

平成 21 年度
解体工事に係る研究報告書梗概集

《研究発表会》

日 時 平成 21 年 7 月 24 日 (金) 13:30~
会 場 鉄鋼会館 (811 会議室)
[中央区日本橋茅場町 3-2-10]

社団法人 全国解体工事業団体連合会

[東京都中央区八丁堀 4-1-3]

— 趣 旨 —

この梗概集は、社団法人全国解体工事業団体連合会が実施する平成 20 年度の解体工事に係る研究助成金制度を活用した研究者の当該研究報告書に基づいて作成されたものである。

— 目 次 —

No.	研究テーマ	
	研究者	所属
1	・階上解体工法における床版サポートに関する実験的研究 中田 善久	日本大学 理工学部建築学科准教授
2	・建物の腐食予測を活用した解体計画の基礎研究 兼光 知巳 米丸 啓介	清水建設株式会社 技術研究所生産技術センター主任研究員 清水建設株式会社 技術研究所企画部副主任研究員
3	・建築解体工事の実情に関する調査 湯浅 昇 大塚 秀三	日本大学 生産工学部・建築工学科准教授 ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科助教授
4	・煙突、煙道内アスベスト、ダイオキシン除去システム機の研究、開発、実機まで 阿部 博文	シンコー(株) 代表取締役
5	・環境を考慮したコンクリート廃材のコンクリート用骨材への利用に関する研究 澤本 武博	ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科講師
6	・水圧を利用した高強度鉄筋コンクリート造建築物の解体工法に関する基礎的研究 飛内 圭之 大塚 秀三	ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科教授 ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科助教授

鉄骨造の解体工事における安全なパイプサポートの設置方法のフローの提案

日本大学理工学部建築学科 准教授 中田 善久
日本大学 名誉教授 笠井 芳夫

1. はじめに

建設業における労働災害は、昭和37年をピークに減少し続けている。しかし、解体工事業の労働災害死亡者数の変移は過去10年間、横ばい状態である。また、建設工事全体の死亡者数に対する解体工事の割合は解体工事業の市場規模が建設業全体の1～2%に過ぎないにも係わらず、年により8%を超えるものも見られ、平均して5.6%程度に及んでいる¹⁾。解体工事のなかでも、一度の事故で大きな被害を引き起こす恐れのある工法のひとつとして、階上解体工法がある。市街地の中高層建築の解体工事において、油圧ショベルを最上階の床スラブ上に設置し上階から順次解体する工法が主流となっている。油圧ショベルをスラブ上に設置する場合、スラブ単層では耐力が不足することがある。そのため、スラブ間にパイプサポートを設置し複数層で支持することが一般的である。しかし、パイプサポートの配架に関する既往の研究やパイプサポートを設置した場合のパイプサポートにかかる軸力の計測データ、構造体にかかる荷重の計算事例は少なく、解体工事業者の経験のみで補強計画を立案し、パイプサポートを設置しているのが現状である。スラブの耐力が不足し、スラブが崩落すれば、甚大な被害となる。

そこで、本研究は、鉄骨造の解体工事における安全なパイプサポートの設置方法の提案するために、行ったものである。ここでは、解体工事における労働災害の状況、油圧ショベルとパイプサポートの調査、パイプサポートのひずみと荷重の関係について検討した。さらに、竣工後、18年が経過した鉄骨造の解体現場において、油圧ショベルの各作業動作とパイプサポートに生じるひずみの関係および荷重の測定を行い、パイプサポートに及ぼす影響について検討を行い、これらの結果を踏まえて、鉄骨造の解体工事における安全なパイプサポートの設置方法の

フローを提案した。

2. 既往の研究と本研究との関係

既往の研究として、笠井・山田らの研究²⁾、上長・山下・甲野らの研究³⁾が代表的である。笠井らは解体作業時(鉄筋コンクリート構造スラブ)におけるパイプサポートの構造計算の略算方法、配架計画のフローを提案している。また、上長らは実際の解体工事において想定される稼働状況の計13パターンで重機を移動させ、その際のパイプサポートの荷重測定、重機荷重の伝達状況を調査している。本研究は笠井らの略算フローを基に鉄骨造における略算フローの作成を行うと伴に上長らの研究同様に解体現場における実測を行った。

3. 調査概要および実験概要

(1) 油圧ショベルとパイプサポートの調査

実験に先立ち、油圧ショベルに関して、国内における7メーカー383機種について、機械質量、標準バケット容量および機械寸法を調査した。併せて、パイプサポートについても許容荷重、使用長さなどの仕様に関する調査を行った。

(2) 実験概要

①対象とした建築物の概要

対象とした建築物の概要を図1に示す。計測を行った建築物の所在地は、東京都葛飾区、主要用途は、店舗・事務所・住居である。構造形式および規模は、鉄骨造ラーメン構造、地上6階であり、延床面積は813.44㎡である。また、最高高さは17.35mであり、最高軒高は16.75mである。なお、竣工は平成2年である。

②使用した油圧ショベルの概要

使用した油圧ショベルの仕様を表1に示す。なお、作業時の機械質量は、標準バケットを取りはず

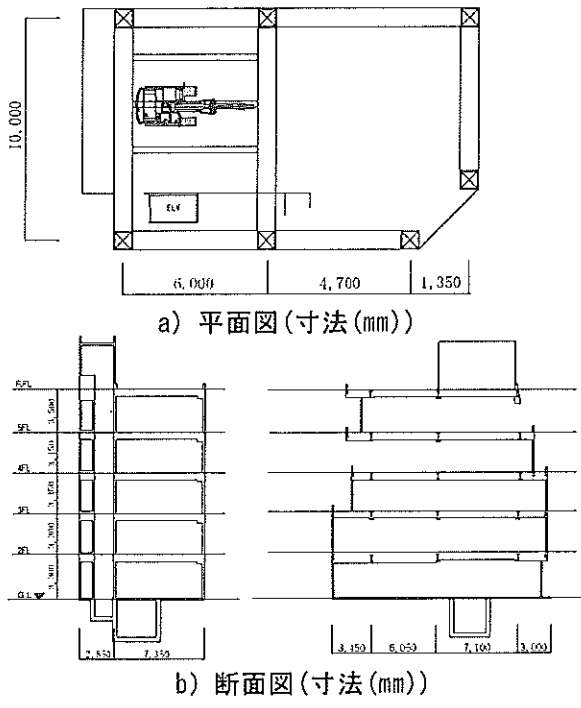


図1 対象とした建築物の概要

し、大割機アタッチメントを取り付けたため 8,480kg (83.2kN)であった。

③計測概要

パイプサポートの計測概要を図2に示す。ひずみゲージは、サポートの上下柱中央部それぞれの対面の左右2箇所、計4箇所に貼付けた。なお、上柱、下柱の各々の全長にひずみが均一であるとし、それぞれの変位を算出、その和をパイプサポートの全長の変位とした。計測は、重機が4F立ち上がり5Fのスラブを解体中に行った。なお、パイプサポートは、作業階直下に設置し各々の作業時のひずみを計測した。また、解体現場における計測と併せて、実験室において2000kN耐圧試験機を用いてパイプサポートの載荷試験を行いひずみと荷重の関係を算出した。なお、パイプサポートの仕様、使用長さを現場計測と同様のもので行った。

4. 結果および考察

(1) 油圧ショベルの調査結果

油圧ショベルの機械質量と装着可能なバケット容積の関係を示したものを図3に示す。機械質量の増加に伴い、バケット容積も増加する傾向を示した。この結果から、バケット容積を大きく、作業効率を高めるときに、油圧ショベルの機械質量も増加す

表1 使用した油圧ショベルの仕様

項目		仕様
重機本体	機械質量 (kg)	7,920 (77.7kN)
	標準バケット容積 (m ³)	0.25
	標準バケット質量 (kg)	220 (2.16kN)
	接地圧 (kPa)	37
	寸法 (mm)	全長 6,070 全幅 2,340 全高 2,630
解体アタッチメント (大割機) の質量 (kg)		780 (7.65kN)
作業時の重機の機械質量 (kg) ^{※1}		8,480 (83.2kN)

※1 (機械質量-標準バケット質量+解体アタッチメント質量)

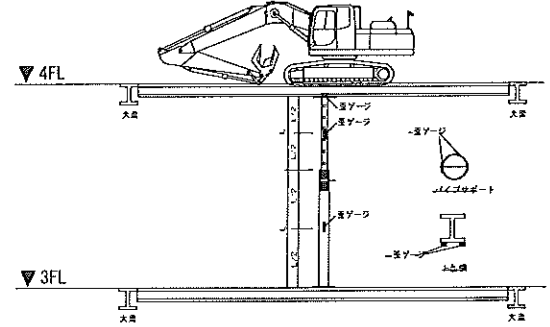


図2 パイプサポートの計測概要

る。

油圧ショベルの機械質量の分布を図4に示す。ここでは、調査対象を今回使用した油圧ショベルのバケット容積の0.25m³に限定し、機械質量の調査を行った。その結果、対象機種数は25機種となり、機械質量の分布は、5~9,000kg程度に分布する傾向を示した。これにより、同一のバケット容積であっても、機械質量は最小で5,200kg、最大で8,570kgと大きな差があり、油圧ショベルの選定の際には、作業効率のみならず各々の機械質量を考慮し、施工計画を立案する必要がある。

(2) パイプサポートの調査結果

パイプサポートの許容荷重の分布を図5に示す。許容荷重は型枠支保工に用いるもので20kN、解体工事に使用する強力サポートで150kN前後の分布数が多くなる傾向を示した。また、パイプサポートの仕様書の多くには使用長さごとに許容荷重を明記しており、使用長さが長くなるに伴い許容荷重を小さくしているものが多くみられた。これは座屈を考慮したためと考えられる。この結果からパイプサポートの使用にあたっては、使用長さとの許容荷重の確認および上柱と下柱の接合部のピンや振止ネジに留意することが必要であると考えられる。

(3) パイプサポートのひずみと荷重の関係

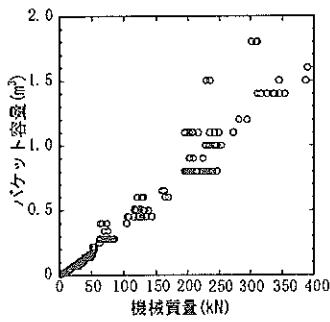


図3 機械質量と
バケット容積の関係

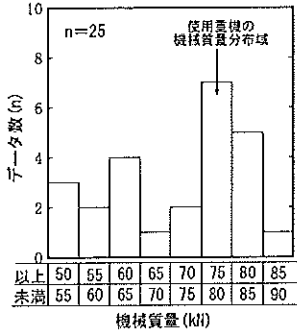
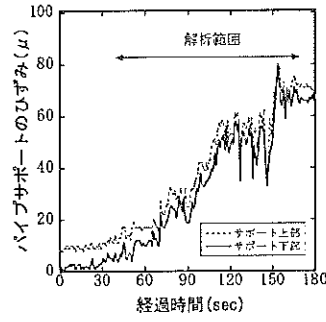
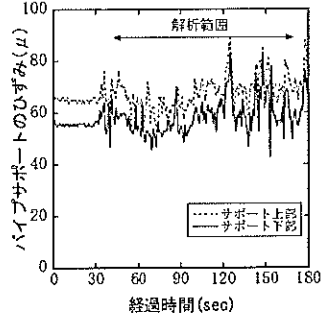


図4 機械質量の分布



a) 下層階へのコンクリート塊の排出



b) 鉄骨の切断、移動

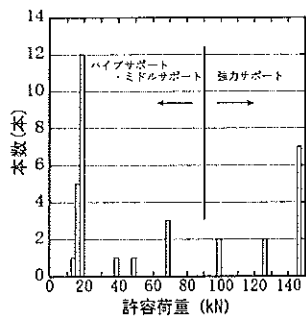


図5 パイプサポートの
許容荷重の分布

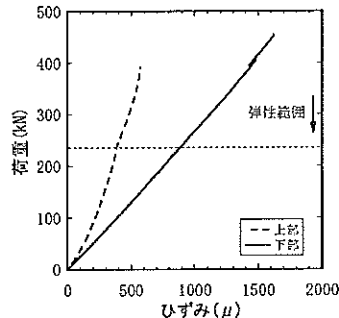
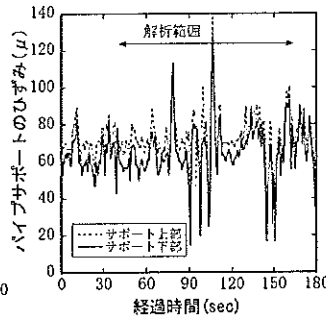
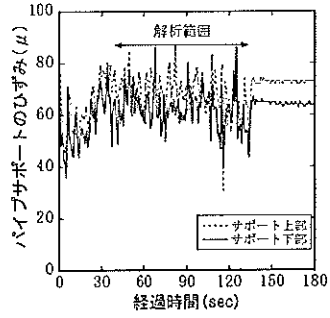


図6 パイプサポートのひずみ
と荷重の関係



c) デッキプレート切断



d) ALCの破断、移動

図7 経過時間とパイプサポートのひずみの関係

パイプサポートのひずみと荷重の関係を図6に示す。なお、パイプサポートの載荷試験は、解体作業時の計測と同様の支間長さ(2,450mm)で行った。ひずみは、サポート下部の方が上部に比べ大きくなる傾向を示した。これは、サポートの形状によるものであると考えられる。

(4) 油圧ショベルの各作業動作とひずみの関係

経過時間とパイプサポートのひずみの関係を図7に各作業動作とパイプサポートに生じた変位を図8に示す。a) 下階へのコンクリート塊の移動時のひずみは、作業開始後、特に大きく増加した。これは、上階にコンクリート塊がある際は対象階のスラブに伝達する荷重が少なく、柱など他の構造躯体を伝わり下階へと力が流れた可能性があり、対象階へコンクリート塊を降ろしたことにより、その荷重が直接スラブに伝わったため急激なひずみの増加が見られたと考えられる。また、c) デッキプレート切断時におけるひずみは、他の作業動作に比べひずみの振幅が大きくなる傾向を示した。これは、デッキプレートの切断時に油圧ショベルによりデッキプレートを揺さぶり引きちぎり切断した為と考えられる。しか

し、より精度の高い解析のためには柱など建築物の躯体への荷重伝達の計測も必要であると考えられる。

(5) 油圧ショベルの作業動作とパイプサポートにかかる荷重の関係

各作業動作とパイプサポートにかかる荷重の関係を図9に示す。なお、ここでは、前述したひずみと荷重の関係から各々の作業時における荷重を求めた。パイプサポートに対する荷重は、5Fのデッキプレート切断時に最大になった。荷重は、一般的に、構造体である鉄骨の切断、移動時が最も大きくなると考えられるが、鉄骨の切断の場合、アセチレンガスで切断後、重機で移動する。一方、デッキプレートの切断は、躯体に剛接合されたデッキプレートを大割機を用いて、引き裂き柱から切断する。そのため、柱に大きな力を与え、その力が作業階以下の柱、スラブに伝達したと考えられる。さらに、その作業時の動荷重が加わるため、その相乗効果により、デッキプレート切断時に最も大きな荷重がパイプサポートに加わったと考えられる。

