
均熱炉における不定形耐火物の採用について

The Adoption of Refractory Specialities (Plastic-Fire-Clay) in Soaking Pit

二宮 久人(Hisato Ninomiya)

要旨：

均熱炉本体側壁，コモンウォールなど全面に不定形耐火物を採用した。従来，不定形耐火物による施工は困難とされていたコモンウォールについては水島製鉄所築炉部独自で設計，施工を行なった。ここでは，不定形耐火物の使用にいたる経過，設計，施工状況などについてのべている。

Synopsis：

In lining the soaking pit at Mizushima Works, an extensive adoption was made of plastic fireclay, with which to cover the entire inside of the soaking pit, including the side walls of the body and also the common walls. Formerly it had generally been held difficult to execute the lining of common walls with unmolded sort of refractories, but Mizushima Works succeeded in designing and executing the lining work on its own. The present report outlines the background that led to the adoption of the refractory specialties (plastic fireclay), the design and the manner of executing the lining.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

均熱炉における不定形耐火物の採用について

The Adoption of Refractory Specialities (Plastic-Fire-Clay) in Soaking Pit

二宮久人*

Hisato Ninomiya

Synopsis :

In lining the soaking pit at Mizushima Works, an extensive adoption was made of plastic fireclay, with which to cover the entire inside of the soaking pit, including the side walls of the body and also the common walls.

Formerly it had generally been held difficult to execute the lining of common walls with unmolded sort of refractories, but Mizushima Works succeeded in designing and executing the lining work on its own.

The present report outlines the background that led to the adoption of the refractory specialities (plastic fireclay), the design and the manner of executing the lining.

1. 緒言

不定形耐火物は工業窯炉における適応性が認められるとともに急速な発展を示している。

当社における不定形耐火物の歴史は比較的古く、昭和28年葺合工場小厚板2帯式連続式加熱炉のスキッドパイプの保護用耐火物として、米国ブライブリコ社よりの輸入品を使用したのが最初であり、加熱炉側壁およびバーナー壁に大量使用したのは昭和38年千葉製鉄所5帯連続式加熱炉である。

水島製鉄所では、昭和40年鋼片連続式3帯式加熱炉のバーナー壁に使用したのが最初であり、昭和43年大形形鋼ウォーキングビーム式加熱炉で、天井、側壁、バーナー壁に全面採用しているが、なんらトラブルはなく現在に至っている。

均熱炉では昭和41年第1分塊均熱炉の炉蓋に全面採用、また厚板バッチ炉では昭和42年に炉蓋、

側壁上部、カーブタイル部および炉床ライザー部に使用して現在に至っている。以上のように当社では不定形耐火物を積極的に採用してきたが、さらに昭和44年5月にはわが国ではほとんど例のない均熱炉(コモンウォールタイプ)に不定形耐火物を全面的に採用した。以下に不定形耐火物構造均熱炉の設計、施工などの概要について報告する。

2. 均熱炉の概要

不定形耐火物構成均熱炉(第2分塊)の仕様を表1に、不定形耐火物の施工範囲を図1に示した。

3. レンガ構成と不定形耐火物構成の比較

第2分塊均熱炉の設計に当って、本体炉壁の耐火物構成につき従来の珪石レンガ主体構成と不定形(プラスチック)耐火物構成の比較検討を行な

* 水島製鉄所築炉部副部長

表 1 不定形耐火物構成均熱炉（第2分塊）仕様

型式	基数	装入量	ホール寸法	最高加熱温度	バッテリー間 スパン	レキユベレーター
換熱型	6 基	275t/ホール	(中) (長) (深) 5425×7870×5000mm	1370°C	15,000mm	輻射式 Twin type
上部一方向燃焼式	2ホール1基		ストレートウォール			

