

超高層構造物解体工法

— 高所作業をなくして、解体ロボットが超高層構造物を安全に解体 —

望月 武・田崎 恒・吉川 賢治・古長 達廣

塔状構造物の解体の機械化施工を目的に解体ロボットを開発し、同機による施工法を NOCC 工法と名付けて、これまで解体の長さは延べ約 1,500 m の施工実績をあげている。同工法は地上からの無線遠隔操作により無足場で入力を介せず、クレーンのとどく範囲であれば施工可能である。また、スカイアーム工法は、ブーム伸縮式の大型油圧クレーンをベースマシンとし、ブーム先端にロボットアームと油圧破碎機を取付けたことで、既存の解体技術領域を超える高さ 60 m 以上の高層ビルの解体撤去を目的に開発したものである。地上からの遠隔操作により、安全かつ低公害、高効率に解体作業を行う長大なロボットアームである。アタッチメントを交換することで多目的に利用できる。RC 造煙突 $H=55$ m を解体し、高い施工能力が確認された。

キーワード：解体工法、解体ロボット、塔状コンクリート構造物解体工法、超高層構造物解体工法、大型油圧クレーン

1. まえがき

高さのある構造物の解体作業では、墜落災害がつきもので、高所で作業する者は常に墜落の危険に晒されている。また、工事管理を行う者を含め関係者も不安な毎日を送ることになる。

人間が地球上で行動する以上、高所作業には常に墜落の危険がつきまわっている。

「ご安全に！墜落災害ゼロ」をキーワードに、奥村組と新日鐵は、超高層構造物の解体無人化施工の共同開発に取り組んできた。

- (1) 塔状コンクリート構造物解体工法・NOCC (Nippon Steel & Okumura Concrete Structure Crushing Method) 工法、
- (2) 超高層構造物解体工法 (高層ビルディング解体工法)、

を以下、報告する。

1. NOCC 工法

(1) 取組みの背景

煙突に代表される塔状構造物の解体については、従来足場を架設して人力により解体する工法、倒壊工法等が一般的であった。

近年長大な構造物が老朽・更新を迎えて解体の

対象となるケースが増えており、従来の方法では高所での作業を含めて危険性を排除出来ないこと、加えて騒音、振動、粉塵による公害問題をクリアする必要が生じており、施工はより難度を増している。

(2) NOCC 工法の概要

この工法はクレーンにより吊り下げられた解体ロボット (NOCC 機；写真-1 参照) により煙突

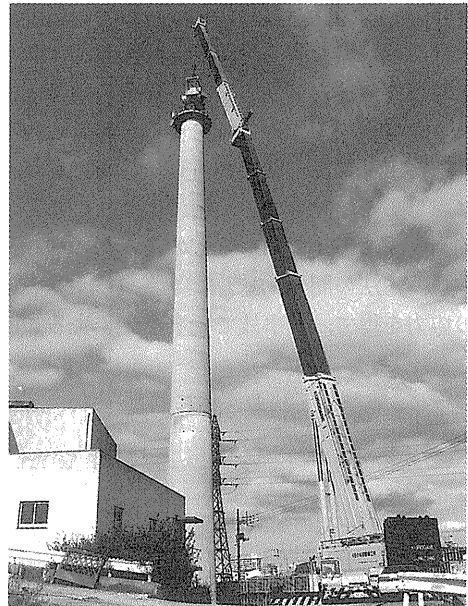


写真-1

を頂上より圧砕・切断解体するもので、地上からの無線遠隔操作で旋回・圧砕を行えるようになっている。

NOCC機は上下に分かれており、上部には油圧ユニット、発電機、無線送受信機、粉塵発生抑制装置などが、下部には解体のための圧砕機、破碎屑落下防止バケット、監視用テレビカメラが設けられ、作業全体を監視できるようになっている。

表—1、図—1に主要機器の仕様を示す。

地上のクレーン運転室及び集中管理室には、2台のテレビモニタとヘッドホンがそれぞれ設置され、クレーンと解体ロボットのオペレータは監視カメラと無線を介して上部の状況を監視しながら、

