

# 1997年鹿児島県北西部地震による文教施設の被災状況

## その1. 宮之城農業高校

徳 廣 育 夫\*・塩 屋 晋 一\*・黒 木 康 博\*

### Damage to School Buildings during the 1997 Kagoshima Prefecture Hoku-Seibu Earthquakes PART- 1 Miyanojou Agricultural High School

Ikuo TOKUHIRO, Shinichi SHIOYA and Yasuhiro KUROKI

The damage to the Miyanojou Agricultural High School buildings during the 1997 earthquakes, which affected the north-west districts of Kagoshima Prefecture was investigated. The earthquakes occurred many times over the last year. The waves and their spectra for the earthquakes of 26 March and 13 May are shown in Fig.1.1. The schematic site plan of the many school buildings is shown in Fig.1.2. The buildings are of reinforced concrete, steel, wooden and block constructions. The single reinforced concrete school building was designed in accordance with the provisions of the Japanese Building Standard Law after the revision in 1971 and the AIJ Standard for Calculation of Reinforced Concrete Structures. The soil profile of this school is shown in Fig.1.3. The three storey buildings are supported by precast pilings of 30 ~ 35cm in diameter and 7m in length due to the soft surface ground.

#### 1. 緒 言

1997年3月26日午後5時31分に鹿児島県北西部地震(以下3.26地震と略す)が発生し、鹿児島県北薩地区の一部の建物に被害が発生した。更に続く4月3日と5月13日(以下5.13地震と略す)にもほぼ同じレベルの地震が発生して、建物の被害が進展するとともに新たに大きな被害が発生した。図-1.1に3.26地震および5.13地震の科学技術庁発表の宮之城における強震記録より得た地震動波形と3軸応答スペクトルを示す。

エキスパンジョイントの破損、壁のひび割れ、周辺地盤の沈下による側溝の破損まで加えると被害は北薩地区全域にわたっている。今回の一連の地震では5.13地震により、3.26地震で中破していた建物が倒壊する一方、大破していても応急補強が施されていた建物は倒壊を免れるなど、応急補強対策の重要性を認識させられた。

本稿は、小高い台地にあり、新旧耐震設計法で設計された鉄筋コンクリート造の校舎、鉄骨造、木造、ブロック造等の建物がある宮之城農業高校の建物被害について述べる。また3.26地震後の応急補強対策の有無による建物被害の増大の程度の違いについても紹介する。なお、

ここでの損傷度と被災度区分は表-1.1の(財)日本建築防災協会「震災建築物棟の被災度判定基準及び復旧技術指針」の損傷度分類基準に基づいている。

表-1.1 損傷度分類の基準

柱、梁、耐力壁の損傷度	損 傷 内 容
I	近寄らないと見えにくい程度のひび割れ。 (ひび割れ幅0.2mm以下)
II	肉眼ではっきり見える程度のひび割れ。 (ひび割れ幅0.2~1mm程度)
III	比較的大きなひび割れが生じているが、コンクリートの剥落は極わずかである。
IV	大きなひび割れ(2mmを越える)が多数生じ、コンクリートの剥落も激しく鉄筋がかなり露出している。
V	鉄筋が曲がり、内部のコンクリートも崩れ落ち、一見して柱(耐力壁)の高さ方向の変形が生じていることがわかるもの。沈下や傾斜が見られるのが特色。鉄筋の破断が生じている場合もある。

#### 敷地と被害概要

所在地：鹿児島県薩摩郡宮之城町虎居1900

図-1.2に宮之城農業高校の配置を示し、図-1.3にボーリング試験による土質柱状図を示す。地盤面から約10mは粗砂、シラス、凝灰質粘土で貫入N値がほぼ10以下の柔らかい土質である。約10m以下はN値が50以上の堅い土質になっている。二階建て以上の鉄筋コンクリート造の建物には既成コンクリート杭が用いられている。写真-1.1に宮之城農業高校が立つ小高い台地を、写真-1.2に運動場からの屋内運動場と管理教室棟の全景を、写真-

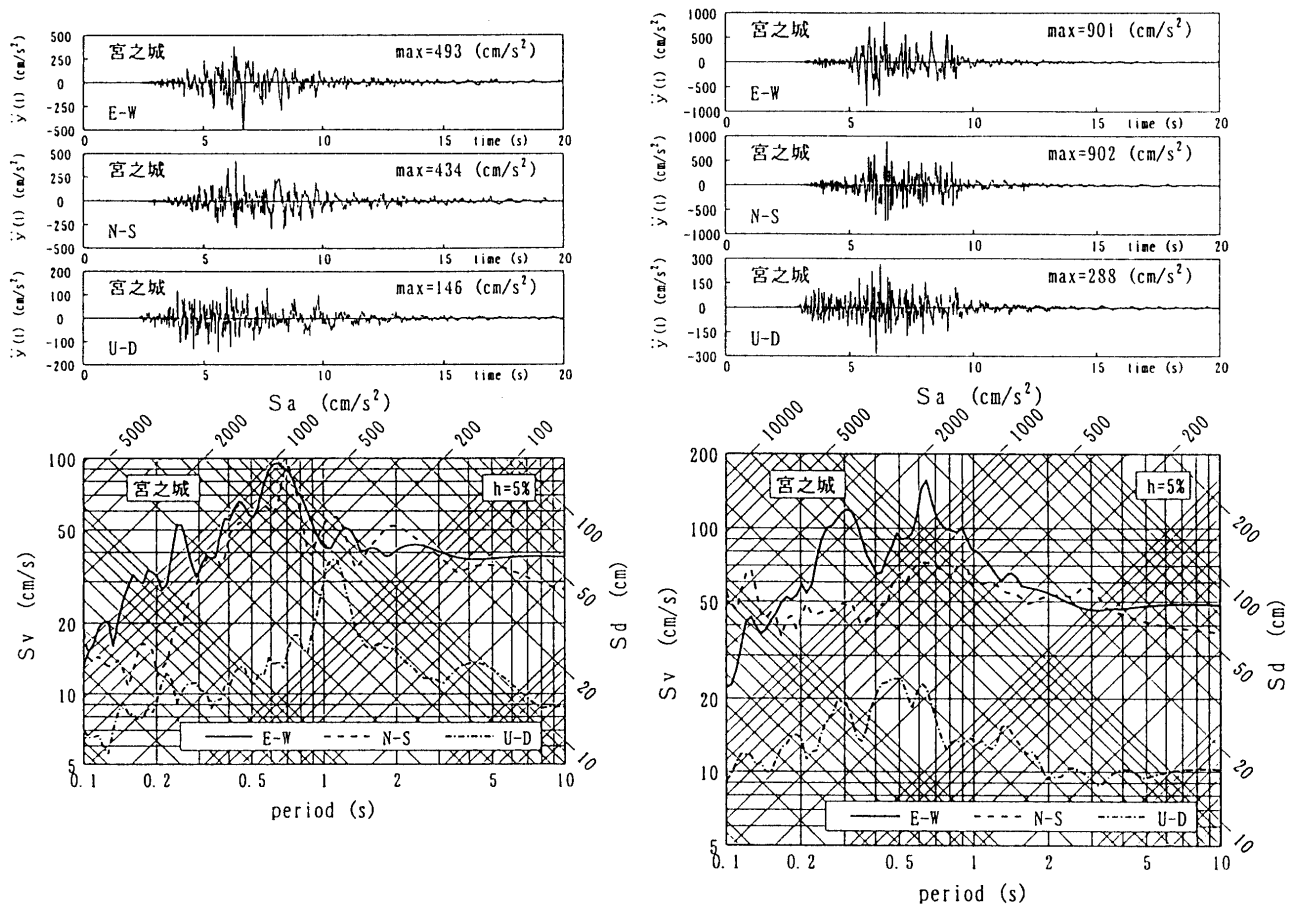
1.3~1.6に産業振興棟(19), (18), 武道館(61), 牛舎(30), 豚舎(38)を示す。表-1.2には建物の建設年月, 保有面積, 5.13地震後の被害状況を示してある。