5. 鉄骨造におけるパイプサポートの

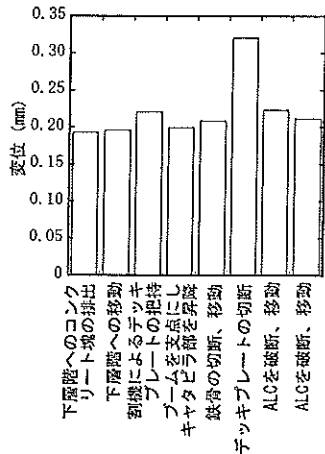


図8 各作業動作とパイプサポートに生じた変位

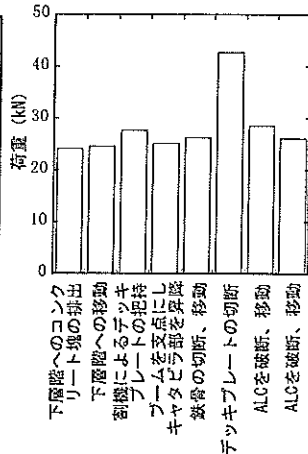


図9 各作業動作とパイプサポートにかかる荷重

安全な設置方法のフローの提案

鉄骨造における安全なパイプサポートの設置方法のフローを図10に示す。このフローは、笠井らの既往の鉄筋コンクリート造におけるフローを基に鉄骨造に置き換え作成したものである。これは、床スラブを一方向スラブとして単純支持梁と仮定する。また、床荷重は強辺方向（デッキプレートの溝方向）に伝達すると仮定した。スラブ中央部の正曲げモーメントに対する検討として終局モーメントの算出について、市販されているデッキプレートを使用した床スラブの場合、中立軸が通常デッキプレート山上の平板部内にあり、鉄筋の許容応力度でスラブ許容応力度が決まる。この場合、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2003）」⁴⁾に示されている床スラブの許容モーメント算出の略算式を使用でき、略算式を用いた⁵⁾。スラブ端部においては負曲げモーメントに対する検討を行った。

5. まとめ

- (1) 油圧ショベルの選定は、作業効率だけでなく、構造体の許容耐力も考慮した機械質量の検討が必要である。
- (2) パイプサポートを使用する際は、使用長さごとの許容荷重を確認する必要がある。
- (3) パイプサポートのひずみは、上部と下部で異なる傾向を示し、下部の方がひずみが大きくなる傾向を示した。
- (4) 解体作業時におけるパイプサポートに加わる荷

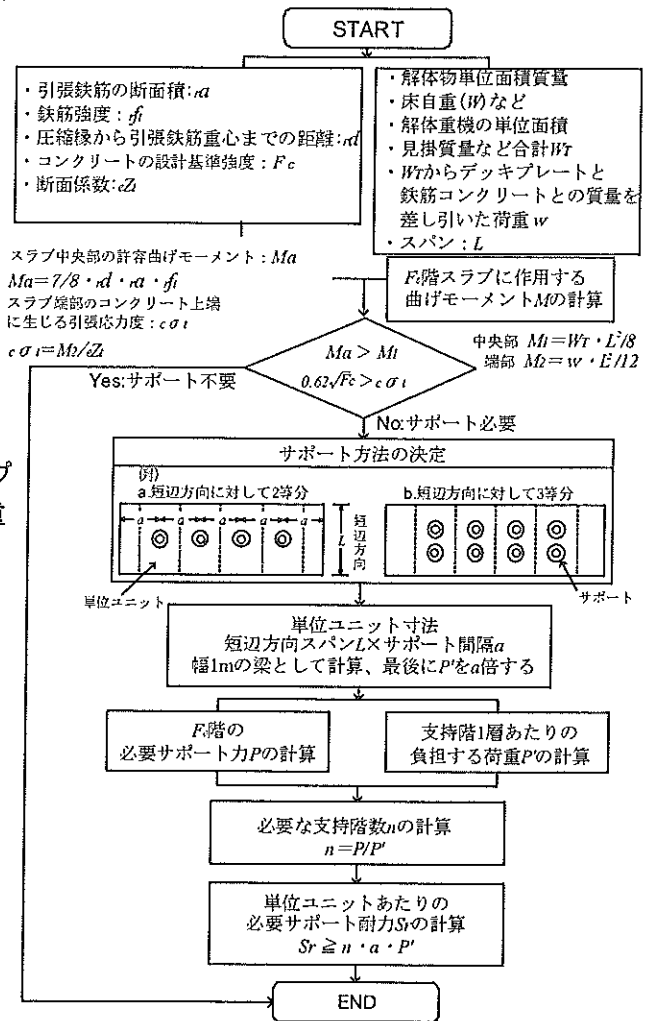


図10 鉄骨造における安全なパイプサポートの設置方法のフロー

重は、構造体以外の部位でも大きくなる場合がある。

今後、鉄筋コンクリート造の建築物の計測も行う予定であり、データの収集を行い、それらのデータを用いサポート本数の簡便で適切な設定方法の確立を進めたい。

【参考文献】

- 1) 建設業労働災害防止協会：建設業安全衛生年鑑，平成20年度版
- 2) 笠井・山田：階上解体工法における事故と床版サポートの略算方法（試案），日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）pp. 601-602, 2006. 9
- 3) 上長・山下・甲野：建築物の解体工事における計測と解析（解体用重機が躯体に与える影響）その1 実験の背景、目的と計測概要，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）pp. 785-786
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2003
- 5) 日本鉄鋼連盟：デッキプレート床構造設計・施工規準，2004

建物の腐食予測を活用した解体計画の基礎研究

清水建設(株)技術研究所 米丸 啓介
清水建設(株)技術研究所 兼光 知巳
日本大学 生産工学部 三井 和男
日本大学 生産工学部 湯浅 昇

1. はじめに

建物を構成する材料は時間とともに劣化するため、解体時の建物の部材、部品および建物全体の構造性能は、竣工時に比べ低いと考えられる。建物の寿命は、これまで、構造性能が設計クライテリアを満足しているにも関わらず、社会的陳腐化を理由に解体・新築されることが多かった。しかし、いわゆる環境問題・エネルギー問題をきっかけに、今後、建物の寿命は長くなることが予想され、解体時における建物使用年数は長くなると考えられる。さらに、建物全体は使用しながら、部分的に解体し、更新していく手法も増えることが予想される。また、近代建築は、省エネルギーのための高気密化、耐火性能向上、意匠性向上などから、構造躯体が断熱材、耐火材、仕上材などで見えないあるいは容易に補修できない構法になっている。以上のことから、今後、解体計画するに当たり、見えない構造躯体の劣化度を知り、建物の部材、部品および建物全体の構造性能を容易に知る必要がでてくる。

本研究は、鉄骨構造を対象に以下の事項を検証することを目的とする。

- (1) 建物使用期間を経た鉄鋼材料の腐食度を、外観できない状態で予測する。
- (2) 鉄鋼材料の腐食度から、建物の部材、部品および建物全体の構造性能を予測する。

2. 建物雰囲気の腐食性評価

金属材料の腐食に最も影響を与える因子は塩分といわれており、各研究機関で飛来塩分と腐食の関係性を把握するための研究が続けられている。両者の関係を明らかにするには、材料の腐食量を正確に把握することと、その材料が置かれる場所の飛来塩分量を正確に測定することが必要である。前者に関しては、JIS Z 2383(大気環境の腐食性を評価するための標準金属試験片及びその腐食度の測定方法)で方法が定められており、各地域の鋼板の腐食量データの蓄積が進んできている。後者については、ドライガーゼ法(JIS Z 2382)やウェットキャンドル法(ISO-9225)等があるが、異なる方法間でのデータの整合性がとりにくい、測定に時間を要するといった問題がある。

物質・材料研究機構の材料基板情報ステーションと超鉄鋼研究センターが中心となり開発したACMセンサー(図1)は、異種金属が楕形に配置されており、センサーが濡れ、電池が形成された際に生じる電気の流れをログで読み取り記録する。塩化ナトリウムを用いた人工環境を用いて、出力される電気量と付着している塩分量、そして相対湿度の関係性が得られている。これらの関係より得られた校正曲線を用いることで、先述のドライガ

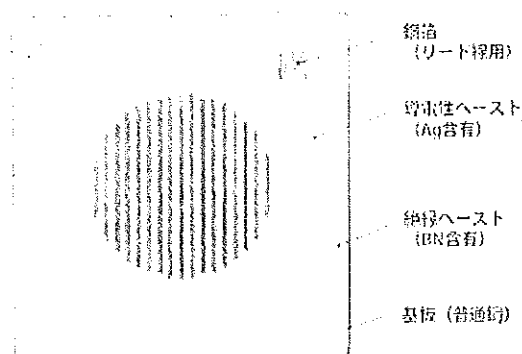


図1 ACMセンサーの外観¹⁾

一ゼ法やウェットキャンドル法と直接比較できる値ではないが、センサーの出力、温度、湿度のデータからセンサーに付着した塩分量が容易に推定できる。また、日本各所の腐食速さ(1年間で鋼板が腐食により薄くなる速さ)が既知の場所で ACM センサーを用いた計測が行われ、ACM センサーが出力する一日あたりの平均電気量と腐食速さの関係が整理されている。両者の関係は、場所や降雨の有無によらず、両対数の直線上にあるとされており、ACM センサーの出力値から鋼の腐食速さを読み取ることができる。

本研究では、建物の雰囲気腐食性が比較的容易に測定できる ACM センサーを用いた測定実験を行った。同時に、JIS Z2383 に準じた普通鋼の鉄鋼試験片を用いて、鋼板の腐食量を測定した。ACM センサーによる測定結果の一例を図2に示す。ACM センサーの出力と温湿度データから、専用の解析ソフトを用いて、半日の測定間隔毎の塩分付着量や測定期間中に流れた電気量を測定日数で除した1日あたりの電気量の平均値等が得られる。この1日あたりの電気量の平均値を Q (c/日)とすると、鋼の腐食速さ CR (mm/年)との関係は次式で表されるとされている。

$$\log CR = 0.378 \cdot \log Q - 0.636 \quad (\text{ただし, } \log Q > -5) \cdots \cdots (1)$$

測定結果の代表例を表1にまとめる。今回の測定実験では、ACM センサーによる腐食速さの予測値は、鉄鋼標準試験片の暴露試験結果から得られた腐食速さを正確に示すことができなかった。これは、測定期間が短いことによる天候のばらつきの影響や、新品の ACM センサーでみられたデータのぶれなどが関係していると思われる。しかし、場所の違いによる腐食速さの順序は鉄鋼標準試験片の結果と ACM センサーによる予測値と概ね対応していることから、建物雰囲気腐食性を測定する簡易センサーとしての可能性は十分に有していると考えられる。

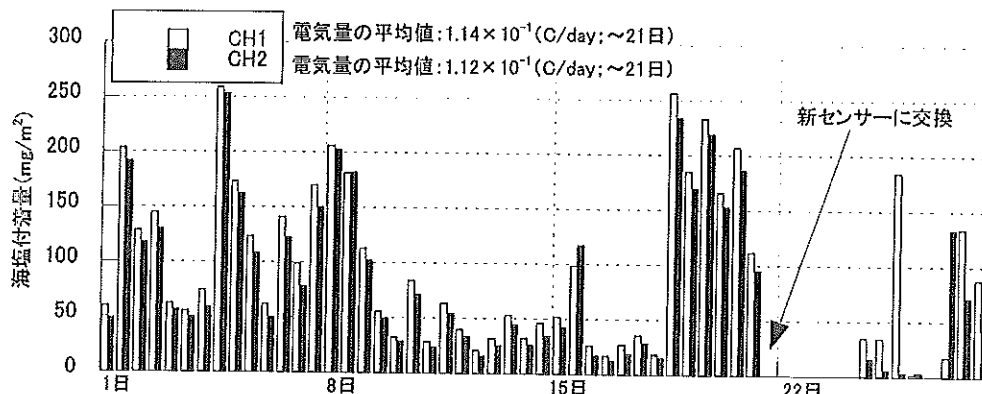


図2 測定結果の一例—A実験棟屋上(2008年11月)

表1 測定実験の結果

測定場所	A 実験棟屋上		B 実験棟1F		C 建設現場事務所		D 試験場※1	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
I ACM センサによる腐食速さ (mm/年) (測定日数)	0.102 (20日)	0.005 (23日)	0.007 (約60日)	—	0.016 (1日)	—	—	—
II 鋼板の腐食量実測値 (g/m²) (暴露日数)	146.5 (387日)※1	19.1 (185日)	58.0 (95日)	397.4 (364日)	2514.0 (612日)	—	—	—
III 暴露日数から比例計算した腐食速さ (mm/年)	0.019	0.005	0.0284	0.051	0.191	—	—	—
IV $t = A \times x^{0.6}$ を仮定したときの腐食速さ (mm/年)	0.019	0.0036	0.017	0.051	0.234	—	—	—

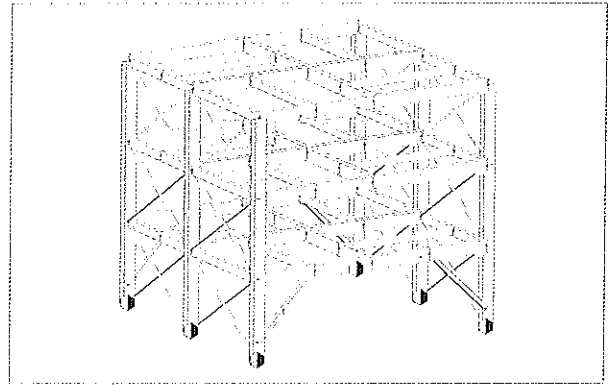
I ACM センサーによって得られた電気量(c/日)より(1)式で予測した値。
 II JIS Z2383 に準じた方法で測定した鋼板の腐食量(g/m²)
 III 測定結果(②)から、日数で比例計算して腐食速さ(mm/年)に換算したもの
 IV 測定結果(②)から腐食の進み具合の実状に近い曲線から腐食速さ(mm/年)に換算したもの
 ※1 清水建設で別途実施した測定実験の結果(参考)

3. 使用期間を経た建物の構造性能評価

測定実験の結果得られた腐食速さ v (mm/年; 表1中のIVの値)を用いて、使用期間を経た建物の構造性能評価を数値解析シミュレーションによって試みた。対象建物は1×2スパンの3階建ての鉄骨ブレース構造である。立地条件は表1の①B実験棟1Fピロティ、②C建設現場事務所および③D試験場(雨がかりなし)の3つの場所と同じ腐食環境を想定した。

図3に解析モデルを示す。解析モデルは対象建物を梁要素にモデル化したものである。解析は、MIDAS/GEN (MIDAS/IT社)の静的線形解析を用いる。荷重は図3中に示す荷重組合せとする。表2に解析ケースを示す。建物の立地環境と使用期間をパラメータとする。例えば、CASE-1の使用期間 $y=25$ 年の場合は、図中に示す断面の全ての板厚 t を、断面リストの値から腐食速さ $v \times$ 使用期間 y を減じた値とする。すなわち、1C1 (H-588×300×12×20) の場合は以下となる。

$$\begin{aligned} \text{ウェブの板厚} &= 12 - 0.0036 \times 25 = 11.91 \text{ mm} \\ \text{フランジの板厚} &= 20 - 0.0036 \times 25 = 19.91 \text{ mm} \end{aligned}$$



- 荷重
- 固定荷重 (DL) 鉄骨自重+床コンクリート 3750 N/mm²
 - 床仕上 1000 N/mm²
 - 積載荷重 (LL) 柱・梁用 1800 N/mm²
 - 地震用 800 N/mm²
 - 地震荷重 (KL) $C_0=0.2, A_i$ 分布
- 荷重組合せ
- ・DL+LL(長期)
 - ・DL+LL±KL_x(短期)
 - ・DL+LL±KL_y(短期)

