

粉塵飛散抑制とレンガの分別解体

－煙突解体工事での性能検証－

Preventing Dust Scattering and Separating Bricks

- Verification of Performance in Demolishing a Chimney -

岡崎浩一* 西口公二* 鳥越正美**

要 旨

市街地付近における煙突などの塔状構造物の解体に際しては粉塵飛散抑制対策が必要である。また、建設リサイクル法により耐火レンガとコンクリートの分別解体が義務付けられている。そこで今回改良した粉塵飛散抑制技術およびレンガ分別解体技術を煙突解体工事に適用しそれらの効果を検証したので、その結果について報告する。

キーワード：塔状構造物解体、煙突解体、NOCC工法、レンガ分別解体工法、粉塵飛散抑制

1. まえがき

当社では新日本製鐵株式会社と共同開発したNOCC工法（Nippon Steel Corporation & Okumura Corporation Concrete Structure Crushing Method）により煙突などの塔状構造物の解体を昭和 60 年以降数多く行ってきており、本工法により解体した煙突総延長は 2500m 以上に及んでいる。

市街地付近における塔状構造物の解体、特に工事箇所付近に事務所や民家あるいは稼働中の工場が近接している場合は、周辺環境に悪影響を及ぼさないよう粉塵や破砕物の飛散抑制対策が必要である。粉塵飛散抑制対策としては、以前から破砕箇所への散水や煙突下部からの空気の吸引を行っているが、より確実な対策が求められていた。

また、煙突の解体においては、建設リサイクル法に基づき内側の耐火レンガと外側のコンクリートを分別解体することが必要である。このため、当社ではレンガ分別解体工法を開発し、現場適用を図ってきたが、より効率的に解体するための改善が求められていた。

このような背景から、平成 18 年度よりNOCC工法の粉塵飛散抑制技術の改良およびレンガ分別解体工法に使用するレンガ解体機の改良を行った。そして、これらを焼却施設解体工事の煙突解体に適用し、その効果を検証した。

2. 工事概要

適用した工事は施設規模 80 t/日の焼却炉を有する一般廃棄物処理施設の解体工事である。煙突は高さ 50m の鉄筋コンクリート構造物で、平成 7 年に老朽化対策として上部 30m は鋼板巻きによる補強を行っている。解体工事の概要を表-1 に、施設全景を写真-1 に、煙突の形状寸法を表-2 に示す。

煙突の解体は、高圧洗浄が可能な除染機により煙突内のレンガ内面の除染を行った後、耐火レンガの解体にレンガ分別解体工法を適用した。引き続き煙突コンクリート内面の除染を行った後、補強鋼板の撤去を行った。そして、煙突上部（頂部～GL+15m：35m）の解体に際し、NOCC工法を適用した。煙突の解体フローを図-1 に示す。

表-1 解体工事の概要

工事名称	旧西部清掃工場解体撤去工事
発注者	菊池環境保全組合
施工場所	熊本県合志市上庄 1738 番地 1
工事内容	1. 解体撤去施設 ①焼却施設* ②工場棟：RC 造+S 造（約 1,153m ² ） ③煙突：RC 造 GL+50m ④管理棟：RC 造、車庫棟：S 造 2. 造成工事 一式 ※ 規模 80t/日（40t/16h×2 炉） 形式 機械式バッチ燃焼式焼却炉

*技術本部環境プロジェクト部 **九州支店土木部



写真-1 施設全景

表-2 煙突の形状寸法

		頂部 (GL+50m)	中間部 (GL+23m)	底部 (GL-1m)
コンクリート	厚(mm)	150	231	303
	内径(m)	1.82	2.44	2.99
	外径(m)	2.12	2.90	3.60
耐火レンガ厚(mm)		115	115	230

