

オーロラミルによる乾式砕砂を使用した コンクリートの品質試験結果報告

Quality Test Report of Fresh and Hardened Concrete Made with Dry Sand Crushed by AURORAMILL

寺岡真司* 横谷建一郎*

Shinji Teraoka, Kenichiro Yokotani

天然砂の代替として高規格砕砂の規格が提案されている。これを充分満足するオーロラミル乾式砕砂を一般砕砂よりも高い比率で配合したときのコンクリートのフレッシュ性状および硬化性状について品質試験を実施しその結果を報告する。

High quality crushed sand is proposed as a substitute for natural sand. This paper reports quality test results for fresh and hardened concrete made with dry crushed sand of a higher ratio than general crushed sand, that satisfies this concept.

1. はじめに

阪神地区におけるコンクリート用細骨材の市場は輸入砂の輸出規制による不安定な供給体制や瀬戸内の海砂採取全面禁止を控え、将来の細骨材の供給確保について、需要家各層より砕砂への期待が非常に高まっている。

しかし、砕石工場で生産、供給している砕砂はおおむね30%程度の使用比率にとどまっているのが現状であることから、70%程度使用可能な高規格砕砂(高規格砕砂の標準規格案)が定義づけられ、砕砂の使用比率の拡大と普及を目指し、天然砂の代替品となるよう目指すことにした。

そこで、株式会社森組殿にて生産する高規格砕砂標準規格(案)に適合する改良乾式砕砂(以後MKサンド)について当社と共同し、フレッシュコンクリートおよびコンクリートの性能を評価した。表1に高規格砕砂標準規格(案)を示す。

2. 乾式砕砂システム(MKサンド)の概要

MKサンドの製造設備は当社が納入した堅型ミル(オーロラミルA-VX300)の破砕機を主機とした乾式砕砂システムである。図1にオーロラミル外観、図2に製造フローを示す。

表1 高規格砕砂標準規格(案)*

検査項目		規格値		標準規格と管理範囲(案) (JISA5005 基準)	頻度
フルイ寸法		JISA5005	JISA5308		
粒度分布 (%)	10mm	100	100	JISA5005 の範囲内であること。 隣接するふるいに留まる量との差は 45% 以上を越えないものとする。	1 回 / 週以上
	5mm	90~100	90~100		
	2.5mm	80~100	80~100		
	1.2mm	50~90	50~90		
	0.6mm	25~65	25~65		
	0.3mm	10~35	10~35		
	0.15mm	2~15	2~10		
粗粒率 (FM 値)		—	—	社内設定値 ± 0.15	1 回 / 週以上
微粒分量 (%)		7.0 以下	3.0 以下	社内設定値 ± 1.5 かつ 7.0 以下	1 回 / 週以上
密度 (絶乾密度) (g/cm ³)		2.5 以上	2.5 以上	社内設定値 ± 0.02 かつ 2.5 以上	1 回 / 月以上
吸水率 (%)		3.0 以下	3.5 以下	社内設定値 ± 0.2 かつ 2.5 以下	1 回 / 月以上
単位容積質量 (kg/m ³)		—	—	—	—
実積率 (%)		—	—	—	—
粒形判定実積率 (%)		53 以上	—	社内設定値 ± 1 かつ 55 以上	1 回 / 月以上
表面水率 (%)		—	—	購入者との協議	—

* 高規格砕砂研究会(関西の砕石業者8社より構成)により作成

このシステムは乾燥または水分を含んだ碎石の6号(13~5mm)、7号(5~2.5mm)、C40(40-0mm)を投入原料とする。水分調整用としてドライヤを設置し、閉回路を通過した破砕品をニューエアセパレータでダスト分の調整をし、加湿器を経て一定水分に調整をし、MKサンドとして出荷されるシステムとなっている。

このシステムを通過した砕砂は2.5~1.2mmの範囲(粒形判定実積率測定範囲)だけでなく、1.2mm以下の粒度

においても良好な粒形であり、粉碎プロセスの特性が出ている。

図3~6にMKサンドと既設湿式砕砂の顕微鏡写真を示す。(原料として6号碎石を50t/h投入し生産したものである)

