

名古屋市立大学薬学部講義・図書・厚生棟および北千種体育館の 解体工事にともなう実験的研究

名古屋市立大学大学院芸術工学研究科・教授 青木 孝義
同・博士前期課程2年 南谷 崇文
日本大学生産工学部建築工学科・教授 湯浅 昇

1. はじめに

高度経済成長期以降に大量に建設された建築物は現在老朽化が進み、耐震診断した結果、不適格とされたものは補強や解体が必要となる。このように、補強工事や解体工事の需要が増える中で、死亡者数は、平成14年の49人をピークに、その後は増減を繰り返している。ただし、40人以上の死亡者が平成17年、18年、20年に見られ、また、平成20年には建築業の死亡者数に占める解体工事の割合が9.7%であり、解体工事業の死者数は実質的には減少傾向にいたっていないのが実情である¹⁾。そのため、解体工事中における安全性の確保が必要不可欠である。解体工事における事故の原因として、経験に任せた判断、工学的な根拠のない施工計画書の作成、また経費と作業効率を優先した無理な作業工程の実施などが挙げられる。

このような背景から、解体工事の安全性に関する研究は必要不可欠であると考えられる。しかし、建築物解体に関する既往の研究には、環境・資源問題を考慮した解体材の再利用や、解体時の騒音に関する研究があり、また解体工事における基礎的データの収集と考察に関する研究は多数あるものの、解体の安全性に関する数値的な検証や計算方法の確立に関する研究はほとんど行われていない。

以上を背景に、本研究では、解体工事中における建築物の振動測定から、解体中の建築物の挙動を明らかにするとともに、その安全性評価方法の確立を最終目的としている。本稿では、解体工事に先立ち採取したコンクリートコアの圧縮強度試験結果、中性化深さ試験結果および常時微動測定結果について報告する。

2. 名古屋市立大学薬学部講義棟、校舎および研究棟の解体工事

2. 1 建物概要

本研究の対象建物は、2011年10月に解体工事が実施された名古屋市立大学薬学部研究棟（写真1）、校舎（写真2）および研究棟（写真3）である。表1に対象建物概要、図1～3に研究棟、校舎および講義棟の平面図および立面図を示す。

表1 対象建物概要

名称	研究棟	校舎
階数	3階建+塔屋1階	2階建
竣工	1962年（昭和37年）	1969年（昭和44年）
構造	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造
桁行 (X)	29.0m（5スパン）ラーメン構造	12m（3スパン）ラーメン構造+耐震壁
梁間 (Y)	11.1m（3スパン）ラーメン構造+耐震壁	10.5m（2スパン）ラーメン構造
建築面積	393.45㎡	126㎡
延床面積	1200.00㎡	252㎡
名称	講義棟（東側）	講義棟（西側）
階数	4階建	2階建
竣工	1963年（昭和38年）	1969年（昭和44年）
構造	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造
桁行 (X)	42.9m（9スパン）ラーメン構造+耐震壁	18.2m（4スパン）ラーメン構造+耐震壁
梁間 (Y)	26.5m（4スパン）ラーメン構造	14.0m（2スパン）ラーメン構造
建築面積	728.34㎡	270.3㎡
延床面積	2270㎡	540.6㎡



(a) 東面

(b) 北面

写真1 名古屋市立大学薬学部研究棟



(a) 東面

(b) 西面

写真2 名古屋市立大学薬学部校舎



(a) 北面

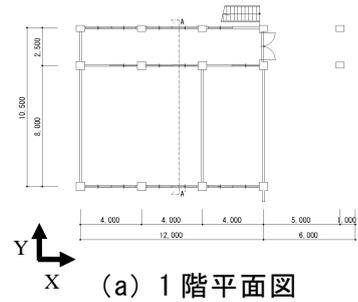
(b) 南面



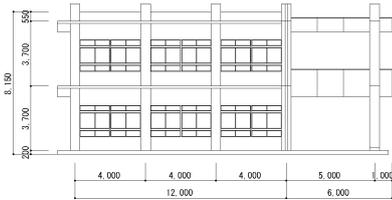
(c) 東面

(d) 西面

写真3 名古屋市立大学薬学部講義棟

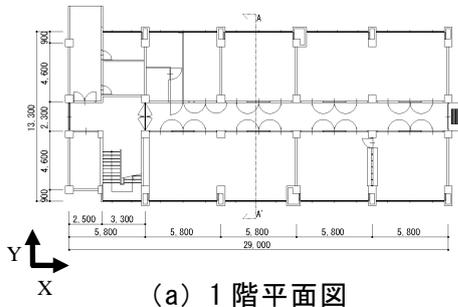


(a) 1階平面図

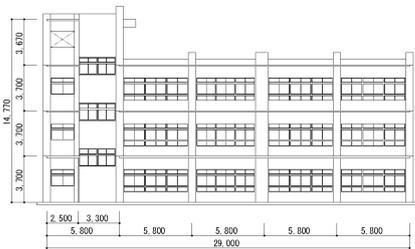


(b) 南立面図

図2 名古屋市立大学薬学部校舎

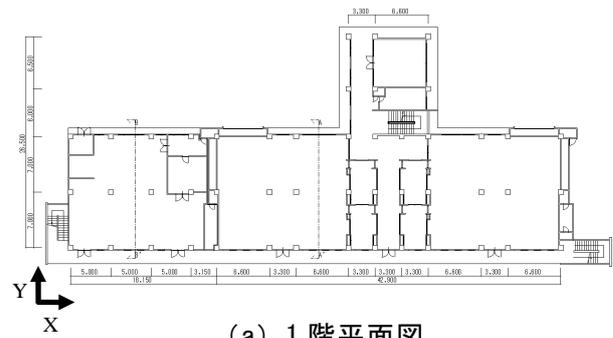


(a) 1階平面図

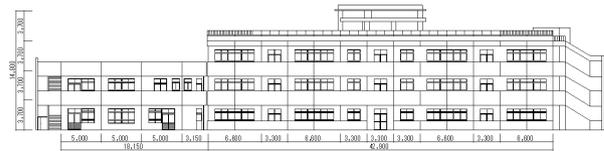


(b) 南立面図

図1 名古屋市立大学薬学部研究棟



(a) 1階平面図



(b) 南立面図

図3 名古屋市立大学薬学部講義棟

2. 2 コンクリートコアの圧縮強度試験および中性化深さ試験

2. 2. 1 供試体採取位置

コア供試体は、研究棟の各階西側壁面、校舎の各階北側壁面および講義棟の各階柱から採取した。研究棟、校舎および講義棟の各コア採取位置を図4~6に示す。コンクリートコアの採取状況および採取した供試体を写真4に示す。なお、各供試体名はそれぞれ W-：研究棟西側壁面、S-：校舎壁面、C-：講義棟の柱とする。