連携して作業を行っている。

さらに集中管理室には、油圧ユニットの運転状況をモニタするためのNOCC機運転監視モニタがワイヤレスデータログを応用して設けられている。

(3) NOCC工法の特長

塔状コンクリート構造物解体工法の特長は次のとおりである。

- ① 足場組立て・解体及び高所はつり作業などが不要なため安全である。
- ② 施工能力が大きく工期が短縮できる。
- ③ 多少の風雨時及び夜間でも施工が可能なため工期が短縮できる。
- ④ 仮設工事が少なくコストダウンが可能である。
- ⑤ 構造物をその場で小さく破碎でき、無振動、低騒音、低粉塵発生である。

(4) 施工能力

解体ロボットの施工能力を理解して頂くために実施工の経験からまとめてみよう。

(a) 煙突の高さ

施工実績では87mが最大であるが200mの施工も可能である。

(b) 煙突の厚み

最大開口幅1,500mmの油圧破碎機を装着できるが、健全な鉄筋コンクリートの場合、厚みが最大開口幅の50%を超えると能率は低下する。

(c) クレーン使用

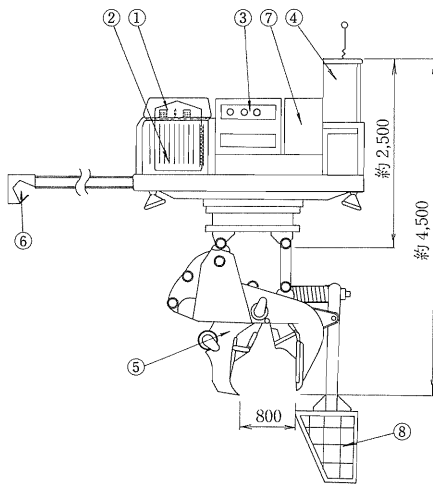
クレーンはクローラクレーン、オールテレンクレーン、タワークレーンの種類を問わない。

能力は煙突の高さとNOCC機の重量で決定し、100t吊りから必要に応じて300t吊り等を選定する(表—2参照)。

1時間当りの破碎量の実績を表—3に示す。当然予想されることであるがコンクリート強度、鉄

表—1 NOCC機 No.3の主要機器仕様

①原 動 機	新キャタピラー三菱6D151 105Ps/1,900rpm
②油 圧 ポンプ	新キャタピラー三菱、28MPa 150×2l/min
③発 電 機	ヤンマー YDG 600 TS、200 V 5kVA
④無線操縦装置	特定小電力無線、2系統
⑤油 圧 圧 砕 機	ニブラ SRC 800 W・1,400 W・TS カッタ
⑥監 視 装 置	テレビカメラ、破碎部：1台、全体：1台
⑦粉塵発生抑制装置	散水装置浄水 720 l、ダストバスタ、ミストネット
⑧破碎屑落下防止バケット	電動底開き式 0.6 m ³



NOCC機 No.3の重量

名 称	重 量 (kg)
NOCC機 本 体	6,300
油 圧 圧 砕 機	1,850
屑 落 下 防 止 バケ ッ ト	1,150
水 積 載 量	700
計	10,000

※ 油圧圧砕機が大型(開口幅1,400~1,500mm)の場合、総重量13tとなります。

図—1 NOCC機全体図

表—2 煙突の高さと使用クレーン

煙突の高さ	使用クレーン (例)
50 m	油 圧 ク レ ー ン 160 t 吊
	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 100 t 吊
70 m	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 150 t 吊
	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 200 t 吊
90 m	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 400 t 吊
	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 300 t 吊
110 m	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 350 t 吊
	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 650 t 吊
140 m	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 650 t 吊
	ク ロ ー ラ ク レ ー ン 1,200 t 吊

表-3 破砕量の実績

■直方清掃工場煙突 H=59 m	
コンクリート	3.44 m ³ /h
煉瓦	2.44 m ³ /h
計	5.88 m ³ /h
■新日鐵戸畑2 BF H=87 m	
コンクリート	2.24 m ³ /h
煉瓦	1.74 m ³ /h
計	4.14 m ³ /h

筋量、厚みにより変動する。

(5) 施工実績

本工事による解体の長さは延べ約1,500 mの実績をあげており、セメントサイロ、水槽などだけではなく、高温、有毒ガス、放射線など人の近づけない場所や水中などの幅広い適用が可能となっている。施工実績を表-4に示す。

