

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

珪石れんが用モルタル
DIN適合MK-95D-7, 低熱膨張性MK-95D-8

Mortar for Silica Brick Lining
MK-95D-7 : Satisfying DIN Requirement,
MK-95D-8 : Low Thermal Expansion

佐 川 和 貴 東 川 夏 海
Kazuki SAKAWA Natsumi HIGASHIKAWA

品川技報

珪石れんが用モルタル DIN適合MK-95D-7, 低熱膨張性MK-95D-8

Mortar for Silica Brick Lining MK-95D-7: Satisfying DIN Requirement, MK-95D-8: Low Thermal Expansion

佐 川 和 貴*
Kazuki SAKAWA

東 川 夏 海*
Natsumi HIGASHIKAWA

要 旨

本報では珪石れんが用モルタルについて紹介する。当社は延びに優れ作業負荷が少なく、施工体特性も良好な珪石質モルタルとして、MK-95D-7とMK-95D-8を有している。MK-95D-7はDIN 1089 Part 3を満たしたモルタルである。一方、MK-95D-8はやや多い不純物を含むが、MK-95D-7に比べ低い熱膨張を有しており、比較的短期間で行われる昇温の施工に適する。

Abstract

MK-95D-7 and MK-95D-8 are introduced in this report as silica mortars for silica brick lining. Both mortars exhibit good workability with excellent spreadability. MK-95D-7 completely satisfies DIN 1089 Part 3, which defines the specifications for mortar used in coke ovens. Although MK-95D-8 contains a larger amount of foreign oxides than specified in DIN specifications, it shows smaller thermal expansion. Thanks to this desirable characteristic, MK-95D-8 is suitable for short heating up schedule construction.

1. はじめに

珪石質れんがは700℃以上での熱膨張係数が極めて小さいという特性から、コークス炉、熱風炉、ガラス溶解炉などで広く用いられており、れんが積みには珪石質のモルタルが使用される。モルタルにはれんが積み作業者の負担を軽減するために、良好な作業性が求められる。また、れんが積み後の乾燥で収縮すると施工体上部に隙間が生じたり、稼働中にクリープ変形が不十分な場合には炉の施工体のせり出しが生じたりするため、適切な高温特性も必要である。

当社は作業時の延びに優れ作業負荷が少なく、

1. Introduction

Silica brick is widely applied for industrial furnaces such as coke ovens, hot stoves, glass smelting furnaces and so on since it exhibits an extremely low thermal expansion coefficient in a temperature over 700℃. Naturally, silica mortar is used for the brick work of those industrial furnaces. In general, refractory mortar is required good workability as well as suitable characteristics after heating. Mortar paste with insufficient workability increases the work load of masons resulting in a decrease

* 技術研究所 Engineer, Research Center

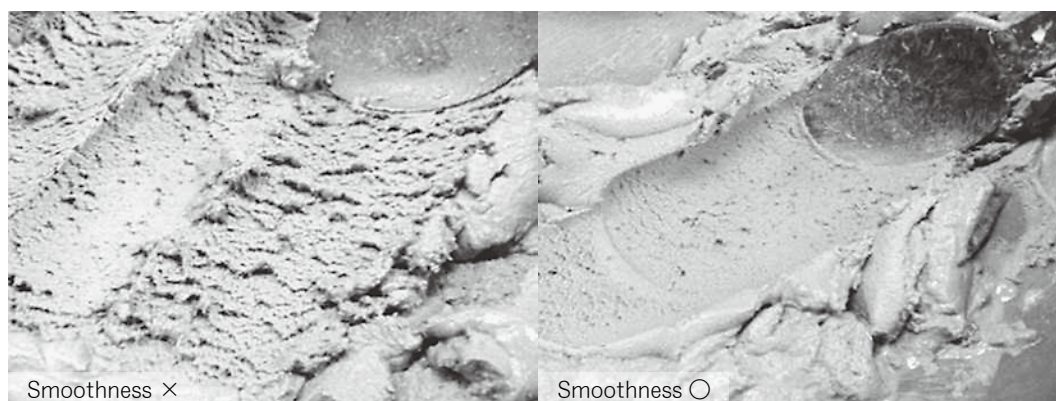


Fig. 1 Comparison of smooth and rough mortar paste surface smoothness.

