

非接触音響探査法によるごみ焼却設備耐火物検査技術

三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社

1. はじめに

ごみ焼却設備のボイラに付随する火炉耐火壁の健全性診断は、目視と打音検査にて行われている。打音検査は、ハンマー打撃と聴音判定だけの手軽さから広く普及している検査手法であるが、本検査手法は検査員の経験と力量に依存し、検査対象が高所・広範囲にわたる場合、仮設足場や高所作業車等の手配が必要である。

また、検査結果の判断が属人的であるため、検査品質の客観性を保つことが困難な一面がある。そこで当社は桐蔭横浜大学と共に、それらの課題について解決が期待できる、非接触音響探査(NCAI:Non-Contact Acoustic Inspection)法について人工欠陥供試体および実機耐火壁の内部欠陥計測検証を実施した。そこで本報では、NCAI法の検査技術および検証結果について報告する。

2. 非接触音響探査法の計測原理

NCAI法における欠陥部(剥離・空隙)と健全部との音の違いを発生させる原理は、従来の打音法と同等である。NCAI法では、ハンマー打撃の代替手段として、スピーカから発する空中音響波により計測対象面を加振する。加振表面直下に欠陥が存在すれば、その直上部は健全部に比べて曲げ剛性が低下しているためたわみ振動を生じやすい。この振動をレーザドップラー振動計(SLDV:Scanning Laser Doppler Vibration meter)にて健全部と欠陥部との違いを振動エネルギーで定量的に可視化する。

このためNCAI法では、ハンマーの代わりにスピーカから発する音響波、そして聴音の代わりにSLDVから発するレーザ、といった非接触な計測手段により遠隔から非破壊検査が可能である(図-1)。

3. 人工欠陥供試体と内部欠陥の計測検証結果

3.1 人工欠陥供試体

一般的なボイラ炉壁内部構造を模擬した耐火壁の人工欠陥供試体を図-2に示す。本供試体は配管パネル上に厚さ70mmのSiCキャスタブル耐火材を施工

した縦1600mm×横1900mmの供試体である。なお、内部構造は複数のYスタッドと配管、および剥離を模擬した人工欠陥(4面)で構成されている。

ここで人工欠陥の仕様は、表面から深さと面積の2つのパラメータで設定した。欠陥の深さ方向は、アンカ腐食による剥離を想定し、配管曲面に沿ったタイプAと、Yスタッド頂上部のタイプBの2種類とした。そして面積は、検査員が通常判別できている代表的なサイズとして400mm四辺のタイプ1と、200mm四辺のタイプ2の2種類、計4種類(A1、A2、B1、B2)を配置した。