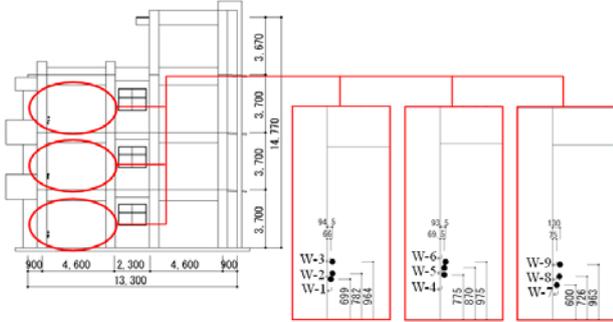
写真4 供試体採取状況および供試体

各供試体の直径はφ75であり、高さがその直径の2倍でないコア供試体については、JIS A 1107に従い、高さによる補正を行う。高さ補正係数を表2に示す。

表 2 高さ補正係数

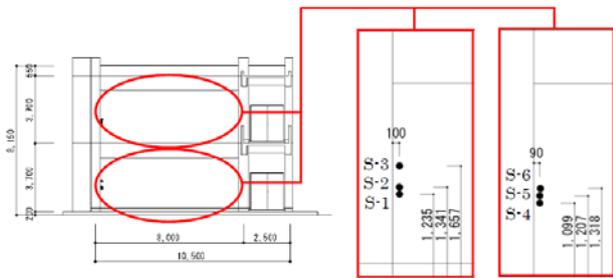
高さや直径との比 h/d	補正係数	備考
2.00	1.00	h/d がこの表に表す値の間にある場合、補正係数は、補間して求める。
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.87	

備考 表中に示す補正係数は、補正後の値が 40N/mm²以下のコンクリートに適用する。



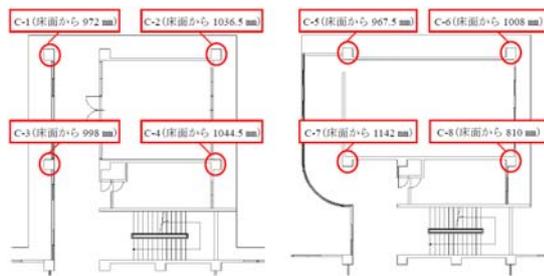
西立面図 1階 2階 3階

図 4 研究棟コア採取位置



北立面図 1階 2階

図 5 校舎コア採取位置



(a) 1階平面 (b) 2階平面



(c) 3階平面

図 6 講義棟コア採取位置

2. 2. 2 圧縮強度試験

圧縮強度試験および静弾性係数の算出は JIS A 1108 に従った。各供試体の圧縮強度は試験結果の最大圧縮力を用い、算出式から求めた。

2. 2. 3 中性化深さ試験

中性化深さ試験は JIS A 1152 に従った。なお、測定箇所は 15 mm 間隔毎とし、計 5 箇所測定した。また、中性化の予測式は岸谷式を用いた。

2. 2. 4 実験結果

表 3~5 に圧縮強度と静弾性係数の結果を示す。なお、表中の*部分は、計測器の不具合でデータが取れなかったため、鉄筋コンクリート構造計算規準の 1991 年版本規準式を用いて推定した²⁾。研究棟、校舎、および講義棟の最大

(最小) 圧縮強度は 31.4 (9.7) N/mm², 21.8 (17.1) N/mm², 27.2 (9.1) N/mm² となった。また、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」³⁾ に従って推定強度を計算すると、研究棟、校舎および講義棟の推定強度の平均値は 21.1N/mm², 19.5 N/mm², 17.7 N/mm² であった。また、研究棟、校舎および講義棟の静弾性係数の平均値は、それぞれ 26708N/mm², 21116N/mm², 19843N/mm² であった。

表 6~8 に中性化深さの結果および岸谷式との比較結果を示す。コンクリートの中性化深さの平均値は、研究棟では 5.3 mm, 校舎では 8.3 mm, 講義棟では 3.3 mm となった。また、岸谷式による予測値と比較すると研究棟、校舎、講義棟共に 1ヶ所を除き小さな値となった。

表 3 研究棟の圧縮強度・静弾性係数

階数	供試体番号	平均直径 (mm)	平均高さ (mm)	補正係数	圧縮強度 (N/mm ²)		標準偏差 (N/mm ²)		推定強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (N/mm ²)	
					【補正前】	【補正後】	測定値	階平均	全平均	階平均	全平均	算出値
1F	W-1	73.3	74.0	0.87	24.9	21.7	25.8	3.6	24.0	21.1	21628.3	*19170.2
	W-2	73.4	146.6	1.00	28.4	28.4						26612.1
	W-3	73.3	145.5	1.00	27.2	27.2						25273.9
2F	W-4	73.4	73.4	0.87	20.9	26.0	23.3	3.0	13.1	21.8	21.1	*10552.7
	W-5	73.4	146.0	1.00	24.0	24.0						28240.2
	W-6	73.3	73.8	0.87	23.0	20.0						*19320.8
3F	W-7	73.0	74.8	0.88	35.9	31.4	23.4	11.9	17.4	19.5	19843.0	*18466.5
	W-8	73.3	80.4	0.89	10.8	9.7						*19139.6
	W-9	73.4	81.7	0.89	32.5	29.1						*18878.7

表 4 校舎の圧縮強度・静弾性係数

階数	供試体番号	平均直径 (mm)	平均高さ (mm)	補正係数	圧縮強度 (N/mm ²)		標準偏差 (N/mm ²)		推定強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (N/mm ²)	
					【補正前】	【補正後】	測定値	階平均	全平均	階平均	全平均	算出値
1F	S-1	73.4	146.7	1.00	21.4	21.4	20.9	1.2	20.4	19.5	19698.4	21551.1
	S-2	73.4	73.8	0.87	25.0	21.8						*18314.7
	S-3	73.4	73.2	0.87	22.6	19.6						*18592.6
2F	S-4	73.3	145.2	1.00	21.3	21.3	19.8	2.3	18.6	19.5	19843.0	20474.3
	S-5	73.4	74.9	0.88	19.5	17.1						*17935.3
	S-6	73.5	142.9	1.00	21.0	21.0						21322.6