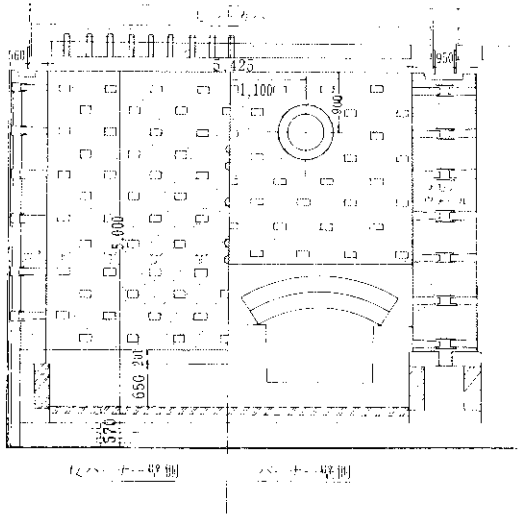


図 1 不定形耐火物（プラスチック）の使用範囲

った。珪石レンガ構成の特徴としては

- (1) 高温荷重下の軟化温度がきわめて高い
- (2) 永久膨脹性である
- (3) 価格が同程度の耐火物に比し安価である
- (4) 熱伝導度が比較的高い
- (5) 比較的低温度における熱衝撃に弱いので炉温昇降に長時間を要す
- (6) レンガ製造期間に数カ月要するため基数増加に伴い予備品在庫が増加する
- (7) 炉壁の張り出し倒壊を防ぐためキャンパー

を付ける必要があり、炉の占有面積が大きくなる

- (8) 炉の部分補修に際し熱間補修が困難であり稼働率が低下するなどの点があげられる。

一方、プラスチック耐火物構成の特徴としては

- (1) 可塑性があり、自由な形状に容易に施工でき、比較的高温荷重下の軟化温度が高い
- (2) 熱膨脹が小さいのでほとんど膨脹を考慮する必要がない
- (3) 熱衝撃に対してきわめて強いので急速加熱冷却が可能であり、また熱間補修が容易であるので炉の稼働率は向上する
- (4) 熱伝導率が珪石レンガに比し小さいので炉壁厚さを薄くすることができ、炉の占有面積が小さくてすむ
- (5) 製造期間が短いので予備品在庫はほとんど無くてすむ
- (6) レンガ製造上の難点である大きさの制限、レンガ個々の寸法精度の問題、築炉時におけるレンガ加工の問題などまったくないなどの点があげられる。

なおレンガ構成壁と不定形耐火物構成壁の熱的比較を行なった一例を表2に、また同一有効面積とした場合、レンガ構成壁と不定形耐火物構成壁の炉床占有面積の比較を行なった一例を図2に示した。

表 2 レンガ壁とプラスチック壁の熱的比較

	壁厚 (mm)	熱伝導率 (Kcal/mhr°C)	熱抵抗 (Jk/Jik)	移動伝熱量 (Kcal/m²hr)	炉内温度 t_1 (°C)	外気温度 t_2 (°C)	外壁温度 t_3 (°C)	参考図
珪石レンガ壁	耐火物	460	1.6	698	1,300	30	92	
	耐火断熱	115	0.23					
	シリカボード	50	0.053					
プラスチック壁	耐火物	350	0.92	663	1,300	30	90	
	耐火断熱	115	0.23					
	シリカボード	50	0.053					

