

鋼製(90m)煙突及び鉄筋コンクリート造(55m)煙突の解体工事

Breaking Works of Two Chimneys ; of 90m High Steel and of
55m High Reinforced Concrete

小手川 邦博* 仲摩 雄蔵**
Kunihiro Kotegawa Yuzo Nakama

田中 壮明*** 浦塚 公喜***
Takenori Tanaka Tomoki Urazuka

奥田 康信****
Yasunobu Okuda

要 約

本報文は、架構支持型の鋼製90m 煙突及び鉄筋コンクリート造55m 煙突の解体工法の紹介である。

鋼製煙突については、架構から筒身を吊りながら筒身下部の切断、撤去を繰り返して解体してゆく工法の紹介であり、架構の腐食の度合い、架構の補強方法、吊り支点の移動方法などが要点となった。

鉄筋コンクリート造煙突については、近隣住民に対しての騒音問題を考慮して、吊り足場、油圧解体機を使用した工法の紹介であり、併せて従来の手研り工法との施工性、安全性等に関する比較も試みた。

目 次

(第I部) 鋼製90m 煙突の解体工事

- §1. 概要
- §2. 解体方法
- §3. 解体工事の実績
- §4. 安全対策

(第II部) 鉄筋コンクリート造55m 煙突の解体工事

- §5. 概要
- §6. 材料試験
- §7. 解体方法
- §8. 解体工事の実績
- §9. 従来工法との比較
- §10. あとがき

(第I部) 鋼製90m 煙突の解体工事

§1. 概要

本報告は、「旭化成工業(株)延岡第1火力発電所第10号ボイラー煙突」の解体工事についてまとめたものである。

当煙突は、架構支持型の高さ90mの鋼製煙突で、昭和46年に建造された。

旭化成工業(株)ベンベルグ工場では、昭和51年に高さ180mの集合煙突が完成して以来、他の煙突は使命を失い、また老朽化の意味からも順次解体されることになり、今回当煙突の解体となった。

延岡出張所での煙突解体の実績は、これまで合計6本あるが、いずれも鉄筋コンクリート造で高さは50~60m程度のものである。また解体工法も、それぞれ多少の違いはあっても、結局は上部からコンクリートを研り落してくる工法であった。当煙突の解体工事は、これらとは内容を異にして、種々の難しい要因を含んだものであった。すなわち鋼製であること、架構が筒身部の水平力を負担している型式であること、それに高さが90mと高層であることなどが、今まで解体してきた煙突との大きな相違点である。これに工費、工期、安全性、及び施工性などを考慮したうえで、次に示す解体工法を採用することにした。

*九州(支)建築課係長 ***九州(支)延岡(出)工事係長
九州(支)延岡(出) **福岡地下鉄(出)

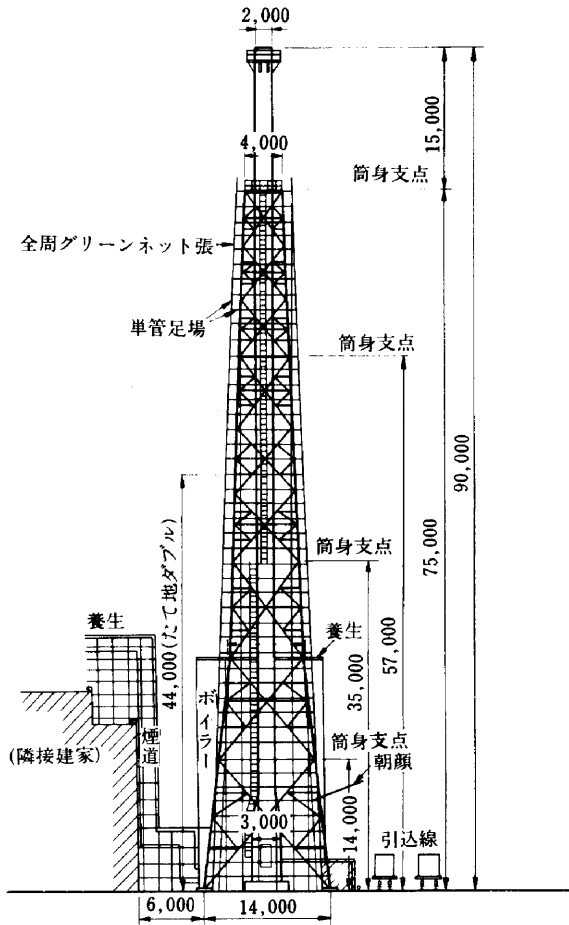


Fig.1 煙突及び足場姿図

筒身の解体は、架構から筒身を2点吊りした状態で、筒身の下部をガス切断し順次抜き取る。架構の解体は、ガス切断されたものを筒身の頂部に設置したデリックを使って搬出する。単的に言えば、筒身部は下から、架構部は上から解体する工法である。

Fig. 1 に煙突の姿図と足場の姿図の概要を示す。

なお、当解体工事の期間は、昭和57年9月10日～昭和58年2月23日である。

§ 2. 解体方法

解体方法は、筒身部は架構から吊って下部を切断、搬出し、架構部は筒身頂部にデリックを設置して切断、搬出する。

本解体方法の最大の特徴は、筒身及び架構自体に耐力を期待しながら解体していくことである。従って部材の大きさ、厚さ及び腐食の度合が問題となり、作業性も含めて考えると非常に複雑なものといえる。解体順序に従い、以下に考察を述べる。

