

平成 28 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 28 年 7 月 29 日（金） 14：00～

会 場 鉄鋼会館（911 会議室）

[東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10]

公益社団法人 全国解体工事業団体連合会

[東京都中央区八丁堀 4-1-3 安和宝町ビル 6F]

— 趣 旨 —

この梗概集は、公益社団法人全国解体工事業団体連合会が実施する平成 27 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	
	研究代表者 研究協力者	所 属
1	・ 高強度・超高強度コンクリートを用いた構造物の解体方法に関する検討	
	湯 浅 昇 師 橋 憲 貴	日本大学 生産工学部建築工学科教授 日本大学 生産工学部建築工学科
2	・ 解体工事中における構造物の安全性に関する研究	
	青 木 孝 義 湯 浅 昇	名古屋市立大学大学院 芸術工学研究科教授 日本大学 生産工学部建築工学科教授
3	・ 諸外国における土木・建築構造物の解体工事に関する調査研究	
	藤 掛 一 典	防衛大学校 システム工学群建設環境工学科教授
4	・ 高強度コンクリートの圧砕効率に関するジョークラッシャを用いた基礎的検討	
	大 塚 秀 三 檜 村 啓	ものづくり大学 技能工芸学部建設学科准教授 ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科ものづくり学専攻
5	・ コンクリート塊の再資源化に関する基礎的検討	
	道 正 泰 弘	名城大学 理工学部環境創造学科教授

高強度・超高強度コンクリート を用いた構造物の解体方法に関 する検討

平成28年7月29日

日本大学生産工学部
湯浅 昇
師橋 憲貴

目的

問題・課題

1990年代から設計基準強度が 60N/mm^2 を超える高強度コンクリートを用いた建築物が建設されているが、今では設計基準強度が 200N/mm^2 を超える超高強度コンクリートも実用化されている。しかし、現在の油圧シャベル・圧砕アタッチメントによる圧砕工法では、高強度コンクリートへの適用は困難であるとされている。



経済活動に見合った
高強度コンクリート・超高強度コンクリートの
適正な解体工法の開発・選択・整備・システム化

今回の実験の検討方針

現状把握（現状の圧砕の技術で超高強度レベルのコンクリートが壊れるか

- ①呼び強度**21** N/mm^2 (W/C=61.6%：普通ポルトランドセメント使用)のコンクリート
- ②呼び強度**56** N/mm^2 (W/C=32.9%：中庸熟ポルトランドセメント使用)のコンクリート
- ③呼び強度**100** N/mm^2 (W/C=23%：中庸熟ポルトランドセメント使用)のコンクリート
- ④呼び強度**150** N/mm^2 (W/C=17%：シリカフェューム入りセメント使用)のコンクリート

これまでの経緯

2014年 7月報告

結論＝ 177N/mm²を超えたRC部材も壊せた

しかし、
解体業者の方からは
30×30cmと断面が小さい
から壊せただけ。
断面が大きいと、60N/mm²
級でも無理だといわれた。

W/C (%)	圧縮強度 (N/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)	
	材齢28日	材齢161日 (解体時)	材齢28日	材齢161日 (解体時)
60	31.5	34.4	2.67	2.92
20	126.5	128.9	4.77	4.84
16	113.8	140.6	3.71	5.00
13	142.2	177.2	3.78	4.78



2015年7月発表

試験体の作製・準備の都合上、96.6N/mm²レベルのみで部材断面を

①30×30cm、②60×60cm、③80×80cm、④100×100cm
として圧碎実験を行った。

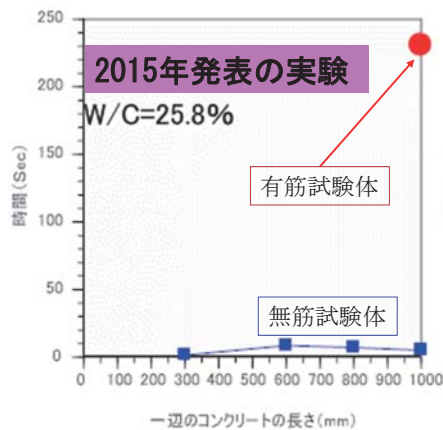
結論＝ 100×100cmの断面のRC部材も何とか壊せた

しかし、
経費等
試験体の作製・準備の都合上、
①有筋試験体は100×100cmのみだった。
②強度レベルは、96.6N/mm²レベル
のみで、2014年に行った超高強度
レベルでの検証はできなかった。

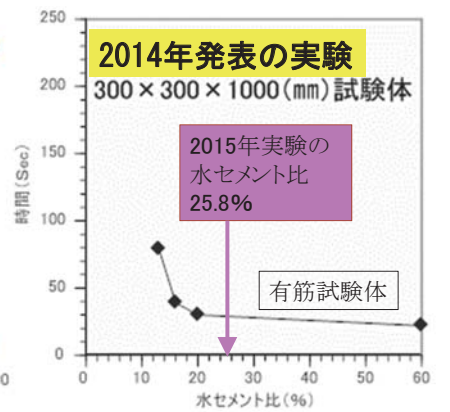
目的に対して中途半端であった！



所要時間で見える解体の困難さ



2015発表の断面厚シリーズ実験



2014年発表の水セメント比
シリーズ実験

本日発表する実験のコンクリート強度

W/C(%)	圧縮強度 (N/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)	
	材齢28日 *	解体日 *	材齢28日 *	解体日 *
61.1 (N)	28.2	35.9 (材齢132日)	1.90	2.30 (材齢132日)
32.9 (M)	65.0	78.4 (材齢83日)		
23 (M)	100.4	102.6 (材齢34日)	2.82	4.22 (材齢34日)
17(SF-PC)	159.9	183 (材齢49日)	3.68	5.42 (材齢49日)

* 材齢28日強度: 20°C封かん、解体日強度: 屋外封かん

N: 普通ポルトランドセメント使用、M: 中庸熱ポルトランドセメント使用

SFPC: シリカフェュームプレミックスポルトランドセメント

鉄筋:

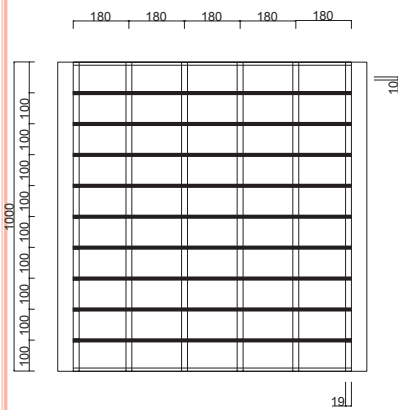
主筋(D19-@180)

(SD685、 σ_y :726N/mm²、 ϵ_y :0.38%、 σ_{max} :985N/mm²、 E : 1.89×10^5 N/mm²)

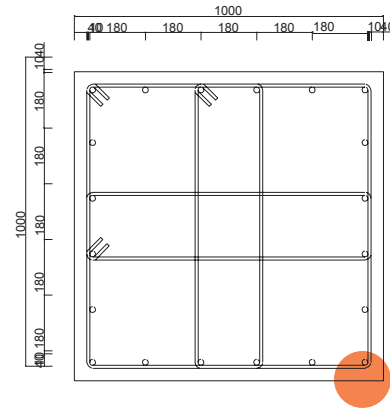
あばら筋(D10-@100)、なかご筋(D10)

(SD295A、 σ_y :356N/mm²、 ϵ_y :0.21%、 σ_{max} :518N/mm²、 E : 1.84×10^5 N/mm²)

かぶり(40mm)



配筋図-(横から)



配筋図(上から)



1000×1000×1000 (mm) 配筋側面



1000×1000×1000 (mm) 配筋上面







呼び強度**21**N/mm² (W/C=61.1%) の試験体



試験体は一回の噛み付きで簡単に碎ける結果に。。。



解体状況は
ビデオで

呼び強度**56**N/mm² (W/C=32.9%) の試験体



解体状況は
ビデオで

呼び強度**100**N/mm² (W/C=23.0%)の試験体



解体状況は
ビデオで



呼び強度**150**N/mm² (W/C=17.0%)の試験体



解体状況は
ビデオで



普通強度レベルよりは時間がかかるが、呼び強度56N/mm²レベル以上3試験体では解体時間にあまり違いが見られなかった



左は、試験開始前に撮影したオペ席油圧の流量計であるが、解体時は、普通強度レベルコンクリートも含めて全ての強度レベルでMAXの588l/分まで使われた(=最大油圧使った)。

オペのAさんの感想：

- ・ 呼び強度100N/mm²、150N/mm²ともに石と同じ
- ・ 呼び強度56N/mm²級の方が粘りがあって手強かった

作業管理者のBさんの感想：

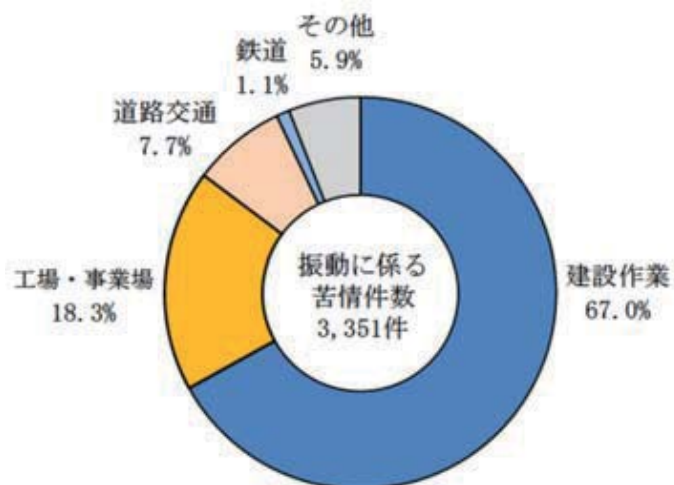
- ・ 今日1.2m³クラスの重機を持ってきたが、0.7m³クラスだったら今回壊せなかったかも

解体工事中における構造物の 安全性に関する研究

平成28年7月29日

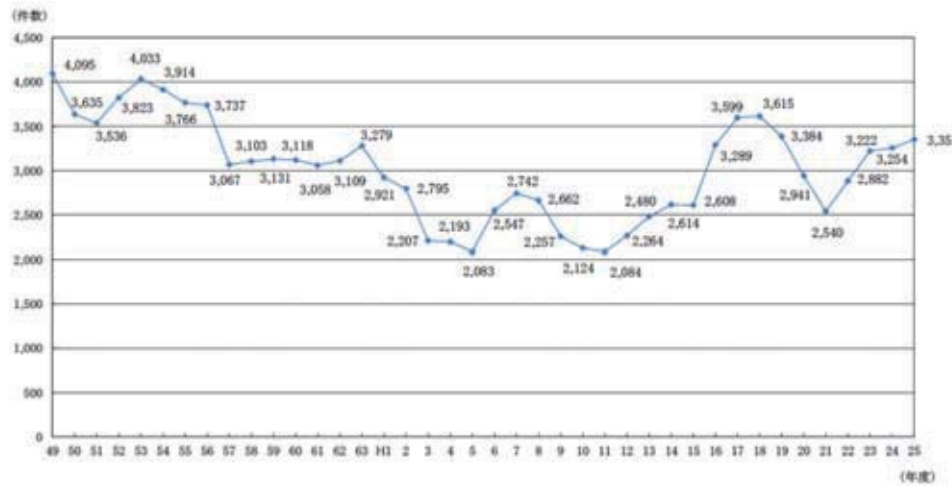
名古屋市立大学大学院 芸術工学研究科・教授 青木孝義
日本大学生産工学部 建築工学科・教授 湯浅 昇

研究の背景と目的



振動苦情件数の発生源別内訳(H25年度)

研究の背景と目的



振動苦情件数の推移

研究の背景と目的

建設工事、特に解体工事に伴う振動や騒音の苦情が多くなっている現状

解体工事における騒音・振動の実測や研究

重機の移動や重機による作業による建物の振動性状を把握することは、解体工事中における建物の安全性を判断する上で重要

本研究は、解体工事にともなう構造物の振動特性と安全性を明らかにすることを目的としている。

P建物概要

建物名称：P建物
(名古屋市守山区)

用途：ショッピングセンター

建設時期：昭和46年10月

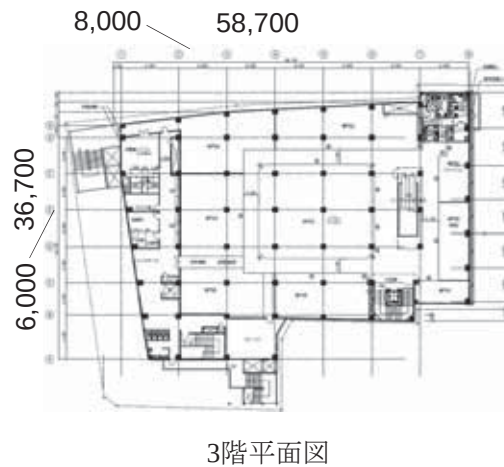
建築面積：2,162㎡

延床面積：12,000㎡

建築規模：地下1階、地上5階、
塔屋1階

構造種別：鉄筋コンクリート造

基礎形式：直接基礎



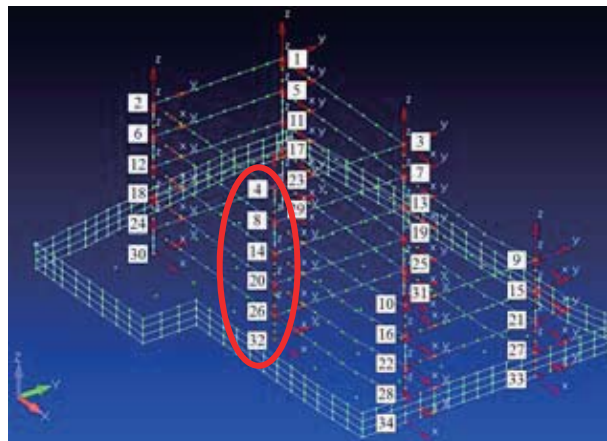
振動測定方法及び測定位置

1. 測定機器

- ・ 加速度センサー
- ・ アナログ入力モジュール
- ・ 測定期間

2014年8月28日

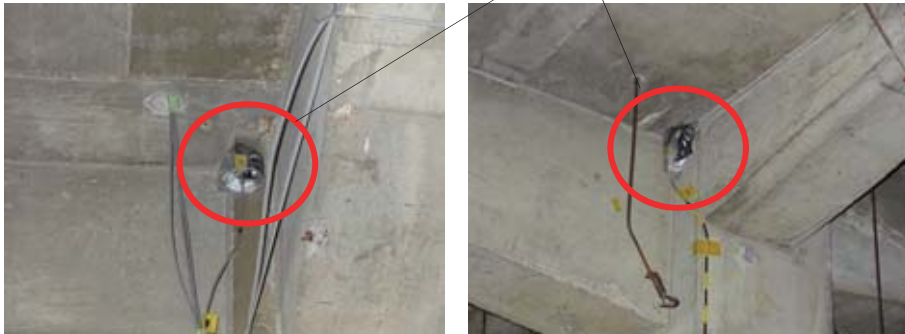
～2015年2月1日



計測 set	Ch1 3成分	Ch2 3成分	Ch3 3成分	Ch4 3成分	Ch5 3成分	Ch6 3成分	Ch7 3成分	Ch8 3成分	Ch9 3成分	Ch10 3成分	Ch11 2成分
1	1	4	2	3	5	6	7	8	9	10	20
2	1	4	11	12	13	14	15	16	17	18	20
3	1	4	21	22	23	24	25	26	27	28	20
4	1	4	19	10	29	30	31	32	33	34	20