表-4 施工実績

年	対象	規模、構造	施工場所、発注者
昭和60	煙突	H=57 m×1, RC造	北九州市, 新日鐵化学
		H=42 m×1, RC造	北九州市, 新日鐵化学
昭和60	煙突	H=65 m×1, RC造	北九州市, 新日本製鐵
昭和61	煙突	H=67 m×1, RC造	北九州市, 新日本製鐵
昭和62	煙突	H=50 m×1, RC造	北九州市, 黒崎窯業
昭和62	煙突	H=56 m×3, RC造	大牟田市, 三井コークス
		H=69 m×1, RC造	大牟田市, 三井コークス
昭和63	煙突	H=45 m×1, RC造	北九州市, 新日本製鐵
		H=45 m×1, 煉瓦	北九州市, 新日本製鐵
昭和63	建屋	一, 鉄骨造	北九州市, 新日本製鐵
平成1	煙突	H=87 m×1, RC造	北九州市, 新日本製鐵
平成1	煙突	H=45 m×4, RC造	北九州市, 新日本製鐵
平成2	煙突	H=55 m×3, RC造	北九州市, 新日本製鐵
平成3	煙突	H=65 m×1, RC造	唐津市, 九州電力
平成7	住宅	13階建, RC造	神戸市, 神戸市
平成7	煙突	H=45 m×1, RC造	豊中市, 豊中市
		H=27 m×1, RC造	豊中市, 豊中市
平成9	煙突	H=59 m×1, RC造	田川市, 田川市
平成10	煙突	H=55 m×1, RC造	高松市, 高松市
平成11	煙突	H=40 m×1, RC造	秋芳町, 秋芳町
平成11	煙突	H=59 m×1, RC造	直方市, 直方市

(6) 粉塵・ダイオキシン対策

近年ダイオキシン問題がクローズアップされ、ごみ焼却場の改修が急務となっているが、ダイオキシン排出基準に適合していない設備は休止・解体されている。

ごみ焼却場の煙突を視野に入れて、発生する粉塵を外部の環境に排出させないこと、すなわちダイオキシンをまき散らさないことと捉え、粉塵発生抑制に力を入れている。

粉塵はコンクリートが破砕される際に発生する

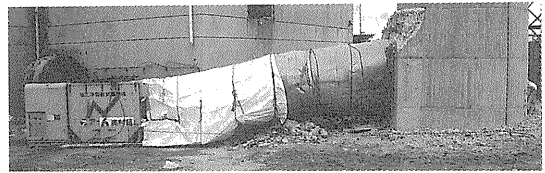


写真-2 集塵機設置状況

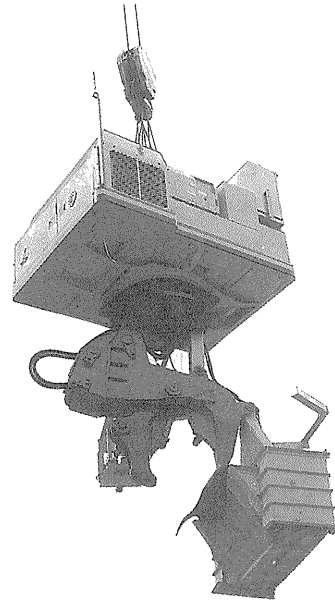


写真-3 NOCC機

ものと、破砕屑が煙突内に落下して粉塵を巻上げるものとに分けられる。

粉塵発生抑制の方法として、煙突基部煙道を利用して写真-2の可搬式乾式集塵機により、吸引し煙突内部を負圧に保ち粉塵を捕集している。

ダイオキシン対策としては、集塵機出側に活性炭のフィルタを設置して、排気を通過させ清浄な空気を排出する。

なお NOCC機 (写真-3 参照) には、散水装置 (容量 720 ℓ) が装備されており、また破砕部に散水するダストバスター (泡)、ミストネット (界面活性剤の霧) も搭載できる。

2. 超高層構造物解体工法

(高層ビルディング解体工法)

(1) 取組みの背景

高層な RC 構造物の解体は、超ロング解体機で行われているが、施工可能高さ 22~26 m であり、

37 m まで施工できる機種も台数は少ないが製造されている。

しかし、これらの既存の解体機械で対応できる建物は12～13階建までが限度であり、今後増えるであろう高層建物の解体を地上から安全に施工できる機械が必要となる。

平成7年の阪神淡路大震災復旧工事に際し、高層ビルディング解体工法開発の必要性を強く感じた。また、平成11年の台湾集集地震においても同様で、災害発生に対応する救援マシンとして例えば傾いた高層ビルの迅速な解体撤去に利用できる工法の開発が望まれている。