表 5 講義棟の圧縮強度・静弾性係数

階数	供試体名	平均直径 (mm)	平均高さ (mm)	補正係数	圧縮強度 (N/mm ²)		標準偏差 (N/mm ²)		推定強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (N/mm ²)		
					補正前	補正後	測定値	全平均	測定値	全平均	測定値	全平均	算出値
1F	C-1	73.3	146.9	1.00	12.6	12.6						*17329.9	
	C-2	73.3	74.2	0.87	20.7	18.0	18.5	5.8	15.6			*19171.4	
	C-3	73.3	147.3	1.00	17.0	17.0						*17734.3	
	C-4	73.4	146.2	1.00	26.4	26.4						*18927.2	
2F	C-5	73.3	147.6	1.00	26.5	26.5	24.9	20.0	3.3	11.0	23.3	17.7	*18946.8
	C-6	73.2	147.0	1.00	20.1	20.1							*18782.7
	C-7	73.4	146.8	1.00	25.9	25.9							*19356.8
	C-8	73.4	146.3	1.00	27.2	27.2							*20475.2
3F	C-9	73.4	145.9	1.00	17.9	17.9							*20371.8
	C-10	73.4	73.7	0.87	10.4	9.1	16.7	5.2	14.1				*18631.2
	C-11	73.4	146.2	1.00	19.5	19.5							*20380.9
	C-12	73.2	146.3	1.00	20.3	20.3							*18113.8

表 6 研究棟の中性化深さ結果

階数	供試体名	場所 区分		中性化深さ (mm)				
		内側 屋内	外側 屋外	測定値	最大値	平均値	比較	理論値
1F	W-1	内側 (屋外)	外側 (屋外)	1.3 ~ 23.8	23.8	9.4	<	26.6
		外側 (屋外)	0.0 ~ 1.5	1.5	0.4	<		
	W-2	内側 (屋外)	外側 (屋外)	2.1 ~ 7.9	11.8	4.3	<	
		外側 (屋外)	1.4 ~ 36.6	36.6	11.8	<		
	W-3	内側 (屋外)	外側 (屋外)	29.5 ~ 55.1	55.1	41.5	>	
		外側 (屋外)	1.5 ~ 3.7	3.7	2.8	<		
2F	W-4	内側 (屋外)	外側 (屋外)	1.6 ~ 3.5	3.5	2.2	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 2.2	2.2	1.0	<		
	W-5	内側 (屋外)	外側 (屋外)	0.0 ~ 12.9	12.9	5.8	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 5.0	5	1.7	<		
	W-6	内側 (屋外)	外側 (屋外)	2.1 ~ 5.4	5.4	3.1	<	
		外側 (屋外)	1.2 ~ 4.5	4.5	2.4	<		
3F	W-7	内側 (屋外)	外側 (屋外)	0.7 ~ 7.0	7	5.1	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 2.0	2	0.7	<		
	W-8	内側 (屋外)	外側 (屋外)	0.0 ~ 2.4	2.4	0.9	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0	0.0	<		
	W-9	内側 (屋外)	外側 (屋外)	1.3 ~ 2.4	2.4	1.9	<	
		外側 (屋外)	0.7 ~ 1.9	1.9	1.3	<		
平均値				5.3				
中性化深さ平均値が30mm以上				1		箇所		
採寸式基準値超過				1		箇所		

表 7 校舎の中性化深さ結果

階数	供試体名	場所 区分		中性化深さ (mm)				
		内側 屋内	外側 屋外	測定値	最大値	平均値	比較	理論値
1F	S-1	内側 (屋内)	外側 (屋外)	0.0 ~ 2.6	2.6	1.0	<	26.9
		外側 (屋外)	0.0 ~ 6.2	6.2	1.9	<		
	S-2	内側 (屋内)	外側 (屋外)	14.7 ~ 31.6	31.6	20.7	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 2.0	2.0	1.1	<		
	S-3	内側 (屋内)	外側 (屋外)	23.2 ~ 30.0	30.0	25.7	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 1.2	1.2	0.5	<		
2F	S-4	内側 (屋内)	外側 (屋外)	3.2 ~ 17.0	17.0	8.4	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 10.3	10.3	2.3	<		
	S-5	内側 (屋内)	外側 (屋外)	0.0 ~ 5.3	5.3	2.9	<	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 2.0	2.0	0.0	<		
	S-6	内側 (屋内)	外側 (屋外)	25.1 ~ 34.3	34.3	29.5	>	
		外側 (屋外)	0.0 ~ 11.5	11.5	5.1	<		
平均値				8.3				
中性化深さ平均値が30mm以上				0		箇所		
採寸式基準値超過				1		箇所		

表 8 講義棟の中性化深さ結果

階数	供試体名	場所 区分		中性化深さ (mm)				
		筒元 屋内	筒先 屋外	測定値	最大値	平均値	比較	理論値
1F	C-1	筒元 (屋外)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	29.0
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
	C-2	筒元 (屋外)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 5.0	5.0	1.0	<	
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
C-3	筒元 (屋外)	筒先 (屋外)	0.5 ~ 2.3	2.3	1.1	<		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
2F	C-4	筒元 (屋外)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 1.2	1.2	0.2	<	29.0
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
	C-5	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	3.2 ~ 10.5	10.5	6.7	<	
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
C-6	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	14.4 ~ 52.3	52.3	29.4	>		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
C-7	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	1.1 ~ 14.3	14.3	4.7	<		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
C-8	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 1.2	1.2	0.6	<		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
3F	C-9	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	3.4 ~ 7.7	7.7	6.1	<	29.0
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
	C-10	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 5.1	5.1	1.6	<	
		筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<	
C-11	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	2.1 ~ 12.5	12.5	6.7	<		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
C-12	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	9.6 ~ 54.4	54.4	21.2	<		
	筒元 (屋内)	筒先 (屋外)	0.0 ~ 0.0	0.0	0.0	<		
平均値				3.3				
中性化深さ平均値が30mm以上				0		箇所		
採寸式基準値超過				1		箇所		