(1) キャスター研り取り

筒身を吊った状態でその下部を切断するため、筒身の軽量化は是非とも必要である。筒身の全重量85tfの内、吹き付け厚さ50mmのモルタルキャストの重量は45tfを占めており、筒身を吊る前にこのキャストを研り取ることにした。

研り作業は、ゴンドラを使って、電動ピックにて行った。ゴンドラの組み立ては、筒身内の最下部で行い、ワイヤーを筒身頂部の既存吊りフックに設置して、上部から順次キャストを研り落した。

(2) GL+57m 部筒身の吊りフック設置及び架構補強

解体に伴う筒身の吊りフックの設置位置をGL+57m部とした。その理由は、筒身を吊った時のバランスが良いこと、筒身の鉄板厚が比較的厚いこと、吊りフックの設置回数をできるだけ少なくし、最初の吊りフックでできるだけ長い距離が解体できること等である。

筒身重量40tfを2ヶ所で吊るとすると、1ヶ所につき20tfの引張力が作用する。偏心曲げモーメントを考慮すると、筒身には局部的にそれ以上の力が働くことになるので、筒身内にH鋼を入れて補強した。筒身の吊りフック及び補強材の取付方法を Fig. 2 に示す。

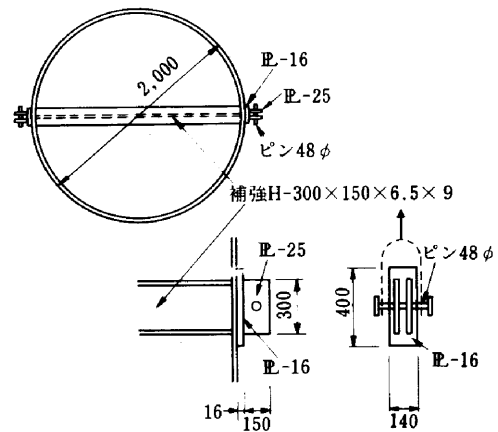


Fig.2 吊りフック及び補強材の取付方法

吊りフックから吊り上げた力は、フックより6.25m上部にある架構吊り元に伝わり、吊り上げ力の水平分力により、平面的に、正方形の架構4本柱のうち、吊り元部の2本の柱は内側へ、他の2本の柱は外側へ変形しようとする力が働く。(Fig. 3)

この部分の柱部材はH-150×150×7×10と小さく、また柱ジョイント部の添板の腐食度合い等を考慮すると、吊り元部分の水平材の補強が必要となった。

吊り元部の補強方法を Fig. 4 に示す。

(3) 既存振れ止めの切断とローラー設置

筒身を下げてゆくためには、あらかじめ筒身と架構と

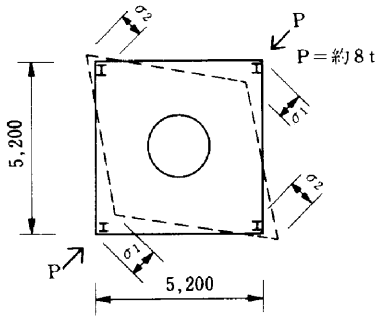


Fig.3 架構への作用力及び変形

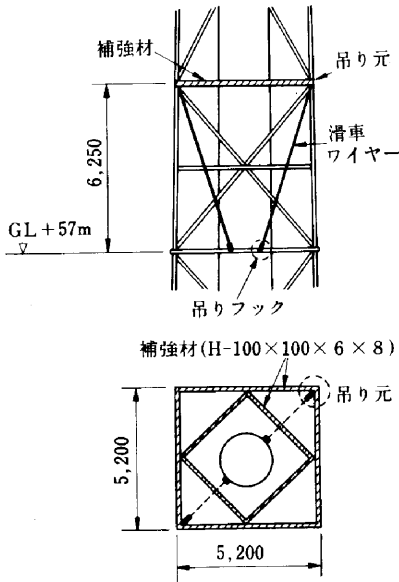


Fig.4 吊り元部の補強方法

の接続を自由にする必要がある。完全に自由にした場合、筒身を吊った時の横ゆれや地震時及び突風時の水平力に対して抵抗するものがなくなるため、以下に示す手順で横ゆれ防止用のローラーを設置し、既存の振れ止めを切断することにした。

なお、GL+75m及びGL+57m部の既存振れ止めは、筒身と架構との間に平面的に60mm程度の間隔があり、筒身は、上下方向には移動可能であるが、GL+35m部及びGL+14m部は、筒身と架構とが溶接で一体となっており、筒身は水平、垂直両方向とも移動不可能であった。

- 作業手順① GL+57m部の既存振れ止めの切断
 ② GL+35m部の既存振れ止めの切断及びローラー設置
 ③ GL+14m部の既存振れ止めの切断及びローラー設置