図3 解析モデル

表2 解析ケース

CASE	立地環境	腐食速さ v [mm/年]	使用期間 y [年]
1	B 実験棟	0.0036	0~200 (25ピッチ)
2	C 建設現場	0.017	0~200 (25ピッチ)
3	D 試験場 (雨がかりなし)	0.234	0~20 (5ピッチ)

※腐食速さは表1のIVによる。

一例として、図4にCASE-3で使用期間10年の場合の最大許容応力度比を示す。2階の大梁が $C_0=0.2/1.12=0.18$ 相当の地震において短期許容応力度を越えることがわかる。また、全ての階の小梁が設計荷重 DL+LL の $1/1.11=0.90$ 倍の荷重において長期許容応力度を越えることがわかる。

図5に、CASE-1~3のDL+LLおよびDL+LL+KLの最大許容応力度比と使用期間の関係を示す。図5(a)より、CASE-1(環境B)の場合、200年後もほぼ設計荷重に対して許容応力度以下の応力状態を保持していることがわかる。図5(b)より、CASE-2(環境C)の場合、使用期間50年を超えると設計地震荷重に対して短期許容応力度を超える部材が

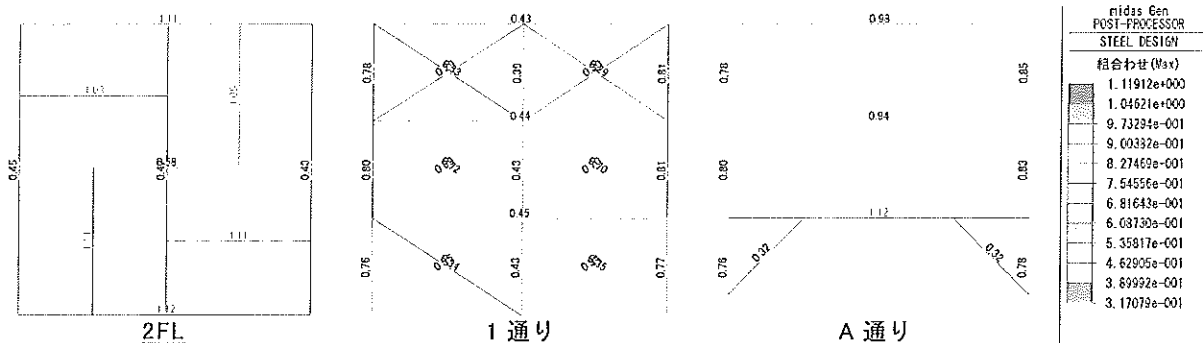


図4 解析結果の一例-CASE-3(環境D、使用期間10年)

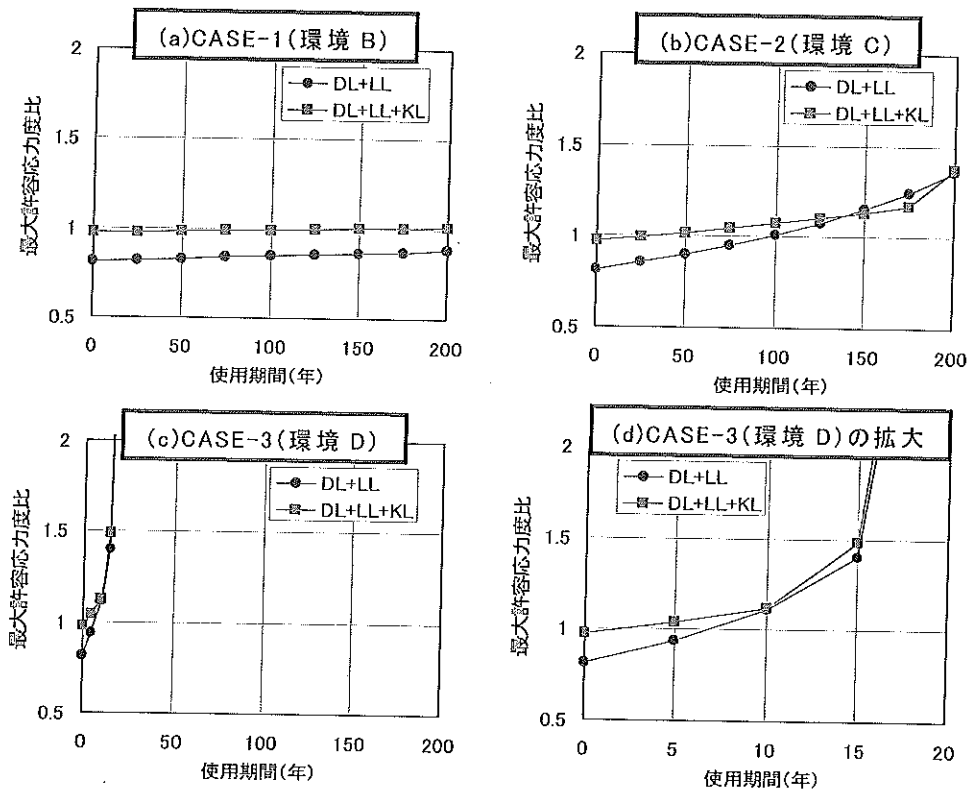


図 5 最大応力度比と使用期間との関係

現れる。また、使用期間 100 年を超えると設計固定+積載荷重に対して長期許容応力度を超える部材が現れる。図 5 (c)(d)より CASE-3 (環境 D) の場合、使用期間 15 年を超えると設計地震荷重に対して短期許容応力度を超える部材および設計固定+積載荷重に対して短期許容応力度を超える部材が現れる。これは、使用期間 15 年を超えると、長期荷重時に建物が崩壊する可能性を示唆している。

4. まとめ

本研究は、鉄骨構造を対象に、建物使用期間を経た鉄鋼材料の腐食度を、外観できない状態で予測し、同腐食度から、建物の部材、部品および建物全体の構造性能を予測する手法に関して、実建物での計測および数値解析シミュレーションによって検証を試みた。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) ACM センサーによる平均電気量の測定結果から、鉄鋼材料の腐食速さを予測することが可能である。
- (2) 鉄鋼材料の腐食速さの予測値から、任意の使用期間後の建物の部材の応力度および建物全体の地震時および自重+積載荷重時の構造安全性を推測できる。
- (3) (1)(2)より、建物を構成する鉄鋼部材が外観できない状態の建物においても、任意の使用期間後の構造安全性を予測することは可能である。
- (4) 仕上材、断熱材の外側に ACM センサーを設置した場合、内部結露の影響は考慮できない。仕上材、断熱材の構成および換気量と温度の履歴などより内部結露の予測は可能と考えられ、今後の課題である。

【参考文献】 1) 物質・材料研究機構小冊子: 近未来の鉄鋼材料を知る, 2004.11.20

建築解体工事の実状に関する調査

日本大学生産工学部 湯浅 昇 (研究代表者)
 ものつくり大学技能工芸学部 大塚秀三 (研究協力者)
 日本大学工学部 齋藤俊克 (研究協力者)

1. はじめに

昨今の建築解体工事(以下、解体工事とする)では、解体工事に関する各種指針類の整備や解体工事施工技術士の制度の整備など技術的・人的側面の整備は拡充を見ている。一方では、超高層建築物の解体に代表される新技術の開発¹⁾に加え、地球環境さらには近隣環境も含めた環境保全への対応など、より一層の技術の高度化が求められている。しかしながら、ごく一部のことはいえ労働災害が発生する場合²⁾、³⁾もあり、必ずしも円滑に工事が進行しているとは言えず、関係者間の解体工事に対する認識・意識の違いなどについての実状を把握する必要がある。これに加えて、建設業界全体の風潮として若年層の技術・技能職離れの傾向が顕著といえ、技術・技能の継承は深刻な課題となっており、解体工事業においても例外ではないといえる。また、既往の調査・研究では、解体工事業の業務形態に関する調査⁴⁾、⁵⁾、副産物の処理の実態調査⁶⁾および施工方法の技術的検討⁷⁾、⁸⁾、⁹⁾、¹⁰⁾などに関するものが主となっており、コスト、工期、指針の運用に関する障壁および施工体制などについて総合的に検討された事例が極めて少なく、現場の実状について不明な点が多い。

このような背景から、本調査では解体工事に直接的に携わっている実務者を対象として、解体工事の実状や直面している課題などについてアンケート調査を実施し、解体工事の実態を把握するとともに、以て今後の解体工事の安全性向上と解体技術の更なる向上に寄与する基礎資料の作成を目的とするものである。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査対象および調査期間

調査対象は、日本電信電話株式会社 (NTT) に登録されている全国の電話番号から「解体工事」をキーワードに検索された8,055件にのぼる解体工事関連業者のデータベースから、無作為に抽出した1,000件を対象として、郵送にてアンケート質問票の配布・回収を行った。

調査期間は、2009年1月上旬から2月下旬の1ヶ月間とした。

2.2 調査項目

調査項目について表-1に示す。「回答者の立場および所属企業の概要に関する事項」、「受注に至るまでの事前調査および見積りに関する事項」、「解体工事の施工計画に関する事項」、「解体工事の施工に関する事項」に加え、「人材教育および技能継承に関する事項」の5項目に関して質問し、択一式または自由記入にて回答する形式とした。

2.3 回収数

配布件数および回収件数を図-1に示す。アンケートの回収件数は、合計66件で回答率は6.6%であった。無記入が22件と多く、回答件数が極端に少ない地方もあるが、概ね地方の偏りなく回収されたものとする。

2.4 回答者の概要

回答者の経験年数は、10年以上が80%程度であり保有資格は、解体工事施工技術士が最も多く、続いて1, 2級施工管理技術士であった。また、過去1年間に関わった工事の平均延床面積は、1,000~3,000m²が37%と最も多く全体に延床面積が1,000m²以上の解体工事に関与している割合が70%程度を占めていた。

以上から、回答者は解体工事における主導的な立場からの回答が多く、かつ一定規模以上の構造物を解体する立場にあるものと推察される。

3. 調査結果および考察

3.1 受注に至るまでの実状

(1) 事前調査

解体建物に対しての事前調査の項目を図-2に示す。

表-1 アンケート調査・質問事項

調査項目	質問項目
受注に至るまでの事前調査および見積りに関する事項	・事前調査
	・見積り、請負単価
	・請負体系
解体工事の施工計画に関する事項	・事前調査
	・設計図書
	・施工計画
	・工期
	・工法の選定
	・スラブサポート
解体工事の施工に関する事項	・計画と施工との相違
	・施工管理
人材育成および技能継承に関する事項	・安全衛生
	・人材募集
	・技術、技能継承
	・研修会の実施状況

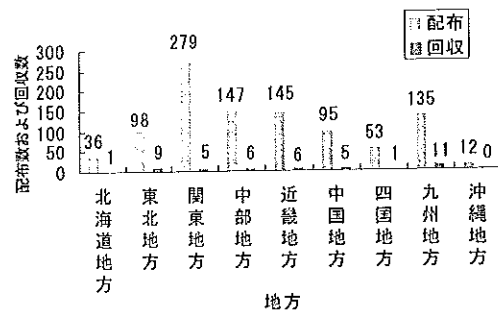


図-1 配布・回収件数

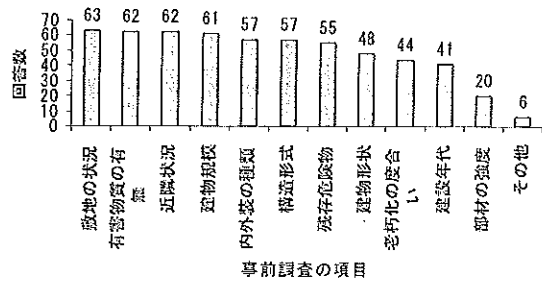


図-2 事前調査の項目

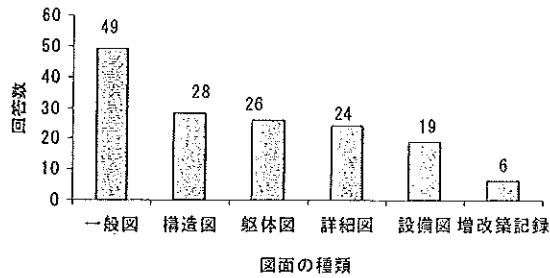


図-3 設計図書の有無と種類

これは、事前調査のうち必ず実施する項目についての回答である。事前調査の項目は、部材の強度についての回答が著しく少なかったが、若干の差異はあるものの全般的に調査されている実態がうかがえる。部材の強度についての回答が少なかったことは、回答者が関わる解体建物に木造が比較的多いことが影響していると思われる。

設計図書の有無と種類を図-3に示す。設計図書の有無に対する回答は、有と無がほぼ半数でありケースバイケースであることが推察される。設計図書の種類では、一般図が最も多く、詳細図、設備図、構造図および躯体図などの詳細を示した図面が少ないことが分かる。また、増改築記録に関する図面は極めて少なく、既往の調査報告¹⁾と同様の傾向を示していた。通常、一般図は縮尺が大きく解体建物の概略の情報のみの記載に留まることに加え増改築記録も少ないことから、実際に解体工事に着手してから判明する事項が少なからず存在することを示唆しているものと考えられる。

(2) 見積りおよび単価

見積りおよび単価の実状を表-2に示す。回答は直近3年間の平均である。見積り金額と請負金額の差異の有無は、差異があったとした回答が80%でありほとんどの回答者が見積りに対しての請負金額の差異に関する意識を持っていることがうかがえる。また、減額の程度は、1~2割が半数を占め続いて2~4割が39%となっており、見積り金額に対して大幅に請負金額が縮減される場合もあることが明らかとなった。

単価に対する満足度は、若干不満であるを含めて89%が不満であると回答しており、満足しているとした回答を大きく上回っていた。

発注者または元請け業者への単価交渉を行った経験は、83%があると回答しており交渉したことがないとし

表-2 見積りおよび単価の実状

質問項目	回答項目	回答(%)	
見積り金額と請負金額の差異	差異の有無	有	80
		無	20
	減額の程度	1~2割	50
		2~4割	39
		4~6割	9
		6~8割	1
単価に関する実状	単価に対する満足度	非常に満足している	2
		おおむね満足している	10
		若干不満である	47
		非常に不満である	41
単価交渉の経験と受け入れ有無	単価交渉の経験の有無	有	83
		無	17
	単価交渉受け入れの有無	有	78
		無	18
		その他	4

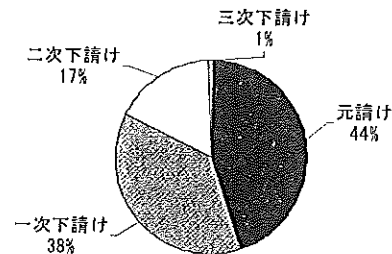


図-4 解体工事の請負体系

た回答を大きく上回った。また、単価交渉の結果受け入れられたかどうかについては、受け入れられたことがあるとする回答が78%であり、交渉次第によって単価が上がる場合のあることがうかがえる。

(3) 請負体系

解体工事の請負体系を図-4に示す。回答は直近3年間の平均である。請負体系は、元請けと一次下請けを合わせて82%であった。これは、回答者の偏りによると思われるが、既往の調査報告¹⁾に指摘される重層下請けの構造とは異なる傾向にあった。