既設湿式砕砂の粒形に対し、MKサンドは明らかに角張りが少なく滑らかな粒形であることが確認できる。



図1 オーロラミル外観

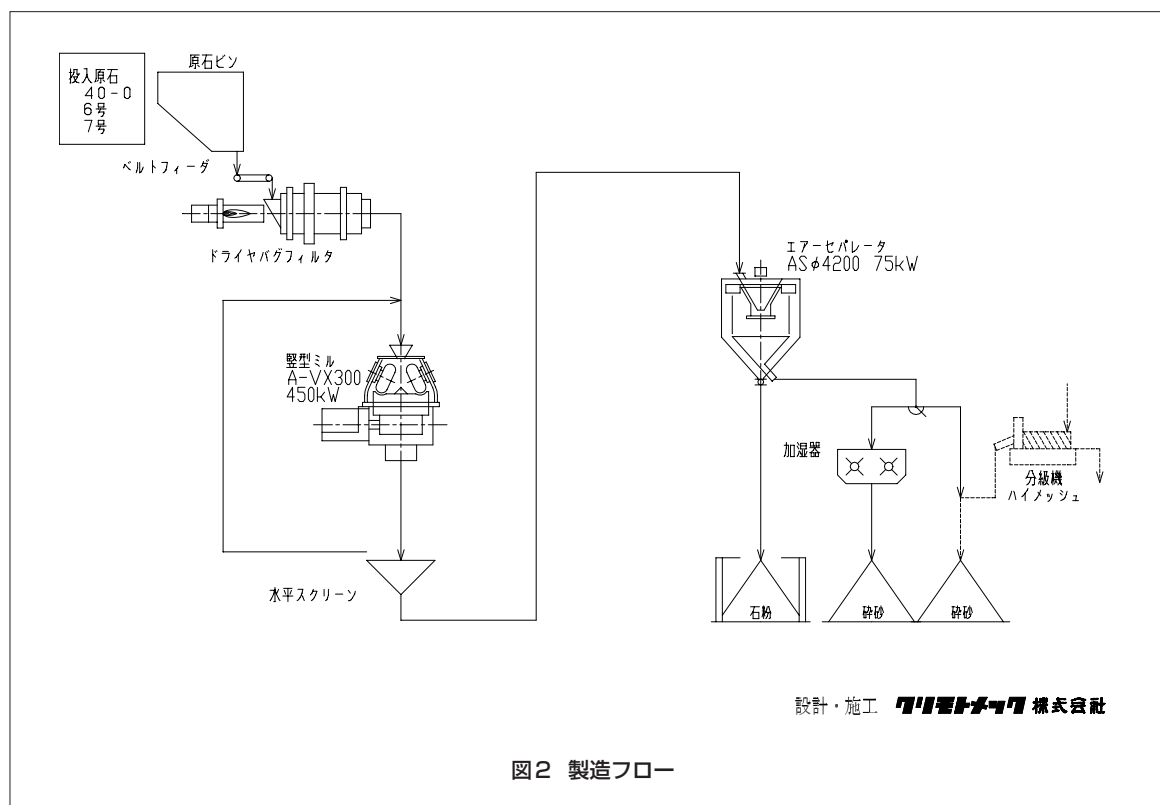


図2 製造フロー

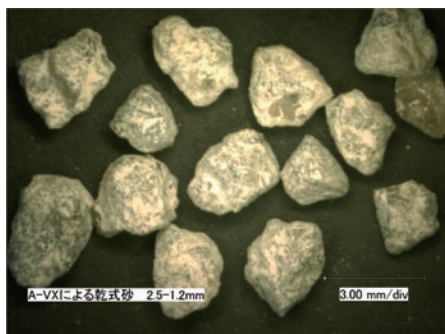


図3 MKサンド (2.5~1.2mm)

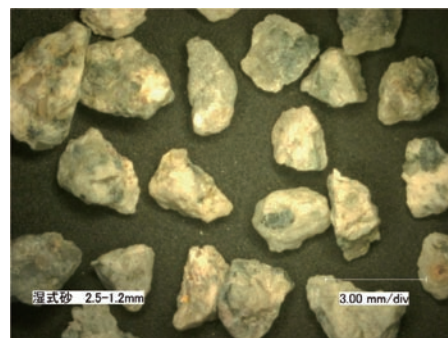


図4 既設湿式砕砂 (2.5~1.2mm)