- ④ GL+75m部から下方へ1mの位置にローラー設置
 L-90×90×7を円状に配し、ローラー4ヶを取り付けてチェーンブロックで固定しておく。この装置は、解体作業中常に筒身頂部から10~15m下部に置き、筒身頂部の振れ止めとして使用する。
 ⑤ GL+75m部既存振れ止めの切断
 この振れ止めの切断で、筒身と架構とは完全に縁が切れたことになり、筒身の横ゆれは全て新設のローラーで処理することになる。
 ⑥ 予備吊りフックの設置
 最初に筒身を吊る時に、予備的に使う吊りフックを、GL+4m部に4ヶ設置する。

既存振れ止めの切断位置と新設ローラーの設置位置をFig.5に示す。

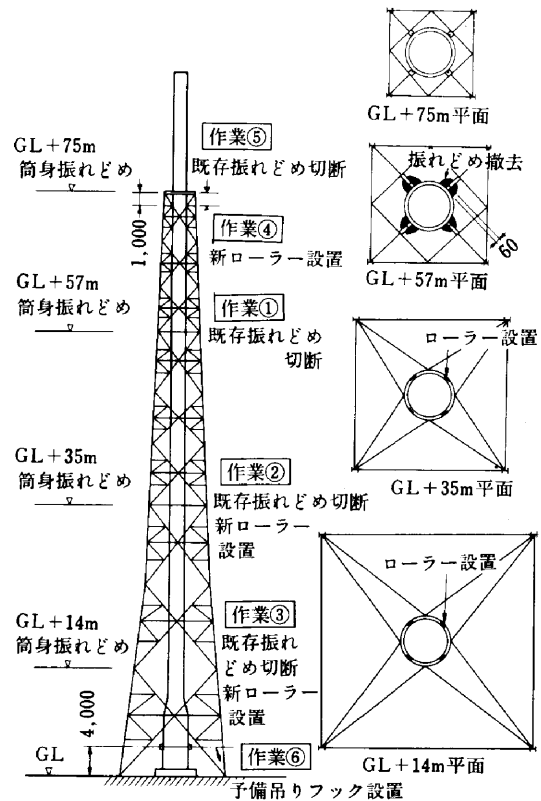


Fig.5 既存振れ止めの切断位置、新設ローラー位置

- (4) 筒身最下部の切断
 筒身最下部をガス切断する時、吊りフックには、筒身がガスの切断代だけ加速度を伴って垂直へ落下する力が働く。また、筒身下部を切新する前にウインチが効きすぎると、切断時に筒身がとび上がる現象も予想される。

これらの衝撃力を考慮すると、GL+57m部の吊りフックに筒身の全荷重を最初から負担させるには、柱がH-150×150と細く、また、柱の腐食度合いも激しいため、安全を期してGL+4m部に予備の吊りフックを設置した。

荷重のかけ方は、まずGL+4m部のチェンブロックに筒身の全荷重40tfをかけ、チェンブロックが完全に効いていると判断された時点で、筒身最下部を切断した。筒身が完全に浮いた状態で、GL+57m部へのウインチを作動させ、これが完全に効いていると判断された時点で、GL+4m部のチェンブロックを徐々にゆるめて、GL+57m部の吊りフックに荷重を移行させた。筒身最下部の切断時の概要をFig.6に示す。

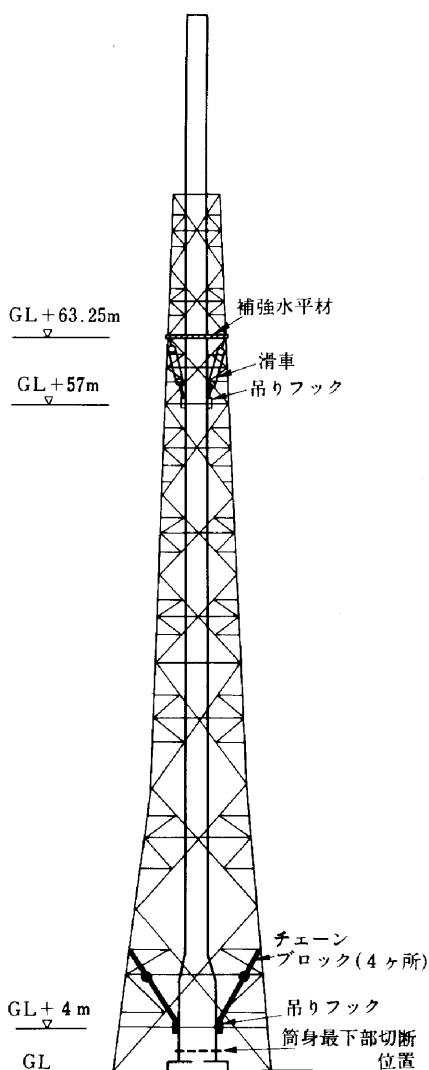


Fig.6 筒身最下部切断時の概要

(5) 筒身の解体

(4)に示した方法で筒身を吊り、その筒身を高さ1.5~2

m、幅70~80cm前後の大きさにガス切断した。(Photo1)