3.2 施工計画に関する実状

(1) 施工計画および工期

施工計画および工期の実状を表-3に示す。施工計画の重要性に関する意識は、とても重要だと思うのが83%であり、回答者のほとんどがその重要性について意識していることがうかがえる。また、施工計画の立案に参画するかとの問いについては、参画してことがあるも含めると81%が参画した経験を有していることが分かる。しかし、元請けの立案した施工計画に対しては、時々感じるを含めて85%が何らかの不備・不満を感じている傾向がうかがえる。

工期に関する実状では、解体工事の工期が適正であるか否かの問いについて、適正であるが54%、適正でないが46%になり、ほぼ半数ずつの回答結果となった。また、適正な工期とするために元請け業者への交渉の

表-3 施工計画および工期の実状

質問項目		回答項目	回答(%)
計画	施工計画の重要性	とても重要だと思う	83
		あまり重要だと思わない	17
	計画立案への参画の有無	必ず参画する	37
		参画したことがある	44
	計画の不備・不満	参画したことがない	19
		よく感じる	17
時々感じる		63	
工期	適正工期か否か	感じる	15
		感じない	15
	適正である	適正である	54
		あまり重要だと思わない	46
	工期交渉の有無	交渉したことがある	51
		交渉したことがない	12
	工期交渉受入れの有無	ある	63
ない		10	
その他		1	

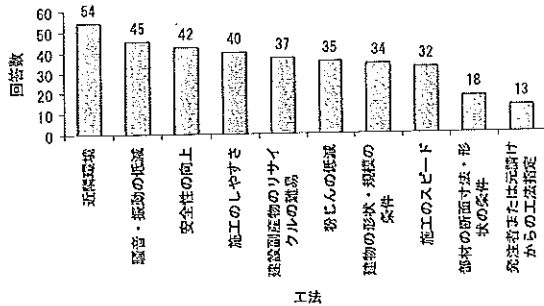


図-5 解体工法の選定理由

有無についての問いでは、交渉したことがあるが88%を占めており、かつ交渉が受け入れられたと回答についても88%と非常に高いものとなっており、前述した単価交渉と同様の傾向を示した。

(2) 解体工法の選定

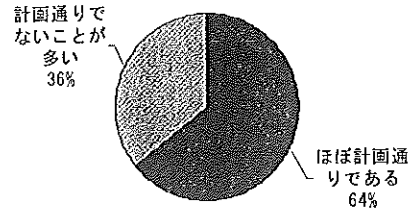
解体工法の選定理由を図-5に示す。解体工法の選定理由は、近隣環境に対する安全・環境配慮および施工速度を選択する回答が多い一方で、発注者または元請け業者から指定された工法を挙げる回答は少ない傾向であった。

(3) 施工計画と施工の相違

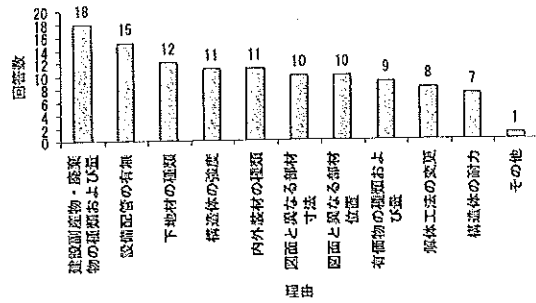
施工計画と施工との相違に関する実状について図-6に示す。施工計画と施工の相違は、ほぼ計画通りとする回答が64%で、計画通りでないことが多いとする回答が36%であったことに比べ、常に計画通りであったことは皆無であった。計画通りでないことが多いことに対する理由については、建設副産物・廃棄物の種類および量を選択した回答が最も多く、解体建物の仕様が異なっていたとした回答がほぼ同程度の回答となった。この中で、解体工法の変更まで至るような食い違いは少ないと思われる。また、構造体の耐力として回答が少なかったのは、前述した通りに事前調査で部材の強度を事前に調査する回答が少なかったことと一致を見ている。

(4) スラブサポートの構造計算

スラブサポートの構造計算に関する実状を図-7に示す。構造計算は、必ずするが18%、建物に応じて行うが67%である一方で、しないとした回答が少ないながらも15%あり、場合によっては経験による勘のみでサポート



【計画通りであるか】



【計画通りでない理由】

図-6 施工計画と施工の相違

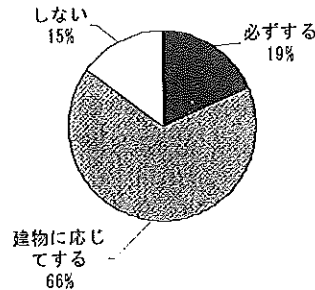


図-7 スラブサポートの構造計算の実状

の設置位置・本数を定めている可能性を示唆している。

3.3 施工および施工管理の実状

(1) 施工管理

施工管理で特に留意する点を図-8、施工管理に関する実状を表-4に示す。施工管理で特に留意する点は、騒音・振動・粉じんの発生抑制が最も多く、近隣環境への配慮の姿勢が高いことがうかがえる。これに続き、安全衛生管理、建設副産物・廃棄物の分別と適正処理がほぼ同数であり、これらの事項に対する意識の高さがうかがえる。

解体工事の安全性の高さに関する認識は、安全性が高いと思うとした回答が25%に留まっており、どちらでもないという回答を含めて多くが危険を伴う工事であ

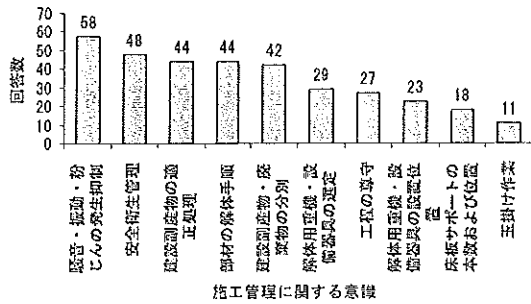


図-8 施工管理で特に留意する点

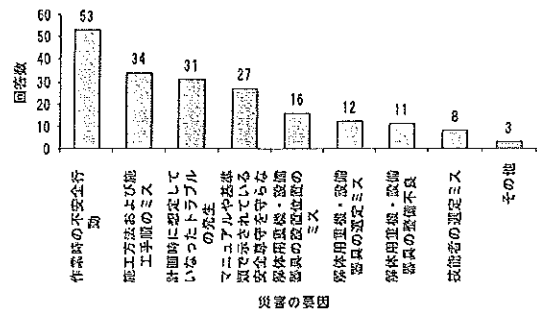


図-9 労働災害が起こりやすい要因

表-4 施工管理に関する実状

質問項目	回答項目	回答 (%)
解体工事は安全性が高いと思うか	安全性が高いと思う	25
	安全性が高いとは思わない	61
	どちらともいえない	14
元請け施工管理者の常駐	現場に常駐している	23
	時々現場に立ち会う	72
	全く立ち会わない	5
解体工事施工士資格者証の提示	必ず求められる	24
	時々求められる	33
	求められない	43

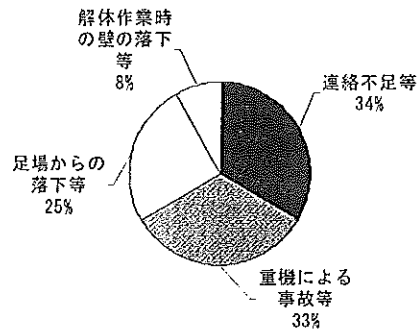


図-10 ヒヤリハットの事例

るとい認識を有していると思われる。

元請けの施工管理者の現場への常駐については、常駐しているとする回答が23%であり、解体工事業者のみで工事を進めることが少なからずあるという実態が示唆される。さらに、解体工事現場における解体施工士の資格者証の提示については、求められないとする回答が43%となっており、施工管理体制が必ずしも厳密に機能していない可能性が予見される。

(2) 安全衛生および近隣環境

労働災害が起こりやすい要因を図-9に示す。労働災害が起こりやすい要因は、作業時の不安全行動が最も多く、ほぼ同数で施工方法および施工手順のミス、計画時の想定外のトラブル、マニュアルや規準類に示される安全事項を遵守しなかったが続く結果となった。重機および関連機器に関する要因は比較的少ない傾向となった。

ヒヤリハットの事例を図-10に示す。ヒヤリハットの事例は、回答数自体が少なかったものの連絡不足と重機による事故を挙げる回答が最も多く、続いて足場からの落下に関する回答となった。連絡不足と重機による事故を挙げた回答が多いことから、解体工事現場での連携が必ずしも円滑に機能しない場合が少なからずある可能性を示唆するものと思われる。

安全性を高める取組みを図-11に示す。安全性を高める取組みは、技能者の選定および安全教育の実施とする回答が最も多く、解体工事に関与する人的要因への取組みが安全性の向上に寄与すると認識していることがうかがえる。続いて、マニュアルや規準類に示される安全事項の遵守および施工計画の周知とする回答となった。

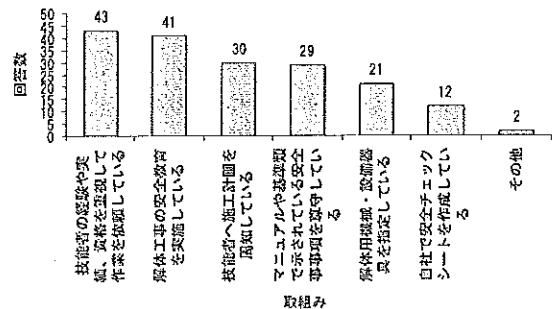


図-11 安全性を高める取組み

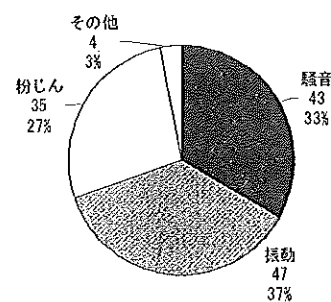


図-12 近隣から苦情が寄せられた原因

解体工事中に近隣から苦情が寄せられた原因について図-12に示す。苦情の原因は、振動が最も多く、続いて振動、粉じんとなっていた。これは、解体工事特有の問題の一般的な傾向¹²⁾と合致を見ており、未だに解体工事現場の近隣からの環境配慮への要望が騒音・振動・粉じんの発生抑制に集約されていることがうかが

表-5 人材募集の実状

質問項目	回答項目	回答(%)
人材募集への募集状況	非常に多い	6
	多い	6
	普通	51
	ほとんどない	31
	全くない	6
人材募集への取組み	ハローワークへの求人登録	41
	知り合いへの働きかけ	32
	求人雑誌への広告	11
	教育機関への求人募集	7
	建設他業者への求人募集	7
	その他	2

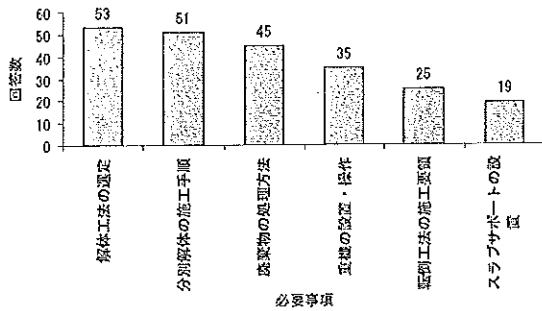


図-13 技能継承が必要な事項

表-6 技能継承の実状

質問項目	回答項目	回答(%)
技能継承の状況	困難である	29
	問題となっていない	71
技能継承への対策	関係者による直接指導	55
	研修会への参加	36
	その他	9

える。

3.4 人材育成および技術・技能継承について

(1) 人材募集

人材募集の実状を表-5に示す。人材募集への応募状況は、非常に多い、多いおよび普通との回答を含めて63%となっており、一定の募集があることが多いと推察されるが、ほとんどない、全くないを合わせて37%の回答を得ており、一部では応募が停滞していることが明らかとなった。

人材募集への取組みについては、ハローワークへの求人登録と知り合いへの働きかけが突出した回答数となっており、比較的限定された範囲内での人材募集が一般的であると思われる。

(2) 技術・技能継承

技能継承が必要な事項を図-13に示す。技能継承が必要な事項は、解体工法の選定、分別解体の施工手順および廃棄物の処理方法とする回答がほぼ同数で多く、続いて重機の設置・操作となった。これは、解体工事において重要と認識されている技術・技能が、工法選定と廃棄物処理に集約されていることを示しているものと考えられる。

技能継承の実状を表-6に示す。技能継承の状況つ

表-7 人材育成のための各種研修会の実施状況

研修会の種類	実施有無(%)		開催頻度(3年間平均)
	実施している	実施していない	
新人教育に関する社内研修会	55	45	定期的開催：5.3回/年 不定期開催：3.4回/年
	80	20	
安全教育に関する社内研修会	55	45	定期的開催：10.8回/年 不定期開催：3.0回/年
	73	27	
解体技術に関する社内研修会	55	45	定期的開催：10.8回/年 不定期開催：3.0回/年
	73	27	
解体技術に関する社外研修会	73	27	定期的開催：1.7回/年 不定期開催：2.7回/年
	27	73	

ては、困難であるとした回答が29%に留まり71%が問題視していない結果となった。何年前から困難であるかとの回答は、平均して7.5年前からとなったが、なかには10年以上前と回答している場合もあり、一部では以前から技能継承が困難な状況に陥っている可能性がある。また、技能継承への対策については、経験者による直接指導が半数以上と最も多く、研修会へ参加させて知識の向上を図っているケースが続く結果となった。

(3) 各種研修会の実施状況

人材育成のための各種研修会の実施状況について表-7に示す。人材育成では、各種研修会の実施有無については、新人教育と解体技術に関する社内研修会の実施がほぼ半数程度の実施に留まったのに対して、安全教育と解体技術に関する社外研修会の実施が1/4程度となり、これに関する関心の高さがうかがえ、安全教育は社内で、解体技術については社外から積極的に受け入れる姿勢が見て取れる。また、各種研修会の対象者については、安全教育と解体技術に関する社内研修会には技能者を対象としている回答が半数以上となっている反面、解体技術に関する社外研修会については現場責任者を主として参加させる傾向が高くなっていた。また、直近3年間における研修会の開催頻度については、定期的開催に限っては解体技術に関する社内研修会が安全教育より多くなっていた。解体技術に関する社外研修会の実施は定期開催・不定期開催とも3回/年以下であった。

4. まとめ

本調査では、解体工事に直接的に携わっている実務者を対象に、解体工事の実態を把握するとともに解体工事の安全と解体技術の更なる向上に寄与する基礎資料の作成を目的としてアンケート調査を実施した。

本調査の結果得られた解体工事の実状や直面している課題を以下にまとめる。

(1) 受注に至るまでの実状について

- 事前調査の項目は、部材の強度について著しく少ないが、全般的に調査されている。設計図書の有無は、ケースバイケースであるが、設計図書の種類は、一般図が最も多く詳細図の存在は少ない。
- 見積り金額と請負金額の差異に関する意識は、差異があるとした回答が80%で極めて多い。
- 単価に対する満足度は、ほとんどが不満を持っている。単価交渉は、83%が経験しており、このうち78%が交渉を受け入れられた経験を持つ。