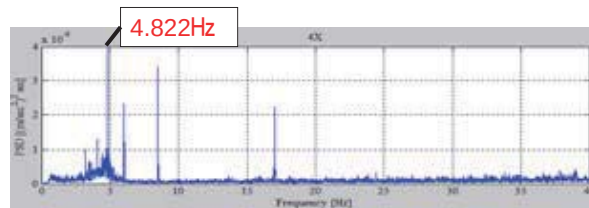
加速度センサー設置状況

加速度センサー

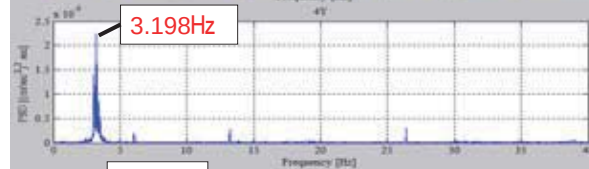


常時微動計測による固有振動数の推定

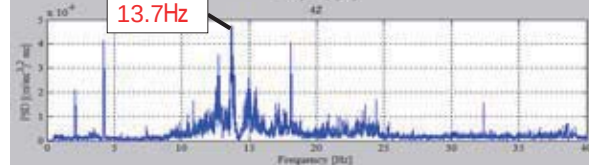
5階 X(NS)方向



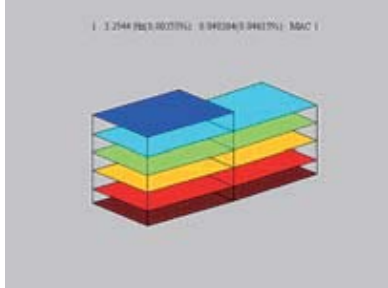
5階 Y(EW)方向



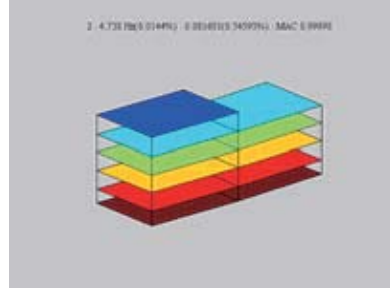
5階 Z(UD)方向



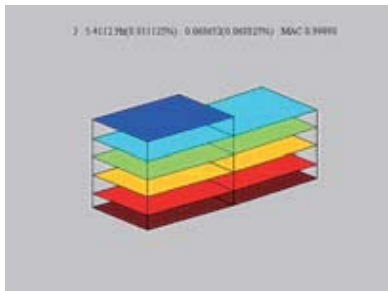
常時微動計測による固有振動数の推定



1次モード (3.25Hz, 0.36%, Y方向)

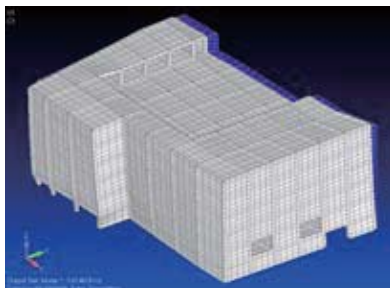


2次モード (4.74Hz, 1.44%, X方向)

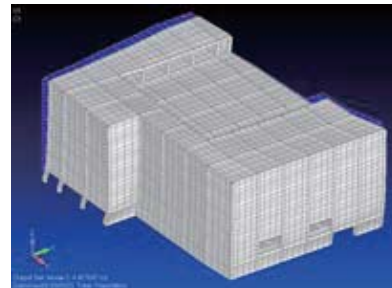


3次モード (5.41Hz, 1.11%, ねじれ)

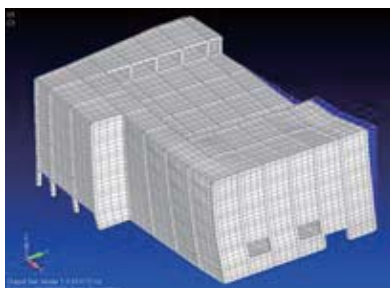
有限要素法による固有値解析結果



1次モード (3.62Hz, 実測3.25Hz, Y方向)

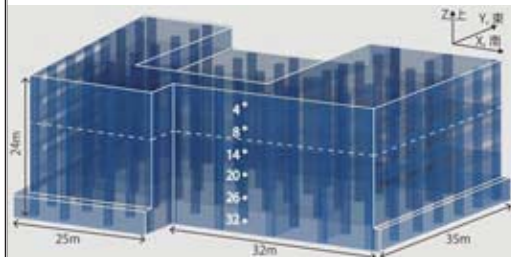


2次モード (4.43Hz, 実測4.74Hz, X方向)

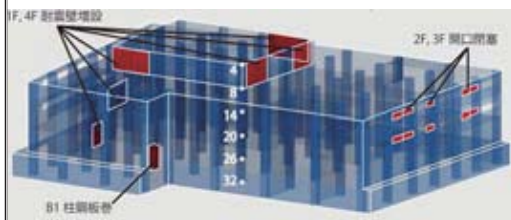


3次モード (5.83Hz, 実測5.41Hz, ねじれ)

減築(耐震改修)工事概要(階上解体)



改修工事前



改修工事後

▶ 減築工事:

地下1F、地上5F、塔屋1F

→ 地下1F、地上4F、塔屋1F

▶ 減築工事に合わせて耐震壁増設や開口閉塞、柱鋼板巻も行った

減築工事とは:

- ▶ 床面積減→重量減少による耐震性能向上
- ▶ 建て替えと比較した場合のコスト削減
- ▶ 建物規模の縮小によるランニングコストの削減

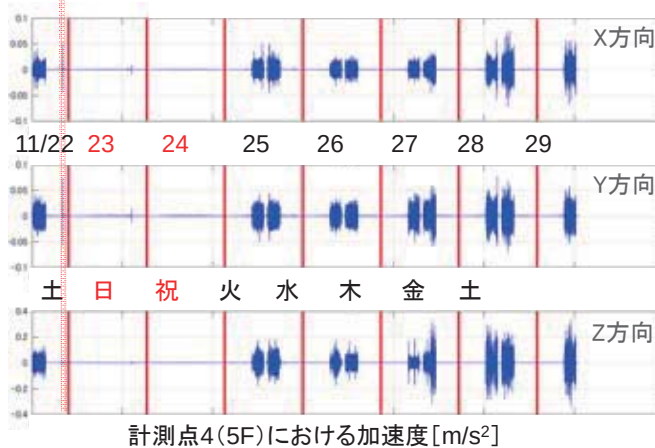
減築(耐震改修)工事(階上解体)



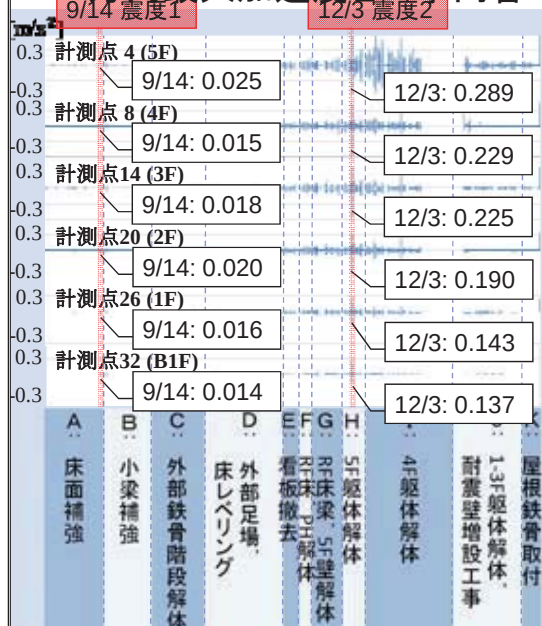
加速度記録

- 工事を行っていない日曜日や祝日、平日の夕方5時ごろから朝7時までの間と昼休憩(12時から13時)の間は振動が少ない

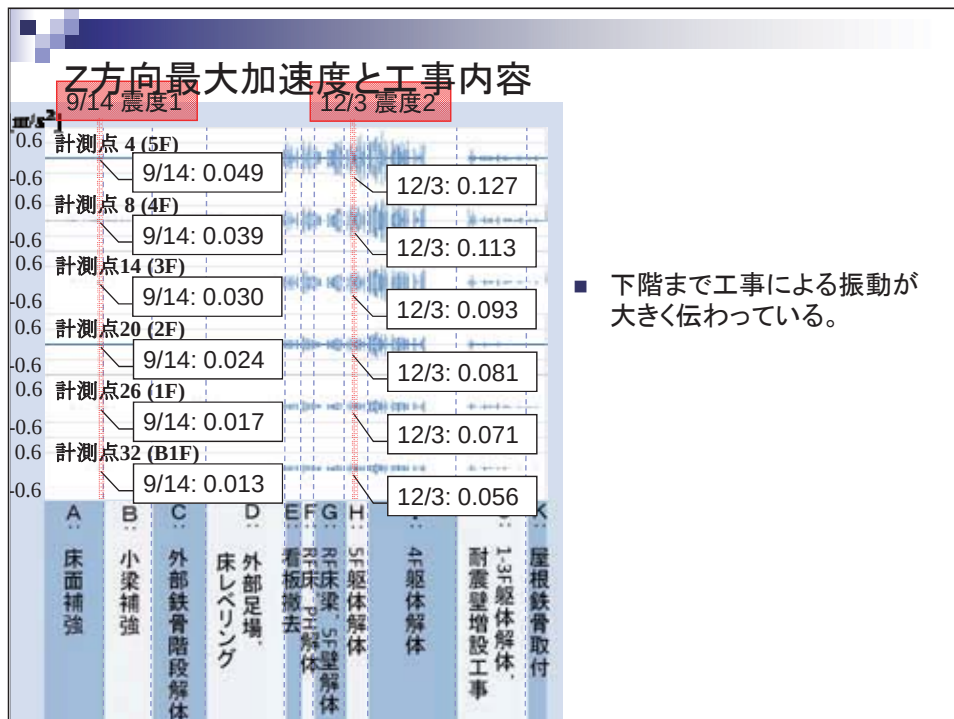
11/22 22:08 震度2



X方向最大加速度と工事内容



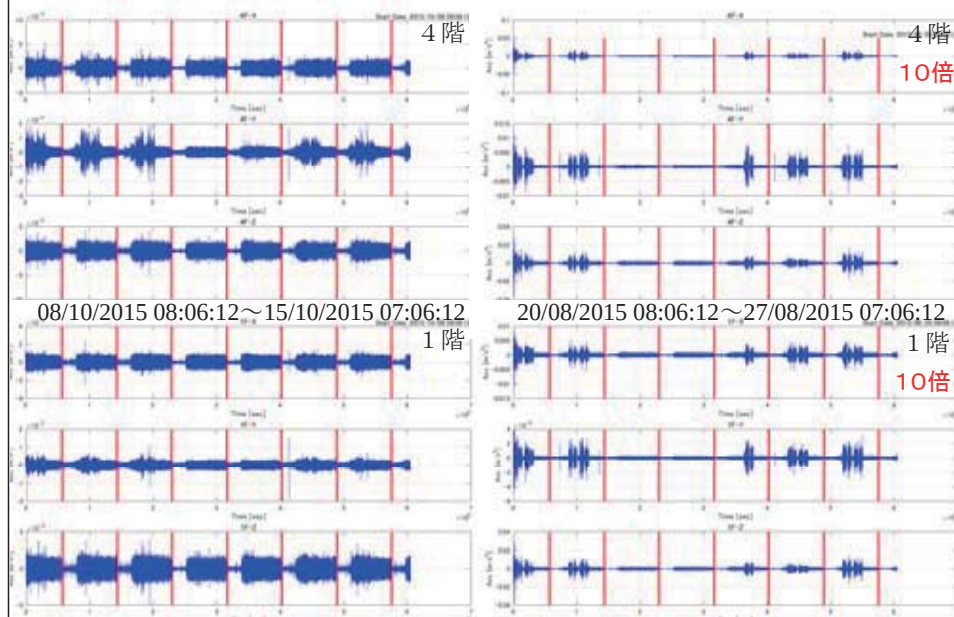
- 工事内容に対応して工事中最大加速度が大きくなっている。
- 4F躯体解体時に最大加速度が一番大きくなる。
- 工事による振動は、作業階で大きく下階では小さい。
- 9/14滋賀県北部地震(M4.1, 名古屋市:震度1)、11/22長野県北部(M6.7、名古屋市守山区:震度2)、12/3愛知県西部地震(M4.2、名古屋市守山区:震度2)による振動と比較すると、工事による当該階の振動は**震度2の地震による振動と同程度**である。