(2) 超高層構造物解体工法の概要

既存の超ロング解体機のブーム屈曲方式では、高高度に対応するには無理があり、写真—4のブーム伸縮方式を採用した。

大型油圧クレーンをベースマシンに利用し、主ブーム先端にロボットアームと油圧破砕機を取付けている。

ロボットアームと破砕機に必要な油圧は、パワーユニットを別途設置して、主ブーム先端のバルブユニットまで油圧配管により供給している。

バルブユニットは無線信号を受けて、ロボット



写真—4 超ロング解体機

アームと破砕機を動作させる。

本装置の運転操作は集中制御室のオペレータが行い、クレーンの位置決めはクレーンオペレータが行う。両者は常にヘッドホーンで連絡を取りあい、お互いの運転室に設置されたテレビモニタで解体状況を確認しながら作業を進める。

また、ロボットアームオペレータは解体場所直近に移動して運転が行える。この場合もオペレータはヘッドホーンで互いに連絡を取りあい、連携して作業を行う。

- ① TVカメラによるモニタリングに加え破砕機と解体物との距離を測定、TVモニタに表示し、高高度での作業の確実性を高めた。
- ② 本装置が作業時に発生する力（クレーンブームにかかる力）を油圧シリンダの圧力及び油圧シリンダ、接合ベース、ブームの角度を測定、演算する作業モーメント表示装置を設置し、両オペレータへ表示すると共に大きな負荷に対しては警報で知らせる。ベースマシン（クレーン）のACS（全自動過負荷防止装置）と併用して安全な作業条件範囲内の解体作業を行う。
- ③ ベースマシンはメーカー、能力、形式を限定せずに接合部の簡単な交換により幅広く使用できる。
- ④ 粉塵発生抑制装置（散水装置、ダストバスター（泡））を搭載し、条件に応じて使用する。

(3) 実機適用実験

本機は、開発目的が高層構造物つまり、高層ビルディングをターゲットにしたものであるが、今回は写真—5の新日本製鐵八幡製鐵所の煙突RC造 $H=55\text{ m}$ の解体に実機適用した。