適切な施工体特性を示す珪石質モルタルとして、MK-95D-7とMK-95D-8を製造、販売している。本報では、モルタルの作業性および施工体特性について述べ、MK-95D-7およびMK-95D-8の評価結果を紹介する。

2. モルタルの作業性

2. 1 延び

モルタル混練物の作業性特性として、「延び」と呼ばれるものがある。延びの悪いモルタルは手首に負荷がかかるため作業者への負担が大きくなる。Fig. 1に延びの良いモルタルと延びの悪いモルタルの写真を示す。当社のモルタルはトップ粒度および分散/凝集剤の適正化により良好な延びが付与されている。

2. 2 モルタルとコテの付着状態

モルタル混練物はコテを用いてれんがに塗布され、モルタルを塗布されたれんがが積み上げられていく。従って、作業性の観点からモルタルとコテの付着状態は重要である。モルタルとコテの付着状態は、コテ付きやコテ離れといった用語で表される。コテ付きとコテ離れは反対の概念であり、例えばコテ付きの良いモルタルはコテ離れの悪いモルタルとなる。Fig. 2にコテ付きが良いモルタルとコテ離れが良いモルタルの写真を示す。

実際のれんが積み施工では、積み終わったれんがからはみ出るモルタルをコテで除去する。この際、コテ付きの悪い（すなわちコテ離れのよい）

in brick work efficiency. In addition, large dry shrinkage causes a gap to form between the brick wall top and roof. If mortar joints do not exhibit a suitable creep property, bricked wall will be warped under operation condition.

Shinagawa refractories CO., LTD. manufactures and sells silica mortar MK-95D-7 and MK-95D-8 which show good workability as well as suitable high temperature properties. In this report, the workability and high temperature properties of MK-95D-7 and MK-95D-8 are investigated.

2. Workability

2. 1 Spreadability

“Spreadability” is one of the important indices which express mortar paste workability since using poor spreadability mortar imposes excess load on the mason’s wrist. Spreadability can be evaluated by observing the mortar surface, i.e., the mortar with good spreadability shows a smooth surface. In Fig. 1, the surface smoothness of two mortar paste samples is compared. The spreadability of MK-95D-7 and MK-95D-8 are adjusted by grain size distribution, dispersant, and flocculant.

2. 2 Adhesive property between mortar and trowel

Mortar paste is spread on the joint surface

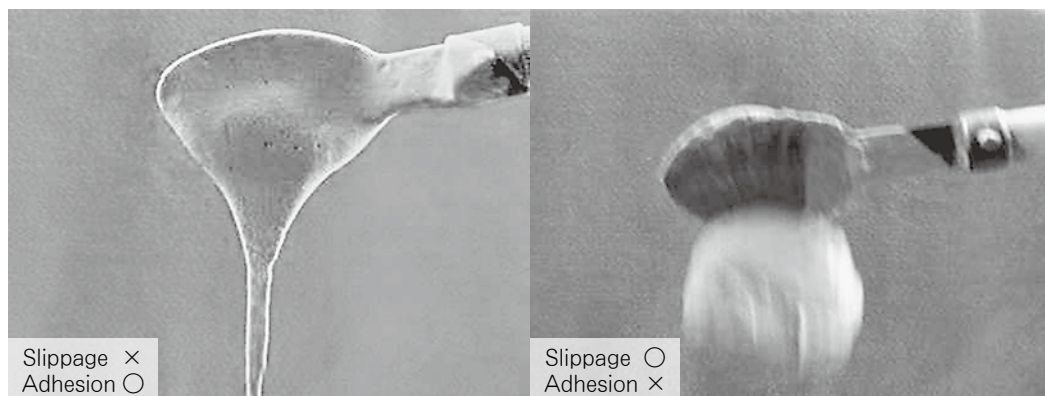


Fig. 2 Difference in adhesion characteristics of mortar paste.

モルタルは、はみ出たモルタルの除去作業が難しくなる。そのため、除去作業時コテに付着せず足場に落下するため足場を汚す。反対に、コテ離れの悪い（すなわちコテ付きのよい）モルタルは足場の汚れは少ないが、コテを汚しやすくなる。実際の施工において、コテ離れとコテ付きのどちらを重視するかは施工者の好みや施工状況によって変わる。当社は、粘性調整剤の適正化により両方に対応できる。

2. 3 接着時間

れんが積み後、モルタルが流動性を失うことでれんが同士が接着し、それに要する時間を接着時間と呼ぶ。接着時間が短かすぎると所定の寸法に調整できず、長すぎると施工後にれんがが動き正確な施工ができなくなるため、施工に応じた適切な接着時間が必要である。

