

〈技術レポート〉

新煙突ライニング材

「カポスタック[®]スーパー」

浜松研究所 MD部門 建材分野

吉田 昌平
滝本 浩三
諏訪 智之

弊社は1964年以来、ビル用の煙突ライニング材の市販を行って来た。近年のビルの多機能化や法改正により煙突材への要求性能も変遷してきており、従来の450以下の排ガスを対象とした低温用製品で対応できる物件が減少してきている。今回650の高温で使用可能な高耐熱性と高強度を兼ね備えた円筒状煙突ライニング材「カポスタックスーパー」の開発を行ったので、その主要な構成材料であるライナーを中心として特性について紹介する。

1. はじめに

近年ビルの多機能化や法規制の改正により、非常用発電機を設置するケースが増えている。それに伴い煙突ライニング材の市場要求もボイラー用から発電機用へ、更に発電機も大容量のものへ移行しており、ガスタービンタイプや高性能ディーゼル発電機の設置によって排ガス温度も450℃以上と高くなっている。弊社では従来、円筒状煙突ライニング材として、排ガス温度450℃以下を対象とした低温用製品を標準製品とし、450℃以上650℃以下の高温排ガス用途には特殊品で対応し、2種類の製品構成としていたが、今回650℃までの高温で使用可能な優れた耐熱性と高耐圧強度を兼ね備え、高温用と低温用を1種類に統合した円筒状煙突ライニング材「カポスタックスーパー」を開発した。本報では新しく開発した煙突ライニング材の内面補強材であるライナー部の特性を紹介する。

2. 円筒状煙突ライニング材

「カポスタックスーパー」の概要

2.1 構造

円筒状煙突ライニング材であるカポスタックスーパーは排ガスに接する内表面が耐摩耗性、耐水

性及び耐熱性に優れる高密度、高強度のライナー部と繊維積層体断熱層から構成される（図1参照）。製品内径は212mm～1,500mmの範囲で18種類、1本の長さは900mmである。

2.2 工法

カポスタックスーパー内貼り煙突は、建築構造により2種類の工法がある。一つは鉄筋コンクリート造煙突にカポスタックスーパーがライニングされる工法で、カポスタックスーパーを施工後、コンクリートを打設する（写真1参照）。もう一方は中高層の鉄骨構造建築において、円筒状鋼板にカポスタックスーパーを内貼した鋼製煙突を立てる工法である（写真2参照）。

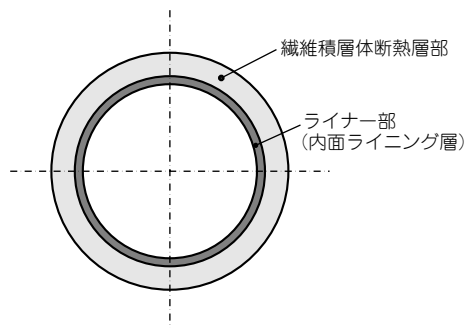


図1 カポスタックスーパー断面図

3. カポスタックスーパーのライナーについて

カポスタックスーパーのライナーは円網抄造で成形後、養生工程を経て製造される繊維強化セメント質材料である。今回煙突材の主要な構成材であるライナーについて、具備すべき特性のうち、



写真1 鉄筋コンクリート造煙突施工状況



写真2 鋼製煙突施工状況

コンクリート打設圧力に耐えうる強度と、650℃までの高温排ガスに対応できる耐熱性の改良を行った。

3.1 ライナーの物性

強度と耐熱性を改良したカポスタックスーパーのライナーの物性を表1に示す。参考値として従来の低温用及び高温用ライナーの物性も同時に併記する。従来品に比べ圧縮強度、曲げ強度が強く、650℃での加熱収縮率も小さく、高強度と優れた耐熱性を有していることが分かる。

4. カポスタックスーパーのライナーの耐圧強度

カポスタックスーパーは鉄筋コンクリート煙突ライニング材として使用される場合には、コンクリート打設時の圧力に耐えうるようにライナー厚さを設定する必要がある。

4.1 コンクリート打設時の耐圧強度について

(1) コンクリート打設時の側圧

コンクリート打設時の側圧は次式で示される。

$$P = \rho \times H$$

但し、 P ：生コンクリート打設時の側圧

ρ ：生コンクリートの比重 (2.4)

H ：打ち込み高さ (m)

である。

表1 カポスタックスーパーライナーの物性値

項目	ライナー種類	カポスタックスーパーライナー	従来品ライナー	
			低温用	高温用
比重	105 × 24h	1.30	1.30	1.30
圧縮強度 MPa	105 × 24h	12.8	9.4	7.3
曲げ強度 MPa	105 × 24h	16.7	12.9	13.7
加熱収縮率 %	650 × 3h	0.17	0.29	0.24

表2 コンクリート打設時の側圧計算結果及び安全率 (設定ライナー耐圧強度 196KPa)