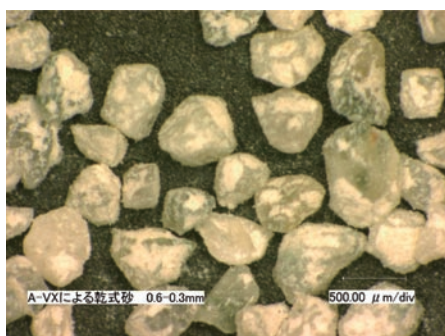


図5 MKサンド (0.6~0.3mm)

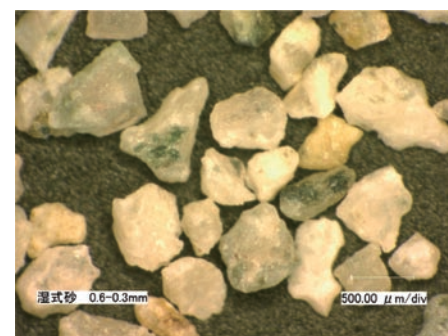


図6 既設湿式砕砂 (0.6~0.3mm)

3. コンクリート試験概要

試験は硬化したコンクリートにて最終評価し、コンクリートの配合は呼び強度18~45までを練り混ぜ確認した。試験の割付を表2に示す。(表中で天然砂の川砂をRS、既設湿式砕砂をWSと表示)

MKサンドの使用割合は70%とし、一部配合では30%と100%についてもフレッシュ性状(スランプ、空気量、コンクリート温度、一部ブリーディング)と硬化特性(圧

縮強度、静弾性係数)について試験を行った。

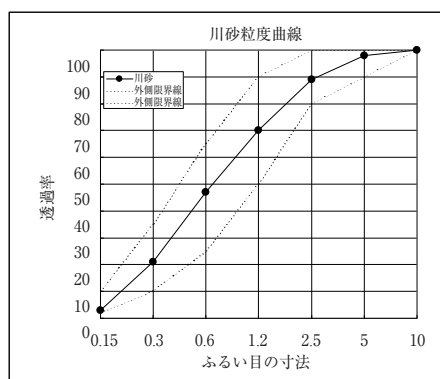
また、比較として湿式砕砂についても、一部配合で使用割合70%と30%について確認した。

使用混和剤はスランプ8cmにはAE減水剤高機能型(以後高機能型)、呼び強度24配合以上のスランプ18cmには高性能AE減水剤(以後高性能AE)を使用した。なお、配合については大阪兵庫生コンクリート工業組合の配合を参考とした。

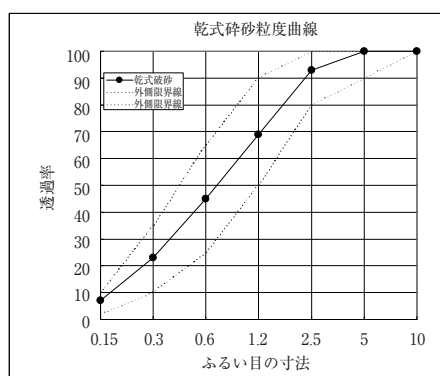
表2 試験割付

配合	細骨材 * (%)			粗骨材 * (%)		使用混和剤
	砕砂		川砂 (RS)			
	乾式 (MK)	湿式 (WS)		(G2015)	(G1505)	
18-8-20N	30	－	70	60	40	高機能型
	70	－	30			
18-18-20N	70	－	30			
24-8-20N	70	－	30			
24-18-20N	30**	－	70			高性能 AE
	70**	－	30			
	－	70	30			
	－	30	70			
	100	－	－			
27-8-20N	70	－	30			
27-18-20N	70	－	30			高性能 AE
36-18-20N	70	－	30			
45-21-20N	70	－	30			