全周の切断を終了後、ウインチで筒身を降ろし、筒身頂部が架構頂部から7m上方に達するまで同じ手順で切断、搬出を繰り返した。



Photo1 筒身のガス切断

(6) 架構及び足場の解体

筒身頂部が架構の頂部より上方7mの位置に達したとき、架構解体用のデリックを2台設置した。デリックは各々の作業域が180°可能となるようにした。

デリックの設置が完了後、ガス切断による架構の解体を開始し、足場3段分(4.8m)までの架構解体を行い、続いて足場3段の解体に移った。以後は同じ要領で、筒身吊り降り→架構解体→足場解体の順序で解体作業を進めた。

なお、デリックの解体材吊り荷重は最大300kgfとした。また、解体した架構材及び足場材は、現場の作業性から地上へ直接降すことができず、一度GL+21m部の仮置場へストックした後、20tクレーンで地上へ降した。

架構及び足場の解体時の概要をFig.7に示す。架構及び足場の解体作業中は、筒身部は地上にあずけた状態とし、かつ筒身下部にガス穴4ヶ所をあけて、チェンブロックで4隅の柱と緊結しておいた。

(7) 吊り元及び吊りフックの盛りかえ

吊り元及び吊りフックの盛りかえ作業の概要をFig.8に示す。

- ①、② 架構の解体が進むと吊り元部の架構を解体する必要があるため、GL+63.25m位置の吊り元を下部へ移設する。
- ③ 筒身頂部から33m部の吊りフックがGLまで降りると、新たに吊りフックを筒身に設置する。この位置では筒身の全重量が12tf程度となり、かつ架構の柱材も大きくなるので、筒身及び架構の補強は不要となった。

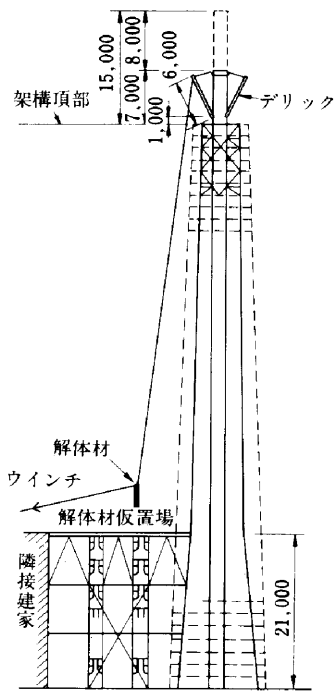


Fig.7 架構及び足場の解体状況

- ④ ③で盛りかえたフックがGLまで降りると、筒身頂部の既存吊りフックを利用して、筒身の残り部分を全て解体する。
 - ⑤ 筒身の解体完了後、架構（高さ26m）をトラッククレーンで上部から順次ガス切断、搬出を行う。
- 以上の手順で煙突の解体作業が終了する。

§ 3. 解体工事の実績

筒身及び架構の解体工事の実績（解体長さ m/日）を Fig.9 に示す。なお、風速10m/s 以上の日及び雨天は作業を中止した。

§ 4. 安全対策

高所作業に対する一般的な安全対策の他に、地上部の重要機器類、ボイラー、重油タンク、貨車の引込線及び架構のガス切断時の火の粉飛散防止等、工場内ならではの特殊事情の中で、危険要因として考えられる全てに対して万全の策を講じた。