2. 3 常時微動測定

2. 3. 1 常時微動測定位置と測定方法

対象建物の基本的な振動特性（固有振動数、固有モードと減衰定数）を測定するため、多点同時常時微動測定を行った。測定機器として、小型換振器（S社製：動電型速度計 UP-255S、水平2成分、上下1成分、固有周期1秒（測定周波数1.4~30Hz）、固有周期5秒（測定周波数0.3~30Hz））と増幅器（S社製：UPS-T3Z）を用いた。常時微動は速度の形で測定し、AD変換器を通してサンプリング周波数100Hzで5分間の収録を複数回実施した。

測定に用いたセンサーは7台で、そのうちの2台を固定し、他のセンサーを対象建物の振動性状が全体的に把握できるように表9~11のセットアップに従って配置した。研究棟、校舎および講義棟の常時微動測定位置を図7~9に示す。各点で水平2成分、上下1成分の3成分を測定し、各セットアップにおいて7点ずつ、合計21成分の同時測定をいずれも3~5回行った。

表 9 研究棟常時微動測定のセットアップ

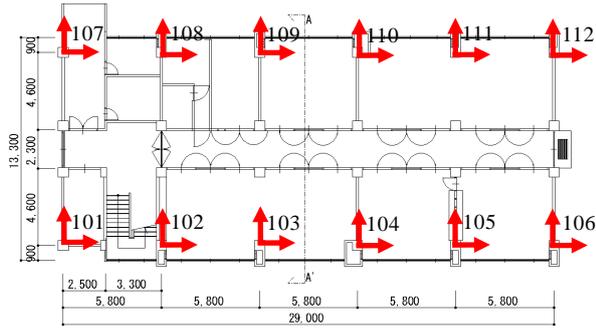
セットアップ	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch	7ch
1	201	301	303	306	312	310	307
2	201	301	302	304	311	309	308
3	201	301	203	206	212	210	207
4	201	301	202	204	211	209	205
5	201	301	101	106	112	110	107
6	201	301	102	4	104	103	108

表 10 校舎常時微動測定のセットアップ

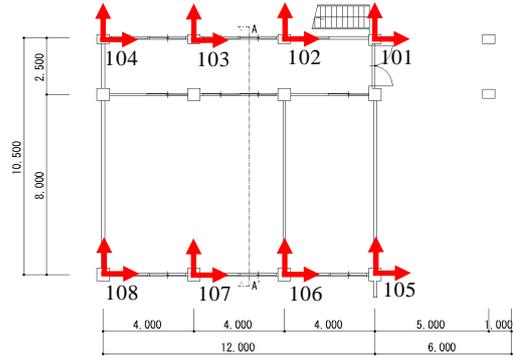
セットアップ	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch	7ch
1	201	301	304	305	308	101	108
2	201	301	204	205	208	101	108
3	201	301	204	105	104	101	108

表 11 講義棟常時微動測定のセットアップ

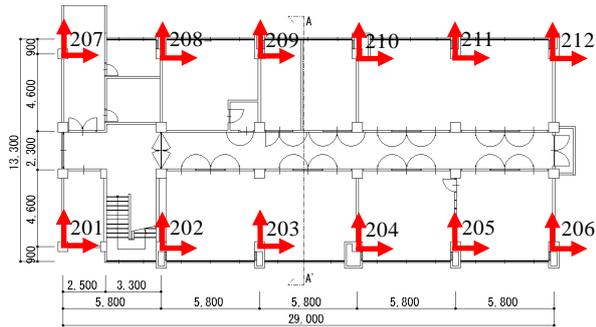
セットアップ	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch	7ch
1	203	303	403	406	411	413	414
2	203	303	306	309	312	305	311
3	203	303	304	310	313	314	311
4	203	303	206	209	212	205	211
5	203	303	204	210	213	214	211
6	203	303	106	109	112	105	103
7	203	303	104	110	113	114	111