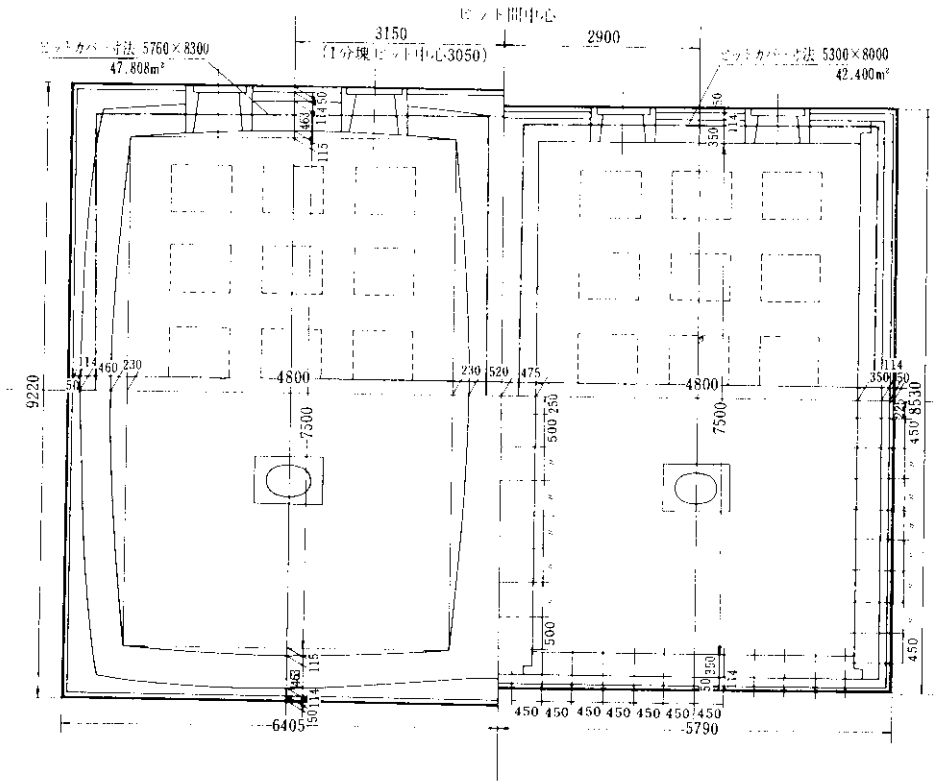


図2 レンガ壁(左)とプラスチック壁(右)のか床図

以上のようなレンガ構成と不定形耐火物構成の比較検討結果および当社でのこれまでの不定形耐火物使用実績などから、レンガ構成より不定形耐火物構成の方があらゆる点で有利であると判断された。

4. 設 計

4.1 不定形耐火物の品質特性

今回の施工で使用した不定形耐火物の品質特性は表3および図3, 4に示したとおりである。

4.2 炉 床

一般に不定形耐火物の熱間耐圧は 1000°C では

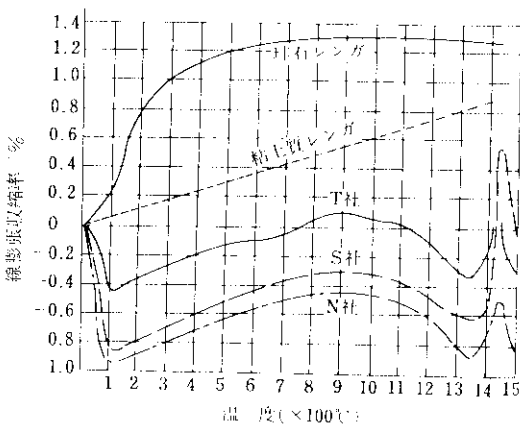


図3 耐火物膨張収縮率曲線

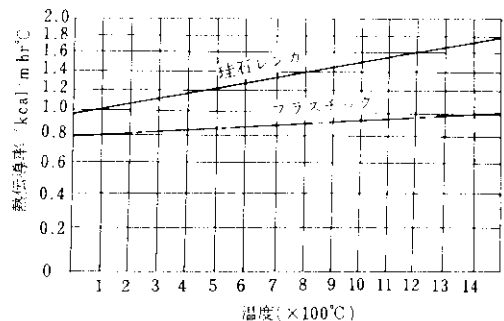


図4 耐火物熱伝導率

表 3 各社プラスチック耐火物の品質特性

品 質	メーカ	T 社	S 社	N 社
安全使用温度(°C)		1700	1650	1700
化学成分(%)	Al ₂ O ₃	58~62	43~49	45.0
	SiO ₂	34~38	48~53	48.0
施工所要量(kg/m ²)		2,300	2,300	2,300
水分含有量(%)		7.4	8.8	7.1
圧縮強さ (kg/cm ²)	500°C×3hr	125	61	90
	1,000°C×3hr	237	180	180
	1,350°C×3hr	322	188	270
線変化率 (%)	乾燥後 (110°C×24hr)	-0.44	-0.88	-0.95
	1,000°C×3hr	+0.09	-0.27	-0.43
	1,400°C×3hr	-0.34	-0.62	-0.85
曲げ強さ (kg/cm ²)	105°C×3hr	33	15	30
	1,400°C×3hr	64	52	35