(a) 煙突の仕様

煙突の高さ：55,000 mm

頂部径：2,920 mm

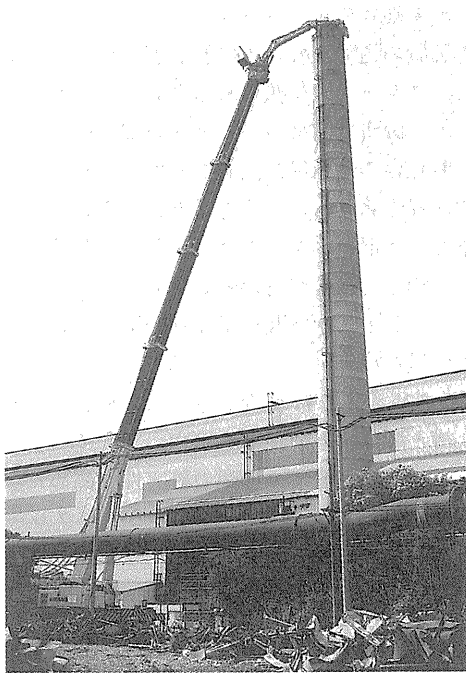
基部径：4,740 mm

コンクリート：155 m³

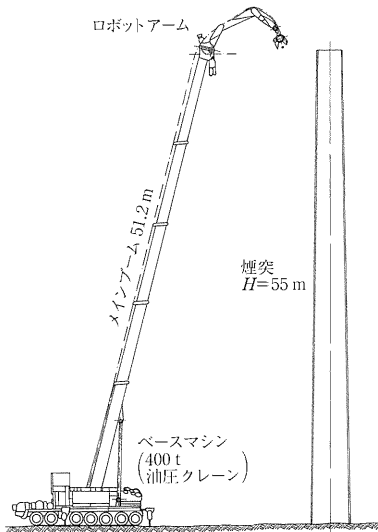
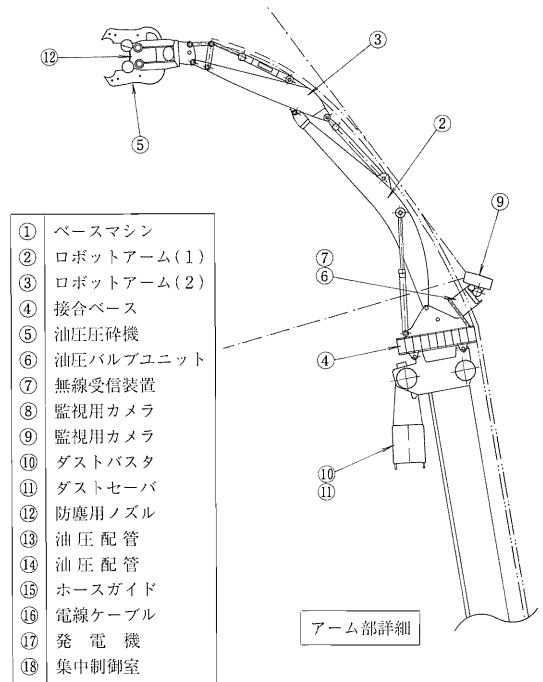
煉瓦：170 m³

(b) 装置の構成（図—2、図—3、写真—6参照）

ベースマシン：400 t吊りオールテレック
レーン

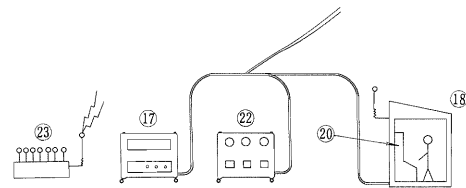


写真—5 新日本製鐵八幡旧一分塊均熱炉，煙突 RC 造 H=55 m



図—2 装置構成

ロボットアーム：0.7m³クラスバックホウ
ブーム・アーム
油圧破砕機：NPK S-22XA 油圧旋回式，
散水配管付
W = 2,010 kg，開口幅 800
mm
油圧配管：高圧側φ38 mm，30 MPa，
低圧側φ50 mm，5 MPa



図—3 ロボットアーム，油圧破砕機



写真—6 油圧破砕機

付 属 設 備：集中制御室，テレビカメラモ
ニタ，無線送受信機，ページ

ング

公害防止設備：散水，噴霧，ダストバスター
(c) 施工実績 (表—5 参照)

解体1日目は煙突頂部補強金物と鋼製梯子を本開発装置で撤去した後，頂部から7.8 mを2.5 hで解体した。

2日目は27.7 mを12 hで解体し，煙突の高さが残り19.5 mとなったので，本工法による施工を終了し，後は従来工法にて施工した。

表—5 施工実績

	解体高さ	解体量	作業時間	時間当り解体量
1日目	H=55~47.2 7.8 m	コンクリート 10.0 m ³ 煉瓦 12.6 m ³	2.5 h 2.5 h	4.0 m ³ /h 5.0 m ³ /h
2日目	H=47.2~19.5 27.7 m	コンクリート 66.5 m ³ 煉瓦 77.6 m ³	12.0 h 12.0 h	5.5 m ³ /h 6.5 m ³ /h
合計	H=55~19.5 35.5 m	コンクリート 76.5 m ³ 煉瓦 90.2 m ³	14.5 h 14.5 h	5.3 m ³ /h 6.2 m ³ /h

