温 $8.2^\circ\text{C}$ 、最低気温 $2.4^\circ\text{C}$ で気中養生を行った。

圧縮強度は、材齢28日の標準養生では $25\text{N}/\text{mm}^2$ 程度、現場養生では $17\text{N}/\text{mm}^2$ 程度となり、標準養生は目標強度を満足した。標準養生による曲げ強度は、繊維1.0vol.%では $3.67\text{N}/\text{mm}^2$ と目標曲げ強度以下となったが、それ以外では目標強度を満足した。今回の試験では、繊維混入率が多くなると圧縮強度は増加したが、曲げ強度は低下する結果となった。

### 5. まとめ

冬期における駐車場舗装の施工性を検討した結果、スランプ18cm程度では施工性に問題はなく、 $0.13\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 程度のブリージング量では舗装表面に沈下やひび割れなどは生じないことが確認できた。また、冬期における実機練りによる強度特性については、養生温度と強度の関係が大きく養生温度が低い場合、同材齢での強度は低くなることが分かった。

今後、養生温度が低い場合の長期間養生による強度増加率の確認、練り上がり温度や養生温度が高温となる夏期施工における施工性と強度特性について、検討が必要である。

【参考文献】1) 肖奥博ほか：セメントを使用しないスラグ固化体による実構造物への適用性について、土木学会第76回年次学術講演会、V-352、2021

表-5 フレッシュ性状と圧縮強度試験結果

No.	Ws/B (%)	s/a (%)	単体量(kg/m <sup>3</sup> )				
			Ws	B	SgS	SgG	Ad
繊維無し	30.8	50	200	650	729	779	6.50

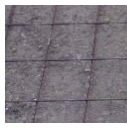

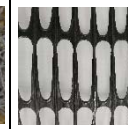

溶接金網	PP繊維 0.5vol.%	ジオテキスタイル	PP繊維 1.0vol.%	補強無し
				-
W=4.6m	W=4.6m	W=4.6m	W=4.6m	W=4.6m

図-1 補強材区画図

表-6 補強材の仕様

分類	種類	仕様
溶接鉄網	鉄線	JIG G 3551, 線形6mm, 網目150mm
PP繊維	ポリプロピレン	繊維長30mm, 繊維径1.0mm, 密度 $0.91\text{kg}/\text{cm}^3$ , 引張強度 $500\text{N}/\text{mm}^2$ , 引張弾性率 $7000\text{N}/\text{mm}^2$
ジオテキスタイル	ポリエチレン アラミド繊維	目合い100mm×28mm, 伸び率4.5%, 限界引張強さ $22\text{kN}/\text{m}$

表-7 フレッシュ性状と圧縮および曲げ強度試験結果

	養生	スランプ(cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
				7日	28日	28日
繊維無し	標準	19.5	2.7	16.6	25.6	4.71
	現場			11.1	16.9	-
PP繊維 0.5vol.%	標準	18.0	2.4	17.5	27.9	4.47
	現場			11.0	18.1	-
PP繊維 1.0vol.%	標準	18.0	2.5	17.3	28.1	3.67
	現場			11.3	17.8	-



図-2 駐車場供用状況



図-3 路面状況