主に管理教室棟(1), 特別教室棟(2), 産業振興棟(3), 産業振興棟(73), 屋内運動場(4), 武道館(61)などに被害があった。3.26地震では, 管理教室棟は中破(D=36.9, D5=13.0)と判定され, 特別教室棟は中破, 産業振興棟(3)は小破, 産業振興棟(73)は軽微, 屋内運動場は中破, 武道館は小破であった。5.13地震で管理教室棟は倒壊(D=81.4, D5=50), 特別教室棟は倒壊(D=97.0, D5=50), 産業振興棟(3)は中破(D=14.3, D5=0), 産業振興棟(73)は中破(D=39.9, D5=0)と判定された。渡り廊下のエキスパンジョイント部分では衝突による被害が観られた。鉄骨造の産業振興棟(17), (18), (19)は壁に少しの被害が見られたが, 構造体は無被害と言える軽微なものであった。建物の固有周期が

長い木造, 鉄骨造の建物が無被害又は軽微な被害であったことは, 今回の一連の地震の卓越周期が一秒以下の短い周期であったことによる。

管理教室棟と特別教室棟には3.26地震後, せん断ひび割れが発生していた柱に応急補強として鉛直サポートが設けられた。またこれらの2棟には水平力抵抗用の鉄骨造X形ブレース架構が応急補強として採用(写真-2.9)されたが, その工事途中に5.13地震が発生した。

以下に小破以上の被害をうけた建物の被害状況について述べる。なお, 管理教室棟(1), 特別教室棟(2), 産業振興棟(3), 産業振興棟(73), 屋内運動場(4)については地震による被害を受ける前の状態について耐震診断を行い, その結果を設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果表と耐震診断表として各建物ごとに示している。