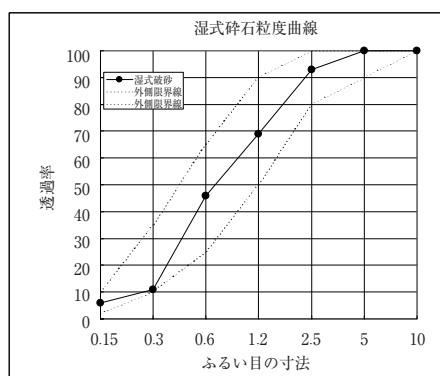
* 表内の数値は骨材の容積混合比 ** 静弾性係数とブリーディング試験実施



川砂



乾式破砂



湿式破砂

図7 細骨材の粒度

4. 使用原材料

表3に使用材料および図7に細骨材の粒度を示す。

5. 試験項目

試験項目を以下に示す。

- ・スランプ試験 JIS A 1101
- ・空気量試験 JIS A 1128
- ・ブリーディング試験 JIS A 1123
- ・圧縮強度試験 JIS A 1108
- ・静弾性係数 JIS A 1149

6. 配合詳細

配合はJIS A 5308レディーミックスコンクリートの普通コンクリート呼び強度18、スランプ8cmから呼び強度45、スランプ21cmまでとした。表4にコンクリートの配合を示す。

7. 試験結果

7.1 フレッシュ性状

MKサンドを70%使用した全ての配合にてフレッシュ性状は良好であり、30%使用の配合と比較し遜色のないことを確認した。(図8,9)表5にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。

一方、既存湿式砕砂を70%使用し練混ぜた配合では、スランプが崩れ不良なコンクリートとなった。(写真8)

また、24-18-20N配合にてMKサンドを100%使用し練混ぜたが、状態は良好であった。(写真9)

ブリーディング試験では、MKサンド30%および70%使用した配合では $0.18\text{cm}^3/\text{cm}^2$ と $0.14\text{cm}^3/\text{cm}^2$ であり、いずれも昭和50年版JASS5で示されている、常用 $0.5\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 、高級 $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下の規定値を十分満足した。

表3 使用材料

種類		仕様	産地及び生産者
セメント(C)		普通ポルトランドセメント 密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$	SO社殿
細骨材	川砂(RS)	密度 $2.58\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率1.40% F.M2.65	中国九龍産
	MKサンド(MK)	密度 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率1.05% F.M2.64 粒径判定実積率58.5%	兵庫県生瀬産 (株)森組殿
	湿式砕砂(WS)	密度 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率1.08% F.M2.82 粒径判定実積率57.0%	
粗骨材	(G2015)	密度 $2.64\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率0.97%	兵庫県生瀬産 (株)森組殿
	(G1505)	密度 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率1.20%	
	(G2005)	実積率57%(2015:1505=6:4)	
混和剤*	(HWR)	高性能AE減水剤 密度 $1.07\text{g}/\text{cm}^3$	FLC社殿
	(MWR)	AE減水剤(高機能型) 密度 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$	
	(WR)	AE減水剤 密度 $1.08\text{g}/\text{cm}^3$	

*JIS A6204 標準形 1種適合品

表4 コンクリート配合

No	配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							備 考
				W	C	RS	MK	WS	G2015	G1505	
1	18-8-20N	68	45.5	172	253	578	251	0	607	402	MK30%
2	18-8-20N			172	253	248	585	0	607	402	MK70%
3	18-18-20N	68	47.4	192	282	248	582	0	560	373	MK70%
4	24-8-20N	57	46.1	165	289	250	587	0	597	395	MK70%
5	24-18-20N	57	49.0	180	316	599	258	0	544	363	MK30%
6	24-18-20N			180	316	255	606	0	544	363	MK70%
7	24-18-20N			180	316	255	0	606	544	363	MK 0% (WS70%)
8	24-18-20N			180	316	599	0	258	544	363	MK 0% (WS30%)
9	24-18-20N			180	316	0	864	0	544	363	MK100% (RS 0%)
10	27-8-20N	54	45.7	165	306	245	579	0	597	395	MK70%
11	27-18-20N	54	48.6	180	333	253	592	0	544	363	MK70%
12	36-18-20N	44	45.6	180	409	227	538	0	557	368	MK70%
13	45-21-20N	36	44.6	185	514	209	496	0	533	352	MK70%



図8 NO.2(18-8-20N RS30:MK70)