非常に強いが1200°Cでは非常に低い(図5)。したがって大型鋼塊の装入には不適であるので炉床は熱間耐圧の強い塩基性レンガ構造を採用した。

4.3 炉壁構造

4.3.1 炉壁下部

装入インゴットのスケールオフしたスケールが溶融し、下部側壁が侵蝕されやすいので、炉壁下部はプラスチック耐火物を使用する場合はAl₂O₃ 80%以上の材質を採用する必要があるが、今回の場合補修を簡単にするため図1に示すようにクローム、マグネシヤ系のレンガ積とした。

4.3.2 側壁上部構造

炉壁の倒れを防ぐためにサポートレンガを配置する必要がある。サポートレンガの形状は壁厚によって決定され、当所における標準仕様は全壁厚470mm以下は単体形状、それ以上は分体形状としている。最も重要なことはサポートレンガの配列間隔と炉構鉄皮からの引張り構造である。アンカーメタルは出来るだけ側板鉄皮に近い位置で、アンカーレンガの強度を考慮して決定しなければならない。

図6に側壁アンカーレンガと取付け状況を示す。

4.3.3 コモンウォールの構造

コモンウォールは自立壁であるため、装入鋼塊

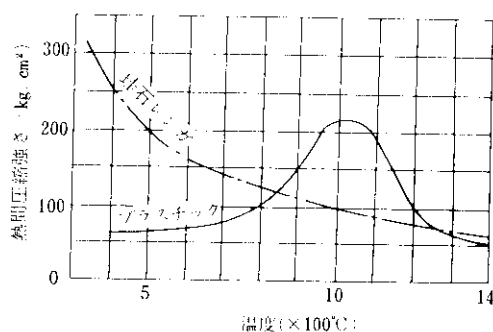


図 5 熱間強度曲線

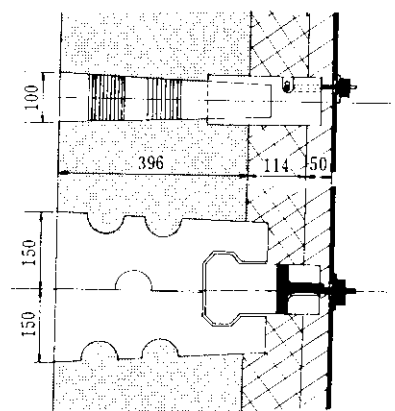


図 6 側壁アンカーレンガ取付状況

の倒れによって損傷を受けることがあるので、不定形耐火物を採用するにあたっては強度上の問題点について十分検討しなければならない。

不定形耐火物の熱間強度は1,000°C付近で最高

の強度を示すため壁厚は比較的薄くできるが、操業温度では珪石レンガとプラスチック材とではほとんど強度的な差は無く、プラスチック材の方が目地部がなく一体構造でしかも加熱表面近くはセラミックボンド生成のため幾分軟化するので耐衝撃性があると考えられる。以上の理由からプラスチック構成自立壁で十分な強度を有しレンガ構成壁となら遜色がないと判定した。

コモンウォールの厚さ決定については使用耐火材の熱間強度、熱伝導度、熱間膨脹収縮率など熱間性質の試験結果により 950mm 厚さと決定した。

不定形耐火物構造とする場合、不定形耐火物に含有される7~9%の水分を除去する必要があり、そのため厚さの厚い壁に対してはベンチングホールを設けなければならない。ベンチングホールは図7に示すような方法を採用した。

