

赤外線熱画像と可視画像を用いた画像診断技術による火力発電所R C煙突調査

清水建設(株)
(株)保全工学研究所正会員 ○河野 貴之
正会員 天野 勲

清水建設(株)

正会員 久保 昌史

1. はじめに

火力発電所では、排出ガス中に含まれる大気汚染物質が地表に到達するまでに拡散し、濃度を低減させることを目的として高さ 60m から 200m 級の煙突が設置されることが多い。

これらの煙突を点検するには、人による近接目視・打音点検が有効な手段であるが、そのためには全面足場が必要となるため多大なコストがかかり、課題であるといえる。

今回、赤外線熱画像および可視画像を解析することで外見変状のひび割れや浮き・はく離等を診断することが可能な技術¹⁾を用いて高さ約 200m の煙突を地上から非破壊非接触により調査を行い、画像の撮影位置や撮影距離などの条件と変状抽出の適用性について検討を行った。本報ではこれらの結果について報告する。

2. 調査概要

(1) 調査方法

調査は、撮影架台に固定した高感度赤外線サーモグラフィ(以下、赤外線カメラ)とデジタルカメラを用いて赤外線熱画像と可視画像を同じ画角で同時に撮影し、これらの画像を重ね合わせて画像解析することにより、構造物のひび割れや浮き・はく離などの変状を抽出した。

(2) 調査対象と調査範囲

調査対象は沖縄県中部に位置する火力発電所の高さ 169m、外径φ10m から 20m の鉄筋コンクリート製煙突で、調査範囲はその内の上部 58m (GL+115~169m) 外面全周約 2,000m²である。

(3) 画像撮影

画像撮影の位置は、煙突最上部が最大仰角 45° 以内で見通せる中心から 160m 程度離れた円周上付近の A 地点~J 地点の 10 方位、12 地点とした。画像撮影位置を図-1 に示す。

(4) 使用機器・測定状況

使用した撮影機器の仕様を表-1 に示す。

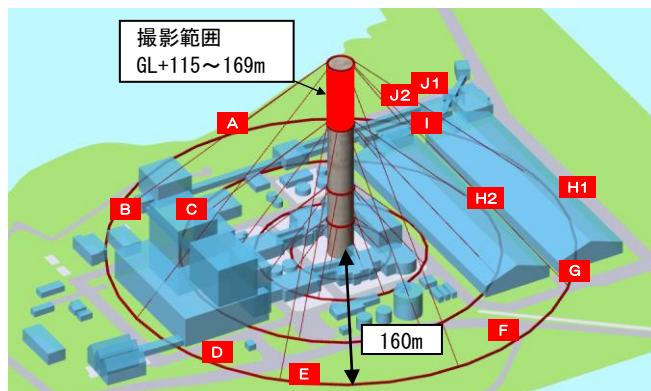


図-1 画像撮影位置

表-1 撮影機器の仕様

名称	仕様	数量
撮影システム	赤外線カメラ 検出素子: Insb 温度分解能: 0.02°C以下 @30°C 素子数: 640×512 焦点距離: 100mm	1 台
	デジタルカメラ 撮影素子: 36×24mm 画素数: 5,780×3,840 焦点距離: 834~1,000mm	1 台
その他	三脚、パソコン	1 台



写真-1 測定状況

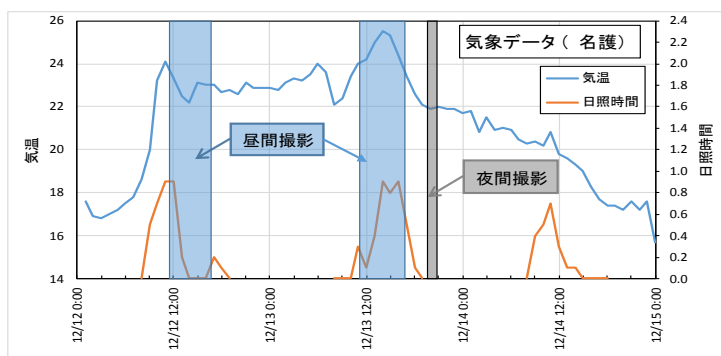


図-2 調査時の気温と日照時間の変化

測定は、各撮影地点毎に機材を設置後、鉛直方向の画像を撮影した。測定状況を写真-1 に示す。

3. 調査結果

(1) 調査時の天候

現地調査は平成 28 年 12 月 12 日~14 日に実施した。調査時の気温と日照時間の変化を図-2 に示す。天候は、晴れまたは曇りで降雨はほとんどなく、日照時間も 2.1

キーワード: 非破壊調査, 煙突, 赤外線熱画像, 可視画像, 画像診断

連絡先: 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 1 6 - 1 Tel. 03-3561-3915 Fax. 03-3561-8673