図9 NO.6(24-18-20N RS30:MK70)

表5 フレッシュコンクリート試験結果

No.	配合	細骨材種類と割合 (%)			添加率 (C × wt%)	sl (cm)	slflow (cm)	Air (%)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	C.T (℃)
		RS	MK	WS						
1	18-8-20N	70	30	—	0.6	9.5	—	5.2	—	22℃ ～ 26℃
2		30	70	—	0.6	9.5	—	4.9	—	
3	18-18-20N	30	70	—	0.5	18.5	33.0	3.8	—	
4	24-8-20N			—	0.6	9.0	—	4.3	—	
5	24-18-20N	70	30	—	0.65	20.0	34.0	4.9	0.18	
6		30	70	—		19.0	31.0	3.8	0.14	
7*		30	—	70		崩れる	35.0	4.5	—	
8		70	—	30		20.0	33.0	4.5	—	
9		—	100	—		19.0	31.0	4.2	—	
10	27-8-20N	30	70	—	0.6	9.0	—	4.5	—	
11	27-18-20N			—	0.65	19.0	32.0	4.3	—	
12	36-18-20N			—	0.57	20.0	35.0	4.7	—	
13	45-21-20N			—	0.6	21.5	33.5	4.4	—	



図10 NO.7(24-18-20N RS30:WS70)



図11 NO.9(24-28-20N MK100)

表6 圧縮強度の試験結果

No.	配合	圧縮強度 (N/mm ²)		静弾性係数 * (10 ⁴ N/mm ²)	No.	配合	圧縮強度 (N/mm ²)	
		7日強度	28日強度				7日強度	28日強度
1	18-8-20N	15.5	23.6	—	9	24-18-20N	26.9	37.9
2	18-8-20N	17.1	26.0	—	10	27-8-20N	29.2	41.9
3	18-18-20N	16.6	25.5	—	11	27-18-20N	30.0	41.7
4	24-8-20N	24.8	35.0	—	12	36-18-20N	40.2	53.7
5	24-18-20N	24.6	34.6	2.78	13	45-21-20N	54.6	70.1
6	24-18-20N	25.3	37.0	2.81	—	—	—	—

* 静弾性係数は28日標準養生

7.2 硬化性状

圧縮強度においては全ての配合にて十分な強度を発現していることを確認した。表6に圧縮強度及び静弾性係数の試験結果を示す。

また、呼び強度18と24の配合にて、MKサンド30%と70%の比較を実施したが、MKサンドを70%使用した配合の方が、約10%程度強度発現は良かった。

静弾性係数については、土木学会【構造性能照査編】では設計強度24と30で25kN/mm²と30kN/mm²の目安値を示しており、今回の値はほぼ近い値である。

8. まとめ

上記の試験結果より、MKサンドを70%使用した、呼び強度18～45までのコンクリートのフレッシュ性状および硬化特性は良好であり、JISのレディーミックスとコンクリートの普通配合を全てカバーできることを確認した。

また、24-18-20Nの配合ではMKサンド100%使用でも、状態は良好であることを確認した。

分離抵抗性の指標である、ブリーディング量では0.18～0.14cm³/cm²と良好な結果であった。

以上より、高規格砕砂標準規格(案)に適合するMKサンドは、使用割合を70%程度に増大させても、コンクリートのフレッシュ性状ならびに硬化特性においても良

好であり、砕砂の使用割合を大幅に増加できる改良砕砂で有ることを確認した。

当社は今後よりよい砕砂を目指し、粗骨材と併せてコンクリートなどの品質を向上させる技術を高めるように努める。

【引用文献】

品川浩司、第33回全国砕石技術大会(東京)、改良乾式砕砂を使用したコンクリートの品質試験結果報告、pp.35-40

執筆者

寺岡真司

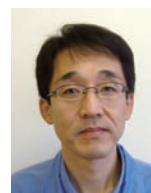
Shinji Teraoka

エンジニアリング本部技術部

昭和59年入社

耐熱・耐摩耗鋳物および

破碎機の設計に従事



横谷建一郎

Kenichiro Yokotani

エンジニアリング本部技術部

平成16年入社

破碎機の設計に従事