- 4) 請負体系は、一般に指摘される重層下請けの構造とは異なり元請けと一次下請けを合わせて82%である。
- (2) 施工計画に関する実状について
- 1) 施工計画の重要性に関する意識は、ほとんどが重要性を認識している。また、施工計画の立案に81%が参画した経験を有している。しかし、元請けの立案した施工計画には、85%が何らかの不備・不満を感じている。
 - 2) 適正工期と思うかどうかはケースバイケースである。適正工期とするための交渉は、88%が経験しており、かつ交渉が受け入れられたことも88%と非常に高い。
 - 3) 解体工法の選定は、安全、環境配慮および施工速度によって判断されることが多い。
 - 4) 施工計画と施工の相違は、常に計画通りであるとした回答は皆無であり、特に建設副産物・廃棄物の種類および量、解体建物の仕様が相違しているとの認識が多い。
 - 5) スラブサポートの構造計算は、必ずするが18%、建物に応じて行うが67%である一方で、しない場合が15%である。
- (3) 施工および施工管理の実状について
- 1) 施工管理で留意する点は、騒音・振動・粉じんの発生抑制、安全衛生管理、建設副産物・廃棄物の分別と適正処理に対する意識が高い。
 - 2) 解体工事は、ほとんどが危険を伴う工事であるという認識を持つ。
 - 3) 元請けの施工管理者の現場への常駐について、解体工事業者のみで工事を進めることが少なからずあり、施工管理体制が必ずしも厳密に機能していない可能性がある。
 - 4) 労働災害が起りやすい要因は、人的要因が多くこれへの取組みが安全性の向上に寄与すると認識している。
- (4) 人材育成および技術・技能継承について
- 1) 人材募集へは一定の募集があることが多いと推察されるが、一部では応募が停滞している。人材募集は、比較的限定された範囲内での募集が一般的である。
 - 2) 技術・技能継承が必要な事項は、解体工法の選定、分別解体の施工手順および廃棄物の処理方法である。技能継承は、多くが問題視していないが、一部では以前から困難な状況に陥っている場合がある。また、技能継承への対策は、経験者による直接指導、研修会への参加が多い。
 - 3) 各種研修会の実施は、安全教育と解体技術に関するものが多く、安全教育は社内で、解体技術については社外から積極的に受け入れる傾向にある。

<謝辞>

本アンケート調査には全国の解体工事の方々より多大なるご協力を頂きました。調査実施にあたって、日本大学名誉教授・笠井芳夫博士、(前)足利工業大学教授・毛見虎雄博士、(社)全国解体工事団体連合会専務理事事務局長・出野政雄氏、ならびに事務局各位、アスベックス(株)・山田徹氏、桜建会材料施工研究会、桜建会若手会の諸氏より貴重なご指導ご助言賜りました。アンケート調査の取り纏めに際して日本大学大学院(当時ものつくり大学)・吉田雪乃さん、ものつくり大学・森本和雅君、坂本治城君よりご助力を得ました。ここに、紙面を借りて深謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 例えば、高橋英孝、湯浅昇、佐々木隆、笠井芳夫：新解体工法について—ダルマ落とし解体工法の概要、日本大学生産工学部第41回学術講演会、pp.75-78、2008.12) 全国解体工事団体連合会：解体工事における労働災害事例集、2008.3
- 3) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、佐々木隆：解体工事における労働災害と年齢・経験の関係、日本大学生産工学部第41回学術講演会、pp.71-74、2008.12
- 4) 浦憲親：資源循環型社会の構築に関する研究、日本建築学会北陸支部研究報告集、第45号 pp.307-310、2002.6
- 5) 高橋正樹、角田誠：解体工事の業務形態の実態に関する調査研究、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1分冊、pp.705-706、2001.9
- 6) エックス都市研究所：解体工事に対する実態調査アンケート、1999.11
- 7) 例えば、全国解体工事団体連合会：解体工事に係る廃棄物処理等に関する実態調査アンケート報告書、2008.6
- 8) 河合栄作、中平和人：解体建物における床サポート本数の合理化の提案、日本建築学会技術報告集、第25号、pp.39-42 2007.6
- 9) 山口善弘、菊池雅史、青山謙一、小山明男：解体工事事前調査手法とそれを採用した工事の報告、日本建築学会技術報告集、第24号、pp.43-48、2006.12
- 10) 鈴木信也、半田雅俊、上長三千良、甲野陸泰：近隣配慮型解体工法の開発、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1分冊、pp.815-816、2006.9
- 11) 国土交通省：建築物の解体工事における外壁の崩落等による事故防止対策について報告書、2003.6
- 12) 例えば、解体工法研究会編：新・解体工法と積算、(財)経済調査会、2003.6




煙突内アスベスト・ダイオキシン
除去ロボット装置 実機開発研究

シンコー株式会社

2009/7/21

1

ロボット装置 開発にあたっての経緯




- 環境関係の法律強化により、特に焼却炉・煙道及び煙突等の高温にさらされた建造物の解体時には、解体の前にその内面に付着したダイオキシン及びライニングされたアスベスト等の有害物質の除去を法律で義務付けられている。
- 特に煙突はその形状の特異性から人手による除去作業は難しく、機械化による作業が望ましい。

2009/7/21

2

ロボット装置 開発にあたっての経緯



- この分野の専門業者の作業単価は高価であり、又使用している装置の完成度も十分に高いと思えぬ節もある。
- この為、より完成度の高い除去装置の開発を行い、更に精度の高い作業と、効率的作業による経費の低減を図る。

2009/7/21

3

研究



- 「煙突内面アスベスト・ダイオキシン除去ロボット装置」の具現化を図る為、実証機を1台試作する。
- 本装置の特徴とするところは、互いに逆転している2組の作用体で煙突内壁面と本装置間に生ずる反力を相殺し装置の安定且つ効率的な運転を得るところにある。又異なる機能を有する作用体を交換部品として使用できる様にし、或いは連結して運転できる様に設計・製作する事で作業の効率化を図る。

2009/7/21

4

適用効果の研究



- 煙突解体時の内面付着ダイオキシン及びライニングされたアスベスト等の有害物質除去は従来外注しており、実績として高さ30m、外径600φ、アスベスト厚さ50mmの煙突で工期1週間、経費400万円前後である。
- 本開発装置がうまく動作した場合、工期半減、経費2/3程度が予想される。又装置の販売も考え得る。

2009/7/21

5

現在まで行われている基礎となる研究



- 煙突に関して私共が今までに得ている知見
 - a. 業務或いは工業用に使用されている煙突の仕様
 - ・外径 300φ～2500φ 程度
 - ・高さ 20m～200m 程度
 - ・材質 鋼鉄或いはコンクリート製
 - ・内部ライニング 煙突用断熱材製造メーカーによると、日本で約50万本の煙突にアスベスト等が使用されているとの話である。

2009/7/21

6

現在まで行われている基礎となる研究



- 煙突に関して私共が今までに得ている知見
- b. 煙突に使用されているアスベストについて
 - ・厚さ 50mm～100mm 程度
 - ・保持方法 接着剤或いはY金具の使用
- c. 煙突内部の特異点
 - ・数メートルおきに10φ程度の鉄棒を十字に組んだものが設置されている場合がある
 - ・コンクリート製の煙突の場合には真円ではなく数十mm程度ジャバラ等で変形している場合がある

2005/7/21

7

煙突内面作業装置が具備すべき条件



- 前項に記した様に解体される煙突の条件は実に様々であり、これらの諸条件に対処して解体作業に対する法規制をクリアするには、単一機能の装置では制度の高い仕事はなしえず、精度の高い仕事をするにはそれぞれの条件を効率的にこなすことのできる作用体が必要である。
- この為、装置の基本構想としては異なる作用体を交換部品として使用できるか、或いは連結して運転出来ることが精度の高い効率的な作業をする上で重要である。

2005/7/21

8

煙突内面作業装置が具備すべき条件



- 又装置は通常クレーン等で1本のワイヤーで吊られて煙突内部に挿入され、必要な作業を行うため、装置と煙突内面の間で発生する反力を極力なくす考慮のなされた装置が安定な動作を保証し効率的な作業を行い得ると考えられる。
- 万一のアスベスト、曝露事故を未然に防ぐ為に煙突効果、即ち煙突内の上昇気流を強制的に下方気流に変換させる装置が必要である。

2005/7/21

9

現在までに行った研究内容



- 研究項目……………試作機にて実証(次項参照)
- 研究期間……………平成20年4月～平成21年5月
- 研究の実施地……………千葉県木更津市請西3-1-10
- 所要費用……………人権費を含めて約200万円
- 研究担当者……………阿部 博文
- 成果……………研究項目によって実機1号機を試作するに足るデータが得られたと考えている

2009/7/21

10

試作機械又は試作品の設計



(1) 試作機の基本仕様

- 煙突内径250φ～1000φに対応できる多関節腕部を有する装置とする
- 反力を相殺するため正転・逆転する2層の構造体に装着された作用体をもって基本ユニットとする
- 基本ユニットを2台連結する構造とする
- アスベストの粉塵を発生させず効率的に除去する為、高圧水にて剥離し、仕上げブラッシングをする6連ブラシを有す

2009/7/21

11

試作機械又は試作品の設計



(1) 試作機の基本仕様

- 残存するアスベストを完全に除去する為に、煙突内面の任意の1点に対してあらゆる方向からのブラッシングを保證するブラッシング部を有す
- 煙突内面に存在する事のある15φ程度の金属体を無理なく切断し、除去するオプションを有す
- 煙突内部の50mm程度の変形に対応できる作用体或いは腕部とする
- 作業状況監視の為にテレビカメラ装置を有す

2009/7/21

12

試作機械又は試作品の設計



(2) 試作機テスト用補助装置の使用

- 模擬煙突
 - ・内径 300Φ、1000Φの2種
 - ・高さ 1m
- 試作機昇降用槽(ウインチ付き)
 - ・1. 5m角の広がりを持つ4本柱
 - ・高さ 3m

2023/7/21

13

研究(試作)成果適用の効果



(1) 試作機の成果目標

- 作用体の効率的な形状確定
 - ・高圧水噴霧機
 - ・ブラシ
 - ・金属体切断治具
- 作業動作点の確認
 - ・高圧水或いはブラシの煙突内壁面との最適ラップ代及び最適運転速度の確認
 - ・金属体切断治具の最適運転速度の確認
 - ・各種作用体の動作に必要なモーター容量の確認
 - ・各種作用体の作業能率の確認

2023/7/21

14

研究(試作)成果適用の効果



(2) 試作成果適用の効果

- 本開発装置がうまく動作した場合工期半減、経費2/3程度が予想される
- 又装置の販売も考え得る

2023/7/21

15

内外技術との相違について



- 煙突内面のダイオキシン或いはアスベスト除去装置に関しては現在市販されておらず、それを専門に行う業者が自社開発したものがあるだけである。
- 業者カタログに載った装置写真等から推測できる範囲では今回私共が試作しようとしている装置とは大幅に相違している様に思える。

2009/7/21

16

内外技術との相違について



主な相違点

- 私共の試作せんとする装置(以下:前者)は互いに逆転する作用体を有して、装置の安定な運転を期しているが、業者カタログ記載の装置(以下:後者)は一方回転のみである
- 前者は公転する装置の上に乗った自転する高圧水噴霧部、ブラシ部を有しており、煙突内面をあらゆる方向から高圧水にて剥離及びブラッシングして付着物の完全除去を期しているが、後者は前者で云う公転のみである。

2009/7/21

17

内外技術との相違について



主な相違点

- 前者は異なった機能の作用体を連結し、或いはオプションとして交換することができるが後者は単機能である
- 前者はモニター用のテレビカメラ装置を有すが後者にはそれがない

2009/7/21

18

ロボットによる煙道等の清掃作業方法及び装置

(1) 従来の煙道等の清掃自動化の考え方

- 煙道や煙突内壁の清掃は典型的な3K作業と云う事で機械化が図られており、関連の特許等の出願も多数見られる。しかしこれらのアイデアの全ては回転体或いは往復運動体に清掃治具であるブラシ等を取り付け画一的な運動を行い、もって清掃作業となす物である。またブラシ等を直接壁面に接触させる事が不可能な場合には、高圧水を必要な距離を取って放射するという物である。

2009/7/21

19

ロボットによる煙道等の清掃作業方法及び装置

(2) 従来技術の問題点

- これらの方法は清掃壁面が比較的なめらかで且つ単純な形状の場合には効果的であるが、壁面の不特定な場所に突起がある場合には接触方式は現実的には使用できない。このような場合には常套手段として高圧水が利用されるのであるが、諸々の制約条件によりいつも利用できるとは限らない。特に清掃対象が耐火煉瓦やモルタル構造の場合は問題である。

2009/7/21

20

ロボットによる煙道等の清掃作業方法及び装置

(3) 清掃作業の基本

● 人が行う清掃作業の基本

- ① 箒で掃き、塵取りで取る
- ② 濡れた雑巾で拭き取る
- ③ はたきをかける
- ④ 箒で煤を払う
- ⑤ 真空掃除機をかける

2009/7/21

21

ロボットによる煙道等の清掃作業方法及び装置

(3) 清掃作業の基本

● 人が行う清掃作業は前項に挙げた基本動作を

- ① 対象物の形状に沿って
 - … 視覚と手に受ける圧力で判断して
- ② 必要な圧力で
 - … 無意識のうちにその反力に耐える姿勢となり
- ③ 100%目視による判断で
 - … 必要な程度の清掃が完了したか否かを
- ④ 集約的に行っている
 - … 一度完了したところは再び行わない

2009/7/21

22

3K作業にどこまで人が関わるべきか

● 人が関わる作業では安全の確保は、将来にわたっての健康上の問題まで含めて、絶対である。しかしそれ以外の点はコマーシャルベースでの解決となる。作業の志願者が少なければ単価は高くなるであろうし、多ければ安くなる。機械化の費用がさほどでもなければ即機械化されるであろうし、そうでなければ過渡的に単価の高い作業として人が介入する事になる。

2009/7/21

23

環境を考慮したコンクリート廃材の コンクリート用骨材への利用に関する研究

ものづくり大学建設技能工芸学科 澤本武博
東京理科大学工学部土木工学科 辻 正哲
ものづくり大学建設技能工芸学科 西 謙一

1. はじめに

現在、コンクリート廃材の再利用率は図-1 に示すようにほぼ 100%となっているが、その再利用先のほとんどは道路用の路盤材であり、コンクリート用骨材としてはあまり再利用されていない。しかし、図-2 に示すように 2050 年頃にはコンクリート廃材の排出量が路盤材の需要の 2 倍になると予想されており、コンクリート廃材のコンクリート用骨材への利用促進が求められる²⁾。その際に、なるべく再生骨材の製造に要するエネルギーを少なくすることが環境上重要である。

そこで、コンクリート廃材から再生骨材を製造する際に、最もエネルギーを必要としない方法として、コンクリート廃材をジョークラッシャーなどで破碎し粒度調整する方法がある。しかし、この方法では低品質な再生骨材しか製造できないといった問題点がある。一方、加熱処理など骨材に付着したセメントペーストを取り除くような高度処理を行うと、高品質な再生骨材が製造できるものの、多大なエネルギーを費やすこととなり、環境問題に及ぼす影響も大きい。

本研究では、シリーズ 1 として骨材の製造にあまりエネルギーを必要としない低品質再生骨材を用いたコンクリートの力学的性質および耐久性の改善方法に関する検討、シリーズ 2 として低品質再生骨材を用いたコンクリートの施工方法について検討した。なお、シリーズ 1 ではプラントで再生骨材コンクリートを製造することを想定しており、シリーズ 2 では解体したコンクリート廃材を場内で簡易に再利用することを想定している。