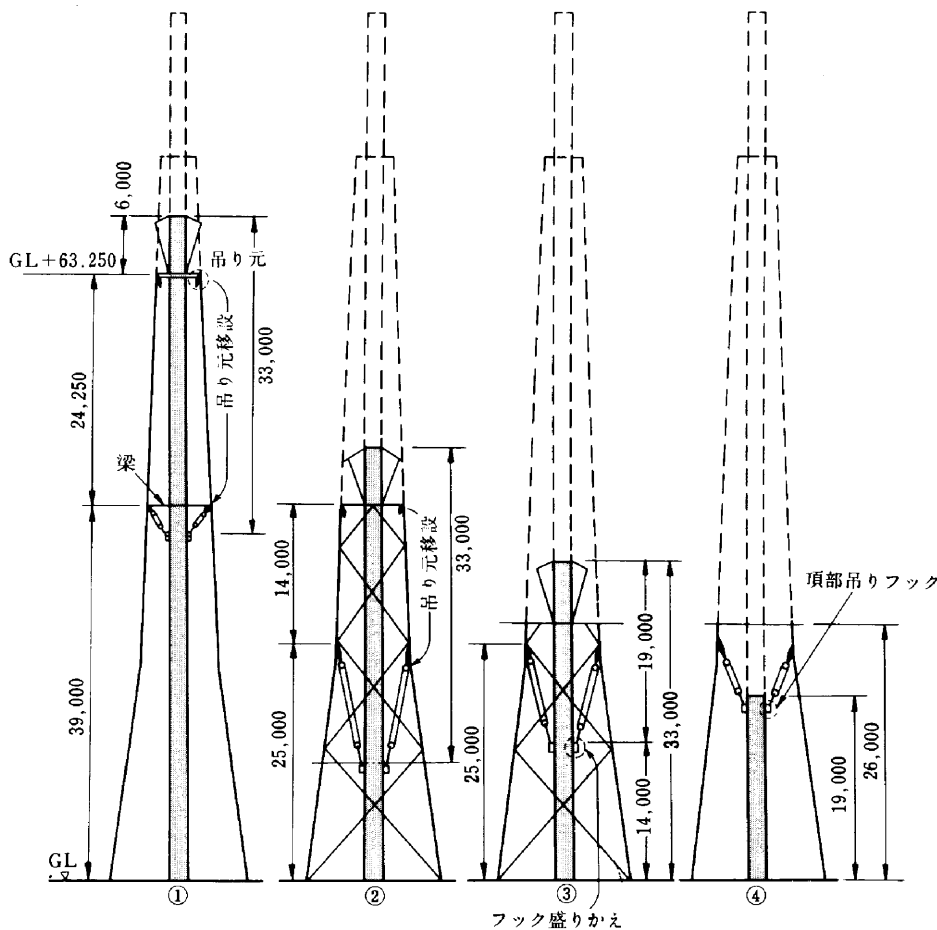


Fig.8 吊り元及び吊りフックの盛りかえ作業の概要

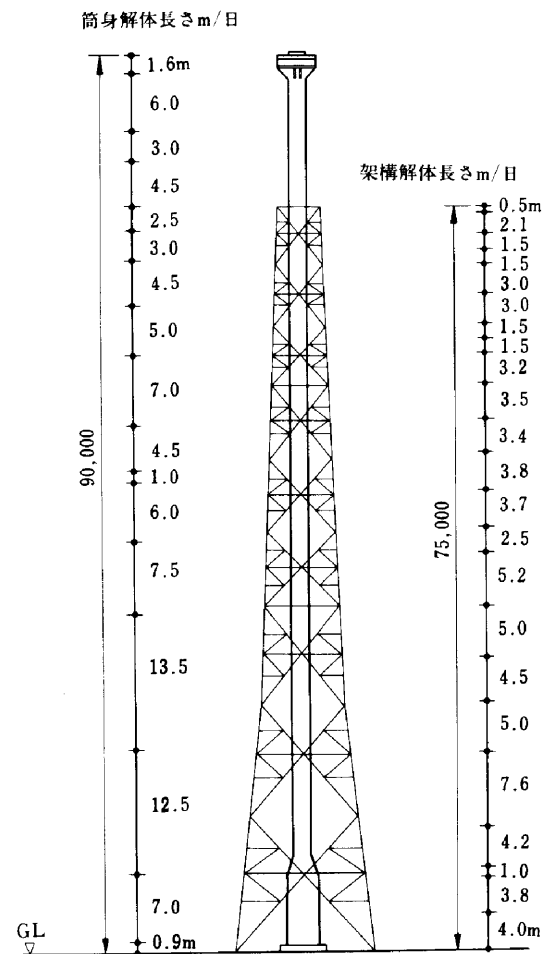


Fig.9 筒身及び架構の解体長さの実績図

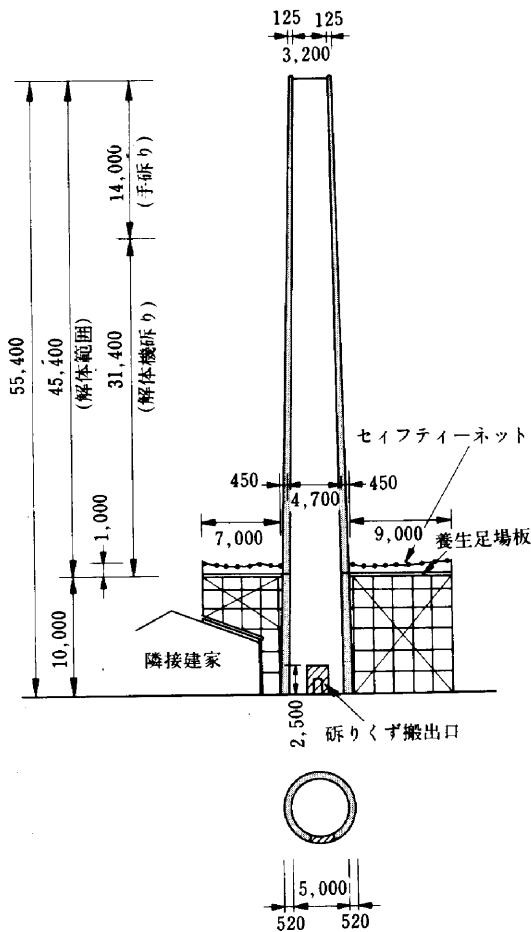


Fig.10 No.1 煙突概要図

一つの飛散事故が、工場に対して莫大な損害を与えることとなり、我々が最も神経をとがらせた点である。

(第II部) 鉄筋コンクリート造55m 煙突の解体工事

§ 5 . 概要

本報告は、「旭化成工業株延岡第2 火力発電所 No.1 煙突」の解体工事についてまとめたものである。当煙突は、高さ55.4mの鉄筋コンクリート造煙突で、昭和8年に建造された。

旭化成工業株レーヨン工場では、昭和54年に120m 集合煙突が完成以来、§1で示したペンベルグ工場と同様に、他の煙突は順次解体されることになり、今回、当煙突も解体の対象となった。従来、鉄筋コンクリート造煙突の解体方法は、基部から単管で作業足場を組み上げ、上部から順次ブレーカーで研り落してくる工法が一般的であるが、今回の No.1 煙突の解体工事では、近隣住民へ