アンカータイルについては図7に示すように分体形状とし側壁用と共通に使用出来る形状を採用した。アンカータイルの配列間隔は独立壁であるので特に考慮した。

4.3.4 アンカータイルの形状

側壁用、コモンウォール用アンカータイルの形状を図8、9に示す。

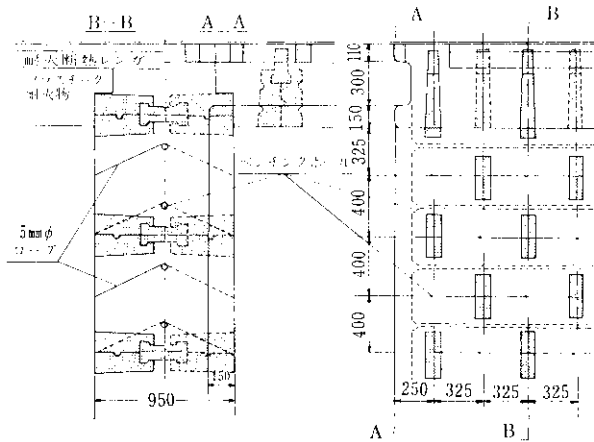


図7 コモン・ウォールの設計

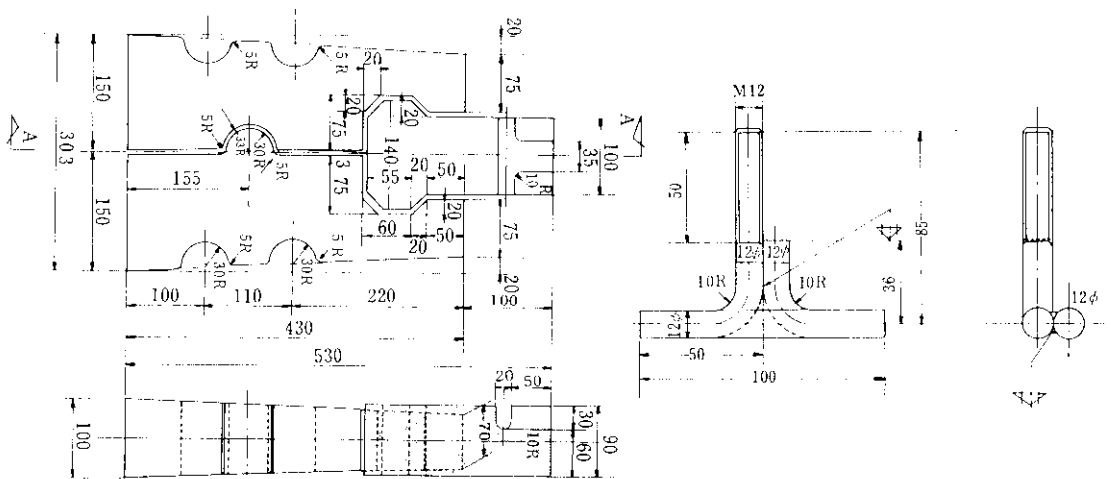
5. 施工

5.1 側壁体施工

壁体施工法は大別すると枠を使用する方法とまったく使用しない方法とに分けられる。

写真1は枠を使用する施工法を、写真2は枠無し施工法を示す。

いずれの工法でも壁体のでき上りには差が無いが、枠使用法は施工時間が長く施工がやり難いばかりでなく、枠材料費が余分にかかる



側壁用アンカータイル

アンカータイル用金物

図8 側壁用アンカータイルおよびアンカータイル用金物

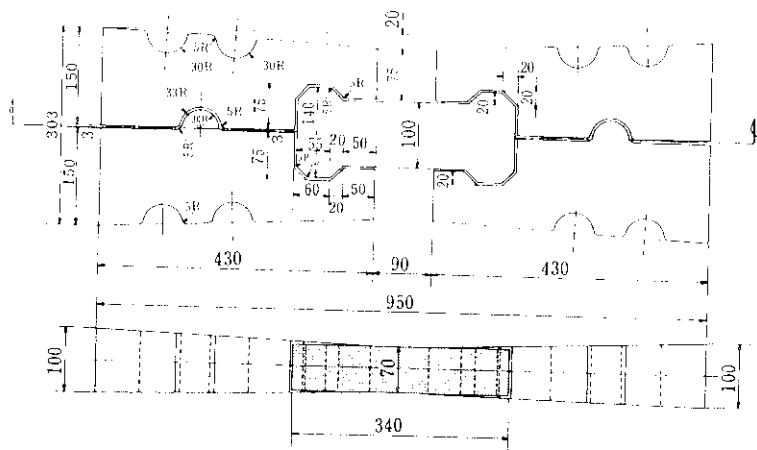


図 9 コモンウォール用アンカータイル



写真 1 枠使用の側壁施工状況

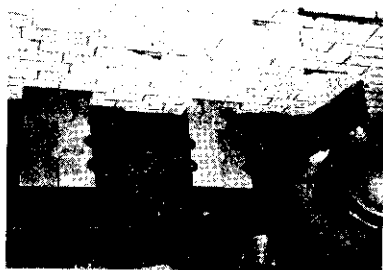


写真 2 枠無し施工状況

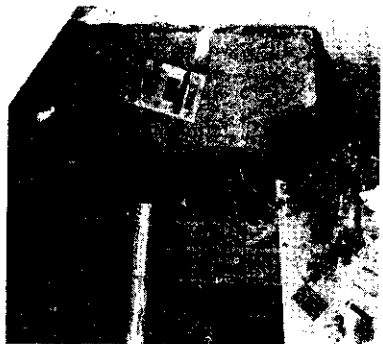


写真 3 角部施工状況

などの不利な点が多い。
 写真 3 に角部の施工状況を示す。
 壁体施工で最も注意することはスコアーラインのとり方である。プラスチック耐火物による壁体は加熱時の膨張をほとんど考慮する必要はないが乾燥時における収縮を考慮する必要がある。すなわち収縮亀裂がランダムに入るを防ぐためにスコアーラインをとる必要があり、一般に言われているより極端に小さくする必要がある。