地上解体工事



地上解体工事状況と加速度記録



名古屋市立大学薬学部研究棟(RC造)

—建物概要—

竣工 : 1962年(昭和37年)

階数 : 3階+塔屋

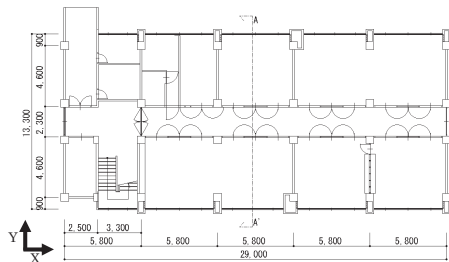
構造 : 鉄筋コンクリート造

桁行(X)方向29.0m(5スパン:ラーメン構造)

梁間(Y)方向11.1m(3スパン:ラーメン構造+耐震壁)

建築面積:393.45m²

延床面積:1200m²

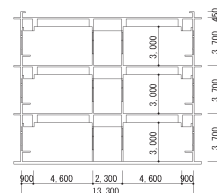
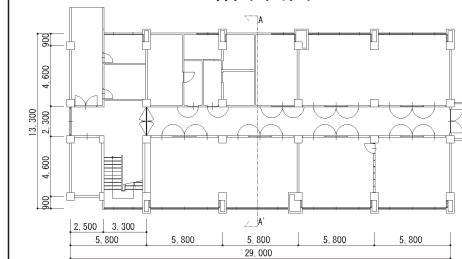
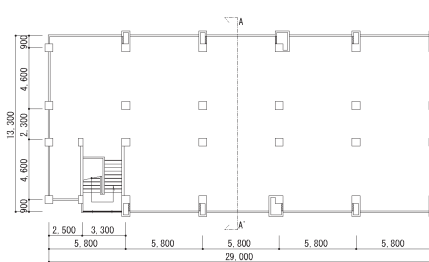
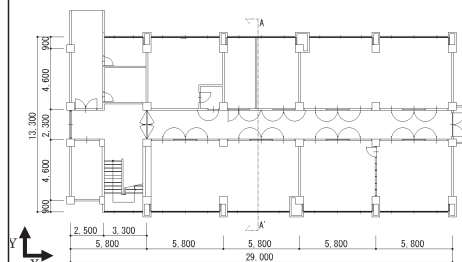


東面



南面

名古屋市立大学薬学部研究棟(RC造)



名古屋市立大学薬学部講義棟(RC造)

—建物概要—

竣工 : 1963年(昭和38年)

階数 : 4階

構造 : 鉄筋コンクリート造

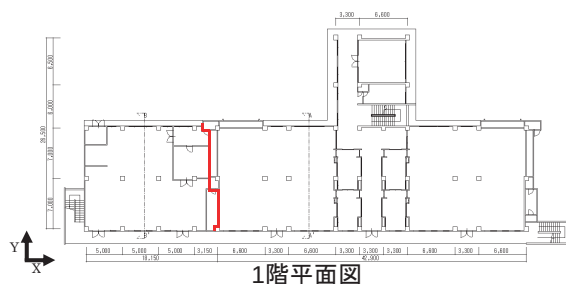
桁行(X)方向42.9m(9スパン:ラーメン構造+耐震壁)

梁間(Y)方向26.5m(4スパン:ラーメン構造)

建築面積:728.34m²

延床面積:2270m²

※エキスパンションジョイント(赤線)により東側と西側に分かれている。



1階平面図



南面

名古屋市立大学薬学部講義棟西側(RC造)

—建物概要—

竣工 : 1969年(昭和44年)

階数 : 2階

構造 : 鉄筋コンクリート造

桁行(X)方向18.2m(4スパン:ラーメン構造+耐震壁)

梁間(Y)方向14.0m(2スパン:ラーメン構造)

建築面積:270.3m²

延床面積:540.6m²



東面

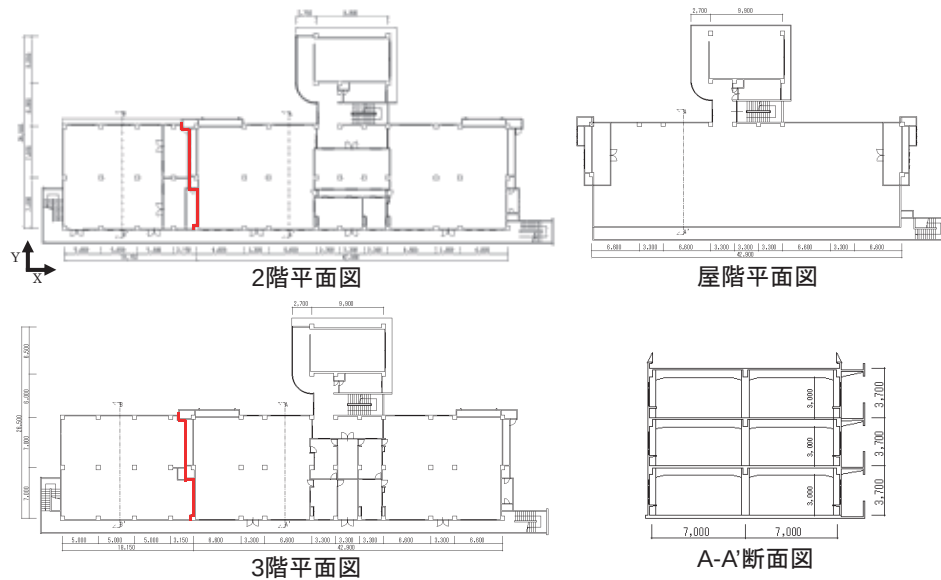


南面

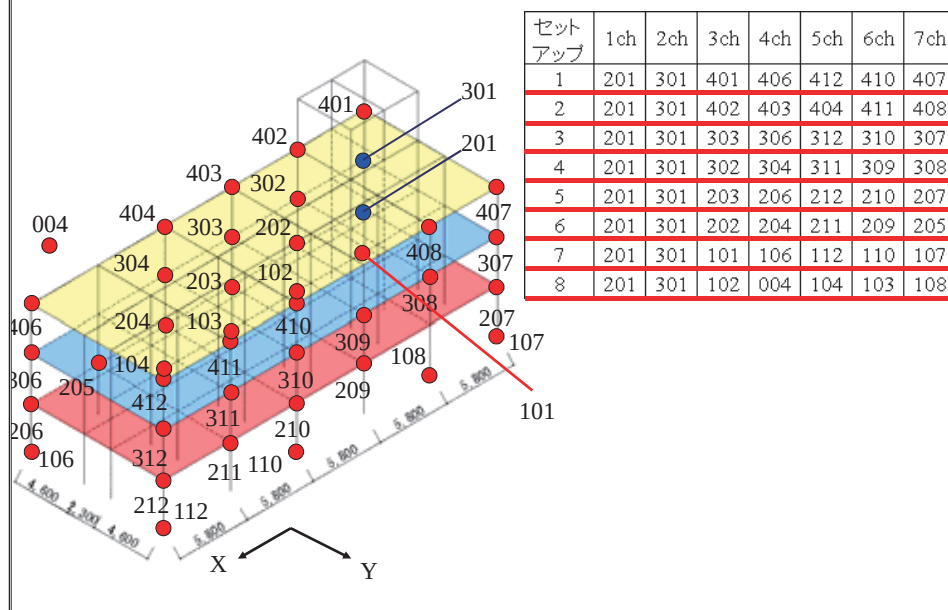


西面

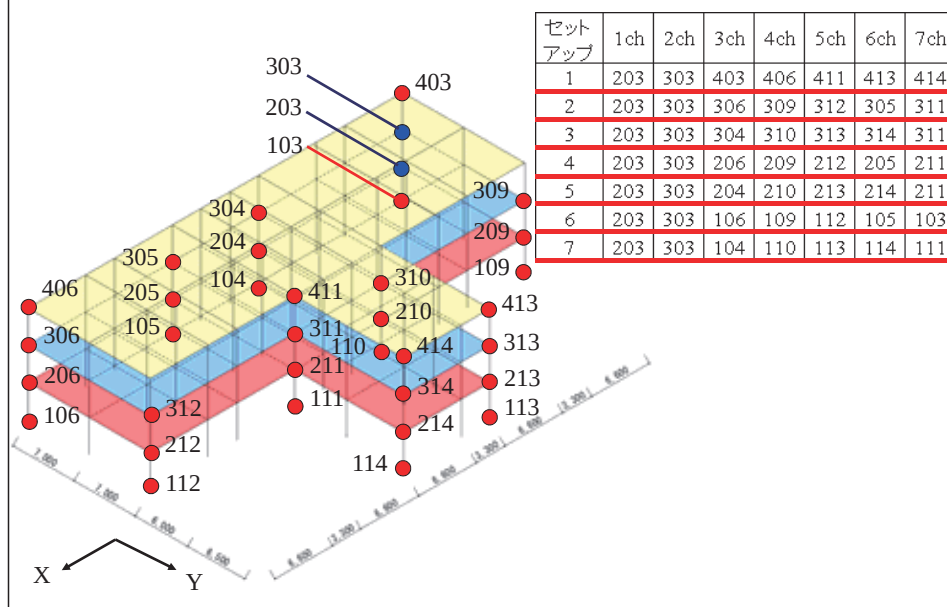
名古屋市立大学薬学部講義棟(RC造)



常時微動測定(名古屋市立大学薬学部研究棟)



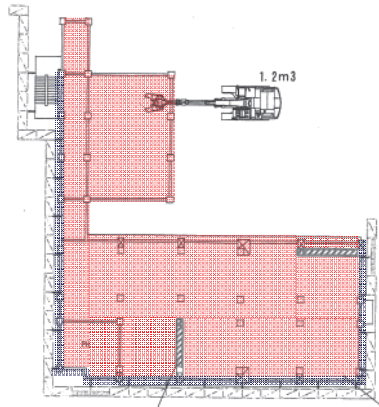
常時微動測定(名古屋市立大学薬学部講義棟)



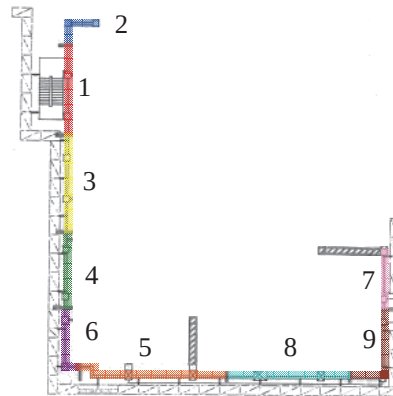
解体工事概要

解体計画

1. 中央部解体



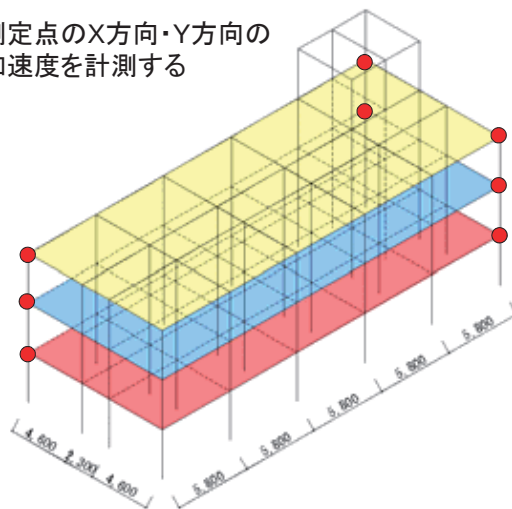
2. 壁倒し



解体工事概要

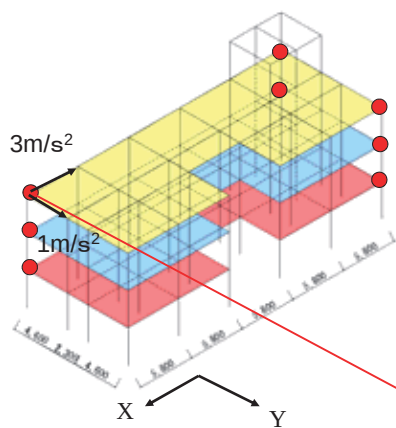
加速度センサーの設置位置

測定点のX方向・Y方向の
加速度を計測する

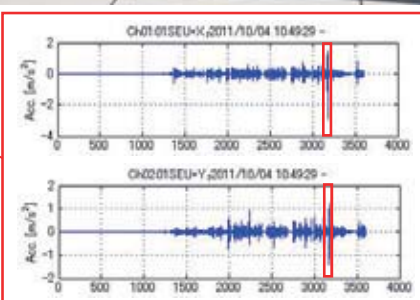


加速度センサー

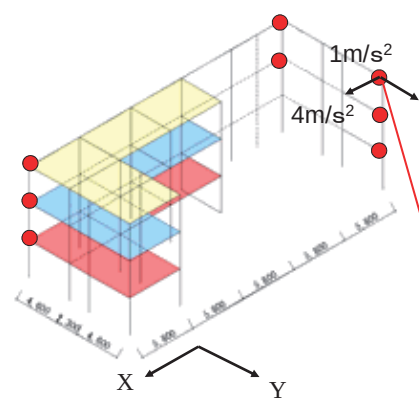
解体工事概要



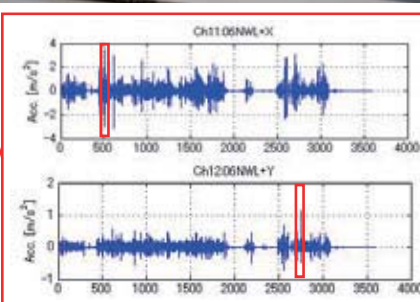
10月4日 11時44分49秒
加速度



解体工事概要

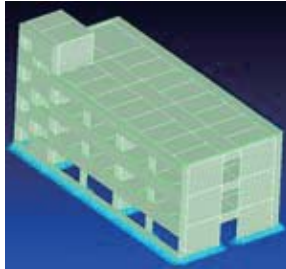


10月5日 11時34分10秒
加速度



有限要素法による解析

名古屋市立大学薬学部研究棟

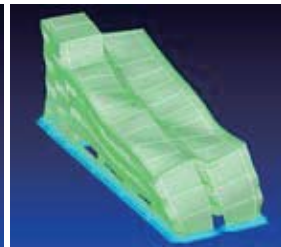


解析モデル

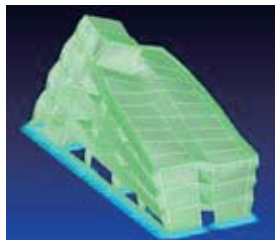
Femap with NX Nastran
 静弾性係数: $2.67 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
 ポアソン比 :0.2
 質量密度 :2287.8kg/m³
 節点数 :24,069
 要素数 :26,674