の騒音問題を考慮して、吊り足場で油圧解体機を使用する無騒音工法を採用した。

当煙突の概要を Fig. 10 に示す。

なお、GL+10m 以下は雑倉庫に転用するため、解体範囲としては GL+10m より上部の実長45.4mの部分である。

また、当解体工事の期間は、昭和57年10月～昭和57年12月である。

§ 6 . 材料試験

6-1 コンクリートの圧縮試験、中性化試験

ゴンドラを使用して煙突表面を調査した結果、高さ45.4m 以上の部分では、表面に幅0.6~1.0mm のひびわれが縦横に走り、コンクリートが風化され粗骨材があらわになった部分もかなり見受けられた。最も危険と判断されたのは、コンクリートの打ち継ぎ部分に、幅1~2mm のひびわれが全周にはちまき状に生じており、何層かにわたって打設されたコンクリートは、積木を積み上

げたように、上下の連結は縦筋だけとなっていたことである。この部分の鉄筋は、外から見てもさびが激しく断面欠損が著しいことがわかる。

また、それ以下の部分では、打ち継ぎ部の状態は、前述のものより多少はよくなっているが地震時、暴風時のことを考えるとやはり危険性があると判断された。

シュミットハンマーによるコンクリートの圧縮試験結果及びフェノールフタレイン溶液によるコンクリートの中性化試験結果を Table 1 に示す。

Table1 コンクリートの圧縮強度及び中性化試験結果

調査項目 採取部位 (GLからの高さ)	(シュミットハンマーによる) コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm ²)	(フェノールフタレインによる) コンクリートの中性化試験
51.4m	100以下	壁の全断面でほとんど変色せず完全に中性化している
49.4	100以下	
47.4	100以下	
45.4	100以下	
41.4	200	
40.4	220	壁の外側部は多少変色するが壁の内側部は変色せず中性化している
39.4	260	
38.4	290	
37.4	320	壁の内側部40~50mmを除いて、鮮明な赤色を呈し、アルカリ性を示す

高さ45.4m以上の部分のコンクリート圧縮強度は、100kgf/cm²以下であり、目視調査とよく一致する。高さ41.4m以下の部分では、コンクリートの圧縮強度は200kgf/cm²となり、やや正常に近い値を示した。また、コンクリートの中性化試験からは、高さ37mより上部のコンクリートの中性化が特に進んでいることがわかった。

6-2 鉄筋の引張試験

解体中に採取した各部位での鉄筋試験片の引張試験を、宮崎県機械技術センターで実施した。

試験結果を Table 2 に示す。

この試験結果を、現在の JIS G3112 (鉄筋コンクリート用棒鋼) 及び JIS G3117 (鉄筋コンクリート用再生棒鋼) による規準と比較すると、本試験片は、ほぼ熱間圧延棒鋼の1種2号品 (SR24) に相当する。ただし、表中 () 印は、上記の規準値に適合していないものを示す。また、さびによる鉄筋の断面欠損は、約10%程度と推定される。

§ 7 . 解体方法

7-1 解体範囲

本解体工法は、煙突頂部の壁に油圧解体機 (以下カイ

Table2 鉄筋の引張試験結果

採取部位 (GLからの高さ)	項目	直径 (mm)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
50.4m	縦筋	10.7	28	(37)	不能
	横筋	10	28	39	24
45.4	縦筋	11	29	41	28
	横筋	8.7	32	52	25
40.4	縦筋	9.6	34	47	(19)
	横筋	7.7	31	40	23
35.4	縦筋	10.7	31	43	22
	横筋	11	29	43	27
25.4	縦筋	11.7	28	41	不能
15.4	縦筋	18.6	27	(37)	28
10.4	縦筋	18.7	27	40	33

キと呼ぶ) をセットし、吊り足場上で解体作業を行う方法である。完全に老朽化した煙突頂部にカイキをセットすることは、カイキの重量が2.5tfと重いため問題があった。そこで、§6に示した材料試験結果から、GL+41.4m (上部より14m) でコンクリートの圧縮強度が200kgf/cm²となるため、これ以下の部分ではカイキをセットしても不安はないと判断し、上部はブレイカーによる手研りとして、GL+41.4m部にカイキを設置した。GL+10mまでは倉庫として使用する計画があり、カイキによる解体は実長31.4mとなる。

実際にはカイキによる解体中にGL+17.5m付近で機械の故障というアクシデントが発生したため、残りの7.5m部分はクレーンで圧碎機 (ニブラー) を吊って解体した。

なお、研りくずは煙突内に落下させて、地上部のはき出し口から外部に搬出した。

7-2 解体工法

筒身の解体手順を以下に示す。

- (1) 吊り足場 (チムフット) 及びゴンドラを20t クレーンで吊り上げ、GL+10m部にある養生足場上でチムフットを組み立てる。
- (2) ロープを使って既設の頂部踊り場より、資材吊り上げ用金物、吊り足場用フック等を取り込む。
- (3) 煙突頂部に吊り足場用フック (7ヶ所) を設置し、養生足場上のチムフットとワイヤーで連結する。
- (4) 作業員がチムフットに乗り込み、足場昇降用のレバーウインチ (ルバー) を巻きながら頂部まで昇る。
- (5) 頂部に着いたら、チムフットが風であおられるのを防止するために、地面に4ヶ所のアンカーをとり、これとチムフットとをワイヤーで緊結する。また、チム