従来、スコアーラインの施工は壁体に切り込む方法が採用されてきたが、この場合スコアーラインの幅は最小限 5mm であり、これが乾燥時には 4～5 倍の幅に増加し、プラスチック壁本来の目的である目地無し一体構造と言う考え方に反する結果となっていた。したがって今回、施工に当ってはできるだけスコアーラインの幅を小さくするために、写真 2 に見られるような塩化ビニール製波板(厚さ 1mm) を壁体ランニング時に同時に挿入するような施工を行なった。これが今回施工法の最も大きな特徴である。施工後火入までの間かなり日数を経ていたがスコアーライン部の収縮による拡大はまったく見られなかった。写真 4 にスコアーラインの状況を示す。

従来、壁体プラスチック耐火物の均一乾燥を行なうためには、でき上がった壁体に 100mm 間隔で、深さ約 50～100mm の穴をあけていたが、今

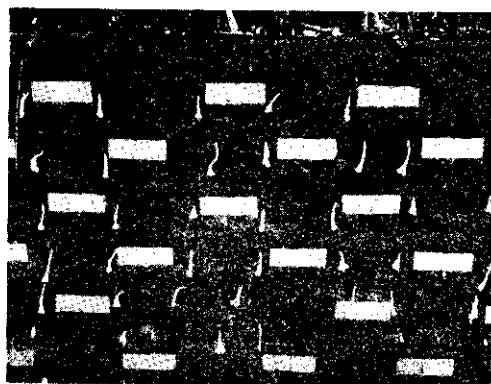


写真 4 スコアーラインの状況

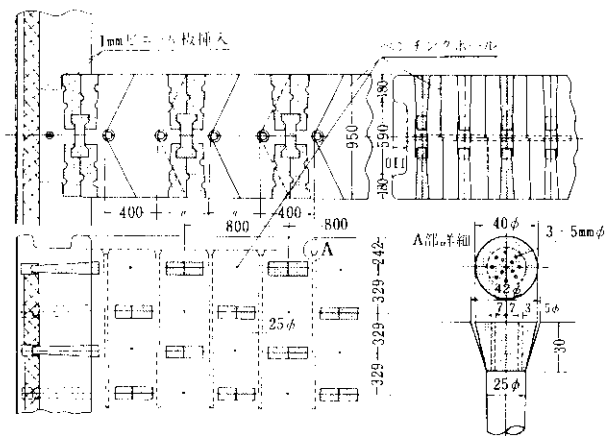


図 10 コモンウォール施工要領

回は写真4に見られるようにプラスチック施工時に7mmφ綿ロープを壁厚全面に入れ、水分の均一脱水を図った。

5.2 コモンウォールの施工

コモンウォールの施工法は側壁と同様、枠を使用する方法とまったく使用しない方法とに分けられるが、側壁の場合と同一理由から後者の方が好ましい。コモンウォールの壁厚さが950mmであるので、特にプラスチック耐火物の含有水分を均一除去するために図10に示すように壁中央部に400mm間隔で25mmφの穴をカーブタイル上面まで貫通させ、ベンチングホールは7mmφ綿ロープを使用し乾燥、加熱時の脱水均一化に留意した。