一次モード(桁行方向)



二次モード(梁間方向)



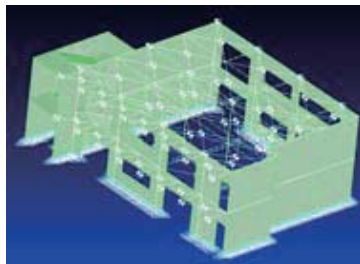
三次モード(ねじれ)

モード	固有振動数 [Hz]
1	4.17
2	11.66
3	14.11

解析結果

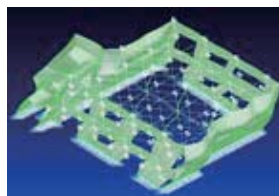
有限要素法による解析

名古屋市立大学薬学部講義棟

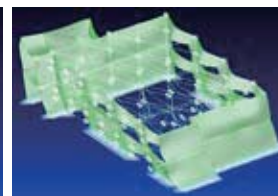


講義棟西側解析モデル

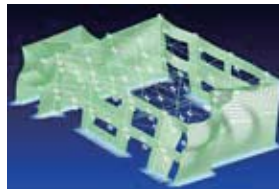
Femap with NX Nastran
 静弾性係数: $1.984 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
 ポアソン比 :0.2
 質量密度 :2233.15kg/m³
 節点数 :12,934
 要素数 :13,342



一次モード(桁行方向)



二次モード(梁間方向)



三次モード(ねじれ)

モード	固有振動数 [Hz]
1	10.45
2	15.31
3	20.69

解析結果

名古屋市立大学北千種体育館(S造)

—建物概要—

竣工 : 1970年(昭和45年)

構造 : 鉄骨造

桁行(X)方向40.88m(6スパン:ラーメン構造)

梁間(Y)方向29.00m(3スパン:ラーメン構造)

建築面積:1310.34m²

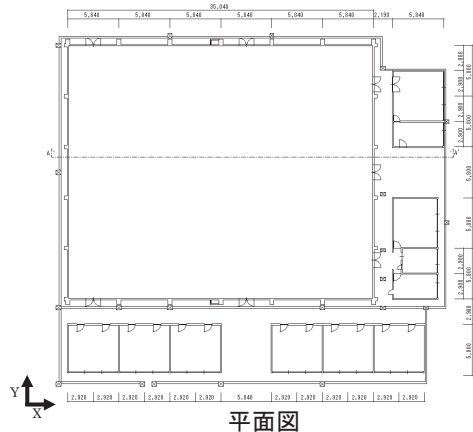
延床面積:1363.26m²



南面



東面

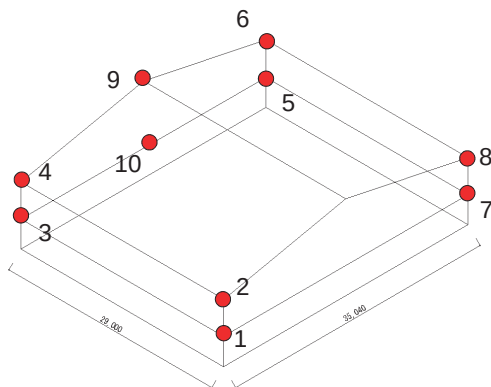


平面図

解体工事概要

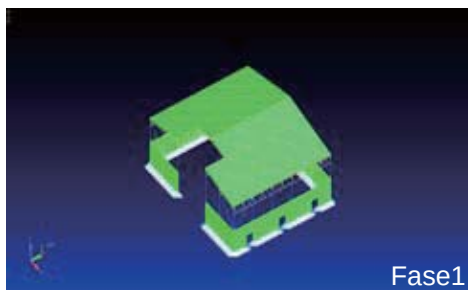
加速度センサーおよび歪ゲージの設置位置

測定点のX方向・Y方向の加速度および歪を計測する。

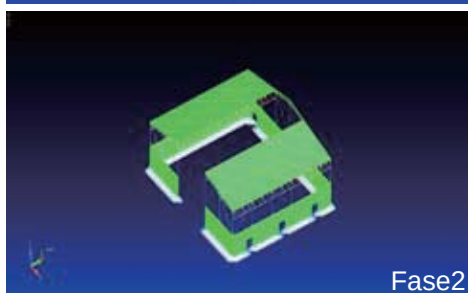


加速度センサーおよび
歪ゲージの設置位置

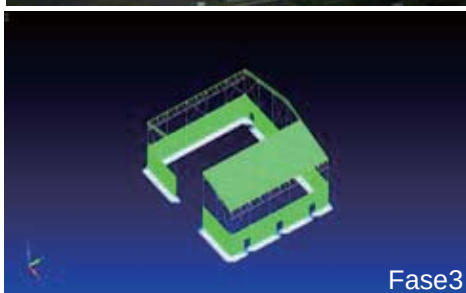
解体工事概要



Fase1

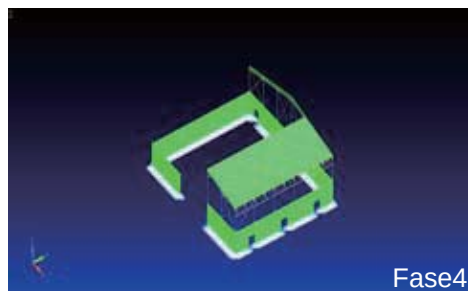


Fase2



Fase3

解体工事概要



Fase4



Fase5



Fase6

解体工事概要



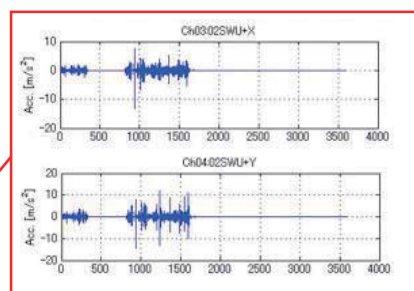
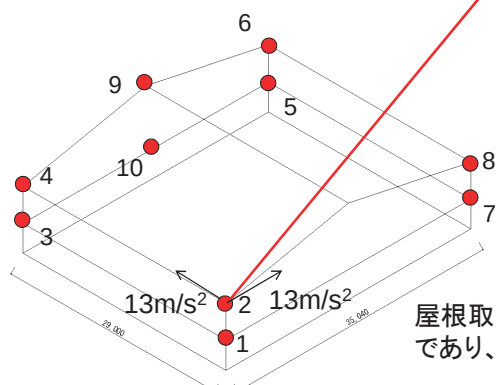
Fase7



Fase8

加速度記録

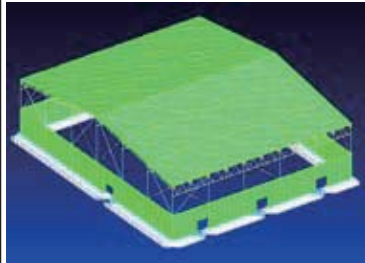
名古屋市立大学北千種体育館
Fase2の時の加速度



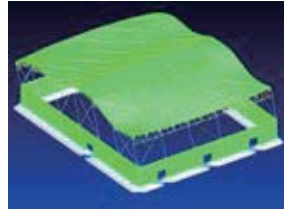
屋根取り壊し時の最大加速度は、測定箇所2であり、X・Y方向ともに 13m/s^2 となった。

有限要素法による解析

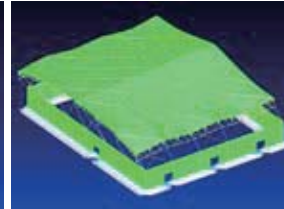
名古屋市立大学北千種体育館



解析モデル



一次モード(桁行方向)



二次モード(梁間方向)

Femap with NX Nastran

静弾性係数 : $2.0 \times 10^{11} \text{N/m}^2$

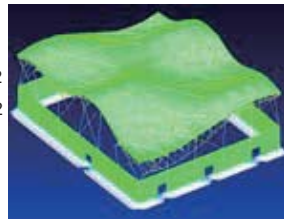
せん断弾性係数 : $8.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$

ポアソン比 : 0.25

質量密度 : 7870kg/m^3

節点数 : 30857

要素数 : 35121



三次モード(ねじれ)

モード	固有振動数 [Hz]
1	3.76
2	4.02
3	9.17

まとめ

- ・ 減築(階上解体)工事中の水平方向振動は、躯体解体作業を行っている当該階で大きく、1階、地下1階ではそれほど大きくないことが分かった。
- ・ 減築(階上解体)工事中の上下方向振動は、下階まで大きく伝わっていることが分かった。
- ・ 地上解体工事中の振動は、幹線道路の交通振動の約10倍程度の大きさであることが分かった。
- ・ 一概に単純比較はできないが、RC造の場合、階上解体工事に比べ地上解体工事の方が建物振動が約10倍大きいことが分かった。
- ・ 鉄骨造体育館の地上解体工事中の振動は、非常に大きいことが分かった。

諸外国における土木・建築構造物の 解体工事に関する調査研究

防衛大学校
システム工学群建設環境工学科
教授 藤掛一典

本研究の目的

- 我が国における解体工事に関する諸般の問題点
 - 構造物の大型化・高層化
 - 解体工事従事者の高齢化
 - 解体工事に起因する重大事故
 - 分別解体と再資源化の問題
 - 振動・騒音の問題
 - 低入札額の問題
- このような問題は、日本独自のものなのか？諸外国ではどうなのか？

諸外国における解体工事の現状を調査してみよう

諸外国における解体工事調査方法

諸外国の解体工事に関する情報収集
インターネット・本・他等



関係者を探し連絡・アポイント



海外調査の実施



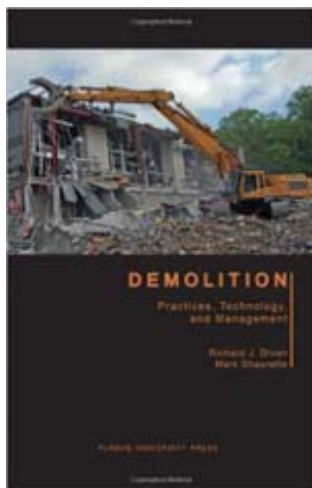
米国とカナダを結ぶCornwall Bridgeの解体

セキュリティ上の理由から断られることも多々あった

解体工事に関する海外調査

No.	調査対象国	年 月	調 査 内 容
1	カナダ	2015年5月	✓ Sir John Carling Building（オタワ）の発破解体工事
2	米国およびカナダ	2015年6月～7月	✓ パデュー大学における情報交換 ✓ Old Port Mann Bridge（バンクーバー）の解体工事
3	英国	2015年9月	✓ R W Clarke LTDにおける発破解体に関する情報交換
4	インドおよびシンガポール	2015年12月	✓ 再生骨材に関する調査

パデュー大学における情報交換



Demolition – Practices, Technology and Management –

著者：

- Richard J. Diven
- Mark Shaurette

パデュー大学における情報交換

Mark Shaurette 教授



- 所属：建設マネジメント学科
(Building Construction Management)
- 担当授業科目
 - ✓ BCM330 解体工事マネジメント概論
(Introduction to Demolition & Reconstruction Management)
 - ✓ BCM331 解体工事マネジメント特論
(Advanced Demolition & Reconstruction Management)
 - ✓ BCM499E 解体・建設工事のための重機
(Heavy Equipment for Demolition & Construction)

パデュー大学における情報交換



Mr. Rob Clark (R W Clark LTD)を訪 問



これまでに従事した代表的な発破解体例



Birmingham



Edinburgh



Portugal



Abu Dhabi

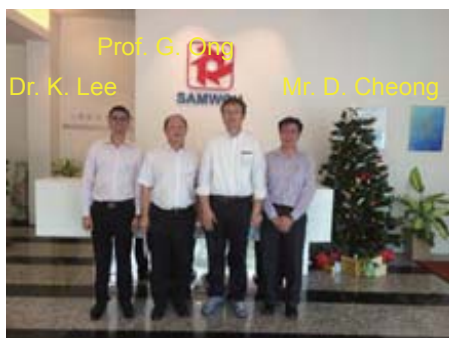


Jordan



Dubai

シンガポールにおける調査 (再生骨材を製造しているSamGreen社を訪問)