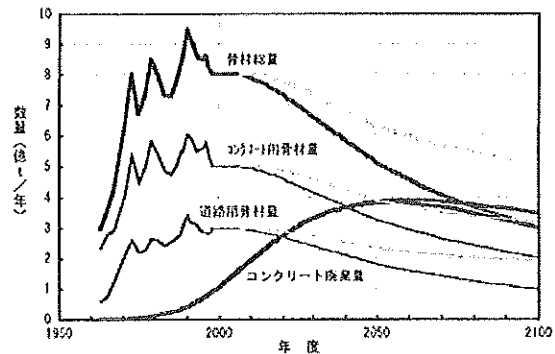
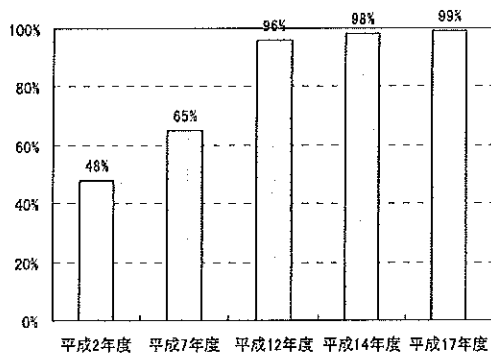


図-1 コンクリート廃材のリサイクルの推移¹⁾ 図-2 コンクリート廃棄量と骨材需要量の将来予測²⁾

2. 低品質再生骨材を用いたコンクリートの品質改善方法の検討（シリーズ1）

シリーズ1では、現在一般に用いられている砕石と同等以下のエネルギーで製造できる一次破碎・粒度調整しただけの低品質再生粗骨材を用いたコンクリートの力学的性質および耐久性を改善することを目的とし、再生骨材中にコロイダルシリカ溶液すなわちポズラン反応を期待できる液体を吸収させておく方法、細骨材程度の粒径のクリンカー粗粒を添加する方法、および再生骨材中に凍結温度が -30°C と低い耐寒剤を吸収させておく方法について検討した。なお、実験では、砕石を用いたコンクリートを破碎したものを1回再生粗骨材（R1）、R1を使用したコンクリートを破碎したものを2回再生粗骨材（R2）、同様の手順で作製した4回再生骨材（R4）を用いた。これは、将来的に再生骨材を繰り返してコンクリートに使用することを想定している。それぞれの再生粗骨材の物理的性質は、表-1、表-2および表-3に示す通りである。

表-1 再生粗骨材(R1)の物理的性質

最大 寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	ふるい目の寸法 / 通過百分率 (%)						粗粒率	単位容 積質量 (kg/l)	実積率 (%)
			25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm			
20	2.35	6.42	100	100	75	32	2	0	6.66	1.32	59.6

表-2 再生粗骨材(R2)の物理的性質

最大 寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	ふるい目の寸法 / 通過百分率 (%)						粗粒率	単位容 積質量 (kg/l)	実積率 (%)
			25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm			
20	2.18	10.52	100	100	64	25	3	0	6.72	1.29	65.3

表-3 再生粗骨材(R4)の物理的性質

最大 寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	ふるい目の寸法 / 通過百分率 (%)						粗粒率	単位容 積質量 (kg/l)	実積率 (%)
			25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm			
20	2.14	12.18	100	100	69	30	3	0	6.67	1.17	61.4

2.1 再生骨材中へのコロイダルシリカ溶液吸収処理

実験では、ポズラン反応を期待できる液体として、その性質および電子顕微鏡写真をそれぞれ表-4 および図-3 に示したコロイダルシリカを用いた³⁾。これは、粒子径が大きいと、再生骨材中へ吸収されにくいことが想定されることおよび樹脂のような液状のものであれば、再生骨材中に吸収され易いことを考慮し、シリカ質固形分の粒子径が $10\sim 20\text{nm}$ と著しく小さく液体状のものを選定したことによる。そして、表-4 に示したコロイダルシリカを、シリカ質濃度 6%または 15%とした溶液に再生粗骨材を 10分、30分または 90分間浸漬する方法とした。

表-4 コロイダルシリカの性質³⁾

無水ケイ酸 (SiO ₂) 含有量 (mass%)	酸化ナトリウム (Na ₂ O) 含有量 (mass%)	粒子径 (nm)	20°Cにおける 密度 (g/cm ³)
30~31	0.6以下	10~20	1.20~1.22

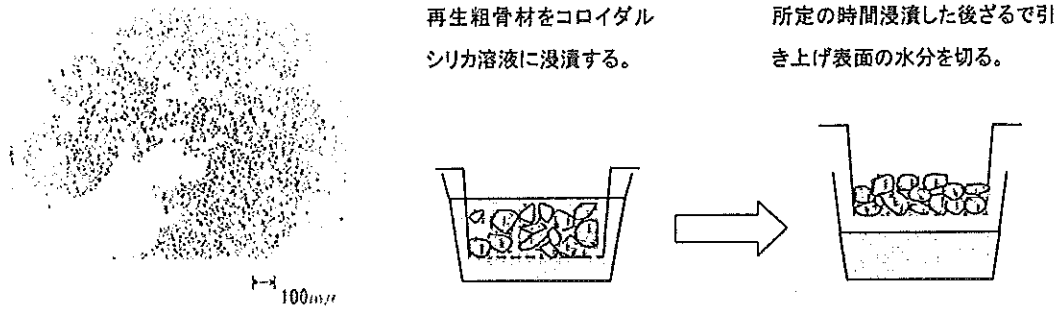


図-3 コロイダルシリカの電子顕微鏡写真³⁾ 図-4 再生粗骨材へのコロイダルシリカ吸収処理方法

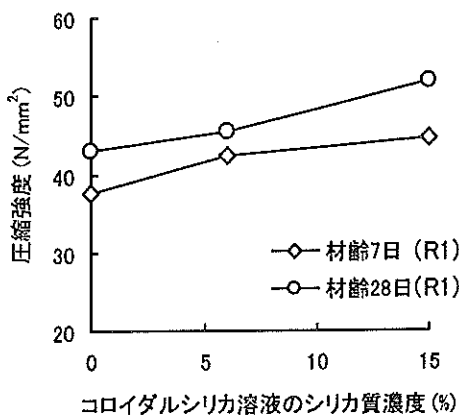


図-5 シリカ質濃度の影響(浸漬時間 30分)

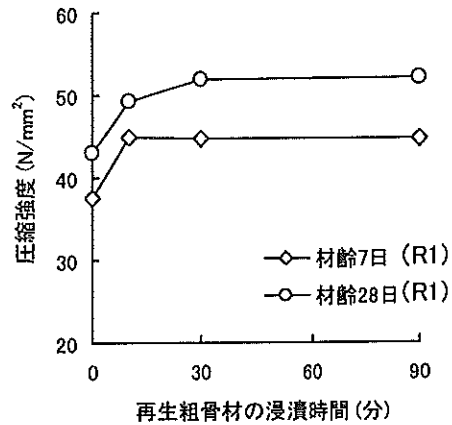


図-6 浸漬時間の影響(シリカ質濃度 15%)

再生粗骨材を浸漬しておくコロイダルシリカ溶液のシリカ質濃度と材齢 7 日および 28 日における再生骨材コンクリートの圧縮強度の関係は、図-5 に示す通りである。なお、コンクリートの水セメント比は 40%とした。材齢 7 日および 28 日のいずれの場合にも、再生粗骨材を浸漬しておくコロイダルシリカ溶液のシリカ質濃度が高くなるに従い、再生骨材コンクリートの圧縮強度は大きくなる傾向にあった。そして、シリカ質濃度が 15%で、碎石を用いた場合の強度 (54N/mm²) とほぼ同等となった。これは、コロイダルシリカを再生骨材にあらかじめ吸収させておくことにより、コンクリートの硬化過程でポズラン反応が進行し、再生骨材の自癒作用によりその微細ひび割れの影響を減じたためと考えている。再生粗骨材のコロイダルシリカ溶液中への浸漬時間と材齢 7 日および 28 日における再生骨材コンクリートの圧縮強度の関係は、図-6 に示す通りである。材齢 7 日および 28 日ともにコロイダルシリカ溶液中へ浸漬した再生骨材を用いることにより、圧縮強度が大きくなった。また、浸漬時間が増加するに伴

い圧縮強度も増加する傾向にある。再生骨材のコロイダルシリカ溶液中への浸漬時間が 10 分間程度ではほぼ圧縮強度の増加は頭打ちになり始めているが、今回の実験の配合で、 50N/mm^2 を超える圧縮強度を確保するためには 30 分間程度の浸漬が必要であると思われる。一方、再生骨材中へのコロイダルシリカ吸収処理を行っても、静弾性係数の向上は見受けられなかった。

2.2 再生骨材コンクリートへのクリンカー粗粒の添加

クリンカー粗粒として、普通ポルトランドセメント用クリンカーをジョークラッシュャで破碎し、呼び寸法が 5mm のふるいを通した細骨材程度の粒径のものを使用した。その物理的性質は、表-5 に示す通りである。実験では、再生骨材コンクリートの単位セメント量に対して外割りで 1%~10% 添加した。

表-5 クリンカー粗粒の物理的性質

密度 (g/cm^3)	ふるい (mm) / 通過百分率 (%)							粗粒率
	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
3.08	100	100	43	27	18	12	8	3.93

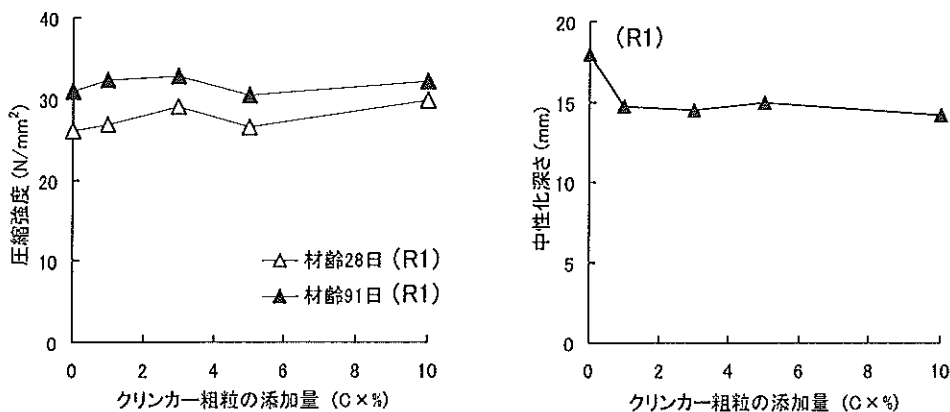


図-7 クリンカー粗粒の添加量が圧縮強度および中性化深さに及ぼす影響

クリンカー粗粒の添加量が再生骨材コンクリートの圧縮強度および中性化深さに及ぼす影響は、図-7 に示す通りである。なお、水セメント比は 65% とした。クリンカー粗粒を外割りで添加することによって、圧縮強度にはほとんど影響しないにもかかわらず、中性化深さは小さくなる傾向にあった。また、クリンカー粗粒をセメント質量に対して 1% 外割りで添加するだけで、中性化深さは 0.8 倍程度に抑制された。これは、若干のクリンカー粗粒を添加することにより、セメントの水和反応が終了した後も水酸化カルシウムを長期にわたり供給し続け、再生骨材コンクリート内部がアルカリ性に保たれるとともに、コンクリート表面に炭酸カルシウムのより緻密な層を形成したためと考えられる。

骨材中へのコロイダルシリカ吸収処理およびクリンカー粗粒の添加が再生骨材を用いたコンクリートの塩分浸透性に及ぼす影響は、図-8 に示す通りである。なお、コンクリートの水セメント比は 65% とし、凡例の左の数字はコロイダルシリカのシリカ質濃度を、また右の数字はクリンカー粗粒のセメント質量に対する添加率を表している。4 回繰り返し再生した粗骨材中にコロイダルシリカ吸収処理を行うことにより、碎石を用いた場合よりも、塩分浸透深さは若干小さくなる傾向を示した。コロイダルシリカ吸収処理を行った再生骨材を用いたコンクリートにクリンカー粗粒を添加すると、塩分浸透深さは若干ではあるがさらに小さくなった。これは、クリンカー粗粒を細骨材と置換することによって、セメント量が若干増したかのようになったこと、また再生骨材中に吸収されたコロイダルシリカによって骨材自身や遷移帯が緻密になったためと考えられる。

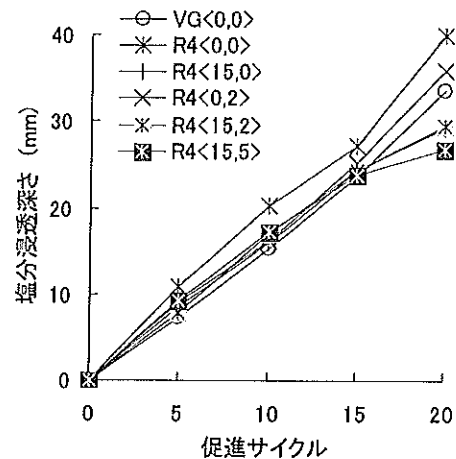


図-8 コロイダルシリカ吸収処理およびクリンカー粗粒の添加が塩分浸透性に及ぼす影響

2.3 再生骨材中への耐寒剤溶液吸収処理

実験に用いた耐寒剤の性質は、表-6 に示す通りである。再生粗骨材中への耐寒剤の吸収処理方法は、2 回再生粗骨材を所定の濃度に希釈した耐寒剤溶液中に 1 時間浸漬し、コンクリートの練混ぜ直前にざるの上に引き上げて余分な水分を切った後使用する方法とした。また、コロイダルシリカ溶液吸収処理と併用する場合には、まず再生粗骨材をシリカ質濃度 30% のコロイダルシリカ溶液中に 1 時間浸漬した後、105℃で 24 時間骨材を乾燥させ、そして骨材を耐寒剤原液中に 1 時間浸漬し、ざるの上に引き上げて余分な水分を切った後直ちに練混ぜに用いた。

表-6 耐寒剤の性質

主成分	外観	20℃における 密度 (g/cm ³)	アルカリ量 (%)	塩化物イオン 量(%)
無機質窒素化合物	淡褐色液体	1.42~1.44	0.03	0.001以下

骨材中への耐寒剤吸収処理が凍結融解に対する抵抗性に及ぼす影響は、図-9 に示す通りである。なお、コンクリートの水セメント比は 55% とし、凡例の左の数字はコロイダルシリカのシリカ質濃度を、また右の数字は耐寒剤の濃度を表している。再生粗骨材中に耐寒剤吸収処理を行った場合は、吸収させる耐寒剤溶液濃度が高い程、凍結融解に対する抵抗性は向上する傾向にあった。そして、その濃度が 100% の場合には、600 サイクルで 80% 以上の相対動弾性係数を示し、著しく良好な結果を示した。これは、再生骨材の空隙に凍結温度の低い耐寒剤を吸収させることによって、水分の凍結

膨張によって骨材自身が劣化するのを抑制できたためと考えられる。また、コロイダルシリカ溶液吸収処理と耐寒剤吸収処理を併用した場合には、800 サイクルで 80%以上の相対動弾性係数を示しており、良質な天然骨材を用いた場合と比較して勝るとも劣らない程の結果となった。これは、あらかじめ吸収させた再生粗骨材中のシリカ質が耐寒剤と反応してゲル状になるため、骨材中に吸収された耐寒剤がペースト中にほとんど散逸しなかったためと考えられる。一方、質量減少率は、耐寒剤吸収処理を行うと若干大きくなる傾向を示した。これは、コンクリート表面部から凍結する際に、耐寒剤溶液中の水分が先に凍結しやすくコンクリートの中心部の自由水中の耐寒剤濃度が高くなり、表面部と中心部で膨張ひずみの差が生じたためと考えられる。