フットの内側に胴締めワイヤーを廻し煙突と固定する。
チムフット及びゴンドラの概要を Fig. 11 に示す。

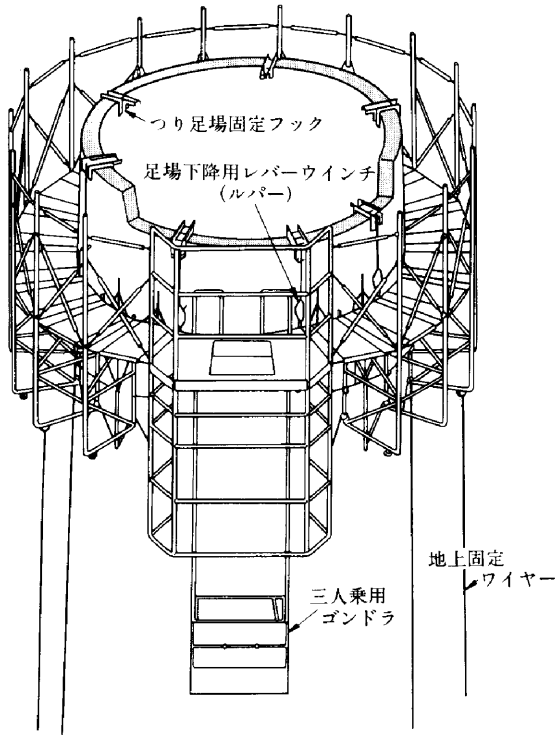


Fig.11 吊り足場(チムフット)及びゴンドラの概要

- (6) 砕りくずが下部へ落ちないように、チムフット上にシートを張り、チムフットと煙突との接触部分にはゴムベルトで目ばりをする。
- (7) 煙突頂部より14mの範囲をブレーカーにて解体する。
- (8) 14mまで解体後、地上で組み立てたカイキをトラッククレーンで吊り揚げ、頂部にセットする。
カイキの概要を Fig. 12 に示す。