(a) 3.26地震の地震動波形および3軸応答スペクトル

(b) 5.13地震の地震動波形および3軸応答スペクトル

地震動波形記録および3軸応答スペクトルは松村和雄教授提供。

図-1.1 3.26地震および5.13地震の宮之城における地震動波形と3軸応答スペクトル

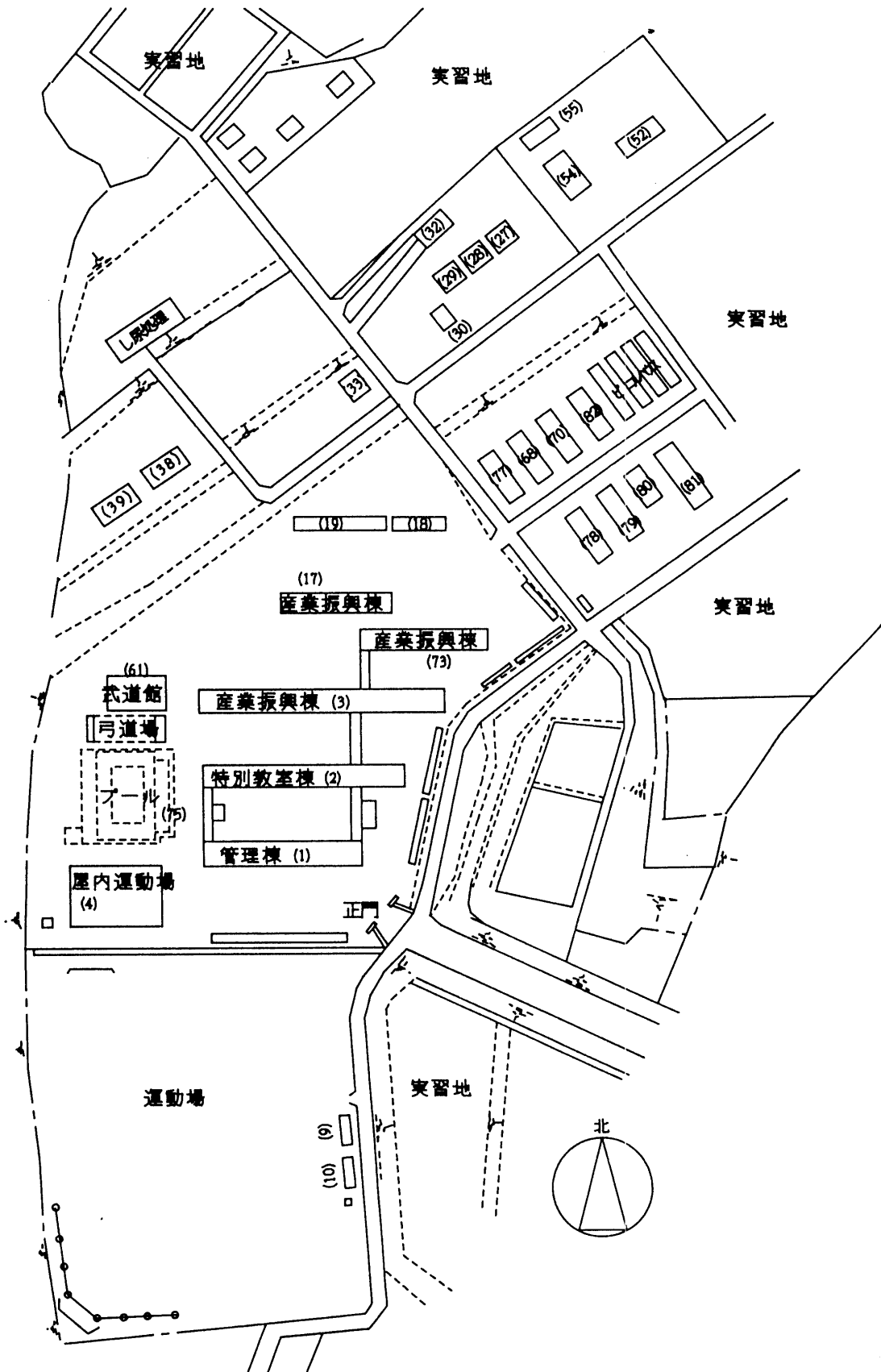


図-1.2 宮之城農業高校配置図

表-1.2 宮之城農業高校棟別被災状況

棟 名 称	棟番号	構造区分	階 数	建設年月	保有面積 (m <sup>2</sup> )	被災状況
管理教室棟	1	R C	3	S 43. 8	1960	倒 壊
特別教室棟	2	R C	3	S 43. 3	2135	倒 壊
産業振興棟	3	R C	2	S 43.3 44.3	1963	小 破
屋内運動場	4	R C	2	S 45. 3	1113	大 破
自転車置き場	9	W	1	S 43. 3	50	軽 微
自転車置き場	10	W	1	S 43. 3	50	無被害
産業振興棟	17	S	1	S 43.3 S 46. 3	50	軽 微
産業振興棟	18	S	1	S 42. 3	144	軽 微
産業振興棟	19	S	1	S 42. 3	269	軽 微
乾草倉庫	27	W	1	S 42. 3	99	無被害
牛舎	28	S	1	S 42. 3	116	無被害
牛舎	29	S	1	S 41. 5	116	無被害
畜産管理棟	30	W	1	S 42. 3	63	無被害
牛舎	32	S	1	S 44. 3	96	無被害
畜産実験棟	33	W	1	S 42. 3	99	無被害
豚舎	38	S	1	S 42. 3	162	無被害
豚舎	39	S	1	S 42. 3	162	無被害
豚舎	52	W	1	S 42.10	65	無被害
豚舎	54	B	1	S 42. 5	45	無被害
豚舎	55	B	1	S 43. 6	43	無被害
武道館	61	S	1	S 47.12	250	小 破
温室	68	S	1	S 53. 3	202	無被害
温室	70	S	1	S 55. 2	204	無被害
産業振興棟	73	R C	3	S 61. 3	1560	中 破
プール棟	75	R C	1	H 3. 3	95	無被害
温室	77	S	1	H 3. 1	200	無被害
温室	78	S	1	H 3. 11	200	無被害
温室	79	S	1	H 3. 11	200	無被害
植物生産工場	80	S	1	H 6. 3	162	無被害
生物工学実習棟	81	S	1	H 7. 3	300	無被害
温室	82	S	1	H 8. 2	200	無被害