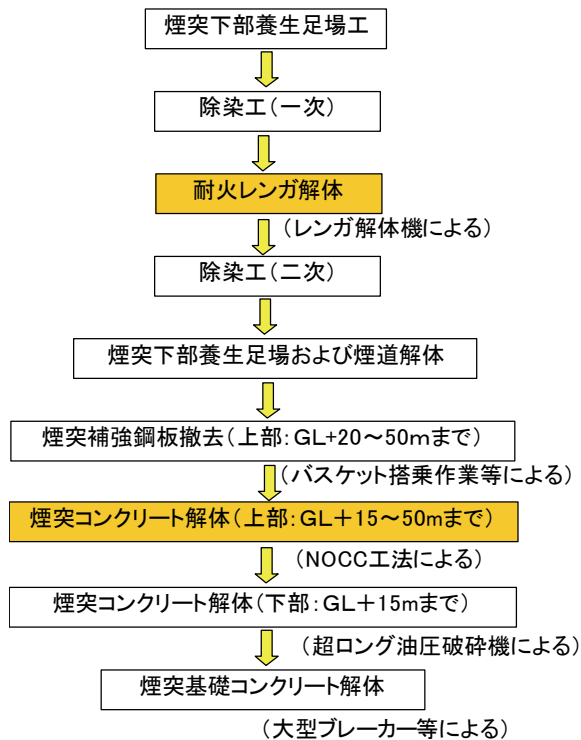


図-1 煙突の解体フロー

3. NOCC工法およびレンガ分別解体工法の概要

3.1 NOCC工法

NOCC工法はクレーンで吊り下げられた油圧圧砕機 (NOCC機) を無線遠隔操作でコントロールすることにより塔状構造物を圧砕・切断する工法である。

NOCC機上部のパワーユニット部には油圧装置、発電機、無線送受信機、粉塵抑制用散水装置などを、下部には圧砕機、破砕ズリ落下防止バケット、監視用テレビカメラを装備している。

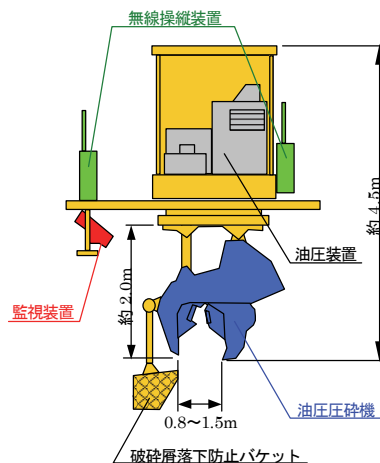
NOCC機用クレーンの運転室および地上の集中管理室には、テレビモニターと無線通信機を設置し、クレーンとNOCC機のオペレータは監視カメラと無線通信により破砕部の状況を把握しながら連携して解体作業を行う。

図-2にNOCC機の概要を、写真-2にNOCC機の写真を示す。

3.2 レンガ分別解体工法

レンガ分別解体工法はクレーンで吊り下げられたレンガ解体機を、地上のオペレータがテレビカメラのモニター画面を見ながら無線で遠隔操作し、煙突内側の耐火レンガを解体する工法である。解体方法の概要およびレンガ解体機を図-3に示す。

楔フレームを煙突コンクリートと耐火レンガとの隙間に挿入することにより、耐火レンガを内側に崩し、ツースフレームを外側に広げ、耐火レンガを外側に押し崩す。この2種類の機能を組み合わせることで効率的に煙突内のレンガを分別解体することが可能となる。



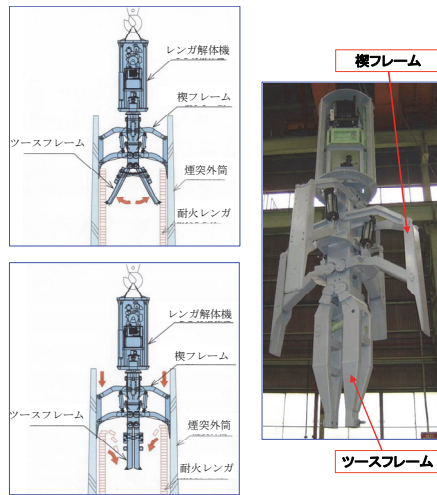
NOCC機 (圧砕・切断機) の主な重量

油圧設備	他 (6.3t)
油圧圧砕機	(1.9t)
破砕屑落下防止バケット	(1.2t)
その他	(0.6t)
合計	(10.0t)