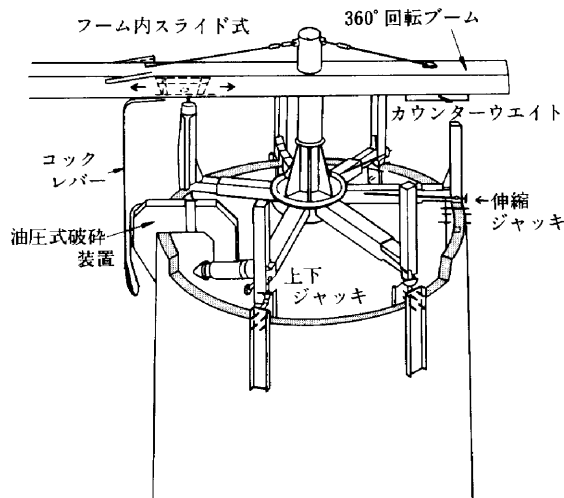


Fig.12 解体機(カイキ)の概要

(9) カイキによる解体を順次行う。

カイキによる砕り作業の手順を Fig. 13 に示す。

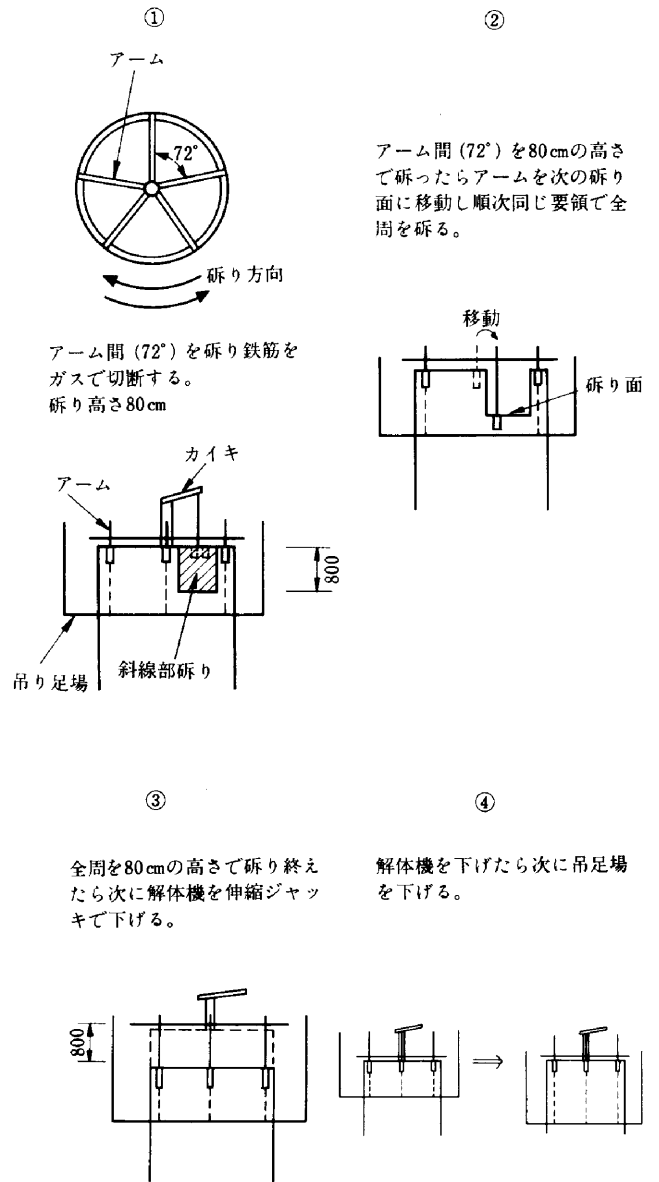


Fig.13 カイキによる砕り作業

§ 8. 解体工事の実績

筒身の解体工事の実績(解体長さ m/日)を Fig. 15 に示す。なお風速10m/s 以上の日及び雨天の日には作業を中止した。

煙突解体工事におけるハンドブレーカー、カイキ、ニブラーの砕り能力の実績比較を Table 3 に示す。

この値は、作業環境、コンクリートの老朽化の度合い、砕りくずの搬出の方法などにより変化するが、一応今回の実績例として掲げた。

この中で、ニブラーの能力がカイキの能力に比較して

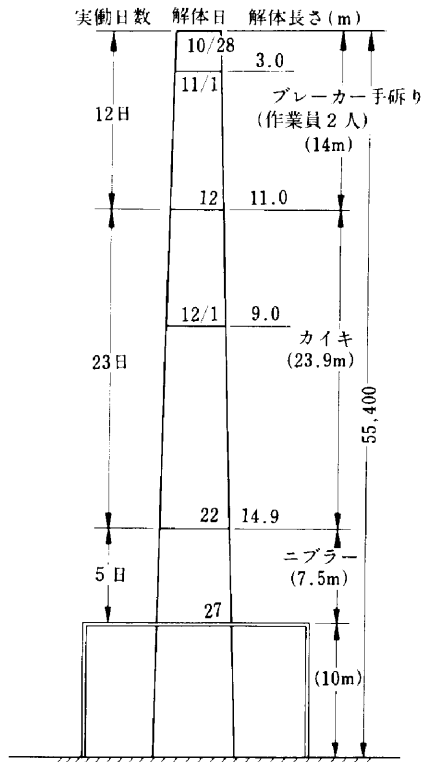


Fig.14 筒身の解体長さの実績

Table3 研り能力の比較

機 種	1時間当りの研りコンクリート量(m ³ /h)
ハンドブレイカー (手研り)	0.18(2台の時0.36となる)
カ イ キ	0.70
ニ ブ ラ ー	1.50

高くなっているが、これはトラッククレーンで機械を吊りながらの作業となるため、現実には作業位置が高くなるにつれて研り能力が低下し、経済性を考えるとある高さまでしか適用できない。

§ 9 . 従来工法との比較

今回のカイキによる解体工法と、以前に施工した同規模煙突のハンドブレイカーによる手研り解体工法とを比較したものを Table 4 に示す。

§10. あとがき

高層鋼製煙突の解体は、延岡出張所では初めての経験であり、腐食による架構の耐力低下、人身の墜落災害、下部薬品タンク類への鋼材などの落下等多くの危険要因を含んだ工事であったが、完全無災害で工事を終了する

Table4 従来工法(手研り)とカイキによる工法との比較

項目	従来工法	カイキによる工法	考 察
工 期	4ヶ月半	2ヶ月半	従来工法で作業員3人が研りに従事しても30%程度カイキ研りが早く足場組立て日数では従来工法では3週間程度要するのに、カイキでは吊り足場セットが組立てを含めて3日程度でできる
安 全 性	△	○	作業位置までゴンドラで直線的に行けるか下から階段を登って行くかの違いであり、カイキの方が肉体的には楽で危険が少ない 作業位置では大差ない
騒 音	×	○	カイキの場合近隣住民に与える騒音はほとんどない 今回カイキ採用の最大の要因である
粉 じ ん	△	×	カイキの場合、ほこりがかなり生じ常時散水の必要がある
研りくずの処 理	△	×	カイキの場合吊り足場上に研りくずがこぼれ落ちる場合が多くそれをすくって煙突内へ移す作業がある 従来工法の場合は比較的少ない
鉄筋の処理	×	×	両工法共コンクリート研り後ガスによる鉄筋切断の必要がある

ことができた。

鉄筋コンクリート煙突の解体では、吊り足場、油圧解体機の特性を十分に発揮させることができた。

これらの2例が、今後の煙突解体工事の際の一つのヒントとなるなら、関係者一同大いに喜びとするところである。

最後に、工事遂行にあたり終始的確な御助言、御指導を頂いた旭化成工業(株)延岡支社第1動力課、第2動力課の皆様へ厚く謝意を表します。また、最後まで献身的な協力を惜しまなかった協力会社の関係各位にも深く感謝いたします。