Fig. 3にMK-95D-7の各温度における目地厚みが3, 5, 7mmの接着時間を示す。温度は高い方が、目地厚みは薄い方が接着時間は短くなる。接着時間については、Fig. 4に示されているように、促進剤や遅延剤の添加で調整が可能である。

3. 施工体特性

Table 1にMK-95D-7およびMK-95D-8のDIN（Deutsches Institut für Normung: ドイツ工業規格）1089 Part 3およびJISに基づく評価結果を示す。MK-95D-7はDINが要求しているすべての特性を満たしている一方、MK-95D-8は不純物量が多い点でのみDINの要求を満たしていない。コー

of a brick by using a trowel. Thus, the adhesive property between mortar and trowel is important in terms of workability. The adhesive property is expressed as “adhesion” and “slippage”. These two are opposite concepts as; good slippage means poor adhesion. Fig. 2 shows examples of adhesion and slippage.

For actual brick work, excess mortar is forced out from the mortar joint and the protruding portion is removed by trowel. Since the poor adhesion (good slippage) mortar tends to fall down on the floor, the floor must be cleaned often. On the other hand, poor slippage (good adhesion) mortar makes the trowel dirty. As a matter of fact, priority depends on the mason's preference and situation of the construction site. Thus, we can provide both types of mortar by adjusting the thickening agent.

2. 3 Setting time

Within a few minutes after brick laying, the brick connects to the lower brick layer tightly due to a decrease in mortar paste flowability. This time duration is expressed as setting time. An extremely short setting time does not permit enough time to adjust the bricking dimensions. On the other hand, the laid brick moves from the adjusted accurate position when the setting time is too long. Hence, a setting time suitable for the individual construction site's local condition is necessary.

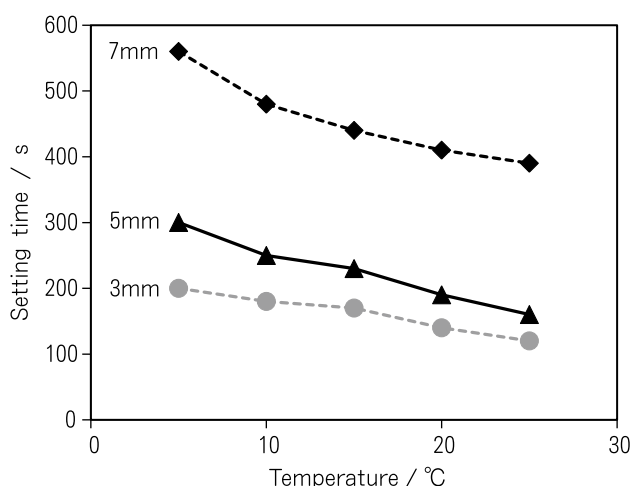


Fig. 3 Influence of joint thickness and temperature on setting time.

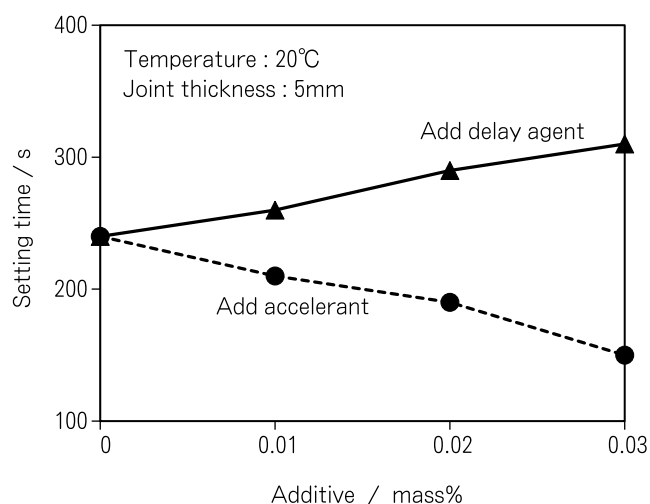


Fig. 4 Influence of additive on setting time.