図-2 NOCC機の概要

写真-2 NOCC機



解体方法の概要 レンガ解体機

図-3 レンガ解体機

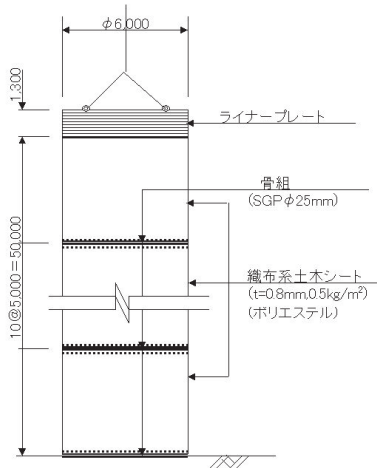


図-4 飛散抑制シート概要図

4. 粉塵飛散抑制技術の性能比較

4.1 粉塵飛散抑制方法

NOCC工法による煙突コンクリート解体時の粉塵飛散抑制方法として以下の4つの方法を適用し、それぞれを組み合わせた時の抑制効果を比較した。

- a. 煙突の外周をシートで囲う方法（以下「飛散抑制シート」と記す。）

本シートは破碎時に発生するコンクリートの微粉および破砕片をシート内側に隔離し煙突外周部に飛散するのを防止する目的で、煙突を覆うようにして現場において組立てた。最上部はφ6,000mmのライナープレートを用いて円筒形状を保持し、その下にリング状のシートを吊り下げる構造とした。シートの円筒面保持は、シート間にリング状の鋼管を入れるとともに、シートに過大な荷重を作用させないように、ライナープレートおよび鋼管を垂直方向にワイヤーロープで連結した。飛散抑制シートの概要図を図-4に、組立状況を写真-3に、設

置完了状況を写真-4に示す。

- b. NOCC機の刃先より高圧水を噴射し散水する方法（以下「局所水噴射」と記す。）

破砕面が形成された瞬間にその部分を局部的に湿潤させて粉塵の飛散を抑制する目的で、NOCC機のニブラの刃先がコンクリートに噛み込むと同時に刃先から水を噴射させた。なお、水タンクと高圧水噴射装置はNOCC機上部に搭載した。写真-5に高圧水噴射状況を示す。

- c. NOCC機から破砕部全体に散水する方法（以下「全体散水」と記す。）

破砕箇所全体を湿潤させて粉塵の飛散を抑制するため、NOCC機に取り付けた散水ノズルから破砕箇所全体に散水した。

- d. 煙突下部から煙突内の空気を吸引する方法（以下「負圧集塵」と記す。）



写真-3 飛散抑制シート組立状況



写真-4 飛散抑制シート設置完了状況
(クレーン：150t クローラー×1台、45t ラフター×2台)



写真-5 高圧水噴射状況



写真-6 集塵機設置状況
(90m³/min × 3台)



写真-7 集塵機配管状況

表-3 実験ケース

実験ケース	粉塵飛散抑制方法
Case 0	バックグラウンド (作業休止時)
Case 1	飛散抑制シート
Case 2	飛散抑制シート+局所水噴射
Case 3	飛散抑制シート+負圧集塵
Case 4	飛散抑制シート+局所水噴射 +全体散水+負圧集塵

表-4 デジタル粉塵計の仕様

メーカー	柴田科学(株)
製品名・型式	ダストメイト LD-3K2型
形状寸法	185 (W) × 69 (D) × 105 (H) mm
測定感度	1 cpm=0.001mg/m³
記録周期	本実験では10秒に設定

煙突下部の煙道部から煙突内の空気を集塵機で吸引することにより、煙突内の浮遊粉塵を煙突下方に移流させることで粉塵の飛散を抑制した。写真-6に集塵機設置状況を、写真-7に集塵機配管状況を示す。