カーブタイル部のサンドがベンチングホールに入らないようにするため、A部詳細に示すような

プラグをキャストブルで製作し、上面に挿入した。

写真5にコモンウォール中央のベンチングホール施工状況を、写真6にロープによるベンチングホールの施工状況を示す。

写真7, 8は施工完了後の状況を示す。

施工中はもちろん、施工後も写真に見られるごとく壁面全面をビニールでカバーし急激な表面脱水を防いだ。施工後乾燥による亀裂はまったく見られなかった。

6. 工事費

レンガ構造壁とプラスチック構造壁の工事費の比較を表4に示す。



写真6 ロープ使用状況

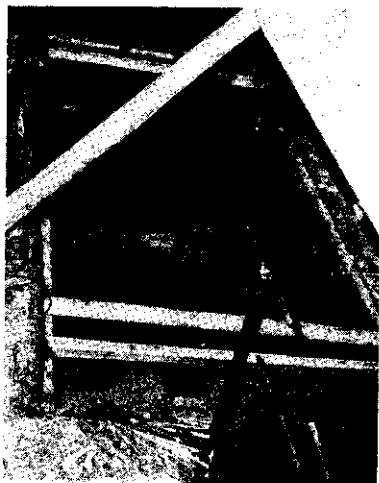


写真5 ベンチングホール施工状況

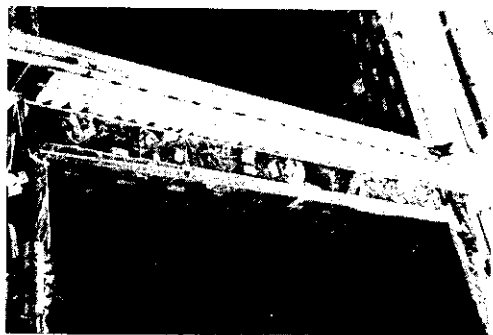


写真7 完成状況

表 4 レンガ壁とプラスチック壁の工事費および工期

仕 様	材 料 (t)	材 料 費 (%)	工 事 費 (%)	工 期 (日)	総 工 費 (4ホール当り)
レンガ壁構造	555.0	100	100	44	100
プラスチック壁構造	468.0	111	115	34	107

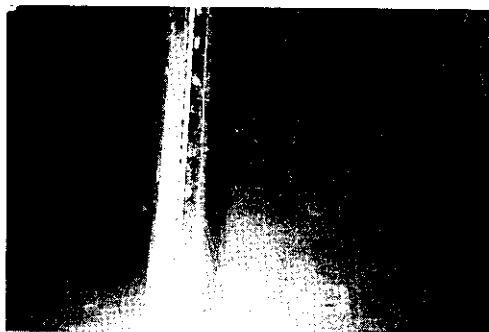


写真 8 完成状況

表 4 に示すようにプラスチック壁構造ではレンガ壁構造に比し総工費では約 7% 上るが工期は 10 日短縮される。

7. 結 言

均熱炉本体側壁，コモンウォールなど全面にブ

ラスチック耐火物を採用したが，特にコモンウォールの設計，施工に関し水島製鉄所築炉部独自の見解で開発し，稼動以来ならトラブルも無く今日に至っている。

現在ではプラスチック耐火物による施工は定形耐火物（レンガ）による施工に比し総工費で 7% 高くなっているが，工事期間の短縮，レンガ不足の現状を補い，熱間補修の実施により炉の稼働率の向上，補修用耐火物の在庫減少など明らかに有利であると判断される。

以上均熱炉におけるプラスチック耐火材の全面採用の経過について述べたが，つねに新しい方法を開発することにより原価切下げの方向に努めたい。