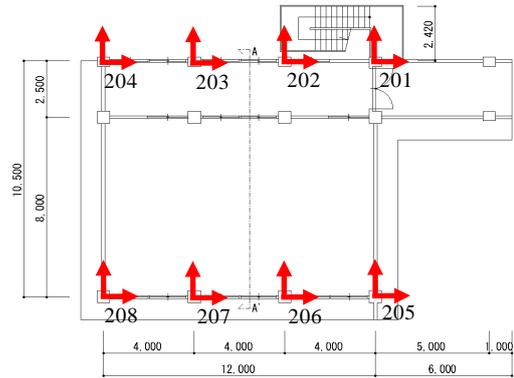
(a) 研究棟 1 階常時微動測定位置



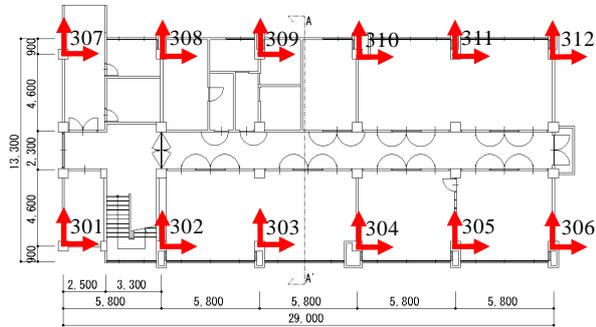
(a) 校舎 1 階常時微動測定位置



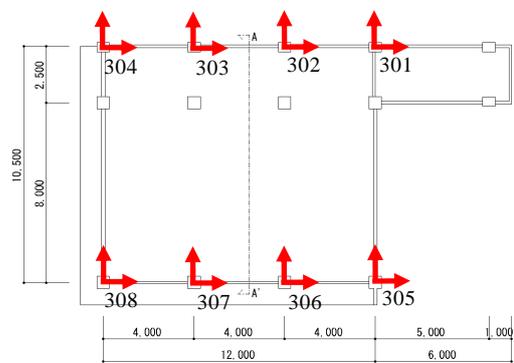
(b) 研究棟 2 階常時微動測定位置



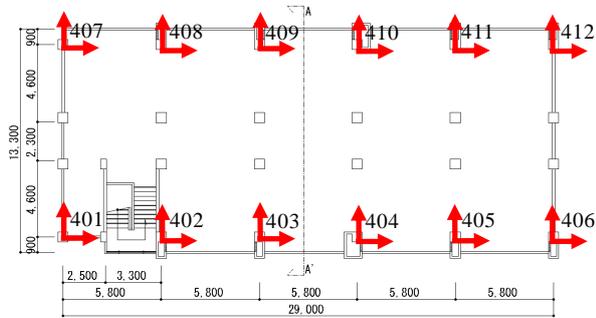
(b) 校舎 2 階常時微動測定位置



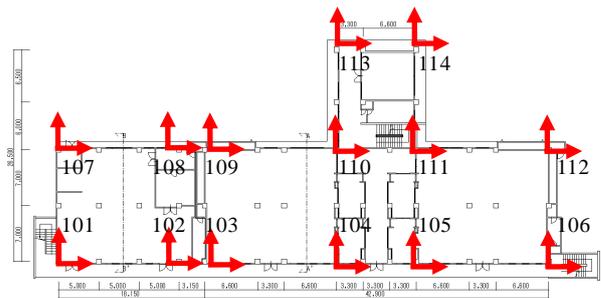
(c) 研究棟 3 階常時微動測定位置



(c) 校舎屋上階常時微動測定位置



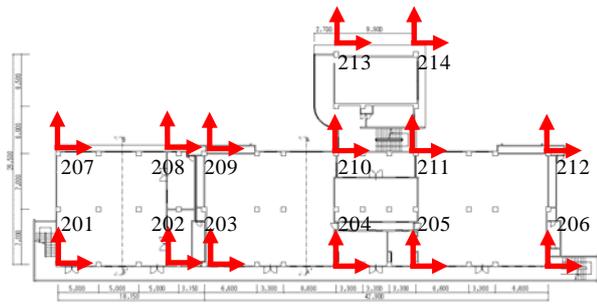
(d) 研究棟屋上階常時微動測定位置



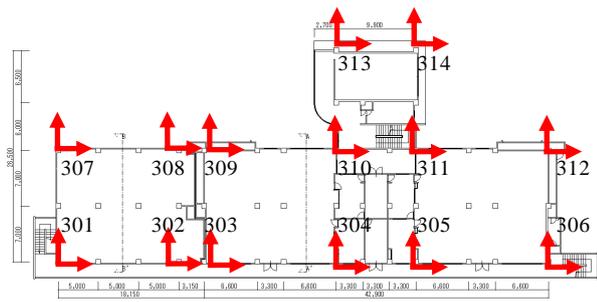
(a) 講義棟 1 階常時微動測定位置

図 7 研究棟常時微動測定位置

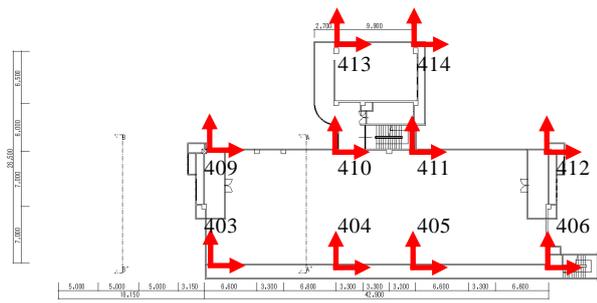
図 8 校舎常時微動測定位置



(b) 講義棟 2 階常時微動測定位置



(c) 講義棟 3 階常時微動測定位置



(d) 講義棟 4 階常時微動測定位置

図 9 講義棟常時微動測定位置

2. 3. 2 測定結果

測定された常時微動の時系列データを、SSI 法 (Stochastic Subspace Identification, 確率的部分空間同定法) を用いて解析を行うことで、各対象建物の固有振動数, 固有モードと減衰定数の同定 (地盤との相互作用を含む) を行う。図 10~15, 表 12~13 に SSI 法により同定された研究棟, 校舎および講義棟の固有振動数と減衰定数を示す。これより, 研究棟の固有振動数と減衰定数は, 桁行方向 4.82Hz (5.6%), 梁間方向 5.58Hz (7.7%), ねじれ 6.94Hz (8.4%) であると推定された。

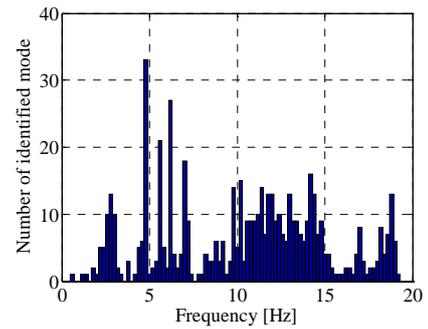


図 10 研究棟 (コア抜き前)

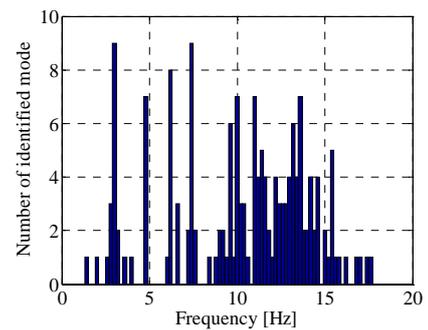


図 11 校舎 (コア抜き前)

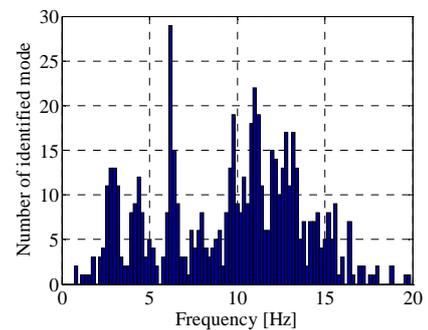


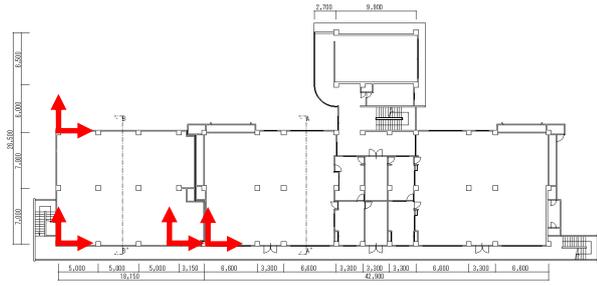
図 12 講義棟 (コア抜き前)

表 12 SSI 法による同定結果 (研究棟)