R C : 鉄筋コンクリート造, S : 鉄骨造, W : 木造, B : ブロック

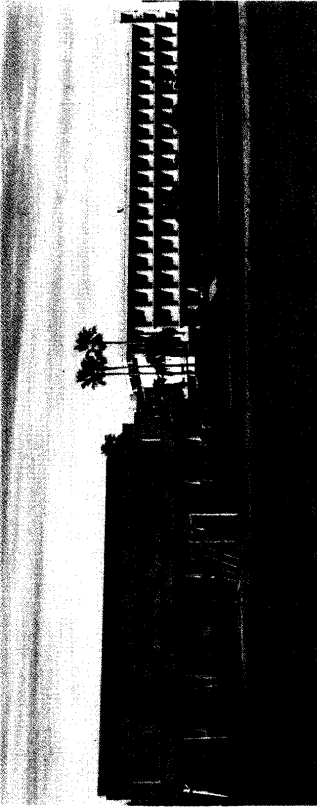


写真-1.2 屋内運動場と管理教室棟



写真-1.4 武道館(61)被災状況:小破



写真-1.6 豚舎(38)被災状況:無被害



写真-1.1 宮之城農業高校の立つ小高い台地



写真-1.3 産業振興棟(19),(18)被災状況:軽微



写真-1.5 牛舎(30)被災状況:無被害

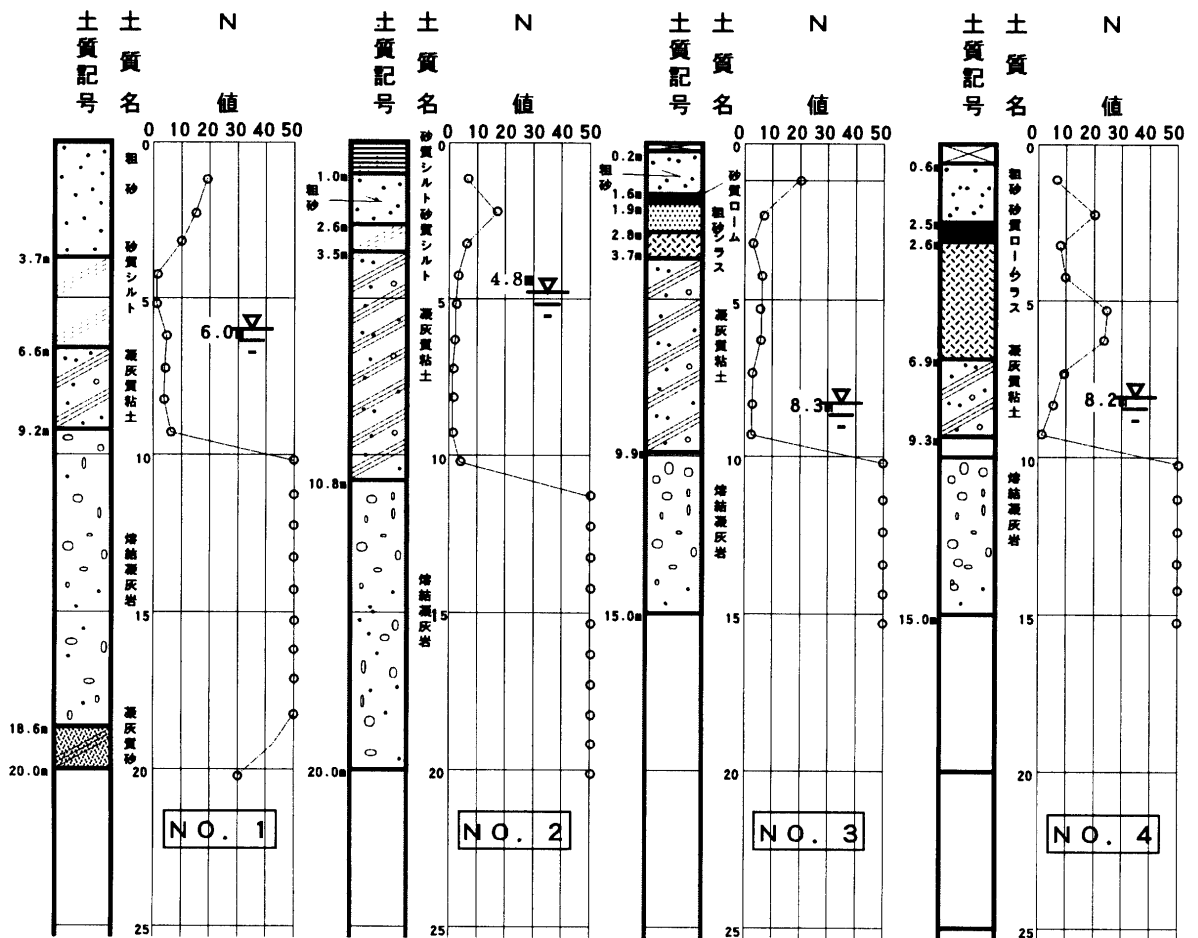
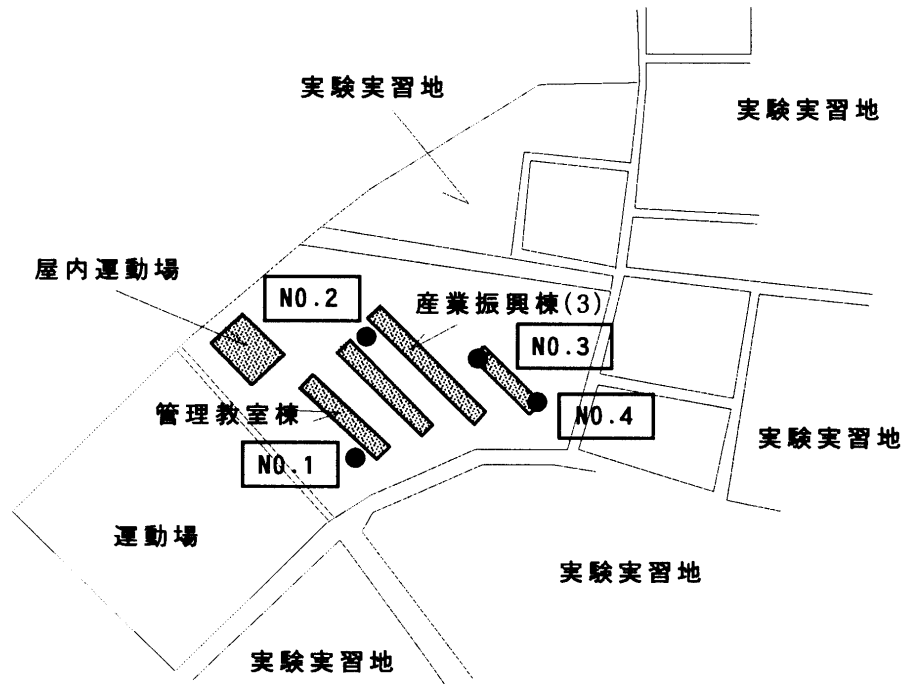


図 1.3 土質柱状図

## 2 管理教室棟

### ①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

一階平面図, 南北立面図	図-2.1
A 通り一階ひび割れ図	図-2.2
B 通り一階ひび割れ図	図-2.3

建物は鉄筋コンクリート造3階建, ペントハウス1階で, 1968年(昭和43年)に竣工している。渡り廊下と本棟の間にはエキスパンジョイントが設けられている。基礎については基礎底がGL-1.8mで杭(径:350mm, 杭長:7.0m)が使用されている。架構形式については, 桁行方向は22スパンのウォールガーダー・ラーメン形式となっている。梁間方向は片側廊下形式の単スパンのラーメンで1,2,15,22通りは耐震壁が設けられている。また南側A通りの2通りと3通り間のスパンには有開口耐震壁が設けられ, A通りの22通りの柱には袖壁が設けられている。また1通りと2通りの間および21通りと22通りの間に内階段が設けられている。コンクリートは川砂利を使用した普通コンクリートで, 鉄筋はすべて丸鋼である。帯筋のフックは90度フックとなっている。

### ②応急対策

4月3~5日には震度4, 5の地震が続いて発生し, A通り(南面)の二階床の一部が3cmほど沈下した。保健室の窓枠は湾曲した。夏休みまでの応急処置として, せん断ひび割れが発生していた柱の近くへの鉛直サポートの設置と, 余震が収まらない状況から, 地震抵抗用の鉄骨造X形ブレースの設置を4月6日に決定した。鉛直サポートは, 一階部分の柱一本当たり作用する建物重量を $1.2(t) \times 15(m^2) \times 3(\text{階}) = 54(t)$ であると概算して, 許容軸力20(t)のものをせん断ひび割れが生じていた柱の近くに3個ずつ配置することとした。建物全重量を3000tと概算し, その0.6倍(1800t)の水平力に耐えるようにX形ブレースで補強することとした。被害を受けた構造体が未だその半分の水平力900tを負担できるとし, 残り900tを負担させる一カ所120tの鉄骨X形ブレースを8カ所設置することを決定した。図-2.1には3.26地震発生後に設置した鉛直サポートの位置と地震抵抗用に設置した鉄骨X形ブレースの位置を示してある。

5.13地震時には鉛直サポートの設置は完了していたが, 鉄骨造X形ブレースのうち, A通り(南面)の②-③-④間の数カ所はあと施工アンカー用の鉄骨穴とコンクリート穴の位置のくい違いの調整をしていた時に地震が発生したので完了手前であった。

### ③被害概要

図-2.1には1階の柱の被災度区分判定について, 3.26地震発生後と5.13地震発生後のものを比較して示している。図-2.2, 2.3に3.26地震発生後のひび割れ状況を示す。写真-2.3~2.6に3.26地震後のひび割れ状況を示し, 写真-2.7~2.12に5.13地震後のひび割れ状況を示す。各写真説明の( )内は撮影月日を示している。

3.26地震ではB通りの柱に比べ, A通りの柱の損傷度が大きく, B通りの柱は曲げひび割れが多く見られ, A通りの柱にはせん断ひび割れが多く見られた。また南側A通り一階の②, ③間の有開口耐震壁はA-③柱がせん断破壊(写真-2.3)した。右側のA-③柱は損傷度Vであるのに対して左側のA-②柱は損傷度IIで鉛直変形もほとんど生じていなかった。これは, A-②柱にはRC造の直交壁が設けられているのに対し, A-③柱にはブロック造の直交壁が設けられていたが, ブロック壁と梁の間に5cmの空隙があったことによる。このA-③柱はその後, 余震により鉛直変形の進行が確認されたためブロック壁を一部撤去した後に鉛直サポートを設置した。