Table 1 Properties of silica mortars

Properties		DIN requirements for KS94	MK-95D-7	MK-95D-8
Chemical composition (%)	SiO ₂	≥ 94	95	94
	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	≤ 5.5	1.9	1.9
	Foreign oxides	≤ 1.5	1.0	2.0
Grain size spread (mass%)	> 2mm	0	0	0
	1-2mm	≥ 2	0	0
Consistency JIS	Mixing water(%)	-	27	27
	Consistency	-	312	328
Consistency DIN	Mixing water (%)	≤ 34	27	27
	Consistency	-	20	17
Permanent linear change after drying at 110°C evaluated by JIS method	Mixing water (%)	-	15.3	16.5
	Consistency	-	101	109
	PLC(%)	-	-1.52	-1.3
Permanent linear change after drying at 110°C evaluated by DIN method	Mixing water (%)	≤ 34	27	27
	PLC(%)	≥ -4	-2.78	-2.04
Modulus of rupture (MPa)	110°C	≥ 0.1	0.5	0.8
	1100°C	≥ 0.7	1.1	4.6
Setting time <JIS>	Mixing water (%)	-	27	27
	Setting time (min)	-	4	3.75
Thermal creep (%) <DIN>	ΔD ₂₅	≥ -0.3	-0.033	-0.223
Thermal expansion (%)	1000°C	-	1.33	1.24
	1200°C	-	1.22	1.26

クス炉建設ではエンジニアリング会社よりDINへの厳格な適合を要求される場合があり、その場合はMK-95D-7が適用される。

Fig. 5にクリープ曲線を、Fig. 6にクリープ試

Fig. 3 shows the influences of joint thickness and temperature on setting time. The setting time becomes shorter with temperature increase and joint thickness decrease. The setting time

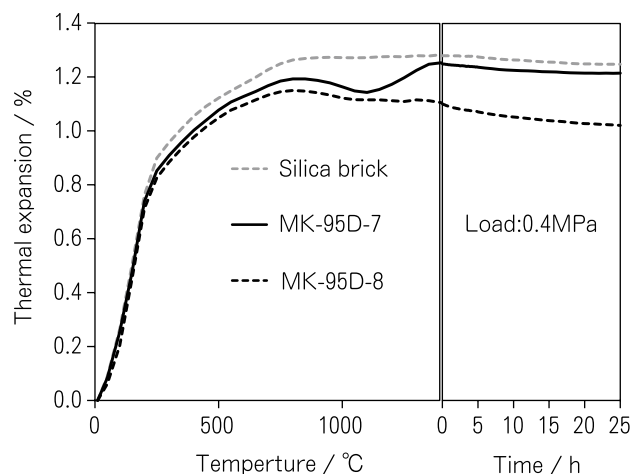


Fig. 5 Thermal creep behavior of silica bricks with and without horizontal mortar joint.

験後の試料外観を示す。Fig. 5に示すMK-95D-7とMK-95D-8は珪石れんが/珪石モルタル複合試料のクリープ曲線である。また、Fig. 6よりMK-95D-7とMK-95D-8に亀裂発生は見られず、加熱後の亀裂によるガスリークは発生しにくいと考えられる。

Fig. 7にMK-95D-7とMK-95D-8の熱膨張曲線を示す。MK-95D-7は1200℃以上でやや大きな熱膨張を示したが、実施工では拘束下で加熱されるため、荷重下の膨張であるクリープ特性で評価する方が実用的であると考えられる。DINにおいてもクリープが最も重要視され、熱膨張については規定されていない。そのため、MK-95D-7の示すやや大きな熱膨張は一般的なコークス炉建設にお

can be adjusted to a suitable value by the addition of a delay agent or accelerant as shown in Fig. 4.

3. Characteristics of Set Mortar and Building Structure

Table 1 summarizes the properties of MK-95D-7 and MK-95D-8 as evaluated by the method described in DIN 1089 Part 3. The values listed in Table 1 show that; (1) MK-95D-7 completely satisfies the DIN requirements and (2) the content of foreign oxides is only the out of DIN Specifications property of MK-95D-8. In some cases of coke oven constructions, engineering company requires strict conformity to DIN specifications. In such cases, MK-95D-7 is applicable.