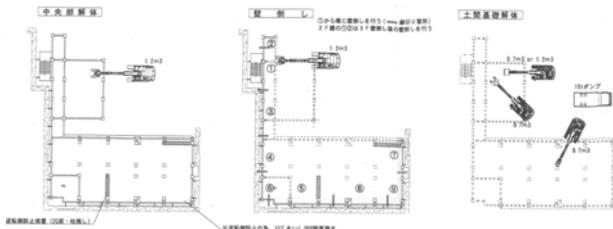
モード	固有振動数 [Hz]	減衰定数 [%]
1	4.82	5.6
2	5.58	7.7
3	6.94	8.4

表 13 SSI 法による同定結果 (講義棟西側)

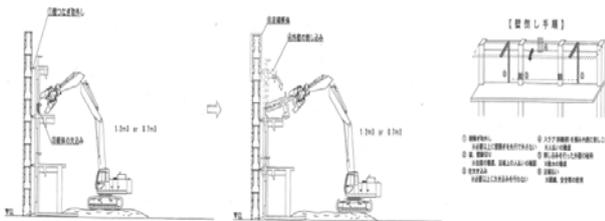
モード	固有振動数 [Hz]	減衰定数 [%]
1	8.22	-
2	11.62	-
3	16.13	-



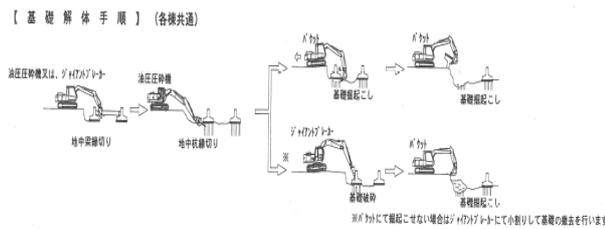
(b) 講義棟西側屋上階測定位置
 図 17 講義棟西側振動測定位置



(a) 解体計画



(b) 壁倒し手順



(c) 基礎解体手順

図 18 解体計画

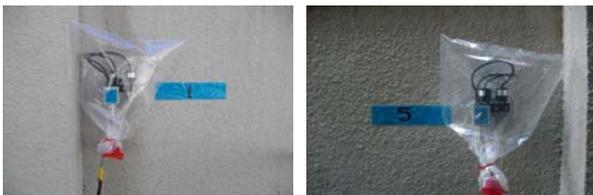


写真 5 加速度センサー設置状況



(a) 09 時 02 分



(b) 17 時 27 分

10 月 4 日



(a) 07 時 08 分



(b) 17 時 05 分

10 月 5 日



(a) 09 時 38 分



(b) 16 時 59 分

10 月 6 日

写真 6 研究棟および校舎の解体工事の様子



(a) 15 時 00 分



(b) 17 時 00 分

10 月 9 日



(a) 15 時 00 分



(b) 17 時 00 分

10 月 10 日



(a) 08 時 00 分 (b) 16 時 24 分
10 月 11 日



(a) 08 時 00 分 (b) 16 時 24 分
10 月 12 日



(a) 08 時 00 分 (b) 13 時 23 分
10 月 13 日



(a) 07 時 00 分 (b) 17 時 25 分
10 月 14 日



(a) 11 時 37 分 (b) 17 時 05 分
10 月 15 日



(a) 08 時 15 分 (b) 16 時 51 分
10 月 16 日

写真 7 講義棟の解体工事の様子

2. 5 有限要素法による解析

2. 5. 1 解析モデル

対象建物の有限要素解析には、汎用ソフトの Femap with NX Nastran を使用した。解析に用いた材料定数は、供試体の実験結果より、静弾性係数： $2.671 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 、ポアソン比：0.2、質量密度： 2233.15kg/m^3 とした。なお、研究棟、校舎および講義棟西側の解析モデルの節点数はそれぞれ 24,069, 11,244, 12,934、要素数は 26,674, 7,227, 13,342 である（図 19～21）。

2. 5. 2 解析結果

研究棟の固有値解析の結果、一次モードは 3.49Hz（図 22）、二次モードは 9.71Hz（図 23）、三次モードは 10.36Hz（図 24）となり、常時微動測定結果と大きな差が見られた。校舎の固有値解析結果は、一次モードは 10.46Hz（図 25）、二次モードは 15.46Hz（図 26）、三次モードは 18.59Hz（図 27）となった。講義棟西側の固有値解析結果は、一次モードは 9.84Hz（図 28）、二次モードは 14.46Hz（図 29）、三次モードは 19.53Hz（図 30）となった。常時微動測定結果 8.22Hz, 11.62Hz, 16.13Hz と大きな差が見られた。研究棟と講義棟西側は今後、常時微動測定結果と有限要素解析結果から、質量と剛性のバランスを含む解析モデルの修正が必要である。