煙突のコンクリートの破砕量を NOCC 工法と比較すると，表—6 のとおり施工能力の大きいことがわかる。

表—6 破砕量比較

開発装置	NOCCIII 120 PS	NOCCII 70 PS
5.3 m ³ /h	3.44 m ³ /h	2.42 m ³ /h

(d) 工程

400 t吊りクレーン搬入からロボットアームをクレーンブームに取付ける作業と油圧配管作業，装置の調整作業に3日間を要した。装置の解体，

表—7 工程

④工程

	1	2	3	4	5	6
クレーン搬入	■					
装置組立	■	■	■			
煙突解体				■	■	■
装置解体					■	■
クレーン搬出						■

クレーン搬出は1日で完了した (表—7 参照)。

(4) 落下物，飛散範囲

NOCC 工法と比較して煙突周囲への落下物の大きさは2倍，量は3倍，飛散範囲は2倍であった。

(5) 操作性

バックホウと同程度の動きを必要と考えると，油量を決定したが高所では早すぎ，油量を半分程度に絞って使用した。

無線指令機は，レバーの配置と動きをバックホウと同じにしてあり，オペレータはスムーズに運転できた。

夜間，テレビモニタ情報で作業する場合，闇の中に白いコンクリートが浮き上がり，遠近感が掴みにくいことが分かった。

4. あとがき

表—8 にこれまで記述してきた超高構造物解体

表—8 工法，装置の比較

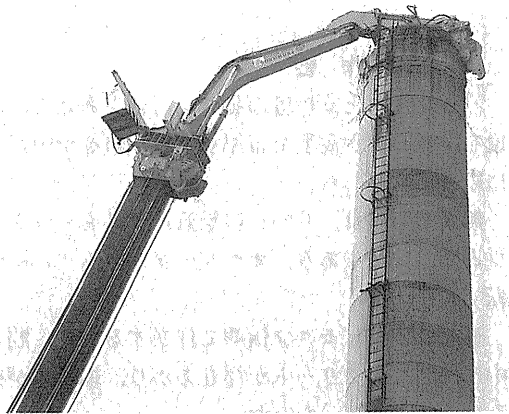
区分	超ロング解体機械 (従来工法)	NOCC 工法	超高層構造物解体装置
施工範囲	H=22~37 m	H=200 m	H=60 m 以上
解体物	RC造，鉄骨，ビルディング	RC造，煙突，鉄骨工場上屋	RC造，鉄骨，ビルディング
使用破砕機	NPK S 22 X 800 mm W=2,000 kg 鉄骨用開口幅 410 mm W=2,000 kg	Nibbler SRC 800 W 1,400 W W=2,000 kg, 50,000 kg オカダ TS カッタ 570 mm W=2,350 kg	NPK S 220 XAR 800 mm W=2,000 kg 410 mm W=2,000 kg (5,735 kg)
ベースマシン	油圧ショベル 1.6~4.5 m ³	メカニカルクレーン 150 t吊→650 t 油圧クレーン 160 t吊→800 t	油圧クレーン 360~800 t クレーンメーカ・能力・形式を限定しない
フロント	ブームとアームからなる3段階屈曲式	クレーンブームから吊り下げ	ブームの伸縮・伏仰とロボットアームの2段階屈曲式
操作方法	オペレータ1名による目視運転	オペレータ2名 (クレーン，NOCC) NOCCは無線遠隔操作	オペレータ2名 (クレーン・ロボットアーム) ロボットアームは無線遠隔操作
監視方法	目視	テレビカメラ，目視	テレビカメラ，目視
粉塵抑制	散水設備	散水，泡，ミスト，集塵機	散水，泡，ミスト
安定性，安全性	作動範囲制限装置 破砕片の落下に対して，破砕片 ストップ及びキャブガード	クレーン荷重計，モーメントリミッター NOCC機の運転状態はテレメータで 管理キャブガード (クレーン)	ロボットアームの反力を検出し，クレーンの 過負荷防止装置とリンクさせ安全性を確保 キャブガード (クレーン)
運搬，組立	ベースマシンは分割，輸送	油圧クレーンは本体自走 メカニカルクレーンは分割輸送	クレーン本体自走
その他	解体工事機械の主流であり，各 メーカが製作	煙突解体が主	クレーンはメーカ，型式，能力を限定しない

工法を従来工法と比較して示す。

写真一7に示した煙突は単一な形状で破砕する厚さも適当なため、解体のやりやすい構造物であるが、今回の実験で予想どおりの施工能力が確認できた。

解体するものが高くなればなるほど落下物対策が重要になる。したがって第3者も含めた安全対策をどのように実行して安全を確保するかが本工法の重要なポイントとなる。

今後は本工法開発の対象である高層ビルディング状の構造物で実施工を行い、技術データの蓄積及び問題点の把握と更なる改善を実行し、超高層



写真一7 煙突解体状況

構造物解体工法の完成度を高めていきたいと考えている。

[筆者紹介]

望月 武 (もちつき たけし)
新日本製鐵株式会社
八幡製鐵所
設備部
土建技術 Gr



田崎 恒 (たざき ひさし)
新日本製鐵株式会社
八幡製鐵所
設備部
土建技術 Gr



吉川 賢治 (よしかわ けんじ)
株式会社奥村組
九州支店



古長 達廣 (こちょう たつひろ)
株式会社奥村組
九州支店



建設機械用語集

(建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典)

- 建設機械関係基本用語約2000語(和・英)を集録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 約200頁 定価2,100円(消費税込)：送料600円
会員1,890円(")： " "

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289