SamGreen社の再生骨材プラント

カナダ・オタワ市の Sir John Carling Building の発破解体

Sir John Carling Buildingの発破解体の調査に協力を頂いたMr. Rick MacEwen

□ Watson MacEwen Tanimura Architects



Sir John Carling Buildingの位置



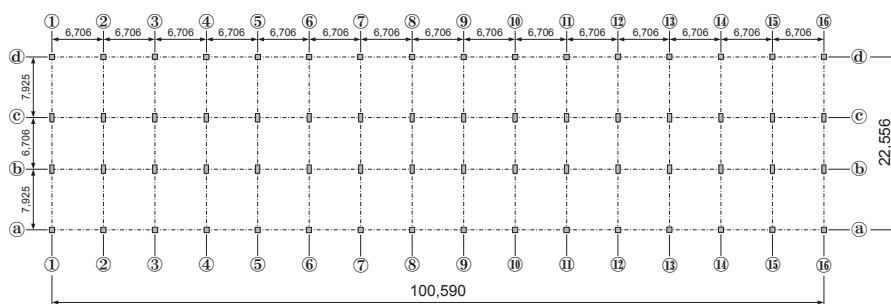
Sir John Carling Buildingの全景



- ◆ カナダ農業省のビル
- ◆ 1967年竣工
- ◆ 本館（RC造：地下2階，地上11階）
- ◆ 東ウイング（RC造：地下1階，地上2階）

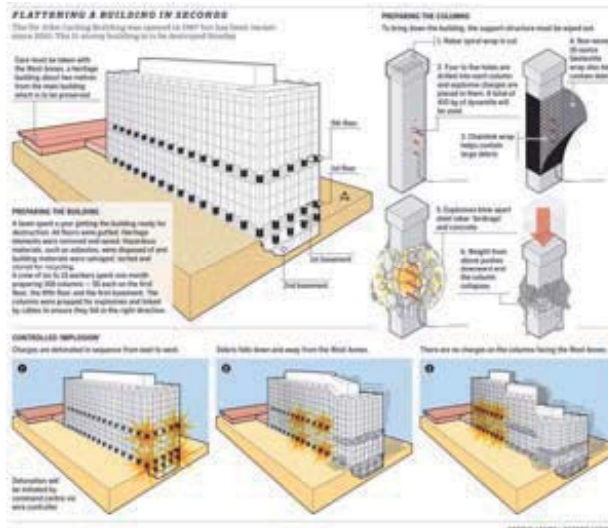
部分	面積 (m ²)
地下2階	6,522
地下1階	7,039
1 階	6,140
2 階	4,608
3 階	2,248
4 階	2,248
5 階	2,248
6 階	2,248
7 階	2,248
8 階	2,248
9 階	2,248
10 階	2,248
11 階	2,248
ペントハウス	624
合計	45,165

発破解体する本館1階の柱伏図



本館部分1階の柱伏図

発破解体の概要(本館ビル)



- 使用爆薬：ダイナマイト
- 使用爆薬量：410kg
- 爆薬設置柱数：168本
56本/階×3階=168本
- 1柱当たりの爆薬量
410kg/168本=2.44kg/本

1ホール当たりの装薬量の検討

- 1ホール当たりの装薬量の算定式

$$L = C \times A$$

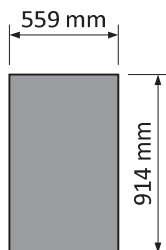
ここで、 L = 装薬量(kg), C = 発破係数(kg/m²), A = 柱断面積(m²)

- 1ホール当たりに必要な装薬量の算定

$$L = 0.6 \left(\text{kg/m}^2 \right) \times 0.559 \times 0.914 \left(\text{m}^2 \right) = 0.30 \left(\text{kg} \right)$$

- 1ホール当たりの実際の装薬量

$$L = 2.44 \left(\text{kg} \right) \div 4 \left(\text{ホール数} \right) = 0.61 \left(\text{kg} \right)$$



Sir John Carling Buildingの柱断面

発破解体時の立ち入り制限区域



- 発破解体日時
2014年7月13日午前7:00
- 立ち入り禁止ゾーン
半径300mの範囲

発破解体の準備状況



外壁の撤去



隔壁(EV用)の撤去



外壁撤去後の状況



飛散防止用シートの施工



倒壊方向制御用ケーブル



外壁撤去後の全景

発破解体の状況（ビデオ）



発破解体の状況（写真）



Watson MacEwen Tanimura Architectsによる積算額

項 目	積算額 (カナダドル)	積算額 (日本円)
建物解体費	\$ 2,858,900	¥263,018,800
有害物の除去・処理費	\$ 3,500,000	¥322,000,000
現場運営経費	\$ 2,859,600	¥263,083,200
合 計	\$ 9,218,500	¥848,102,000

単位:カナダドル \$1 = ¥92

解体構造物の数量

- 延床面積=45,165m²
- 鉄筋コンクリート=12,273m³

単位面積当たりの単価

$$\$9,218,500 / 45,165 \text{ m}^2 = \$204.10 / \text{m}^2 = 18,777 \text{ 円} / \text{m}^2$$

Watson MacEwen Tanimura Architectsによる積算額(建物解体費)

項 目	数 量	単 価	積算額	建物解体費合計
RC構造物	12,273m ³	\$147.24/m ³	\$1,807,100	\$2,858,400
内装撤去	45,165m ²	\$13.71/m ²	\$619,400	
設備撤去	45,165m ²	\$4.57/m ²	\$432,400	



建築施工単価

解体条件：RC構造物，圧碎機主体の階上解体，東京

- 解体単価=5,200円/m³=\$56.52/m³

ただし，この単価は，元請と専門業者の取引価格

単位:カナダドル \$1 = ¥92

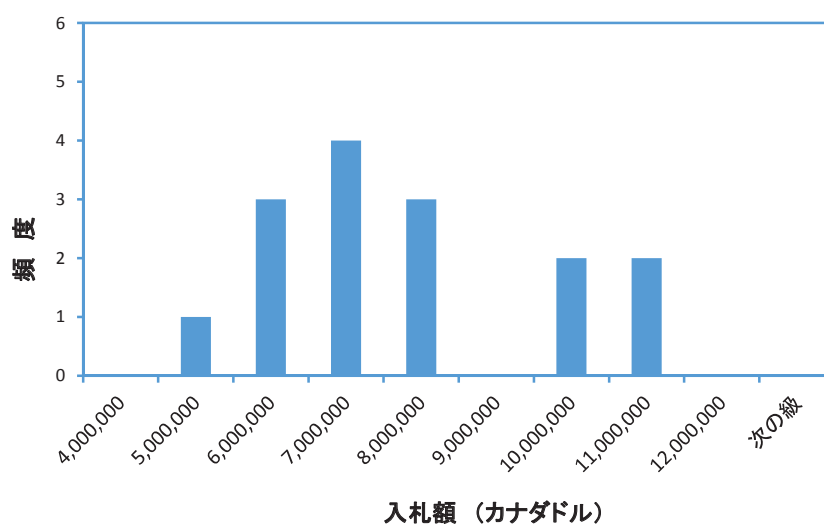
RC構造物の解体単価比較

$$\$56.52 / \text{m}^3 \div \$147.24 / \text{m}^3 \times 100\% = 38.4\%$$

入札額の状況（15社が入札参加）



入札額の状況（15社が入札参加）



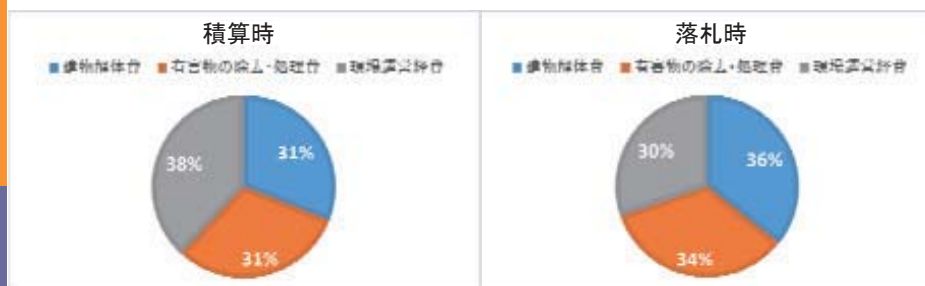
落札状況

項 目	積算額	落札額	比率 (%)
建物解体費	\$ 2,858,900	\$1,742,544	61
有害物の除去・処理費	\$ 3,500,000	\$1,666,734	48
現場運営経費	\$ 2,859,600	\$1,479,622	52
合 計	\$ 9,218,500	\$4,888,900	53

RC構造物の解体単価の検討

- 入札におけるRC構造物の解体額=\$1,807,100(積算額) $\times$ 0.61=\$1,102,331
- RC構造物解体単価=\$1,102,331 $\div$ 12,273m³=\$89.82/m³
- 建築施工単価との比較 : \$89.82 $\div$ \$56.52=159(%)

各経費が工事費に占める割合



Sir John Carling Buildingの発破解体 調査から得られたことのまとめ

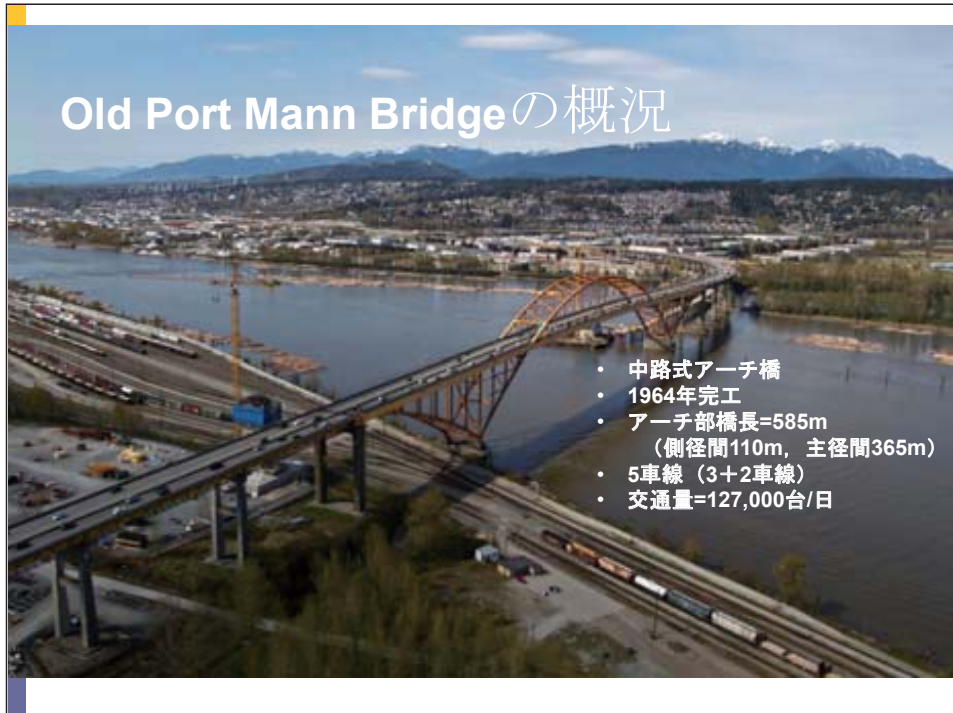
- 発破解体の詳細な情報を得ることができた。この情報は、今後、我が国で発破解体を行う上で活用できる。
- 発破解体を採用することにより工事費用を抑制できる。

カナダ・メトロバンクー バーのOld Port Mann Bridge の解体

Kiewit/Flatiron JV オフィスを訪問

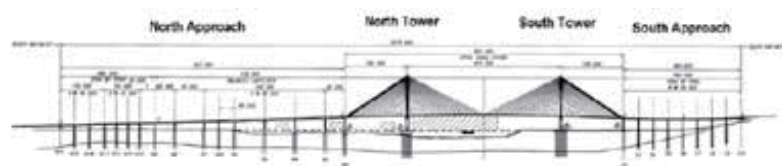


Old Port Mann Bridgeの概況



New Port Mann Bridgeの概況

- 設計会社： T.Y. Lin International
- 施工会社： Kiewit/Flatiron JV
- 斜張橋部分（橋長850m）2012年9月18日開通
 - 主径間470m
 - 側径間190m
 - 橋幅65m（10車線）ギネス世界記録
- 南側アプローチ
 - 全長350m プレキャストセグメント327個で構成
- 北側アプローチ
 - 全長820m プレキャストセグメント831個で構成



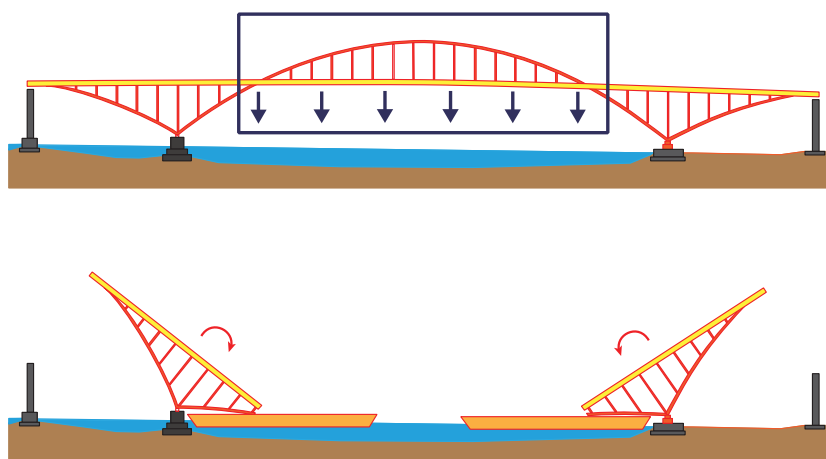
慢性的な交通渋滞を解消するための New Port Mann Bridgeの建設