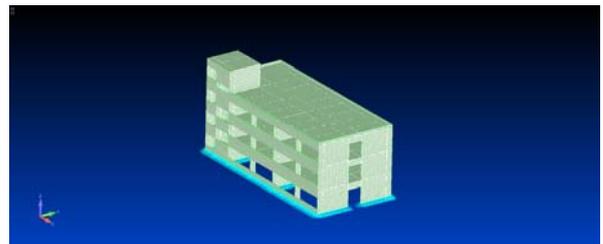


図 19 研究棟有限要素解析モデル

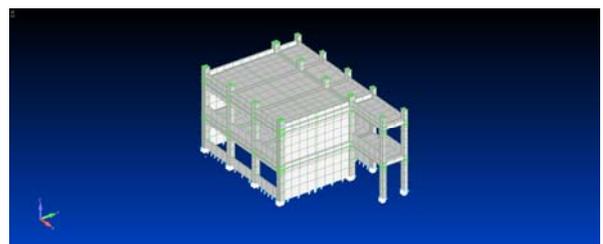


図 20 校舎有限要素解析モデル

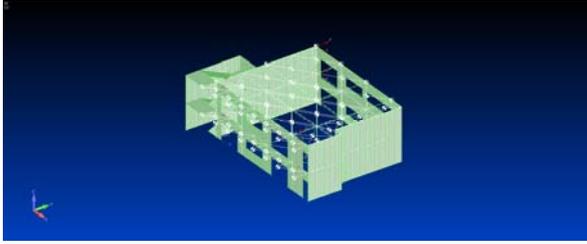


図 21 講義棟有限要素解析モデル

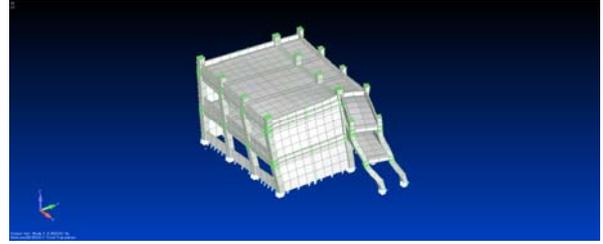


図 26 校舎二次モード（梁間方向：15.46Hz）

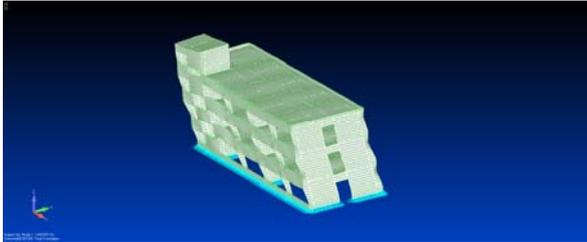


図 22 研究棟一次モード（桁行方向：3.49Hz）

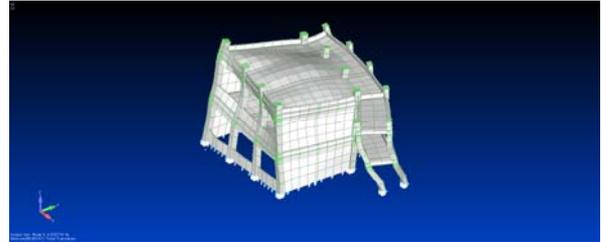


図 27 校舎三次モード（ねじれ：18.59Hz）

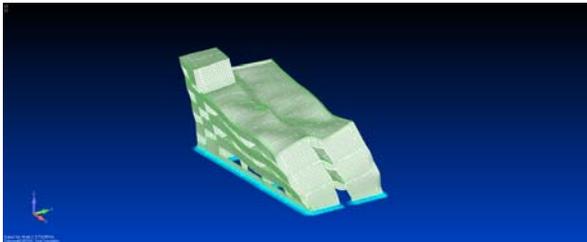


図 23 研究棟二次モード（梁間方向：9.71Hz）

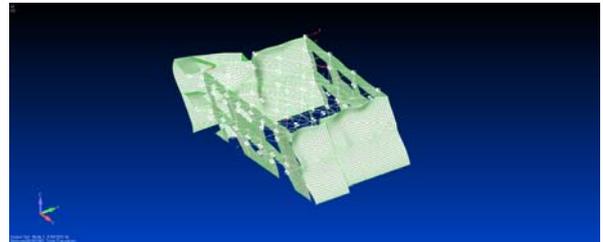


図 28 講義棟西側一次モード（桁行：9.84Hz）

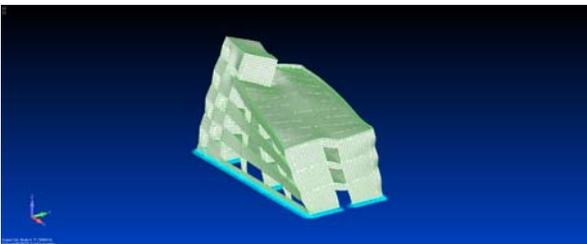


図 24 研究棟三次モード（ねじれ：10.36Hz）

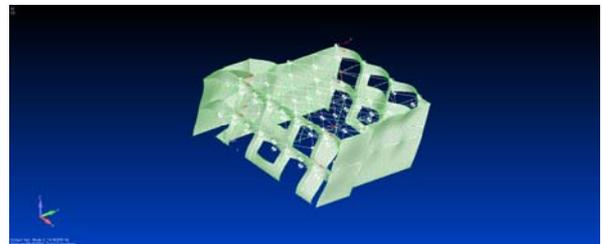


図 29 講義棟西側二次モード（梁間：14.46Hz）

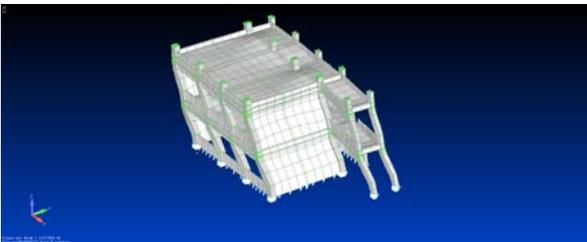


図 25 校舎一次モード（桁行方向：10.46Hz）

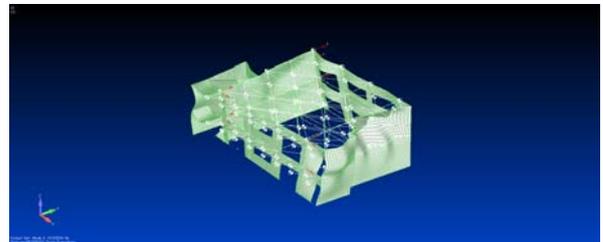


図 30 講義棟西側三次モード（ねじれ：19.53Hz）

3. 名古屋市立大学北千種体育館の解体工事

3.1 建物概要

名古屋市立大学北千種体育館(写真 8, 図 31, 図 32) は, 1970 年(昭和 45 年)に竣工した鉄

骨造(一部鉄筋コンクリート造)である。建築面積は 1310.34 m², 延床面積 1363.26 m²である。建物の桁行(X)方向 40.88m(6 スパン)はラーメン構造, 梁間(Y)方向 29.0m(3 スパン)