3.2 内部欠陥の計測結果

人工欠陥供試体より約5m離した場所にスピーカとSLDVを設置しNCAI法による計測を実施した。

まず予め経歴20年の検査員によるハンマー打音による検査結果では、浅い欠陥B1、B2を判別できたが、深い欠陥A1、A2はいずれも判別できなかった。

一方、NCAI法では、周囲の健全部に比べ振動エネルギー差でB1、B2を識別でき、かつ検査員では識別

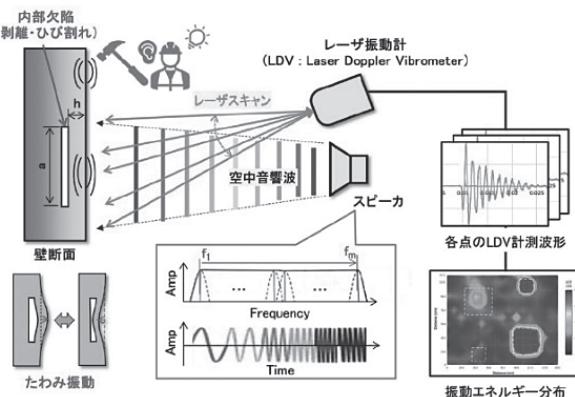


図-1 非接触音響探査法(NCAI)計測原理

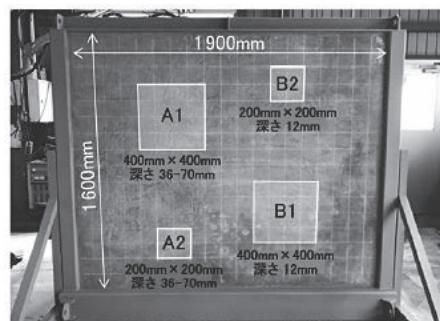


図-2 作成した人工欠陥供試体

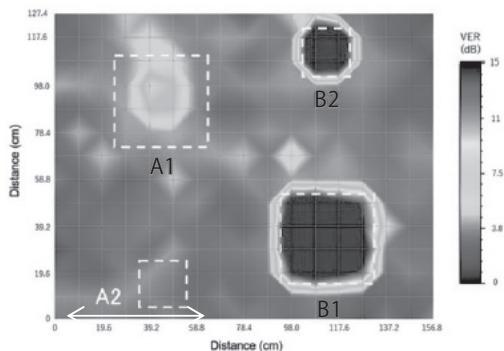


図-3 NCAI法欠陥識別結果

できなかった深い欠陥A1(400mm四辺)についても、振動エネルギー差で欠陥部を識別することができた。

また、A2は判定出来ず、A1についても健全部と大きな差が出なかったのはB1、B2のような表面に対して平行な平面欠陥ではなく、内在する配管曲面に沿って場所により深さが異なる三次元的な欠陥形状であるため、単純に一様なたわみ振動特性の場合よりも計測条件が複雑であったためと推測される。

以上のことから、NCAI法は、打音検査員と同等もしくは、それを上回る能力で、非接触にて内部欠陥を判別できる目途を得た(図-3)。

4. 実機ごみ焼却設備耐火物の計測検証結果

図-4の通り横浜市資源循環局都筑工場(都筑工場)の定検環境下の耐火壁面において、NCAI法の計測機材を設置し内部欠陥計測試験を実施した。

4.1 内部欠陥の計測結果

計測は予めハンマー打音にて欠陥が確認された箇所をマーキングし、その周辺を含めNCAI法による計測を行った結果、図-5、図-6の通りハンマー打音で欠陥と判断された点線の範囲内で周囲と比べて明らかに振動エネルギーの高い、つまり内部欠陥が発生している可能性が高い領域が計測され、実際の欠陥範囲と一致する結果となった。また、健全部・欠陥部の識別は90%以上の正解率*を達成し高い計測精度が確認された(表-1)。

以上のことから、高粉塵環境で耐火壁面にクリンカが付着しているような実機環境下でもNCAI法による内部欠陥の判別が可能である目途を得るにいたった。



図-4 都筑工場内NCAI法機材設置状況

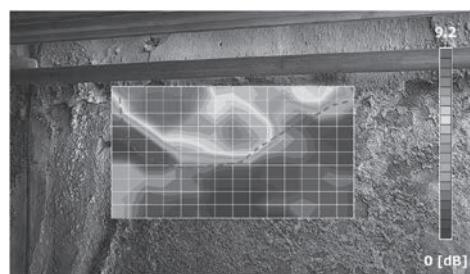


図-5 欠陥A計測結果

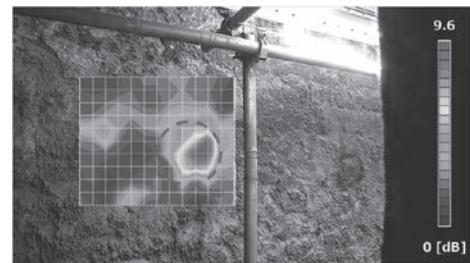


図-6 欠陥B計測結果

表-1 NCAI法による計測結果

	材質	正解率*
欠陥A	SiC	94%
欠陥B	プラスチック系	98%

しかし、NCAI法による耐火物検査の実現には表面き裂、クリンカ付着による表面振動による誤検知や炉内残響音による計測精度の低下等の解決すべき課題も確認された。

(※正解率:実際計測部を解体し確認した健全部・欠陥部の面積またはハンマー打音検査と計測結果を比較して算出)

5. まとめ

人工欠陥供試体による計測検証では5m離れた先から完全非接触で内部欠陥を検出できる事を示した。さらに、定検のごみ焼却場環境下において、クリンカや粉塵で覆われた壁面に対し90%以上の正解率で健全部と欠陥部を識別でき、実プラント環境下においても耐火壁面内部欠陥の検査へ適用可能である目途を得るに至った。

従来の打音検査は都度仮設足場が必要であるが、NCAI法の場合、足場は基本的に不要である。また、欠陥の有無はデジタルデータとして保存できることから、客観的な指標を基に精度の高い健全性診断や寿命予測が可能となる。

今後は実機試験にて確認された課題を解決し、検査サービスの効率化やプラント信頼性向上を目指す。

謝辞

非接触音響探査法の耐火壁検査適用に当たり横浜市資源循環局都筑工場ならびに御関係者の多大なるご協力を賜り、かつ本報の発表を御了承いただきましたこと厚くお礼申し上げます。