Old Port Mann Bridgeの解体



当初の解体計画



1964年当時のOld Port Mann Bridgeの架設状況



1964年当時のOld Port Mann Bridgeの架設状況



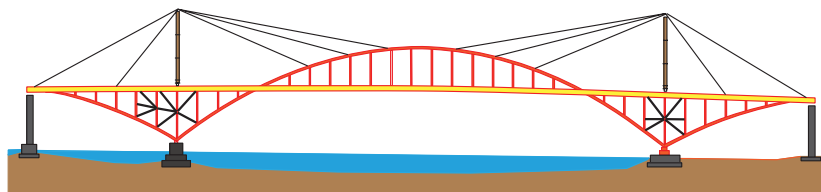
1964年当時のOld Port Mann Bridgeの架設状況



1964年完成時のOld Port Mann Bridgeの状況



架設時施工手順の反転（リーバス）による解体



Old Port Mann Bridgeの解体チーム

元請業者

Kiewit
Flatiron

Infinity Engineering



- 解体順序の検討
- 仮設ブレーシングの設計



McNARY BERGERON
& ASSOCIATES
ENGINEERED CONSTRUCTION®

- 引張ケーブルと仮設タワーの設計

Kiewit Infrastructure Engineers



- 解体計画全体の審査
- 橋梁のコンピュータ解析

現場作業チーム

Ironworkers Local 97



- 解体作業

Actes Environmental



- 含鉛ペイントの除去

Christian Labour Association of Canada



- 荷卸し作業

CAC Recycling



- 解体鋼材のリサイクルリング

補強用ブレースの設置



ブレースの溶接施工の状況



補強ブレースの設置状況

仮設タワーの設置



床版に置かれた仮設タワー

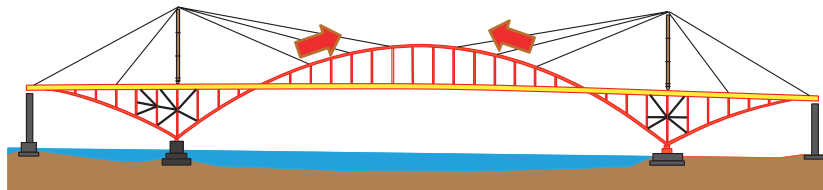


仮設タワー設置用のトリッピングタワー



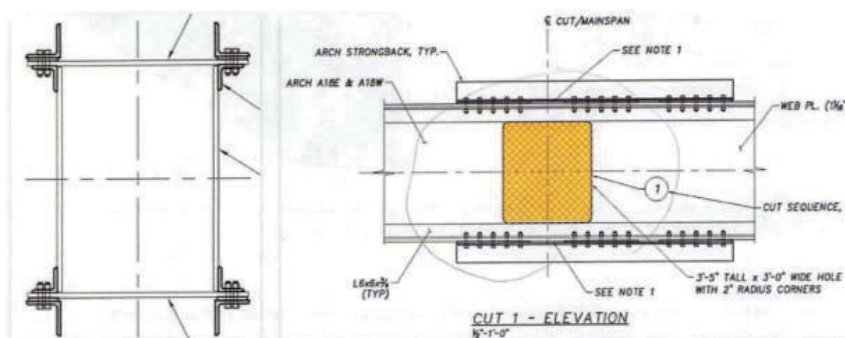
定位置に設置された仮設タワー

解体時の技術的問題



アーチリブには大きな圧縮力が作用しているので単純に切断すると大変危険である。

技術的問題の解決方法



[illegible]

主桁・アーチリブの解体



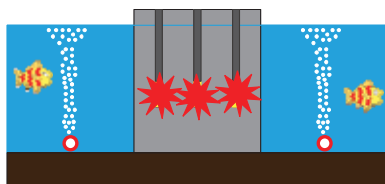
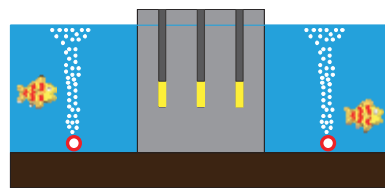
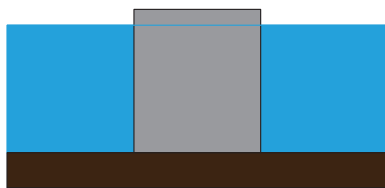
仮設タワー撤去時の状況



アプローチ部分の解体



水面下の橋脚解体への発破解体



バブルカーテンによる水中発破
による水中生物への影響の低減



Old Port Mann Bridgeの解体工事の 調査から得られたことのまとめ

- 施工計画時に十分に解体工法・手順について検討して見積もりをする必要がある。
- 構造物の解体は、建設と同じぐらいの難しさがある。

高強度コンクリートの圧砕効率に関するジョークラッシャを用いた基礎的検討

ものづくり大学 技能工学学部 建設学科 准教授 大塚 秀三
ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 ものづくり学専攻 ○樫村 啓

1. はじめに

高強度コンクリートは、1995 年頃より、首都圏の大型建築物を中心に普及し、近年、さらに適用例が増加する傾向にある。一方で、建築物の更新時期が竣工後 30 年程度であることから、近い将来には高強度コンクリートを用いた建築物の解体工事が増加することが予想される¹⁾。

しかしながら、鉄筋コンクリート造の解体工事に関する研究開発は、1970 年以降に始まっており²⁾、その歴史は浅く、高強度コンクリートを用いた建築物の解体について未だ報告数が少ないのが現状である。また、普通強度のコンクリートと比較して高強度コンクリートでは、圧砕工法による圧砕効率がどの程度低下するかについて不明な点が残っている。

そこで本研究では、高強度コンクリートの圧砕効率を評価するための基礎的段階として実験室用のジョークラッシャを用いて、高強度コンクリートの圧砕効率を定量化することを目的とした。

ここでは、単位粗骨材かさ容積、圧縮強度および試験体寸法の相違が実験室用のジョークラッシャを用いた圧砕効率に及ぼす影響を検討した結果を報告する。

2. ジョークラッシャの破碎機構

ジョークラッシャの破碎機構を図-1 に示す。ジョークラッシャは、スイングジョープレート上部とトグルプレートに位置する偏心軸の回転により、スイングジョープレートの上部が円運動を、下端に近づくほど細長い楕円運動を繰り返すことによって揺動運動を行う³⁾。その際、固定ジョープレートと揺動するスイングジョープレートは、対抗して破碎室を形成しており、圧縮・破碎を繰り返しながら、下部に排出される構造となっている。なお、実験に用いた実験室用のジョークラッシャの性能を表-1 に示す。

3. 実験概要

3.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表-2 に示す。本研究では、圧縮強度による影響を検討するため、水セメント

比を 20, 25, 35 および 50%の 4 水準とし、コンクリートに含まれる粗骨材量による影響を検討するため、単位粗骨材かさ容積を 0.45, 0.55 および 0.65m³/m³の 3 水準とした。また、試験体寸法は、60×60×60mm, 80×80×80mm および 100×100×100mm(以下、60 角, 80 角および 100 角とする)の 3 水準とした。

3.2 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-3 に示す。セメ

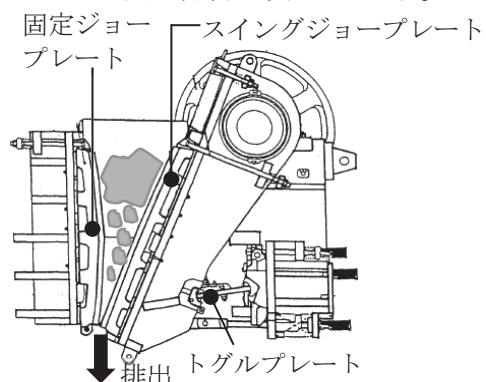


図-1 ジョークラッシャの破碎機構

表-1 ジョークラッシャの性能

粗砕粒度 (mm)	粗砕能力 (kg/h)	所要動力 (kw)	回転数 (r.p.m)
5	250	1.5	280~300

表-2 実験の要因と水準

要因	水準
W/C(%)	20, 25, 35, 50
単位粗骨材かさ容積(m ³ /m ³)	0.45, 0.55, 0.65
試験体寸法(mm) b×h×L	60×60×60 80×80×80 100×100×100

表-3 コンクリートの使用材料

材料	種類	品質・性質
セメント	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³
水	上水道水	—
細骨材	栃木県栃木市尻内町産陸砂	表乾密度: 2.61g/cm ³
粗骨材	栃木県佐野市会沢町産石灰石岩碎石 2005	表乾密度: 2.70g/cm ³
化学混和剤 (Ad)	AE 剤	天然樹脂酸塩
	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系化合物

表-4 コンクリートの調合

セメントの種類	空気量 (%)	W/C (%)	単位粗骨材かさ容積 (m ³ /m ³)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				Ad* ¹ (C×%)	Ad* ² (C×%)	単位容積質量 (kg/l)	圧縮強度 (N/mm ²)
					W	C	S	G				
N	4.5	20	0.45	52.4	150	750	804	713	1.6	2.5	2.455	96.9
			0.55	41.9			642	871			2.451	83.4
			0.65	31.3			480	1030			2.448	87.7
		25	0.45	56.1	150	600	932	713	1.2	2.0	2.425	73.1
			0.55	46.4			770	871			2.421	74.1
			0.65	36.6			608	1030			2.418	96.9
		35	0.45	59.7	150	429	1078	713	1.0	1.2	2.370	58.4
			0.55	50.7			916	871			2.366	50.2
			0.65	41.7			754	1030			2.363	41.7
		50	0.45	62.0	150	300	1188	713	1.0	—	2.351	22.0
			0.55	53.5			1026	871			2.347	36.9
			0.65	45.1			864	1030			2.344	33.5

Ad*¹AE剤, Ad*²高性能AE減水剤

表-5 試験項目および方法

試験項目	試験方法	材齢
圧縮強度試験	JIS A 1108:2006	7 日
ジョークラッシャによる 破砕試験	—	
骨材のふるい分け試験	JIS A 1102:2006	

ントは普通ポルトランドセメント, 細骨材は陸砂とし, 粗骨材は石灰石岩砕石 2005 とした。さらに, 化学混和剤として AE 剤および高性能 AE 減水剤を使用した。また, コンクリートの調合を表-4 に示す。コンクリートの調合は, 単位水量を一定とし, いずれの水セメント比とも単位粗骨材かさ容積を 0.45, 0.55 および 0.65m³/m³ の 3 水準とした。

3.3 試験項目および試験方法

試験項目および方法を表-5 に示す。試験項目は, JIS A 1108:2006 に準拠したコンクリートの圧縮強度試験, ジョークラッシャによる破砕試験および JIS A 1102:2006 に準拠した骨材のふるい分け試験とした。なお, 以上の試験の材齢は, 全て 7 日とした。

実験のフローを図-2 に示す。コンクリートの練混ぜ方法は, JIS A 1138:2005 に準じて行った。型枠脱型時期は, コンクリートの打込みから 2 日とした。また, 試験体の養生方法は, 水中養生槽において水温 20℃の環境下で 7 日間の標準養生とした。

ジョークラッシャによる破砕試験は, 実機圧砕機を模擬した実験室用のジョークラッシャを用いて, 試験体の破砕時間を計測した。破砕時間の

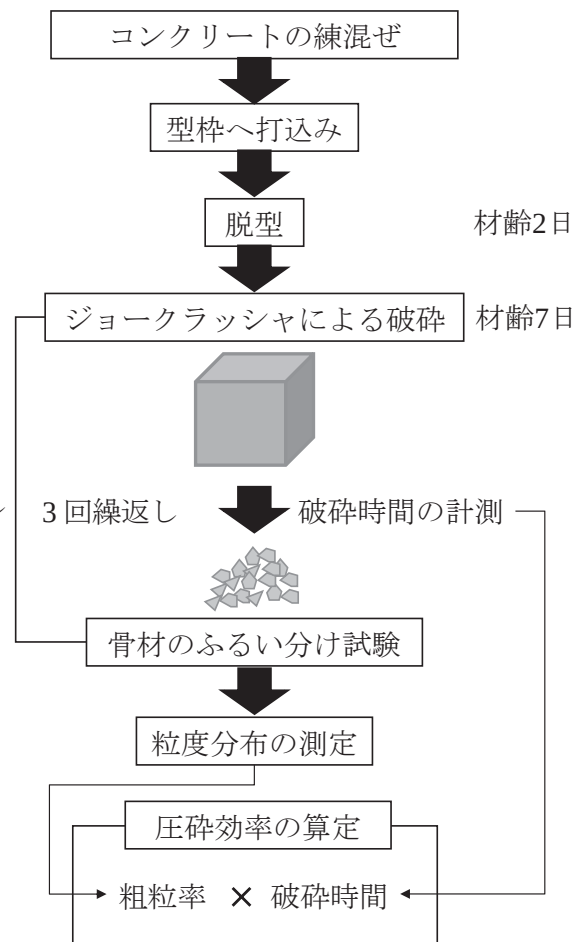


図-2 実験のフロー

計測は, ジョークラッシャ上部の一定の高さから試験体を投入し, ジョークラッシャの排出口からすべての破砕物が排出されるまでの時間とした。また, 試験体の破砕後に骨材のふるい分け試験を行った。以上のサイクルを, 1 試験体につき 3 回繰返し行った。

4. 結果および考察

4.1 粒度分布

単位粗骨材かさ容積 $0.55\text{m}^3/\text{m}^3$ における粒度分布の例を図-3 および粒度変化の例を写真-1 に示す。粒度分布は、試験体寸法が大きくなるにつれ、変化量が大きくなる傾向を示した。これは、試験体寸法が大きくなるにつれ破碎されやすくなったためと考えられる。また、いずれの水セメント比においても、破碎回数が多くなるにつれ、粒径が小さくなる傾向を示した。

4.2 単位粗骨材かさ容積による影響

単位粗骨材かさ容積と破碎時間の関係を図-4 に示す。破碎時間は、試験体寸法が大きくなるにつれ、長くなる傾向を示した。これは、試験体寸法が大きくなるにつれ、ジョークラッシャで破碎する量が多くなったためと考えられる。また、いずれの水セメント比においても、2 回目および3 回目の破碎時間は、概ね同程度となった。これは、ジョークラッシャの排出口の最小寸法が約 25mm であるため、1 回目の破碎後の試料が、ほぼ破碎されず通過したためと考えられる。