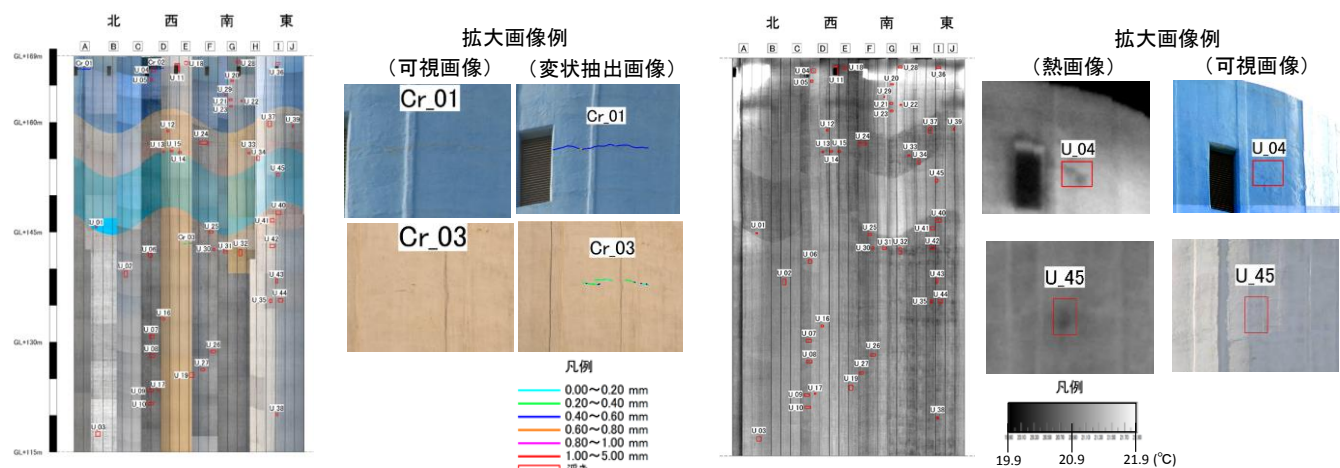


図-3 変状展開図(左:可視画像、右:熱画像)

時間～4.0時間であった。また、1日の気温の最高温度と最低温度の差である日較差は 4.4°C ～ 7.8°C でありこの時期においては撮影に適した温度環境であった。

(2) ひび割れの変状抽出結果

撮影した可視画像を正対補正および接合しその標高での目地間距離から縮尺を設定しひび割れを抽出した。

ひび割れは、北東方向(撮影位置A)、北西方向(撮影位置D, E)、北東方向(撮影位置E)に示す3箇所を確認された。ひび割れ幅は $0.31\sim 0.46\text{mm}$ 、長さは $1.05\sim 1.8\text{m}$ であった。抽出したひび割れを表-2に示す。

ひび割れに錆汁等は認められず内部鉄筋は健全または軽微な腐食の状態であると考えられる。

(3) 浮き部の変状抽出結果

撮影した熱画像から以下の方法により、周囲との温度異常部を浮きとして抽出した。

- ①夜間撮影の熱画像において、周囲と比較して概ね 0.2°C 程度の低温領域を示す範囲を抽出する。
- ②上記変温部において、同じ位置の昼間撮影の熱画像に高温を示す変温部または変温部が見られない場合や低温を示す場合は、色調変化や反射の影響による温度変化として除外する。
- ③②で残った範囲について、可視画像から変状に起因するような表面上の変化がみられるかどうかを確認し、塗膜の割れ、変色等の箇所を除外する。
- ④①～③で残った箇所を浮き部として抽出する。

浮きは全体に渡り45箇所で確認された。浮きの寸法は概ね 0.15m 以上、面積は $0.03\sim 0.73\text{m}^2$ であった。

浮き部に鉄筋露出やはく離、ひび割れ等は確認されず剥落に進展する危険な状態ではないと考えられる。

4. 変状抽出の適用性

(1) ひび割れ

表-2 抽出したひび割れ

No	標高 m	撮影距離 m	解像度 mm/pix	ひび割れ	
				幅(抽出限界)mm	長さm
Cr01	GL+167	240	1.60	0.46(0.32)	1.80
Cr02	GL+167	240	1.60	0.40(0.32)	1.22
Cr03	GL+144	220	1.25	0.31(0.25)	1.05

ひび割れ幅の抽出限界は、理論的側面と実証試験から可視画像の画像解像度の20%程度と言われている¹⁾。

ひび割れが確認された箇所の撮影距離は $220\sim 240\text{m}$ であったため1画素の解像度は $1.25\sim 1.6\text{mm/pix}$ 、抽出限界幅は $0.25\sim 0.32\text{mm}$ であった。抽出されたひび割れは抽出限界に近くこれより幅が小さいひび割れは抽出できていない可能性がある。

(2) 浮き

浮きの抽出限界寸法は熱画像の画像解像度の5倍程度と言われている¹⁾。

浮き部の撮影距離は最大 240m であったため1画素の解像度は 36mm/pix 、抽出限界寸法は 0.18m 程度であった。抽出した浮きの寸法は概ね 0.15m 以上であることから、抽出限界に相当する寸法の浮き部が検出されている結果となった。

今回、浮き抽出には夜間撮影の熱画像を主体的に利用した。これは昼間の熱画像は太陽光の直射熱や、煙突が円形である影響により、全体に均一な温度変化が見られず、変温部の抽出ができなかったことによる。

今後、直射日光の当たらない条件(曇天)で撮影すること等により、昼間の熱画像も有効利用し精度向上を図ることも重要である。

【参考文献】

- 1) 久保昌史 他：赤外線画像と可視画像を併用した画像診断技術の開発、コンクリート工学年次論文集、Vol.33, No.1, 2011