4.2 性能比較実験の方法

粉塵飛散抑制効果を検証するため、表-3に示す5ケースについて破砕箇所近傍の粉塵量をデジタル粉塵計(表-4)により測定した。測定は煙突の高さ40mから15mに至るまで3日間行った。各実験ケースともNOCC機が煙突を1周する間(30分程度)連続的に測定した。

粉塵測定箇所は、NOCC機本体、ライナープレートの内側および外側の3箇所とした。図-5、6に測定機器の設置状況図を、写真-8にコンクリート破砕状況を示す。

また、実験中、煙突直上(NOCC機用クレーン)において風向・風速の計測も行った。

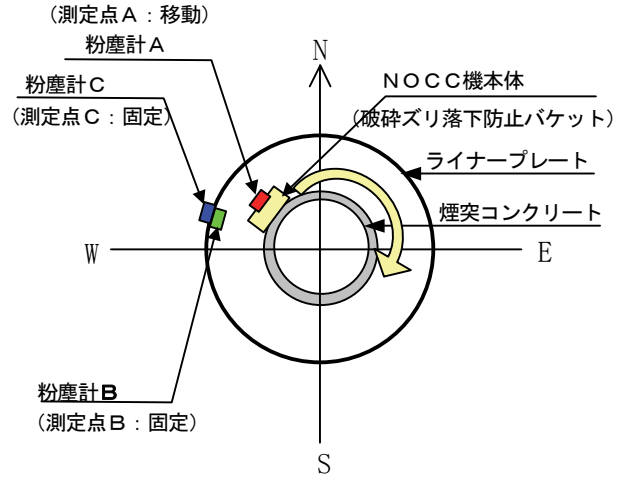


図-5 測定機器設置状況平面図

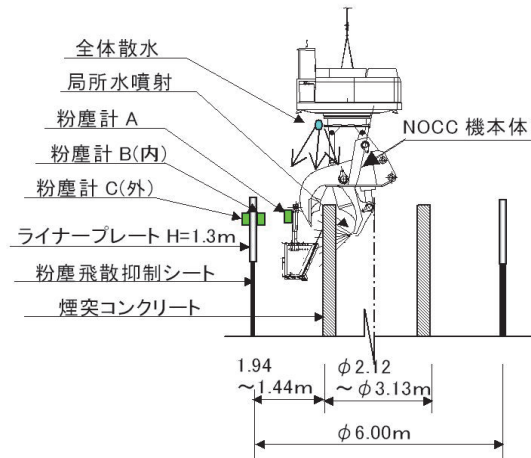


図-6 測定機器設置状況断面図



写真-8 コンクリート破砕状況

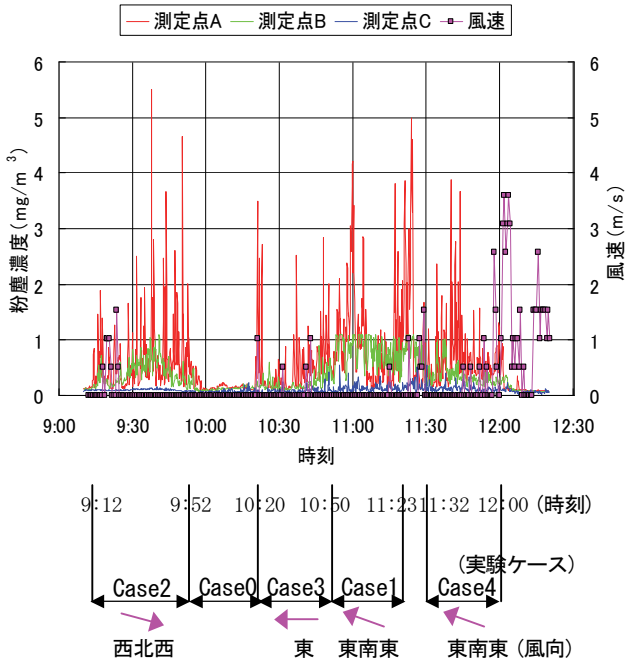


図-7 粉塵濃度等測定結果

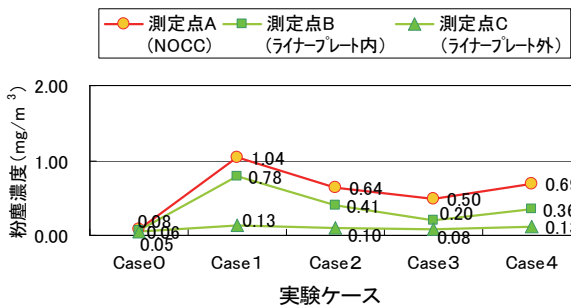


図-8 実験ケース別の平均粉塵濃度

4.3 測定結果および考察

図-7 に各測定点の粉塵濃度および風速の時刻歴を示す。同図には各実験ケースの測定時間帯およびその時の風向を示す。風はほぼ無風状態あるいは時々微風が吹く程度であった。なお、本データ測定時の煙突の高さは約 20m~15m である。

測定点 A (NOCC 機本体) では Case 1~4 において間隔は一定ではないが瞬間的に濃度が上がっており最大で 5mg/m³ を超える。各ピークは作業休止時 (Case 0) に比べても明らかに高く、NOCC 機の圧砕による粉塵発生の影響を受けていると考えられる。

測定点 B (ライナープレートの内側) では Case 1~4 において最大でも 1mg/m³ 程度と測定点 A に比べピーク値は 1/2~1/5 程度ではあるが、圧砕により発生した粉塵の影響を受けていることがわかる。