単位粗骨材かさ容積と粗粒率の関係を図-5 に示す。粗粒率は、単位粗骨材かさ容積の相違における影響が確認できなかった。しかし、粗粒率は、試験体寸法が大きくなるにつれ、小さくなる傾向を示した。これは、試験体寸法が大きくなるにつれ、破碎される試料が多くなり、ジョークラッシャの歯間から試験体が通過しにくいいため、特に 100 角の試験体において粗粒率が小さくなったと考えられる。

以上より、単位粗骨材かさ容積は、破碎時間および粗粒率に及ぼす影響が小さいことが確認された。したがって、単位粗骨材かさ容積が圧碎効率に及ぼす影響は小さいと考えられる。

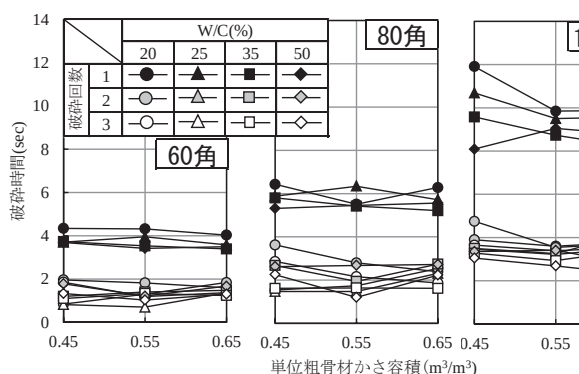


図-4 単位粗骨材かさ容積と破碎時間の関係

4.3 圧縮強度による影響

圧縮強度と破碎時間の関係を図-6 に示す。1 回目の破碎時間は、圧縮強度が大きくなるにつれ、長くなる傾向を示した。一方、2 回目および3 回目については、圧縮強度に応じた変化は小さかった。

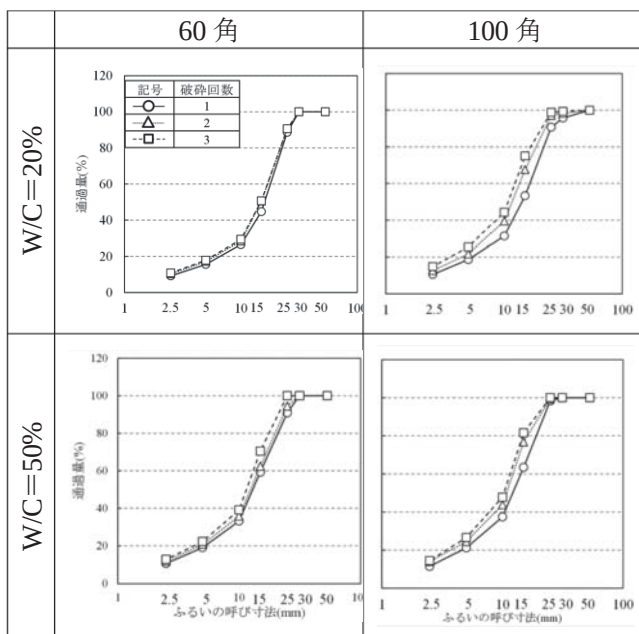


図-3 粒度分布の例
(単位粗骨材かさ容積 $0.55\text{m}^3/\text{m}^3$)

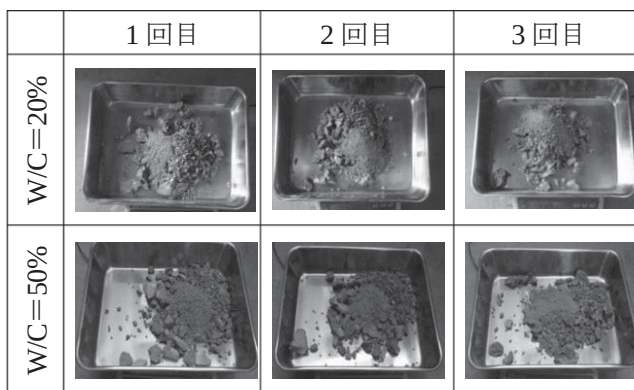


写真-1 粒度変化の例
(単位粗骨材かさ容積 $0.55\text{m}^3/\text{m}^3$)

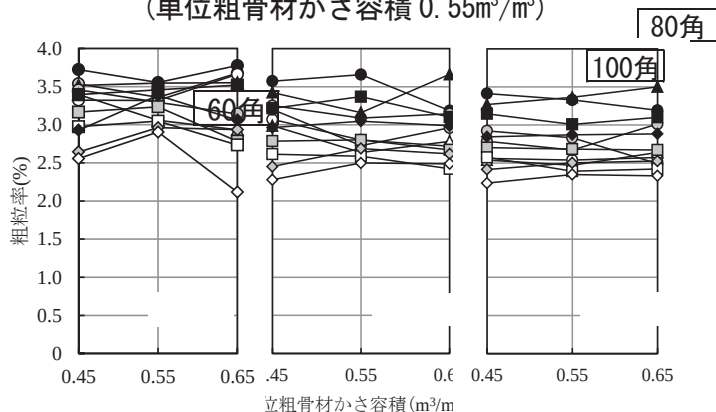


図-5 単位粗骨材かさ容積と粗粒率の関係

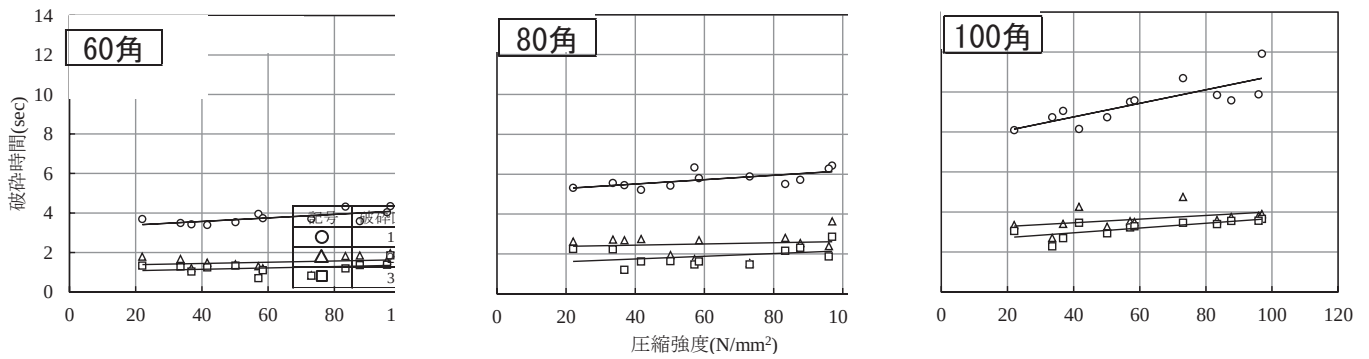


図-6 圧縮強度と破砕時間の関係

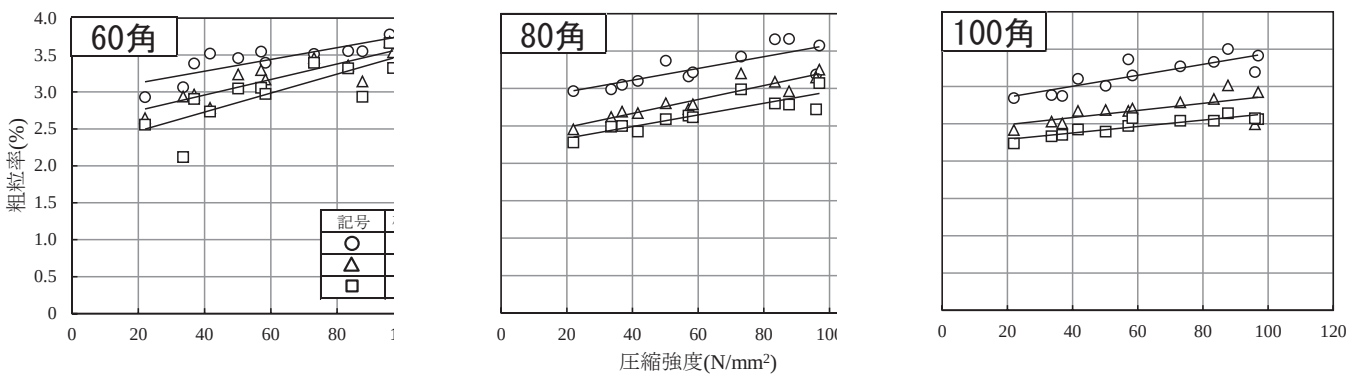


図-7 圧縮強度と粗粒率の関係

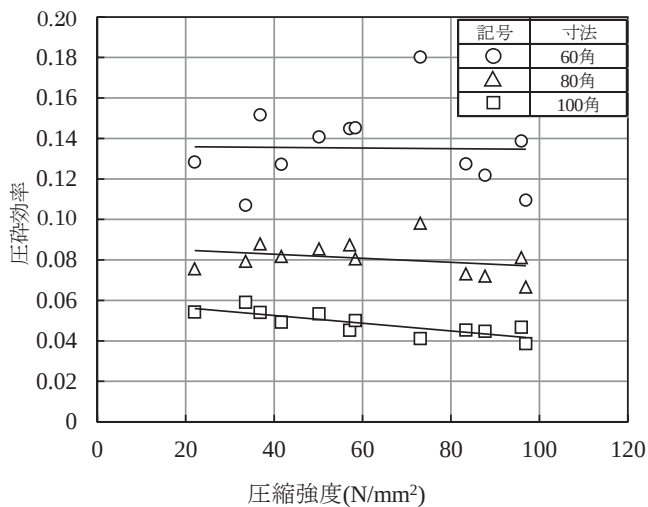


図-8 圧縮強度と圧砕効率の関係

た。これは、先述したように、試料が破砕されず、歯間を通過したことに起因すると考えられる。

圧縮強度と粗粒率の関係を図-7 に示す。粗粒率は、圧縮強度が大きくなるにつれ、大きくなる傾向を示した。これは、圧縮強度が高いほど破砕されにくくなり、試料が大きいまま通過したためと考えられる。

以上より、圧縮強度が1回目の破砕時間および粗粒率に及ぼす影響が大きいことが確認され、圧縮強度が大きくなるにつれ、圧砕効率が低下する

と考えられる。

5. 圧砕効率

本研究では、圧砕効率を粗粒率の変化量と1回目、2回目および3回目の破砕時間の合計の逆数を乗じた値と定義した。すなわち、破砕時間の合計が短く、粗粒率の変化量が大きいと圧砕効率が高いと言える。圧縮強度と圧砕効率の関係を図-8 に示す。圧砕効率は、圧縮強度が大きくなるにつれ、低下する傾向を示した。これは、圧縮強度が大きくなるにつれ、粗粒率の変化量が小さくなり、破砕時間が長くなったため、圧砕効率が低下したと考えられる。また、試験体寸法が大きくなるにつれ、圧砕効率が低下する傾向を示した。これは、試験体寸法が大きくなるにつれ、粗粒率の変化量は大きくなるが、破砕時間が長くなったためである。以上より、圧砕効率は圧縮強度が大きく、試験体寸法が大きいほど、圧砕効率が低下すると考えられる。

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 単位粗骨材かさ容積の変化が粗粒率および破砕時間に及ぼす影響は確認できなかった。

- (2) 寸法が大きくなるにつれ、粗粒率は小さくなり、破碎時間は長くなった。
- (3) 圧縮強度が大きくなるにつれ、粗粒率は大きくなり、破碎時間は長くなった。
- (4) 圧碎効率は、試験体寸法および圧縮強度が大きくなるにつれ、低下した。

本検討を踏まえ、今後は、実大の部材を対象に実機圧碎機を用いて破碎し、ジョークラッシャを用いた場合の圧碎効率との相関性について相対評価を行う予定である。

【 参考文献 】

- 1) 国土交通省：平成 24 年度建設副産物実態調査結果について、http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/fukusanbutsu/jittaichou sa/H24sensuskekka_sankou.pdf, 2016.5.18 参照
- 2) 公益社団法人 全国解体工事業団体連合会：解体工事施工技術講習テキスト<解体工事技術編>, pp.44-49, 2014.10
- 3) 柿木宣比古：骨材資源特集号 砕石業におけるジョークラッシャの新しい設計手法, 資源と素材, 110(13), pp.1043-1047, 1994

書Aの上限値である3.0wt%は満足した。ただし、その内訳は、アスファルトコンクリート塊が2.17wt%となっており、分類Aの上限値である2.0wt%を超える。

3. 再生骨材コンクリート

表2に本検討で用いたコンクリートの調合概要を示す。水セメント比を45%、55%および65%の3水準、再生粗骨材置換率を0%、50%および100%の3水準とした合計18種類の試料コンクリートを二軸強制練りミキサにより製造した。また、表3に各種コンクリートの性能試験結果を示す。コンクリートの性能は、フレッシュ性状、圧縮強度・ヤング係数、乾燥収縮率および促進中性化の諸試験により確認した。

3.1 フレッシュ性状

(1) スランプ

表3より再生骨材コンクリートのスランプは、適切な混和剤量の添加と再生粗骨材の含水率を調整することにより、いずれのコンクリートにおいても目標値を満足した。RGの含水率は、4.0%程度に調整することにより、所要のスランプならびに良好なワーカビリティが得られた。