3.26地震でせん断ひび割れが発生していた柱は, 5.13地震により損傷度がより大きくなり, 特にA通りの柱(A-②~A-⑱)では殆どが損傷度Vとなり, 激しいせん断破壊の状況(写真-2.7~2.12)になっていた。しかし, それらの柱には室内側に殆ど鉛直サポート(写真-2.2)が設けられており, 顕著な軸方向変形は生じることなく落階を免れた。また耐震壁が直交している袖壁付き柱(A-⑳)には袖壁だけにせん断ひび割れが発生して柱部分には進展しなかった。また, せん断破壊した柱で帯筋のフックの外れと破断が観られた。

表-2.1 設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果

設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不 明	3	277(22,28)	218(23,35)	328(25,35)	257.8
	2	180(30,40)	210(15,37)	297(18,40)	229.0
	1	265(25,50)	266(15,70)	359(25,50)	296.7

各強度の単位はkgf/cm<sup>2</sup>, ( )内は中性化進度を表し, 単位はmm

表-2.2 管理教室棟耐震診断表

X 方 向	階	E <sub>o</sub> '	S <sub>b</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>b</sub>
	3	0.45	0.97	1.00	0.44	0.55
	2	0.27	0.97	1.00	0.26	0.33
	1	0.20	0.87	1.00	0.17	0.22
Y 方 向	階	E <sub>o</sub> '	S <sub>b</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>b</sub>
	3	1.71	0.97	1.00	1.66	0.93
	2	0.61	0.97	1.00	0.59	0.46
	1	0.57	0.87	1.00	0.50	0.41

