

【補足資料 2】

試運転を踏まえた仕様改善について
— 高温空気加熱器用セラミック管の改善—

1. 垂直懸垂型(耐火レンガ)から水平挿入型(セラ管)への変更経緯

- ① セラ管は耐火材（煉瓦）と比較し伝熱係数が大きくなるので伝熱面積を削減できます。
- ② 伝熱面配置も据付方向の自由度が増すため設置面積を小さくできます。

2. 主要な破損原因

- ① セラ管は金属管と比較して強度面でバラツキがあります。
- ② 先行する弊社他プロジェクトの場合、この強度のバラツキが計画値より大きいセラ管が、熱応力等が原因で破損したと考えられます。
- ③ また、破損セラ管についての詳細調査を実施中です。

3. その他、想定される破損原因に関する検討

(1) セラ管の振動、共振によるセラ管破損の可能性

- ① 東海大地震を考慮した地震加速度 400gal（震度 7 程度）の場合でも、地震時最大応力はセラ管の曲げ強度に比べ 1/10 程度であるため、耐震性は十分であると評価できます。
- ② 排ガス流れにより、セラ管の後流側で発生するカルマン渦の振動数（約 2Hz 程度）は、セラ管の固有振動数（約 40Hz）に比べ小さいため共振はありません。

(2) 空気加熱器室内流速分布の影響

- ① ごみ質等の変動により排ガス状態も常に変化すると考え流速分布は考慮しておりません。

平均的な流速は	低質ごみ	約 1.9 m/s	
	基準ごみ	約 3.2 m/s	
	高質ごみ	約 4.5 m/s	程度です。

(3) セラ管への溶融飛灰の付着による管表面温度分布の付均一による破損の可能性

- ① 付着はありますが付着している管が全て破損している訳ではないため直接の原因ではないと考えております。

(4) セラ管の高温腐食による破損の可能性

- ① セラ管は管の温度が約 1,200°C以上で溶融状態のダストが存在すると腐食すると言われておりますが、破損した管でそのような兆候は見られておりません。

4. 対応策

(1) 主要な破損原因への対応

- ① 下段ブロックのセラ管を撤去し、鋳鋼管を据え付けることで、その上（中・上段）のセラ管に与える排ガス側の変化を緩和します。この対策は、他プロジェクトで採用し、効果（熱応力等に対する耐性）を確認しております。
- ② 補足1：鋳鋼管の伝熱係数はセラ管と殆ど変わらないため、必要伝面の変更等の問題はありません。因みに、耐火レンガの約2倍の伝熱係数になります。
- ③ 補足2：鋳鋼管材質については、従来からの実炉試験等により選定しており、強度面でのバラツキがセラ管と比較して極めて少ないことを確認しております。

(2) その他、想定される破損原因に関する検討

- ① 鋳鋼管の振動、共振による鋳鋼管破損の可能性については強度もセラ管より高いため全く問題ありません。
- ② 空気加熱器室内流速分布の影響は、セラ管同様に無いものと考えます。
- ③ 鋳鋼管への溶融飛灰の付着による管表面温度分布の不均一による破損の可能性
 - ・ セラ管同様、熱伝導率が大きいため、灰付着による極端な温度分布は発生しない。
 - ・ よって、発生する熱応力はほぼセラ管と同程度。
 - ・ 鋳鋼管はセラ管と比較して強度のバラツキはほとんどなく均一。
 - ・ 強度はセラ管より大。
 - ・ よって、破損の可能性はゼロと考えてよい。
- ④ 鋳鋼管の高温腐食による破損の可能性
 - ・ 破損というより腐食により次第に肉厚が薄くなるため、肉厚を監視し、余寿命を予測して交換するという使い方になる。

5. 水冷壁、ノズル強度（母材の強度）

- ① セラ管から鋳鋼管への変更による重量増加（2.5ton/片側壁）の条件で計算しましたが、以下のように発生応力に対し強度は十分です。

- ② 鋳鋼管に変更後の、水冷壁での発生応力は $857\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ノズルでの発生応力は $80\text{kg}/\text{cm}^2$ で、使用材料強度 $1,400\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下です。

6. その他、セラ管から鋳鋼管への変更に伴い想定される課題

	セラ管	鋳鋼管
定検時点検項目	表面・溶損状況	損耗（肉厚）状況
	厚さを計測し、余寿命を予測して交換	
管交換工事上の差異	重量約 30kg	重量約 150kg
劣化要素	高温酸化（ 1150°C 以上）	高温腐食
耐久性	衝撃に対して鋳鋼管より弱い が温度や腐食に対する耐久性がある。	腐食により減肉するが、 使用条件によりその速度は異なる。
強度	曲げ強度は 300MPa 程度であるが、 焼き物のため、ある程度のバラツキがある。	引っ張り強さは 800MPa 程度であるが、 バラツキはほとんどない。
イニシャルコスト	ほぼ同等	
ランニングコスト		セラ管に比べて交換頻度がやや 上昇するが、最下段ブロックのみ のため、全体への影響は少ない。

以上