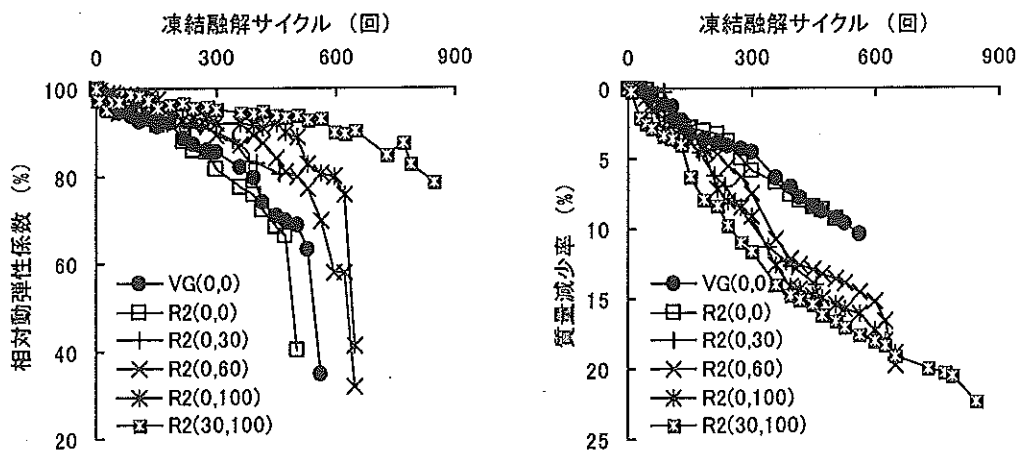


図-9 耐寒剤吸収処理が凍結融解に対する抵抗性及び質量減少率に及ぼす影響

3. 低品質再生骨材を用いたコンクリートの施工方法に関する検討 (シリーズ 2)

シリーズ 2 では、解体したコンクリート廃材を場内で再利用することを目的としている。そして、現場内にコンクリート製造のプラントを建設することが困難な場合もあり、現場では解体したコンクリートから再生骨材のみを製造し、生コンプラントからモルタルを搬入してから再生骨材を混合するケースが考えられる。その際には、再生骨材コンクリートのポンプ圧送性などの施工性を考え、再生骨材に十分吸水処置を行っておく必要がある。しかし、環境問題の点から再生骨材の処理に大量の水を使用すると六価クロムなどの重金属が溶出する恐れがあり、再生骨材を気乾状態のまま使用せざるを得ない場合も考えられる。なお、今回の実験では、表-7 に示した再生粗骨材を用いた。

表-7 再生粗骨材の物理的性質

最大 寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	ふるい目の寸法 / 通過百分率 (%)						粗粒率	単位容 積質量 (kg/l)	実積率 (%)
			25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm			
20	2.42	5.43	100	90	—	37	2	0	6.71	1.41	61.3

実験では、水セメント比を 55%、単位水量を 175kg/m³ としたコンクリートの配合から粗骨材を除いたモルタルを製造し、その後再生粗骨材を投入しスランプ試験を行うこととした。気乾状態の再生粗骨材を用いる場合は、再生粗骨材の有効吸水率（今回の実験では 3.2%）分の水量を、あらかじめモルタルを製造する時に補正しておく場合についても実験を行った。表-8 に示したように、再生粗骨材を表乾状態で使用した場合にはスランプが 18cm 程度であったが、同じモルタルに気乾状態の再生粗骨材を投入するとスランプが 10cm 程度まで低下した。一方、再生粗骨材の有効吸水率分をあらかじめモルタルの製造時に補正しておくとしスランプは 21cm と大きくなり、大気圧の状態ですぐには再生粗骨材が有効吸水率分の水量を吸収しないようである。

また、ポンプ圧送によるスランプ低下も考え、加圧ブリーディング試験器を用い水抜きのコックを閉めたまま 3.5N/mm² の応力が作用する荷重を 2 分間与え、その後コンクリート試料を取り出し性状を調べることにした。その際に、加圧ブリーディング試験器の容量が 2 リットル程度と少ないため、直径や高さをスランプコーンの 2/3 に縮小したミニスランプコーンを新たに作製し、あらかじめスランプとミニスランプの関係を図-10 のように求めておいた。表-9 に示したように、加圧後のミニスランプは 7cm となりその時のスランプは 15cm 程度と推測でき、加圧されることによって再生粗骨材がさらに水分を吸収することで 3cm 程度スランプが低下したと考えられる。これらのことより、再生粗骨材の有効吸水率分だけあらかじめ水量を補正しておくとし、ポンプ圧送後にも表乾状態の再生粗骨材を用いた場合と同程度の流動性が得られると考えられる。

4. まとめ

(1) シリーズ 1 で提案する再生骨材コンクリートの力学的性質および耐久性に及ぼす効果をまとめると、表-10 のようになる。それぞれの用途すなわち重要視する項目に応じて改善方法を選定する必要がある。

表-8 再生粗骨材の状態とスランプの関係

再生粗骨材の状態	0 打フロ- (mm)	スランプ ^o (cm)
表乾状態	124	17.5
気乾状態	123	9.5
気乾状態(有効吸水率分の水量補正)	173	21.0

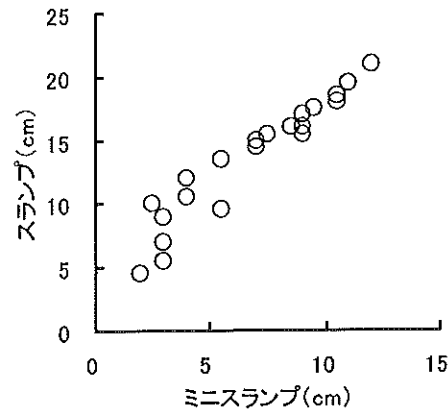


図-10 スランプとミニスランプの関係

表-9 圧送によるスランプ低下の推定

コンクリートの状態	ミニスランプ ^o (cm)	スランプ (cm)
加圧前	10.5	18.0
3.5Nmm ² で加圧後	7.0	15(推定)

表-10 力学的性質および耐久性に及ぼす効果

改善方法	力学的性質		耐久性		
	圧縮強度	静弾性	中性化	塩害	凍害
コロイダルシリカ溶液吸収処理	◎	×	○	◎	×
クリンカー粗粒の添加	×	×	◎	○	×
耐寒剤溶液吸収処理	×	×	×	×	◎

コストについては、使用量が多い場合コロイダルシリカの価格が水ガラスの価格+ α になると想定すると、コンクリート 1m³を製造するために必要なコストは約 500 円増し程度となると考えられる。クリンカー粗粒の添加については、クリンカー粗粒をセメントの質量の約 2%使用すると、約 50 円増し程度となると考えられる。また、耐寒剤吸収処理については、かなりコスト高になる可能性がある。

(2)シリーズ 2 において再生粗骨材を気乾状態で使用した場合、再生粗骨材を表乾状態で使用したスランプ 18cm 程度のコンクリートの単位水量では、気乾状態の再生粗骨材を混入するだけで骨材の吸水によりスランプが 10cm 程度まで小さくなった。そのため、コンクリートのポンプ圧送性までも考えると、再生粗骨材の有効吸水率分だけあらかじめ水量を補正しておく必要があると考えられる。

[謝辞]

本研究を行うにあたり、ものづくり大学の澤本研究室および東京理科大学の辻研究室の学生に多くの実験を実施して頂きました。ここに、付記し謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 国土交通省：平成 19 年度版国土交通白書、pp.194-195 (2007)
- 2) 長瀧重義ほか：建設材料第 76 委員会ライフサイクルを考慮した建設材料の新しいリサイクル方法の開発、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業研究成果報告書、pp.27-28 (2001)
- 3) 技術資料スノーテックス、日産化学工業株式会社 (1999)

平成 20 年度

社団法人 全国解体工事業団体連合会

解体工事に係る研究助成金

報告書

水圧を利用した高強度鉄筋コンクリート造建築物の
解体工法に関する基礎的研究

平成 21 年 6 月

研究代表者：ものづくり大学技能工芸学部建設技能工芸学科 教授 飛内圭之

研究協力者：ものづくり大学技能工芸学部建設技能工芸学科 講師 大塚秀三

1. はじめに

1.1 研究概要

RC 造建築物の解体工法は、圧砕工法およびカット工法などの大型機械を駆使した機動性のある工法が主流となっている。しかしながら、これらの工法は騒音および粉塵の発生が多¹であり、周辺環境への配慮という面においてやや難がある。これに対して、厚さ 1.2mm の特殊鋼板 2 枚を全周シームレス溶接した板状の装置(以下、水圧解体装置とする)へ水を注入し、その水圧による膨張応力でコンクリートのみならず鉄筋をも切断可能とする工法(以下、水圧解体工法とする)では、水圧解体装置をコンクリートに挿入するための最小限のカット切断で済むことから騒音および粉塵の発生を低減するとともに、従来工法に比べて簡便に施工できる可能性があると考えられる。

これまで水圧解体工法は、土木分野における内在する鉄筋量が比較的少ないマスコンクリートの切断解体への適用事例はあるものの、RC 造建築物では鉄筋の引張強度がコンクリートのそれを卓越するため、近年増加しつつある建築分野における過密配筋された高強度 RC 造建築物の解体に適用できるか不明な点がある。

そこで本研究は、水圧解体工法の高強度 RC 造建築物への適用性を明らかにするための基礎的段階として、RC 部材を模擬した試験体の破壊特性を把握することを目的とする。ここでは、コンクリートの圧縮強度、試験体寸法、異形鉄筋のかぶり厚さおよび異形鉄筋の種類が水圧解体工法の破壊特性に及ぼす影響について報告する。

1.2 水圧解体工法の概要

本研究で用いた水圧解体装置を写真-1 に示す。水圧解体装置は、厚さ 1.2mm の特殊鋼板を 2 枚重ね合わせ袋状に全周シームレス溶接したものであり、外形寸法が $L500 \times W70 \times D2.4(\text{mm})$ と小型かつ、極めて薄いものである。水圧解体工法は、写真-2 に示すように RC 部材にカット切断により作製した深さ 100mm の切り込み(以下、ノッチとする)に挿入した水圧解体装置へ水を注入し、その膨張応力によりコンクリートを破壊するものである。なお、水圧を掛け拡張した後の水圧解体装置はプレス加工することにより複数回の使用が可能である。

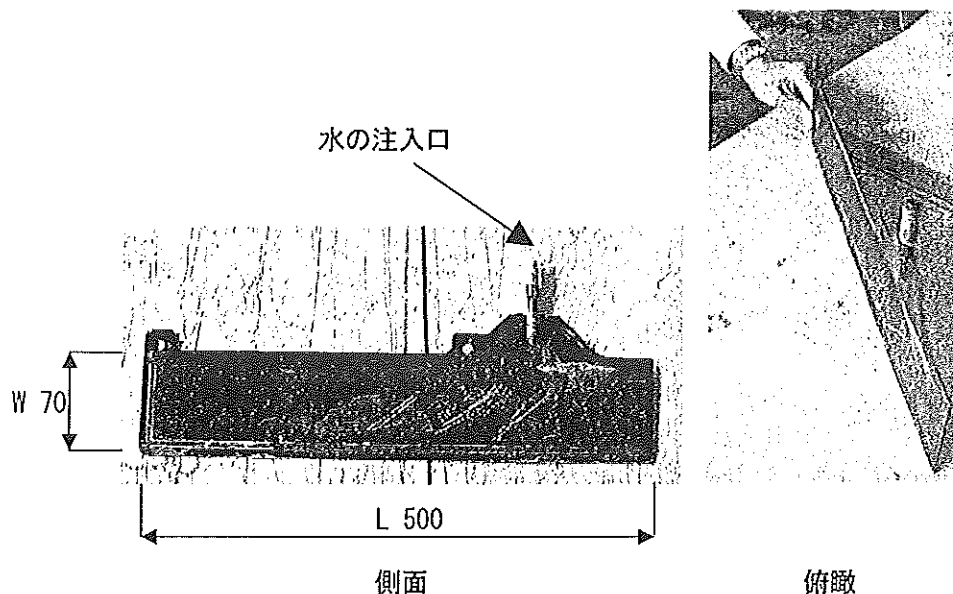


写真-1 水圧解体装置の外観

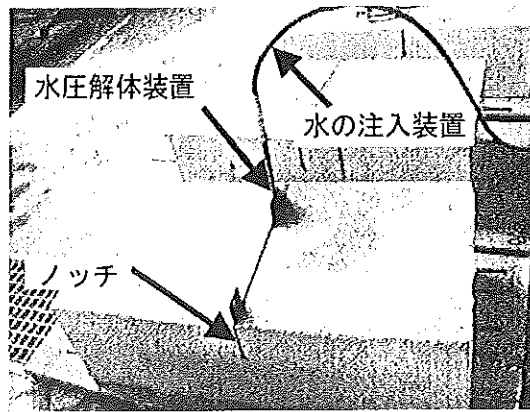
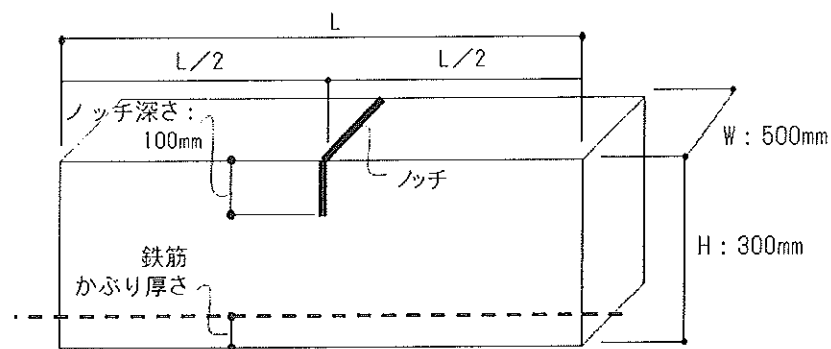


写真-2 水圧解体工法

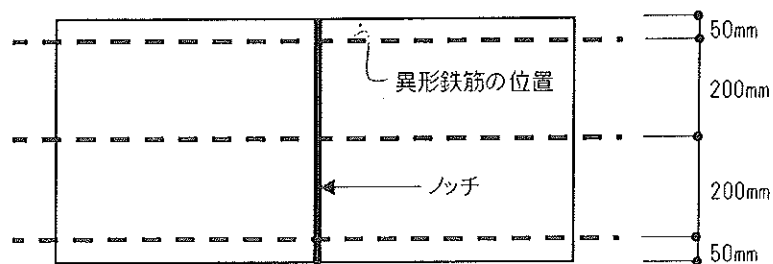
2. 実験概要

2.1 試験体の概要

試験体の概要を図-1 に示す。試験体の寸法は、幅(W)500 および高さ(H)300mm を一定とした。試験体には、水圧解体装置を挿入するための深さ 100mm のノッチを試験体長さ(L)の中心に設けた。



俯瞰図



平面図

図-1 試験体の概要

2.2 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表-1に示す。実験の要因は、試験体寸法、異形鉄筋のかぶり厚さおよび異形鉄筋の種類とした。