(2) 空気量

空気量は、すべてのコンクリートにおいて、目標値を満足した。骨材修正係数は、再生粗骨材置換率の増加に伴い大きくな

り、置換率0%で0.1%、50%で0.3%、100%で0.5%であった。

(3) 単位容積質量

原モルタルおよび原セメントペーストの付着の影響により、一般コンクリートが最も大きくなり、再生粗骨材置換率100%の再生骨材コンクリートが最も小さくなった。

(4) コンクリート温度

試料コンクリートは、9月中旬から12月中旬にかけて打ち込んだため、いずれのコンクリートも35℃以下となった。

(5) 塩化物含有量

JIS A 5023より、フレッシュコンクリート中の水には、セメ

表1 使用した骨材の品質

品質項目		試験方法	一般細骨材	一般粗骨材		再生粗骨材
			NS ^{※1}	NG ₁ ^{※2}	NG ₂ ^{※2}	RG
絶乾密度 (g/cm ³)		JIS A 1109	2.60	2.63	2.64	2.29
吸水率 (%)		JIS A 1110	1.42	0.60	0.76	5.33
粗粒率 (F.M.)		JIS A 1102	2.73	6.66	6.65	6.39
微粒分量 (%)		JIS A 1103	※3	※3	※3	0.16
実積率 (%)		JIS A 1104	65.9	62.1	58.7	59.2
粒形判定実積率 (%)		JIS A 5005		62.1	58.4	59.5
不純 ^{※4} 物量 (wt%)	A	JIS A 5023				2.17
	B					0
	C					0
	D					0
	E					0
	F					0.02
	G					0.01
	合計					

※1: 揖斐川産川砂 ※2: 春日井産硬質砂岩砕石 2005

※3: 実施していない。

※4: A~Gの分類はJIS A 5023 附属書Aによる。

表2 コンクリートの調合概要

種類	調 合 条 件 ^{※1}						単 位 量 (kg/m ³)						
	セメント 種類	再生粗骨材 置換率 (%)	目 標 スランプ (cm)	目 標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	W	C	細骨材		粗骨材		Ad [※] (C×%)
									NS	NG ₁	NG ₂	RG	
NSNG ₁ -45	N	0	18.0±2.5	4.5±1.5	45	45.0	185	411	760	929	-	-	1.0
NSNG ₂ -45						43.1			729	-	968	-	
NSNG ₁ RG50-45						45.0			760	465	-	424	
NSNG ₂ RG50-45		43.1				729			-	489	439		
NSRG100-45(1)		45.0				760			-	-	848		
NSRG100-45(2)		43.1				729			-	-	877		
NSNG ₁ -55		0			55	45.0	180	327	797	874	-	-	1.0
NSNG ₂ -55						45.8			810	-	968	-	
NSNG ₁ RG50-55						45.0			797	487	-	445	
NSNG ₂ RG50-55		45.8				810			-	484	439		
NSRG100-55(1)		45.0				797			-	-	889		
NSRG100-55(2)		45.1				810			-	-	877		
NSNG ₁ -65		0			65	47.5	175	269	871	964	-	-	1.0
NSNG ₂ -65						48.5			890	-	952	-	
NSNG ₁ RG50-65						47.5			871	482	-	440	
NSNG ₂ RG50-65		48.5				890			-	476	431		
NSRG100-65(1)		47.5				871			-	-	880		
NSRG100-65(2)		48.5				890			-	-	863		

※変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体、補助剤として空気量調整剤をセメント重量の0.1%添加

表3 各種コンクリートの性能試験結果

種類	フレッシュ性状					硬化性状 ^{※3}							
	スランプ (cm)	空気量 (%) ^{※2}	単位容 積質量 (kg/m ³)	温度 (°C)	塩化物 含有量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)			ヤング係数 (kN/mm ²)			材齢26週 時乾燥 収縮率	材齢26週時 促進中性化 深さ(mm) ^{※3}
	JISA 1101	JISA 1128	JISA 1116	JISA 1156	JISA 5023	JISA A1108			JISA A1149			JISA 1129-3	JISA 1153
						1週	4週	13週	1週	4週	13週		
NSNG ₁ -45	19.0	3.9(0.1)	2327	20.5	0.11	38.7	52.2	57.8	33.4	35.3	39.0	-	-
NSNG ₂ -45	20.5	3.4(0.1)	2356	13.7	0.09	-	46.0	-	-	35.9	-	4×10 ⁻⁴	1.3(0.2)
NSNG ₁ RG50-45	18.5	3.2(0.3)	2321	19.8	0.28	40.4	51.2	55.5	29.0	34.1	35.2	-	-
NSNG ₂ RG50-45	20.5	3.2(0.3)	2323	13.4	0.21	-	46.7	-	-	33.3	-	8×10 ⁻⁴	2.7(0.5)
NSRG100-45(1)	17.5	4.6(0.5)	2223	19.8	0.29	36.8	45.9	49.5	25.5	29.0	30.4	-	-
NSRG100-45(2)	20.5	3.4(0.5)	2274	13.7	0.24	-	45.7	-	-	30.7	-	10×10 ⁻⁴	2.1(0.4)
NSNG ₁ -55	19.5	3.6(0.1)	2364	17.7	0.09	33.5	45.0	46.8	32.6	35.7	39.0	-	-
NSNG ₂ -55	20.0	3.2(0.1)	2370	17.6	0.09	-	47.8	-	-	36.8	-	5×10 ⁻⁴	-
	20.5	4.0(0.1)	2377	10.4	0.10	-	47.8	-	-	31.3	-	-	5.6(1.1)
NSNG ₁ RG50-55	19.5	3.2(0.3)	2281	17.0	0.27	27.7	35.4	40.8	26.8	32.0	31.8	-	-
NSNG ₂ RG50-55	20.0	3.4(0.3)	2324	16.3	0.31	-	43.8	-	-	33.3	-	7×10 ⁻⁴	-
	20.5	4.3(0.3)	2337	9.1	0.29	-	41.6	-	-	30.5	-	-	9.1(1.8)
NSRG100-55(1)	19.5	3.5(0.5)	2257	17.4	0.29	24.7	34.9	39.3	25.7	27.9	29.6	-	-
NSRG100-55(2)	20.0	3.3(0.5)	2279	17.2	0.33	-	42.1	-	-	27.1	-	7×10 ⁻⁴	-
	20.5	3.7(0.5)	2297	9.6	0.33	-	39.0	-	-	28.3	-	-	9.6(1.9)
NSNG ₁ -65	17.0	5.7(0.1)	2266	18.4	0.10	21.8	30.3	35.0	27.5	30.8	32.4	-	-
NSNG ₂ -65	19.0	4.7(0.1)	2271	10.7	0.09	-	31.3	-	-	33.8	-	4×10 ⁻⁴	15.1(3.0)
NSNG ₁ RG50-65	17.0	4.7(0.3)	2257	18.2	0.30	22.8	27.8	33.2	24.8	29.9	30.7	-	-
NSNG ₂ RG50-65	18.5	3.5(0.3)	2299	9.3	0.27	-	32.7	-	-	30.9	-	8×10 ⁻⁴	18.9(3.7)
NSRG100-65(1)	18.5	3.7(0.5)	2179	17.0	0.32	19.9	28.9	32.2	23.6	25.2	27.5	-	-
NSRG100-65(2)	19.0	3.3(0.5)	2250	8.4	0.29	-	29.4	-	-	27.4	-	8×10 ⁻⁴	18.3(3.6)

※1 - は未測定であることを示す。 ※2 () 内の数値は骨材修正係数を示す。 ※3 () 内の数値は中性化速度係数(mm/週)を示す。

ントの全塩化物イオン量および再生骨材 L の全塩化物イオン量の1/4が溶出すると仮定し、再生骨材コンクリートLの塩化物含有量を算定した。その結果、再生粗骨材置換率100%では、JIS A 5308の規制値である0.30kg/m³を超えるものが多くみられたが、再生粗骨材置換率50%では、ほぼ満足した。

3.2 硬化性状

(1) 圧縮強度およびヤング係数

各種コンクリートLの圧縮強度の発現状況を図2に示す。再生骨材コンクリートLも一般コンクリートと同様の発現傾向がみられた。再生粗置換率の影響は、水セメント比45%の場合は、置換率50%では、一般コンクリートに比べて材齢28日時点ではほぼ同等、材齢91日で2N/mm²程度の低下であったが、100%になると材齢28日時点から6N/mm²程度低下し、長期の強度発現が小さくなる傾向がみられた。水セメント比55%では、置換率50%、100%ともに一般コンクリートに比べて材齢7日の時点から6~7N/mm²程度低下する傾向がみられた。水セメント比65%では、置換率の影響はほとんどみられず、一般コンクリートの発現状況とほぼ同等であった。

図3に各種コンクリートの4週圧縮強度と材齢4週時ヤング

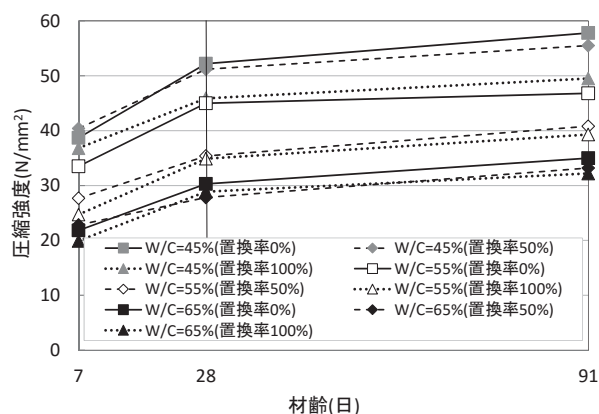


図2 材齢と圧縮強度の関係

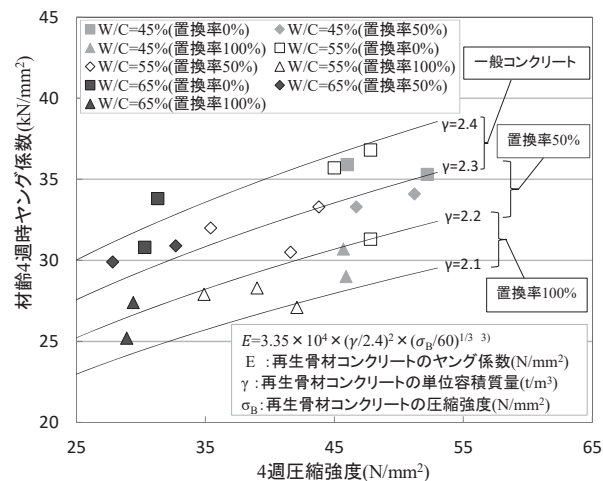


図3 4週圧縮強度と材齢4週時ヤング係数の関係

係数の関係を示す。これによると、再生骨材コンクリートLにおける両者の関係は、図中に示す再生骨材コンクリート指針³⁾に示されたヤング係数の推定式におおむね対応している。

(2) 乾燥収縮率

表3より材齢26週時の乾燥収縮率は、単位水量および再生粗骨材置換率の増加に伴い大きくなる傾向がみられ、最も単位水量の多い水セメント比45%、置換率100%の再生骨材コンクリートLで 10×10^{-4} となったが、それ以外は、JASS 5(2015年)⁴⁾に示される長期および超長期のコンクリートの目標値である 8×10^{-4} 以下を満足している。なお、乾燥収縮率が大きい場合は、単位水量の低減や石灰岩系砕石など乾燥収縮率の小さい一般粗骨材を用いることで小さくすることが可能である³⁾。

(3) 促進中性化

促進中性化については、再生粗骨材置換率の影響は若干みられたが、水セメント比による影響が大きい。これは、水セメント比が低いほどコンクリートの緻密性が高くなるため、中性化の抑制効果が大きいことによる。

図4に各種コンクリートの4週圧縮強度と材齢26週時促進中性化深さの関係を示す。促進中性化深さは、再生骨材置換率の影響は若干みられるものの、総体的に圧縮強度の増加に伴い低減され、両者の間には高い相関性がみられた。すなわち、圧縮強度の影響が大きく、水セメント比の低減により抑制することが可能である。

4. おわりに

再生骨材コンクリートLの広範な利用のための基礎資料収集を目的に検討を行った結果、大要以下のことがいえる。

- (1) 再生骨材コンクリートLのフレッシュ性状は、適切な混和剤量の添加に加え、再生粗骨材の含水率調整、置換率の低減により、おおむね目標値を満足した。
- (2) 再生骨材コンクリートLの硬化性状は、圧縮強度・ヤング係数、乾燥収縮率においては、高い強度域になるほど置換率の増加に伴い性能が低下する傾向がみられたが、再生粗骨材置換率が50%以下であれば所定の品質を満足する。中性化については、置換率に関わらず、水セメント比の低減により抑制することが可能である。

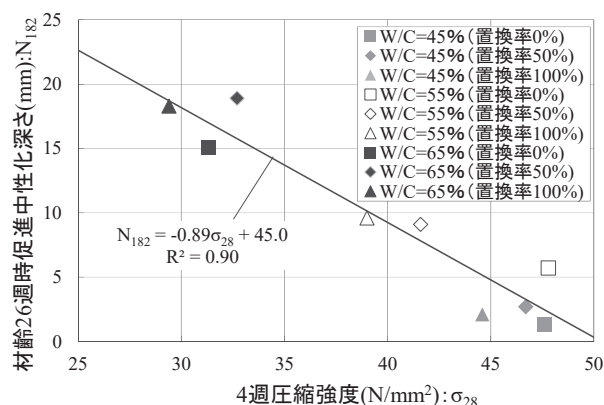


図4 4週圧縮強度と促進中性化深さの関係

以上のことから、低品質な再生骨材Lを一般骨材に置換してコンクリートを製造した場合、一般コンクリートと同様の調査設計上の配慮⁴⁾に加え、置換率を調整することで所定の品質が得られることが判明した。

謝 辞

本検討の実施において、松阪興産㈱、太平洋セメント㈱、竹本油脂㈱から試料のご提供を頂きました。ここにそのことを記し、厚く謝意を表します。

本検討の一部は、(公社)全国解体工事業団体連合会平成27年度解体工事に係る研究助成金により実施したことをここに示します。

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局、平成24年度建設副産物実態調査結果、2014.3
- 2) 道正泰弘ほか：建築構造物の解体に伴い発生するコンクリート塊のリサイクルシステム - 骨材置換法による再生粗骨材コンクリートの品質管理手法、日本建築学会技術報告集第21号、2005.6
- 3) 日本建築学会：再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)、2014
- 4) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事、2015

(2016年7月15日提出)