打ち込み高さ	コンクリート打設側圧 (KPa)	安全率
3 m	70	2.8
4 m	94	2.1
5 m	118	1.7
6 m	141	1.4

打ち込み速度を20m/h以上とし、生コンクリートの打設は、等分布荷重が掛かるような廻し打ちを前提とすると、打ち込み高さ3, 4, 5, 6mにおけるコンクリート打設時の側圧は表2のようになる。

(2) ライナーの必要耐圧強度

1回の最大コンクリート打ち込み高さ6mを打設する時の最大側圧を想定すると、ライナーの耐圧強度としては141KPaが必要となる。材料設計上安全性を考慮してライナーの耐圧強度は196KPaで設定している。各打ち込み高さのコンクリート打設時の側圧に対するライナーの設定耐圧強度の安全率を表2に示した。

4.2 カポスタックスーパーのライナー厚さの設定

ライナーの耐圧強度196KPaでライナー厚さを設定するため、実際に水圧を用いた耐圧試験を行い、ライナー内径612, 814, 1,014mmについて

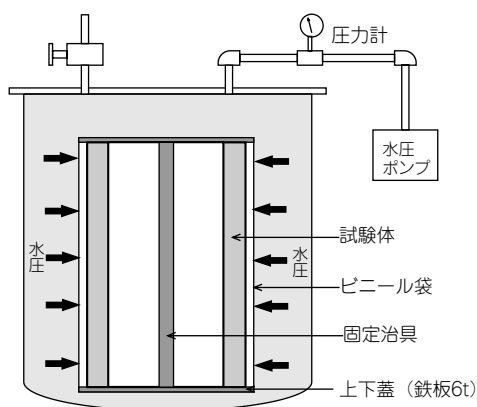


図2 水圧による耐圧試験装置

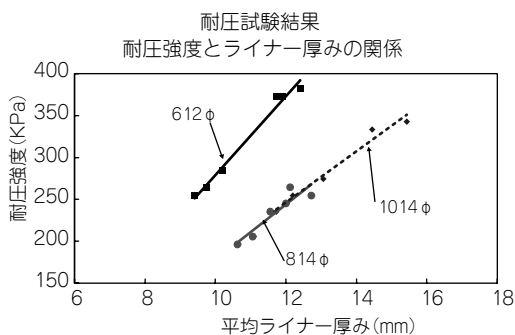


図3 水圧による耐圧試験結果

耐圧強度196KPaを満足するライナー厚さを確認した(図2参照)。試験結果を図3に示す。ライナーを薄肉円筒として考え、上記水圧を用いた耐圧試験結果から、ライナーに等分布荷重が加わった場合の円周方向の最小破壊圧縮応力(σ)を求めた。求めた最小破壊圧縮応力から設定ライナー耐圧強度(p)196KPaに対して、各ライナー内径における必要厚さを推定した。図4に推定した必要厚みと製品設計厚みを示す。なお、薄肉円筒の耐圧強度と円周方向にかかる圧縮応力の関係は次式で示される(図5参照)。

$$\sigma = pd/2t$$

但し、 σ ：円周方向にかかる圧縮応力

p ：耐圧強度 d ：内径 t ：ライナー厚さ

である。

カポスタックスーパーのライナーは高強度なため、図4に示した薄い製品設計厚さでコンクリート打設時の耐圧強度を発揮することができる。製品設計厚さは強度面及び熱抵抗面から設定されており、外装の繊維積層体断熱層への悪影響も考慮された厚みである。

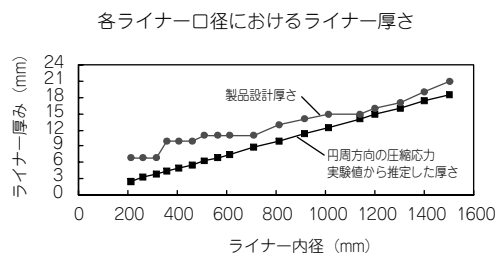


図4 ライナー内径と推定ライナー厚さ

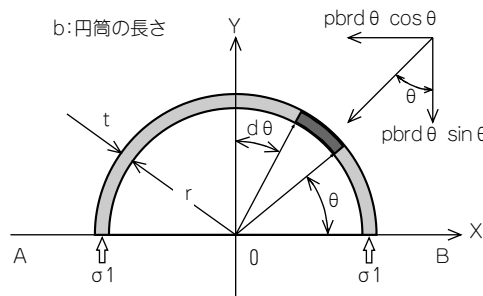


図5 薄肉円筒応力図

5. カポスタックスーパーのライナーの耐熱性

5.1 ガスタービンタイプ発電機の排気温度

非常用発電機に多く用いられるガスタービンタイプの発電機の排ガス温度に対応するため、定格運転時の排気ガスによる加熱と発電機停止後の冷却の繰り返しに耐えうる性能が必要となる。表3に各メーカーのガスタービンの排気温度状況を調査した結果を示す。

5.2 カポスタックスーパーのライナーの内面加熱試験

上記の調査結果を踏まえ、加熱温度条件を650℃×2h保持とし、冷却条件を加熱停止10分後に300℃になるように設定して、2サイクルの

表3 ガスタービンタイプ発電機の排気温度

メーカー	場所	定格出力 運転時温度	10分後無負荷 運転時温度
実測時 A社	煙道吹き出し	500	400
	タービン出口	530	300
設計値 A社	タービン出口	550～600	250～350
B社	タービン出口	450～660	300～340