Fig. 5 shows the creep behaviors of a silica brick with a mortar joint compared with a silica brick without mortar joint. The thermal creep (ΔD_{25}) indicated in Table 1 can be obtained from Fig. 5 by the calculation described in DIN. The external appearances of the post creep test specimens are shown in Fig. 6. As can be seen in Fig. 6, no obvious cracking, which is considered to induce gas leakage after heating, is observed in joint. According to the DIN description, the creep property is the first priority. Thus, satisfaction of the creep property and no crack

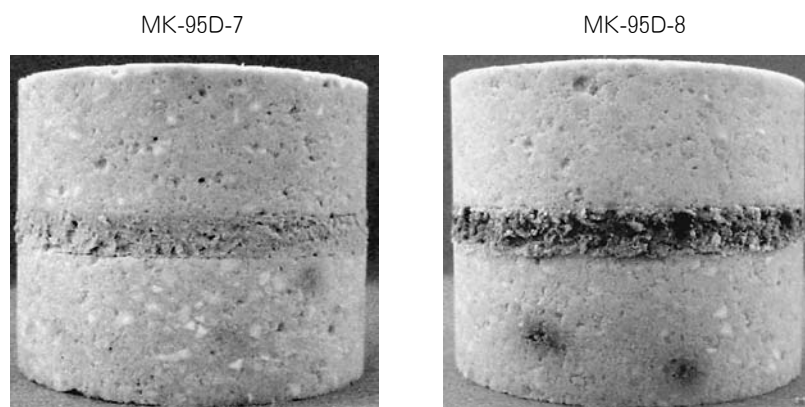


Fig. 6 Appearance of specimen after thermal creep test.

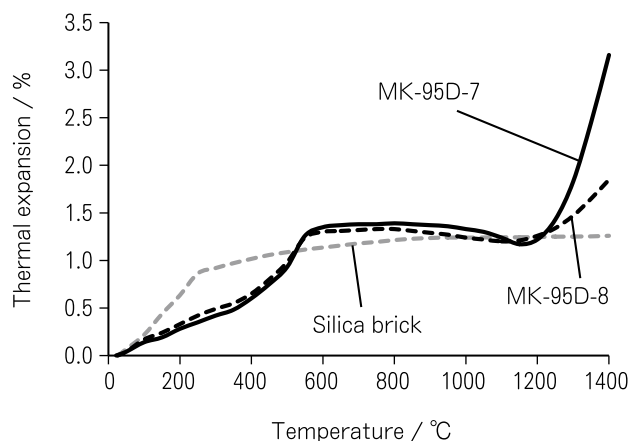


Fig. 7 Thermal expansion curves of silica mortars.

いて実用上問題はないと考えられる。

しかし、積替え補修後やコークス炉以外の窯炉の建設において急速な昇温がなされる場合など、熱膨張の安定しているモルタルが適するケースもあると考えられる。MK-95D-8は低熱膨張性シリカ原料を適用しているため、MK-95D-7に比べ熱膨張が低く、比較的短期間で行われる昇温の施工に適する。MK-95D-8は不純物量のみDINを満たさないものの、本報で示したようにその特性は実用上問題ない。

4. 結言

珪石モルタルは延びが良く、状況に応じてコテ付き/コテ離れと接着時間の調整が可能であることを求められる。当社の珪石モルタルは上記項目を満たしており、さらに、MK-95D-7はDINの要求特性に完全に対応している。一方、MK-95D-8は不純物量がDIN 1089 Part3 KS94を満たさないものの、MK-95D-7に比べ熱膨張が低く、比較的短期間で行われる昇温の施工に適している。

occurrence during the creep test confirm the applicability of MK-95D-7 and MK-95D-8 for coke oven construction.

A comparison of the thermal expansion behaviors of MK-95D-7 and MK-95D-8 is shown in Fig. 7. MK-95D-7 shows a slightly higher thermal expansion than MK-95D-8 above 1200°C. But this expansion is considered not to be an issue since the creep behaviors, which are expansion properties under load, are favorable. Actual building structures of industrial furnaces are heated under load, and that is why DIN does not mention any requirement for thermal expansion.

However, in cases when construction does not allow sufficient heat up time, use of MK-95D-8 is recommended due to its low thermal expansion. Though MK-95D-8 includes slightly larger amount of foreign oxides than DIN requirement, it is obvious that properties of MK-95D-8 is acceptable as investigated in this report.

4. Conclusion

Silica mortars MK-95D-7 and MK-95D-8 exhibit excellent spreadability, desirable adhesive properties between mortar paste and trowel (adhesion and slippage), and suitable setting time. Moreover, MK-95D-7 completely satisfies the DIN requirement, and the content of foreign oxides is the only DIN-disqualifying property of MK-95D-8. In cases when construction does not permit sufficient heat up time, use of MK-95D-8 is suitable due to its low thermal expansion characteristic.