表-1 実験の要因と水準

要因	水準				試験体数
	コンクリートの水セメント比(%)	試験体の長さ(mm)	異形鉄筋のかぶり厚さ(mm)	異形鉄筋の種類	
試験体寸法の影響	31.0	600 1,000 1,400	50	SD295A	3
異形鉄筋のかぶり厚さの影響	31.0 47.5	1,000	0 50 150	SD295A	6
異形鉄筋(D13)の種類の影響	31.0	1,000	150	無筋 SD295A SD345	3

2.3 コンクリートの使用材料および調合

コンクリートの使用材料を表-2、調合およびフレッシュコンクリートの性状を表-3に示す。

表-2 コンクリートの使用材料

材料	種類	物性
セメント	普通ポルトランドセメント	密度：3.16g/cm ³ 比表面積：3,310cm ² /g
水	地下水	—
細骨材	栃木県栃木市尻内町産砂	表乾密度：2.61g/cm ³ 吸水率：2.26%
粗骨材	栃木県栃木市尻内町産砕石 2005	表乾密度：2.70g/cm ³ 吸水率：0.64% 実積率：59.7%
化学混和剤	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系特殊高分子

表-3 コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの性状

呼び強度	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				Ad (C×%)	フレッシュコンクリートの性状	
			W	C	S	G		スランプ ^o (フー) (cm)	空気量 (%)
60	31.0	48.4	170	549	773	851	1.40	62.5	4.3
33	45.0	49.3	175	369	853	887	0.90	19.5	4.7

2.4 試験項目および方法

試験体の破壊特性は、破壊時の最大応力と破壊位置および形状の観察により評価した。破壊時の最大応力(引張強度)は、水圧解体装置の水圧を表面積(500×70mm)で除した値とした。また、標準養生供試体および試験体より採取したコア供試体の圧縮強度試験(JIS A 1108)および割裂張強度試験(JIS A 1113)を行った。

3. 結果および考察

3.1 供試体における圧縮強度と引張強度

供試体の圧縮強度試験結果を図-2に示す。圧縮強度は、養生条件の違いに起因して標準養生供試体に比べコア供試体の方が顕著に小さくなる傾向を示したが、いずれも呼び強度を満足した。

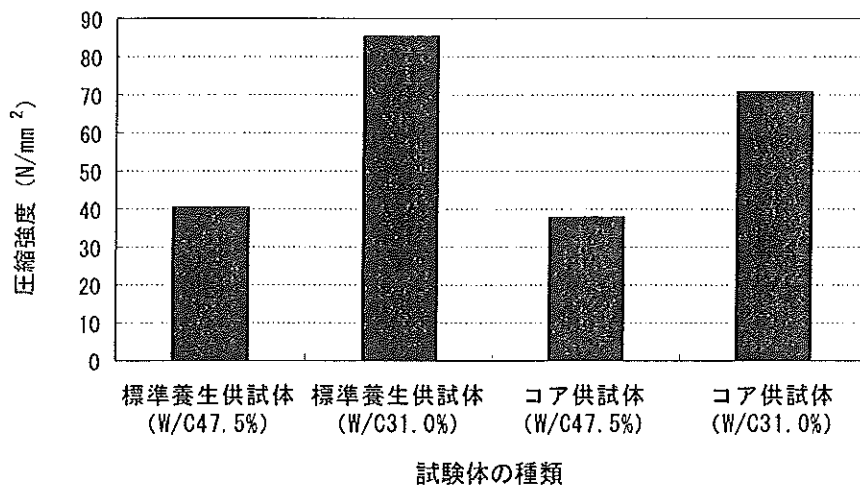


図-2 供試体の圧縮強度試験結果

供試体の割裂引張強度試験結果を図-3に示す。割裂引張強度は、コンクリートの圧縮強度に比例して大きくなり、標準養生供試体に比べコア供試体の方が顕著に小さくなる傾向を示した。

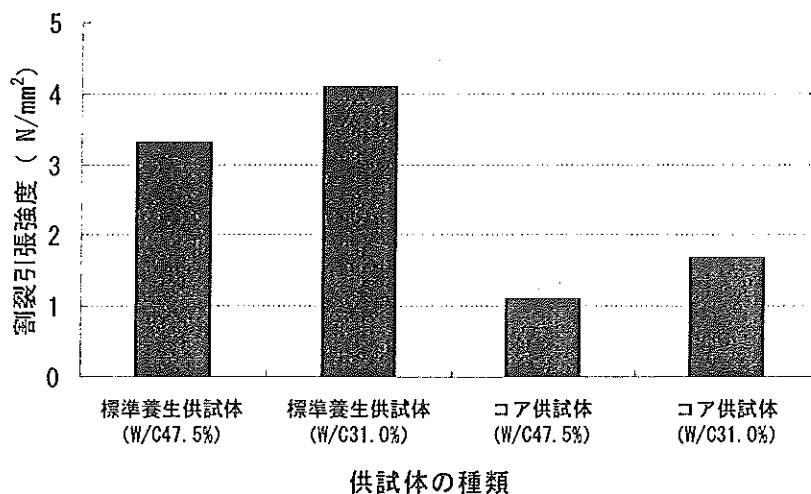


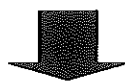
図-3 供試体の割裂引張強度試験結果

3.2 試験体の破壊状況

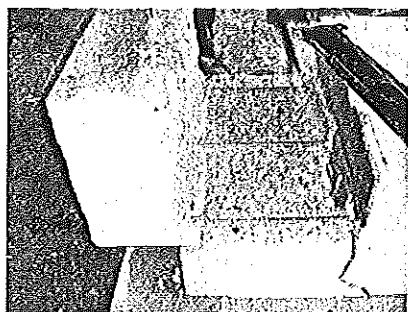
試験体の破壊過程を図-4に示す。試験体の破壊は、いずれもノッチ下端における水圧の上昇に伴うひび割れの進展によるコンクリートの引張破壊のみであり、異形鉄筋の破断までには至らなかった。異形鉄筋を含む試験体におけるノッチ下端のひび割れが進展する過程は、いずれの試験体とも異形鉄筋を貫通した鉛直方向のひび割れが進展した。しかし、その後の破壊挙動は、鉛直方向のひび割れが発生した後に異形鉄筋上端に沿った水平方向のひび割れが生じる場合と、鉛直方向のみひび割れが発生する場合が混在し、試験条件によって明確な傾向を示さなかった。なお、前者の場合には鉛直方向と水平方向へのひび割れの発生における時刻歴の差異は極めて少なく、水圧解体装置の加圧を継続させると装置が拡張するのに伴って、異形鉄筋の上端に沿ってコンクリートが剥離した。一方で無筋の試験体は、加圧直後より極めて短時間で鉛直方向のひび割れが発生し破壊に至る。



最大応力時に異形鉄筋を貫通する鉛直方向へのコンクリートのひび割れが生じる。



異形鉄筋上端に沿った水平方向へのひび割れが生じる。



異形鉄筋上端に沿ってコンクリートが剥離する。

図-4 試験体の破壊過程

3.3 試験体寸法の影響

試験体寸法と引張強度の関係を図-5 に示す。引張強度は、試験体寸法に比例して増大する傾向を示した。しかしながら、いずれの試験体も同一のコンクリートを用いているため引張強度に差異が生じるとは考えにくい。これは、加圧後に極めて短時間で破壊に至るため水圧解体装置の受圧面に対するコンクリートの体積の大小により測定上の見掛けの引張強度に差異が生じたことが一因と推察され、本実験では試験体を拘束していないことが影響したと考えられるため今後の課題としたい。

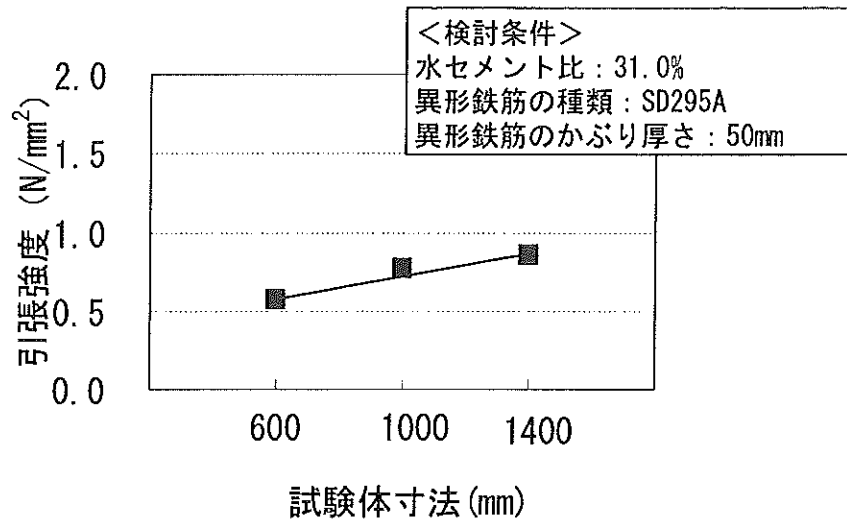


図-5 試験体寸法と引張強度の関係

3.4 異形鉄筋のかぶり厚さの影響

異形鉄筋のかぶり厚さと引張強度の関係を図-6 に示す。引張強度は、無筋の試験体に比べて異形鉄筋を含んだ試験体の方が大きくなる傾向を示した。これは、無筋に比べて異形鉄筋とコンクリートの付着強度が加算されるためと考えられる。しかし、引張強度は、異形鉄筋のかぶり厚さが大きい方が若干上回るものの、大きな差とはなっていない。これにより、かぶり厚さの違いによる影響は少ないものと推察される。

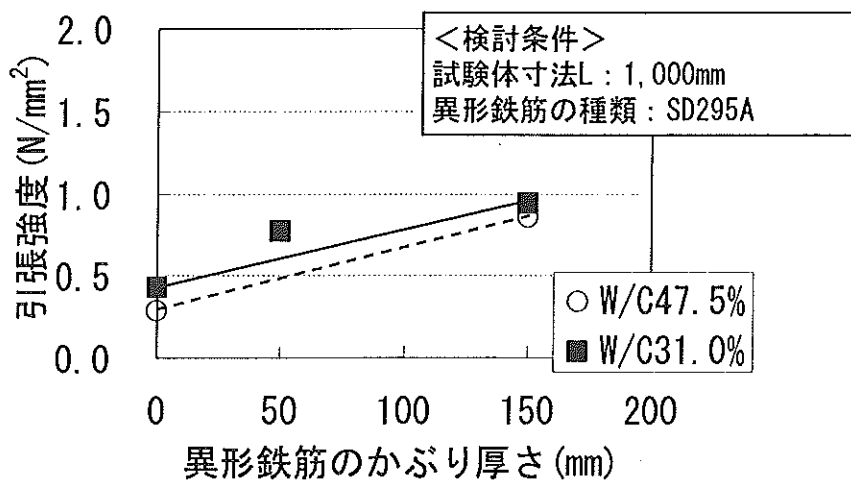


図-6 鉄筋のかぶり厚さと引張強度の関係

3.5 異形鉄筋の種類の影響

異形鉄筋の種類と引張強度の関係を図-7に示す。引張強度は、異形鉄筋の強度に比例して微小に大きくなったが、異形鉄筋の強度に依存する強度域には達していないためコンクリートのばらつきによる差異の可能性がある。なお、引張強度は、理由は定かではないもののいずれの要因ともコア供試体の割裂引張強度に比べて総じて小さくなる傾向となった。

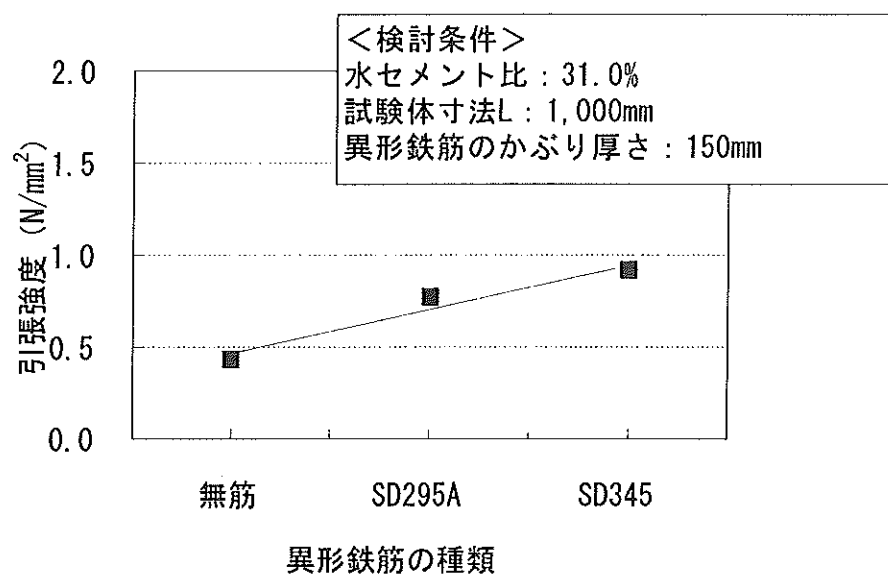


図-7 鉄筋の引張強度が異なる場合の破壊時の引張強度の比較

4. まとめ

本研究は、水圧解体工法の高強度 RC 造建築物への適用性を明らかにするための基礎的段階として、RC 部材を模擬した試験体の破壊特性を把握することを目的に、試験体寸法、異形鉄筋のかぶり厚さおよび異形鉄筋の種類が水圧解体装置による RC 部材の破壊特性に及ぼす影響について検討した。

得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 水圧解体装置の膨張応力がコンクリートの引張強度より大幅に卓越するため、極めて短時間で破壊に至り、かつ破壊に伴う騒音は発生しない。
- (2) 破壊時のひび割れの進展は、試験条件により明確な傾向を示さないが、いずれも水圧の上昇に伴って鉛直方向のひび割れが発生する。また、コンクリートのみの破壊に留まり異形鉄筋の破壊にまでは至らない。
- (3) 試験体寸法に比例して、極めて短時間で破壊に至ったことに加え、試験体の拘束条件に起因して見掛けの引張強度が大きくなる。
- (4) 異形鉄筋のかぶり厚さの違いによる影響は少ない。
- (5) 異形鉄筋の種類の違いによる影響は少ない。

本研究の結果、水圧解体工法の RC 造建築物の解体工事へ適用できる可能性が予見された。圧砕工法およびカット工法などの従来工法に比べて、水圧解体工法を適用した場合の考え得る優位性を以下に示す。

- ・水圧解体装置を挿入するノッチ深さが浅いため、カット切断の時間短縮が可能であり、騒音および切断工費の低減効果がある。
- ・水の供給のみで成立する工法のため汎用性がある。
- ・RC 構造物の正確な部分解体が可能である。

今後検討すべき課題として、試験体を拘束した場合の破壊挙動、水圧の上昇に伴うひび割れ発生方向および進展深さなどの定量値の把握、さらには関連する構工法の整備などがあげられる。

<謝辞>

本研究の実施にあたり、水圧解体装置を株式会社クライムの宮崎文隆氏より提供頂きました。また、実験では桜井猛君、森本和雅君、柴田秀俊君(ものづくり大学)をはじめとした学生諸君より助力を得ました。ここに付記して深謝致します。

<参考文献>

- 1) 解体工法研究会編：新・解体工法と積算，pp.25-27，(財)経済調査会，2003
- 2) メーカー技術資料(株式会社クライム)