X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向

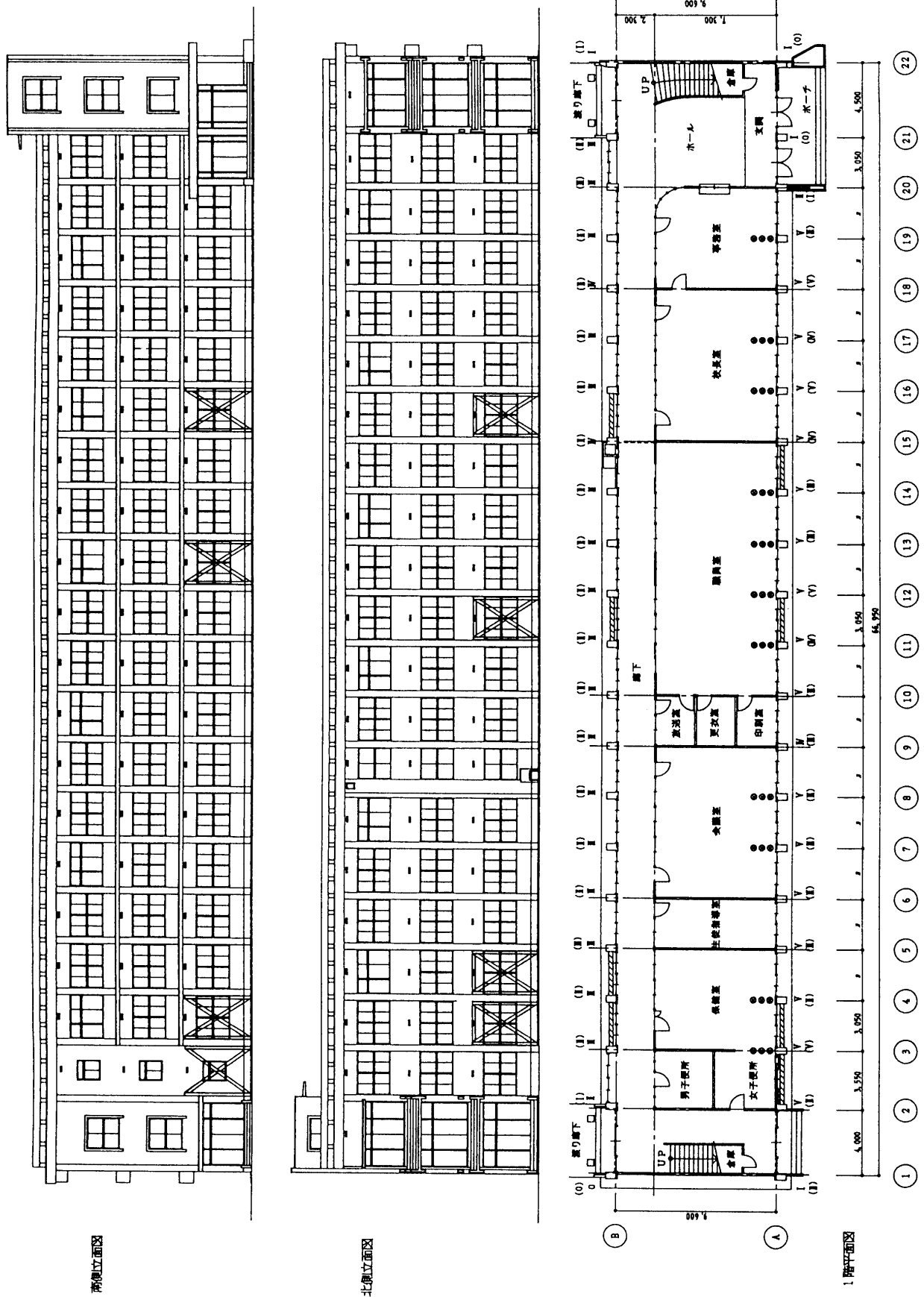
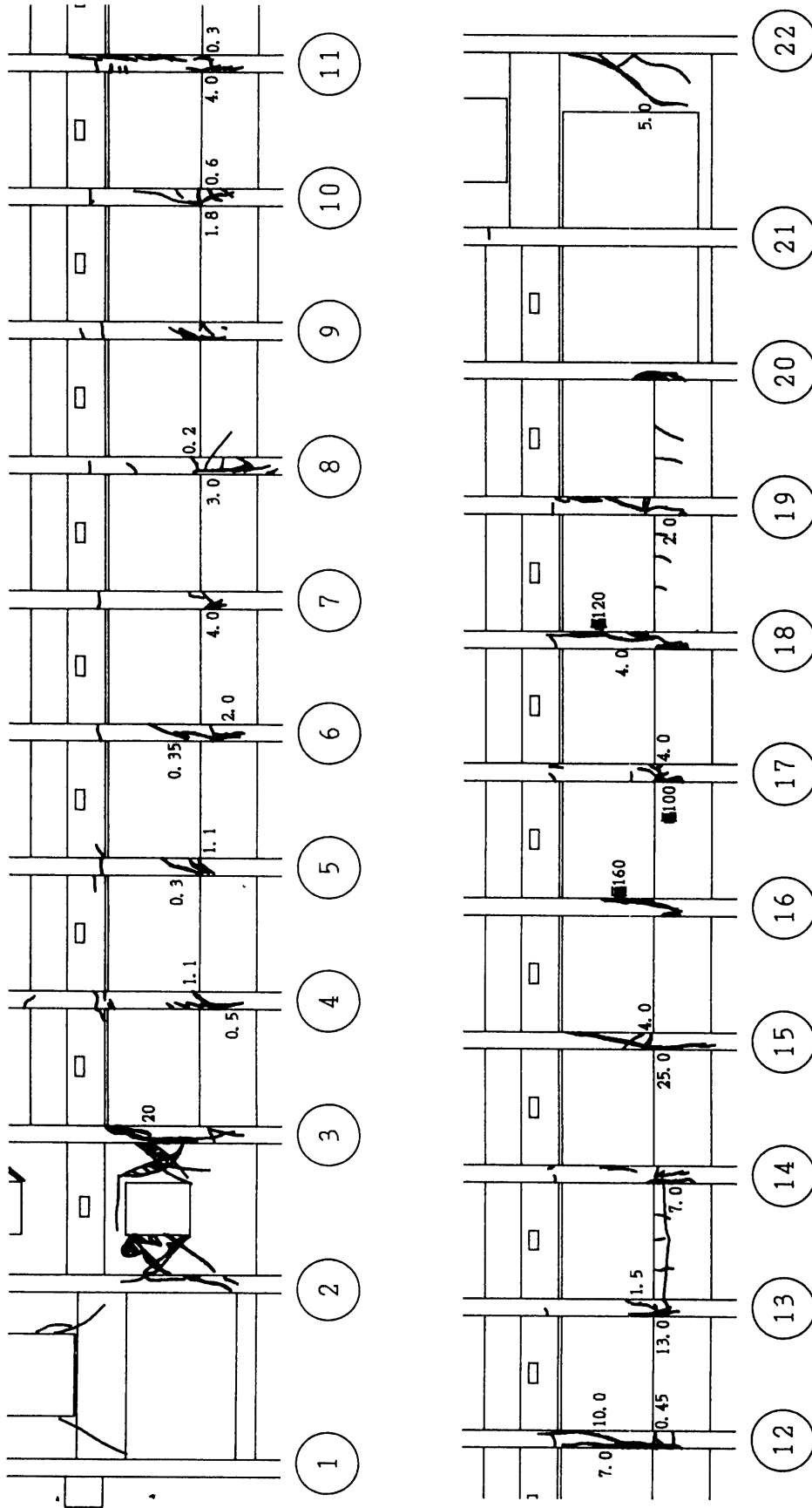
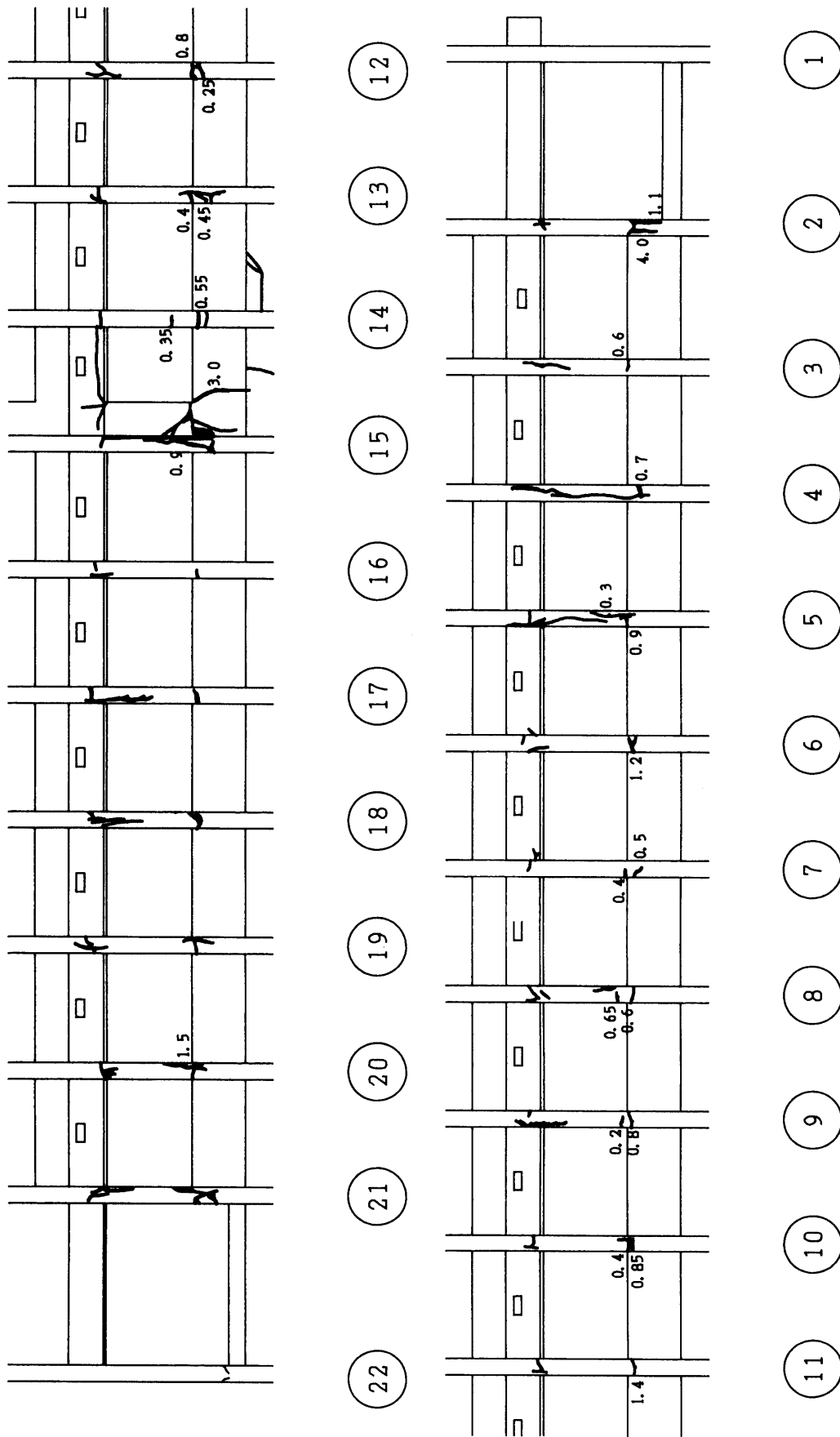