(a) 南面 (b) 東面

写真 8 名古屋市立大学北千種体育館

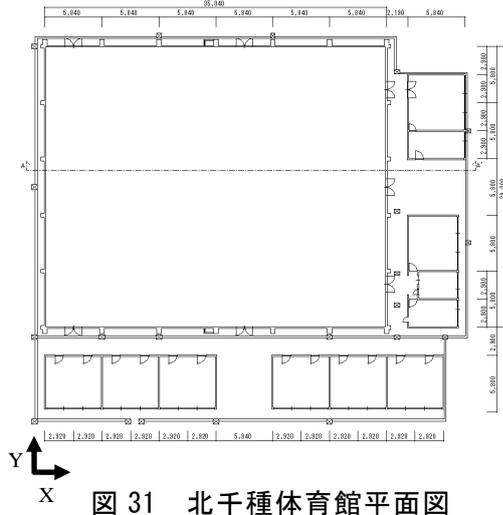


図 31 北千種体育館平面図

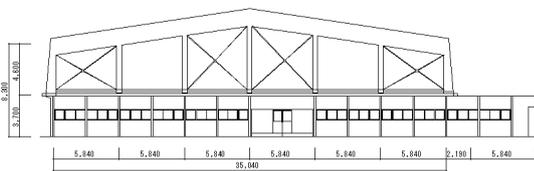


図 32 北千種体育館南立面図

はラーメン構造である。

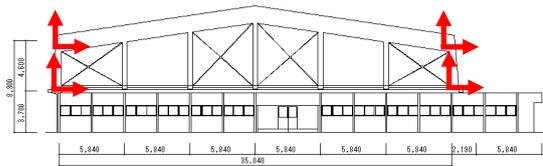
3. 2 解体工事概要

解体工事中の建物振動および鉄骨部材のひずみ計測を行なった。加速度センサー設置位置およびひずみゲージ貼付位置を図 33 に示す。また、加速度センサーとひずみゲージ設置状況を写真 9 に示す。なお、部材のひずみゲージ貼付箇所は振動測定と同位置である。

次に、名古屋市立大学北千種体育館の解体工事の様子を写真 10 に示す。なお、解体工法は油圧を動力源とし、ベースマシンのアタッチメントを可動させ解体を行う圧砕工法である⁴⁾。

3. 3 有限要素法による解析

解体工事における建物の構造的挙動を明らかにし、安全性評価を行うため、有限要素法による解析を実施する。本節では、図面と材料実験の結果に基づき構造解析モデルを設定し、固有値解析を実施する。最終的には、常時微動測定結果から得られた固有振動数と固有モードを用いて本節の構造解析モデルを修正する必要がある。



(a) 北千種体育館南側立面測定位置



(b) 北千種体育館北側立面測定位置

図 33 加速度センサー・ひずみゲージ設置位置



写真 9 加速度センサー・ひずみゲージ設置状況



写真 10 北千種体育館解体工事の様子

3. 3. 1 解析モデル

図 34 に、有限要素解析モデルを示す。有限要素解析には、汎用ソフトの Femap with NX Nastran を使用した。構造解析に用いた材料定数は、鉄骨の静弾性係数を $2.0 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ 、せん断弾性率 $8.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 、ポアソン比を 0.25、質量密度を 7870kg/m^3 とした。解析モデルの節点数と要素数は、それぞれ 30,857 と 35,121 である。

3. 3. 2 解析結果

固有値解析の結果、一次モードは 2.93Hz (図 35)、二次モードは 2.98Hz (図 36)、三次モードは 3.56Hz (図 37) となった。今後、常時微動測定結果と有限要素解析結果から、質量と剛性のバランスを含む解析モデルの修正が必要である。

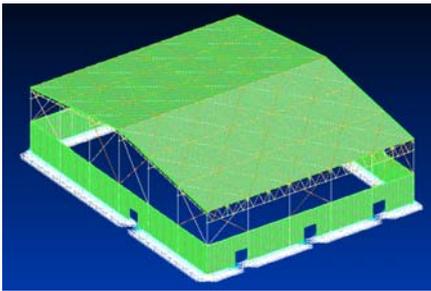


図 34 北千種体育館有限要素解析モデル

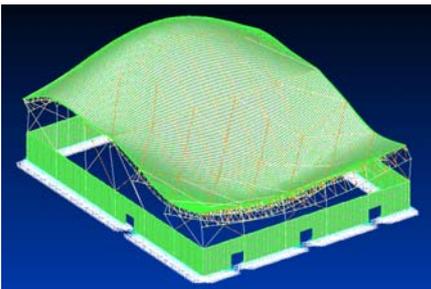


図 35 北千種体育館一次モード (2.93Hz)

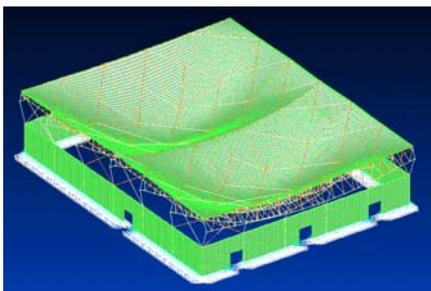


図 36 北千種体育館二次モード (2.98Hz)

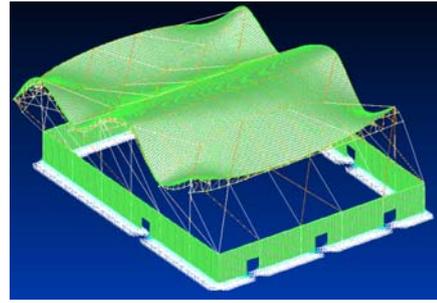


図 37 北千種体育館三次モード (3.56Hz)

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 圧縮推定強度の平均値は、それぞれ 21.1N/mm^2 、 19.5N/mm^2 、 17.7N/mm^2 であった。
- 2) 静弾性係数の平均値は、それぞれ 26708N/mm^2 、 21116N/mm^2 、 19843N/mm^2 であった。
- 3) コンクリートの中性化深さの平均値は、それぞれ 5.3 mm、8.3 mm、3.3 mm であった。これより、中性化による劣化状況の進行は少ないことが分かった。

今後は、常時微動実験結果と有限要素解析結果を比較して、質量と剛性のバランスを含む解析モデルの修正を行い、解体工事中に計測した振動データの分析、北千種体育館については鉄骨のひずみの分析を行うとともに、解体工事中の建物の安全性評価を行う予定である。

謝辞

名古屋市立大学薬学部研究棟、校舎および講義棟、北千種体育館の解体工事中の実験では、清水建設株式会社名古屋支店建築部工事長の寺西彰氏、株式会社田中荘介商店常務取締役の上林正和、工務部係長の岡大輔氏、北千種体育館の解体工事中の実験では、株式会社竹中工務店名古屋支店作業所長の久世尚之氏、同工事担当の竹島照貴氏、株式会社オサダ工事部の明山隆司氏のご理解と多大なるご協力をいただきました。ここに、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山田知広：Ⅱ解体工事業と解体工事の実情 3. 事故災害、特集まるごと「解体工事」NOW, p.121, 2011.7
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、日本建築学会、2010, pp. 50-52
- 3) 国土交通省住宅局建築指導課：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説, pp.56-59, 2001
- 4) 佐藤稔、喜多奏文：Ⅲ解体工法の種類 4. 解体工法とコスト、特集まるごと「解体工事」NOW, p.133, 2011.7