内面加熱試験を行った。内面加熱試験状況を図6、7に示す。試験体サイズについては内径212mmから612mmまで行い、全てのサイズで亀裂の発生なく良好な耐熱性を示した。結果を表4に示す。耐久性は、612mmの試験体を用いて50サイクルの耐久テストを行い、良好な耐久性を確認した。結果を表5に示す。また吸水時（雨に濡れた場合）

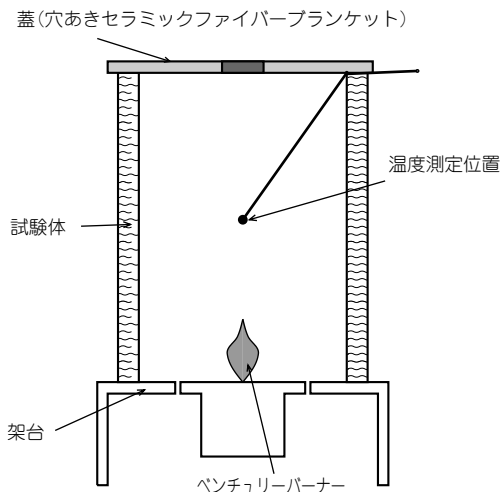


図6 (a) 内面加熱試験状況1

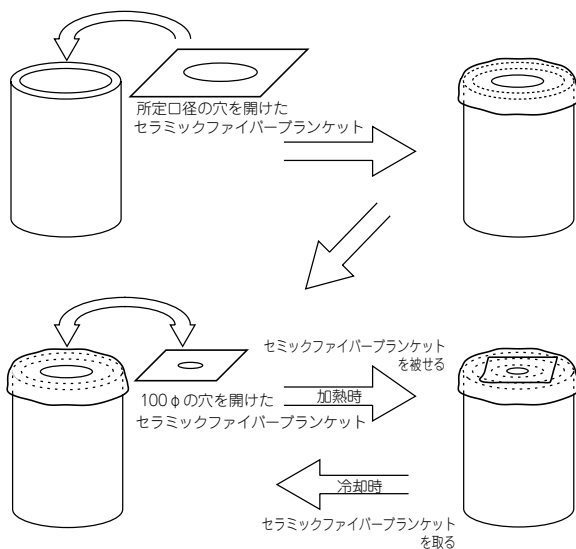


図6 (b) 内面加熱試験状況2

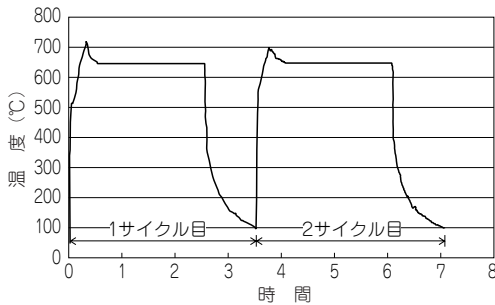


図7 内面加熱-冷却曲線

表4 内面加熱試験結果1

口 径 mm	外 観	寸 法 変 化
	加熱2回後	内径 (mm)
212	○	0
314	○	0
408	○	- 1
512	○	- 2
612	○	- 1

外観 ○ : 合格 × : 不合格

寸法変化 加熱前寸法 - 加熱2回後寸法

表5 内面加熱試験結果2

口 径 mm	外 観	寸 法 変 化
	加熱50回後	内径 (mm)
612	○	- 2

外観 ○ : 合格 × : 不合格

寸法変化 加熱前寸法 - 加熱50回後寸法

の耐熱性を評価するため、内径612mmのライナーに3Lの水を散水後450℃、550℃、650℃加熱30分での内面加熱試験を行ったが、試料に異常は認められなかった。以上より、カポスタックスーパーのライナーは優れた耐熱性を有し、ガスタービンタイプの発電機の排ガスに充分対応できることが確認できた。

6. ま と め

弊社では長年にわたり円筒状煙突ライニング材の市販を行ってきた。煙突材への要求性能が変遷し、高温排ガスに対応できる煙突ライニング材の要求が高まり、従来の低温用、高温用製品を見直した。新規に開発した「カポスタックスーパー」は高強度、高耐熱性を兼ね備えた円筒状煙突ライニング材であり、幅広い温度領域に対応でき、様々なお客様のニーズにお答えできる製品である。

ユーザー各位のご意見、ご要望等、頂ければ幸いです。■

参 考 文 献

- 1) 二木龍太：「新しい煙突ライニング材-ニューカポスタック」ニチアス技術時報 1977 No 5
- 2) 山田敏郎著 材料力学（日刊工業新聞社）P26～P27（1980年）
- 3) 日本建築学会編「型枠の設計・施工指針」

筆者紹介



吉田 昌平

浜松研究所 MD部門 建材分野
チームリーダー



滝本 浩三

浜松研究所 MD部門 建材分野



諏訪 智之

浜松研究所 MD部門 建材分野