図-2.1 管理教室棟一階平面図および南北立面図





図中の数値はひび割れ幅を表し、単位はmm  
 図-2.2 A通り一階ひび割れ図



図中の数値はひび割れ幅を表し、単位はmm  
図-2.3 B通り一階ひび割れ図

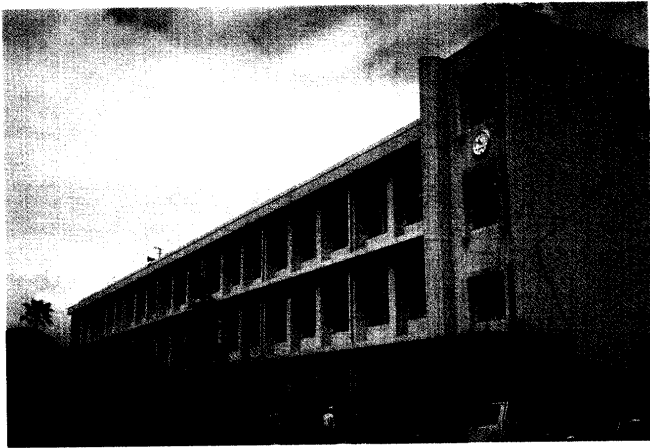


写真-2.1 管理教室棟全景（3月28日）

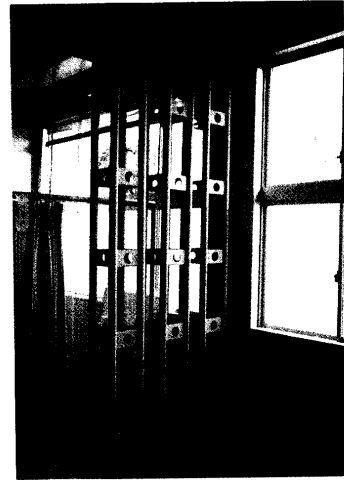


写真-2.2 保健室内の鉛直サポート（4月11日）

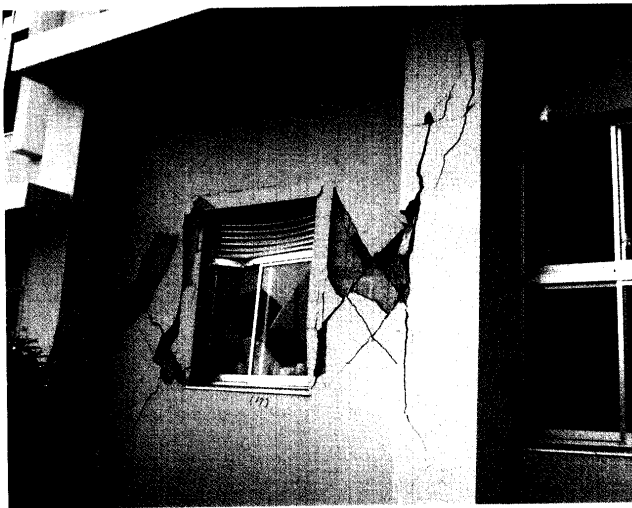


写真-2.3 A通り②-③（3月28日）



写真-2.4 A通り⑪-⑫（3月28日）



写真-2.5 A通り②-③（4月6日）

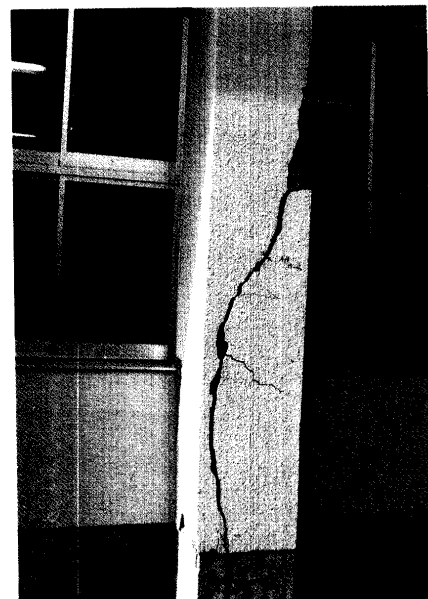


写真-2.6 A通り⑪-⑫（4月11日）



写真-2.7 A通り⑰ (5月13日)

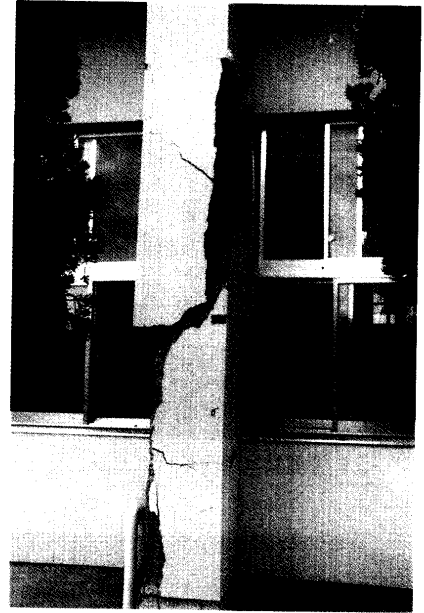


写真-2.8 A通り⑥ (5月13日)

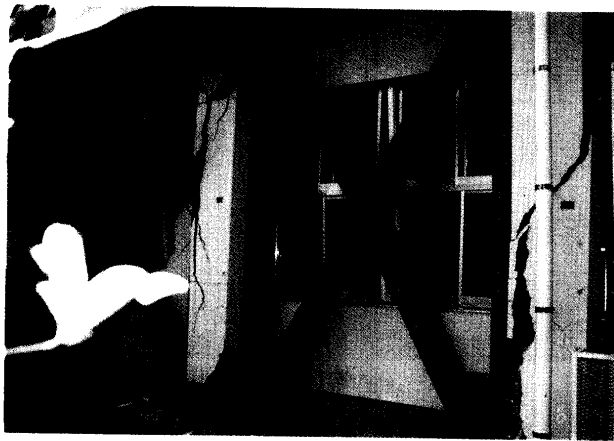


写真-2.9 A通り②-③-④ (5月13日)

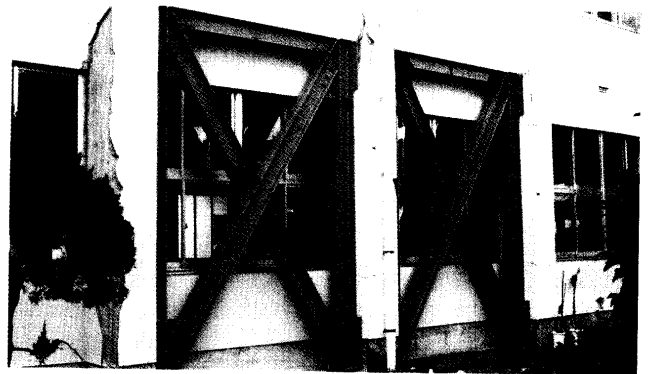


写真-2.10 B通り③-④-⑤ (5月13日)