測定点 C (ライナープレートの外側) は Case 1~4 において最大でも 0.5mg/m³ 程度と低濃度で推移しており、作業休止時と同程度であり、NOCC 機による圧

砕の影響を受けていないことがわかる。

図-8 に、図-7 の実験ケース別の各測定点の平均粉塵濃度を示す。図-7、8 の測定結果および煙突解体状況より以下のような知見を得た。

- i. 測定点 C の粉塵濃度は破砕時 (Case 1~4) においてもバックグラウンド (Case 0) と同程度であり、飛散抑制シートは粉塵のシート外側への飛散抑制に効果的である (約 80% 低減)
- ii. 測定点 A および測定点 B の粉塵濃度は Case 1 に比べ Case 2、3、4 と明らかに低減されており、局所水噴射、負圧集塵および全体散水は粉塵の発生抑制に効果がある (局所水噴射: 約 50% 低減、負圧集塵: 約 70% 低減)。なお、Case 4 が Case 3 に比べて粉塵濃度が少し増加しているが、デジタル粉塵計の測定方式が光散乱方式によるため、全体散水の噴霧水を粉塵としてカウントしていることが考えられ、破砕によるコンクリートの粉塵濃度は測定値より低い値であると推測される
- iii. 煙突外周に落下するコンクリート塊や破断した鉄筋は、シート内に落下し、確実に捕捉することができることも確認した

以上の実証実験結果により、粉塵飛散抑制シートとその他の粉塵飛散抑制方法を適宜組み合わせることで、粉塵の飛散と発生抑制および破砕片の飛散防止が可能であることが確認できた。

5. レンガ解体機の改良効果の検証

5.1 検証方法

改良したレンガ解体機を用いて、煙突内部のレンガ解体を行い、進捗状況、施工状況のカメラ映像および操作性等から、レンガ解体機の改良効果を検証した。

5.2 レンガ解体機の仕様

レンガ解体機の仕様を表-5 に示す。なお、本検証には φ2500 型を適用した。

表-5 レンガ解体機の仕様

	φ2500 型	(φ3500 型)
重量	4,800kg	(5,400kg)
全長	6,080mm	(6,170mm)
外径	1,100mm	(2,100mm)
適用範囲 (レンガ外径)	1,900mm ~2,500mm	(2,200mm ~3,500mm)

* 上部ユニット部は共通
 * 押付力は内面ツース刃先で 3.2 t~4.5 t、オレンジピール刃先で 2.9 t~6.9 t

表-6 レンガ解体機の改良内容

	改良項目	改良内容
i	解体機の安定性	上部ユニット部外周へ姿勢制御用ガイド取付け
ii	カメラ画像の鮮明度および視認性	カメラの位置変更 カメラの増設
iii	照明の照度	照明器具の位置変更 照明器具の増設
iv	無線通信の安定性	広指向性アンテナへの変更
v	上部ユニット部とツース部間の回転機構	油圧ホースジョイントの ロータリー式への変更
vi	レンガ破碎方法の施工性および効率性	オレンジピール部へのレンガ破碎刃の追加*

※本検証においては楔フレームを煙突コンクリートと耐火レンガとの隙間に挿入する従来の機構ではなく、オレンジピール刃により耐火レンガを外側に押し崩す方法による破碎効果を検証した。

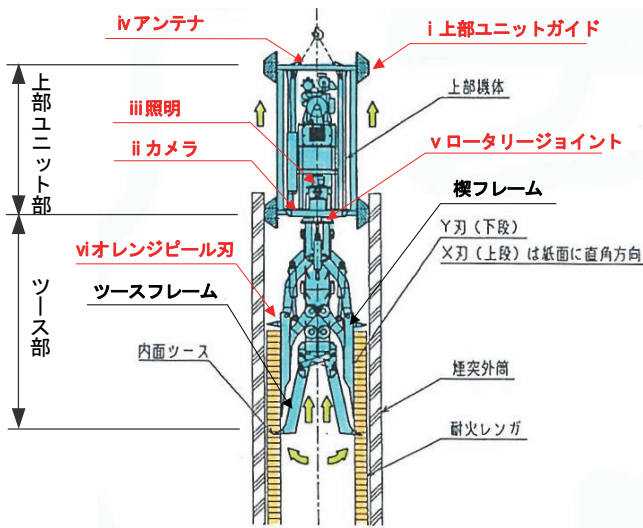


図-9 レンガ解体機概要図



写真-9 レンガ解体機および解体状況

5.3 改良内容

レンガ解体機の改良内容を表-6に、レンガ解体機概要図を図-9に、レンガ解体機および解体状況の写真を写真-9に示す。

5.4 改良効果

レンガ解体工事の進捗状況、施工状況のカメラ映像および操作性等から評価したレンガ解体機の改良効果を以下に示す。

- i. ガイドを取り付けたことにより機体の安定性が向上した
- ii. カメラの位置変更および増設により全方向の状況が把握可能となった
- iii. 照明の位置変更および増設により、明るさが増し、カメラの画像が鮮明になり視認性が良くなった
- iv. 無線が遮断されることなく、施工できるようになった
- v. ツース部の回転がスムーズになったことから、刃先の位置決めが容易になり、施工性が向上した
- vi. 内側から外側に向けて力を加える刃（オレンジピール刃）を増設したことにより、能率良く作業が行えるようになった

また、レンガ解体機の改良前に適用した煙突レンガ解体時の施工データと比較した結果、解体作業スピードは約3倍高速化し、効率性が大幅に向上したことが確認できた。

6. あとがき

市街地付近における煙突などの塔状構造物の解体において、粉塵飛散抑制等の周辺への環境負荷低減が求められるケースが増えている。そのような煙突の解体では、これまででは外周に足場を設置して、完全にシート養生した中で的人力によるはつりやワイヤーソーによる切断等により解体が行われてきており、工期および安全性の点で諸課題があった。

今回の性能比較実験では、迅速性、安全性に特長のあるNOCC工法の従来の粉塵飛散抑制方法（全体散水・負圧集塵）に飛散抑制シートや局所水噴射などによる新たな抑制方法を組合せ、粉塵の飛散抑制に高い効果があることを確認した。

また、レンガ分別解体工法においては、レンガ解体機の改良により、より効率的で安全な解体が可能になった。

今後、安全かつ周辺環境に配慮が求められる煙突解体工事にこれらの工法を提案していきたい。