写真-2.11 A通り⑮ (5月13日)



写真-2.12 A通り⑲ (5月13日)

### 3. 特別教室棟 (2)

#### ①建物概要

本建物の概要を下記の通りに示す。

- 渡り廊下の損傷度 図-3.1
- 一階二階平面図, 南北立面図 図-3.2
- A, B 通りひび割れ図 図-3.3

建物は鉄筋コンクリート造3階建, ペントハウス1階で, 1968年(昭和43年)に竣工している。渡り廊下と本棟の間にはエキスパンジョイントが設けられている。基礎は基礎底がGL-1.8mの杭基礎(既成コンクリート杭, 径: 350mm, 杭長: 7.0m)である。架構形式は, 桁行方向の一階が27スパン, 二三階が21スパンで壁梁が柱の内側に付いているラーメン形式となっている。梁間方向は単スパンのラーメンで北側(B通り)に片持ち梁で外側廊下が設けられている。また北側(B通り)の柱には袖壁が付いている所があるが, これらの袖壁はブロック造である。また1通りと2通りの間および21通りと22通りの間に屋内階段が設けられている。コンクリートは川砂利を使用した普通コンクリートで, 鉄筋はすべて丸鋼である。

#### ②応急対策

一階二階ともに, 北側柱の破壊状況は南側より激しかったので, 北側(B通り)だけに鉄骨造X形ブレースと鉛直サポートを4月に設置し, 本校舎の使用を禁止する措置を取った。許容軸力20(t)の鉛直サポートをせん断ひび割れが生じていた柱の近くに一階に3個ずつ, 二階には2個ずつ設置した。これは北側の外側が通路であったことによる。

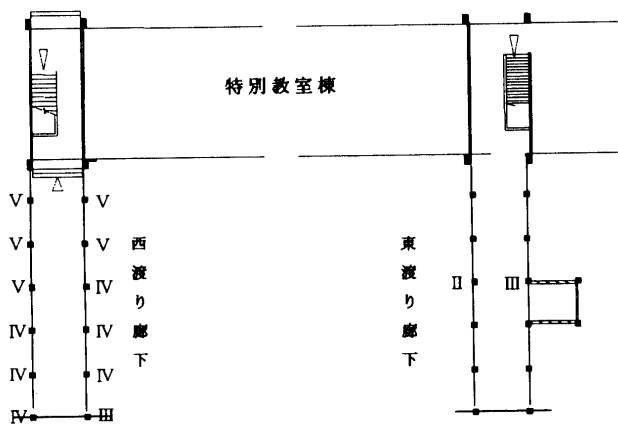


図-3.1 渡り廊下の損傷度

#### ③被害概要

3.26地震で二三階床間で1/125の層間変形角が生じた(3月28日測定)。図-3.2に1階の柱の5.13地震後の被災度区分判定を示してある。一階より二階のほうが, また南側より北側のほうが被災が激しい。この原因として, 1階平面は22通りから28通りまで平屋部分(図書室)があることによるのであろう。図-3.3に3.26地震発生後のひび割れ状況を示す。このひび割れ図は4月3, 4日に調査したものであるが, 4日の午後1時30分頃震度5弱の地震が発生し危険を感じ非難したので不完全なものである。ひび割れ調査の最中に起こったこの地震によって, 柱に一瞬にして新たなせん断ひび割れが発生するのを確認した。破壊実験によるせん断破壊の経験はあったものの, 実在建物のせん断破壊の挙動を確認したのは初めてのことであった。鉄筋コンクリート造建物のせん断破壊がいかにもろいものであるかということを確認できたのは貴重な経験であった。

写真-3.1に特別教室棟の全景を, 写真-3.2~3.6に3.26地震後及び5.13地震後のひび割れ状況を示し, 写真-3.7には二階南側(A通り)のひび割れ状況を示す。図-3.1に管理教室棟と特別教室棟を結ぶ渡り廊下の被災度を示している。西渡り廊下は柱の損傷が激しいのに対し, 東渡り廊下は一部の柱以外無被害と言える。これは付属建物が併設されていたことによると考えられる。

表-3.1 設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果

設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不 明	3	233(1,1)	199(1,1)	326(0,0)	253
	2	190(5,1)	226(2,2)	296(1,0)	237
	1	247(1,0)	233(2,5)	156(8,2)	212

各強度の単位はkgf/cm<sup>2</sup>, ( )内は中性化進度を表し, 単位はmm

表-3.2 耐震診断表

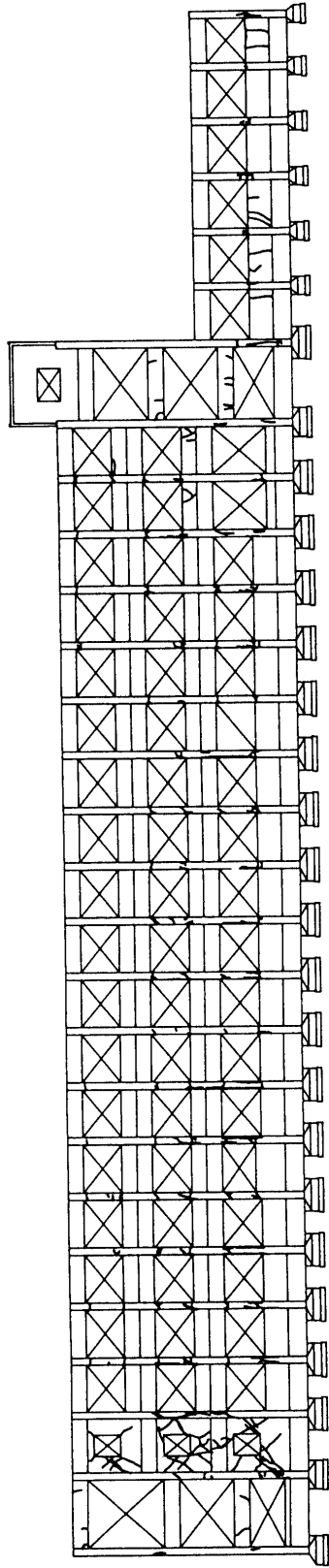
X方向	階	E <sub>o</sub> '	S <sub>D</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>D</sub>
	3	0.46	0.90	0.97	0.40	0.42
2	0.34	0.90	0.97	0.30	0.38	
1	0.35	0.90	0.97	0.30	0.24	

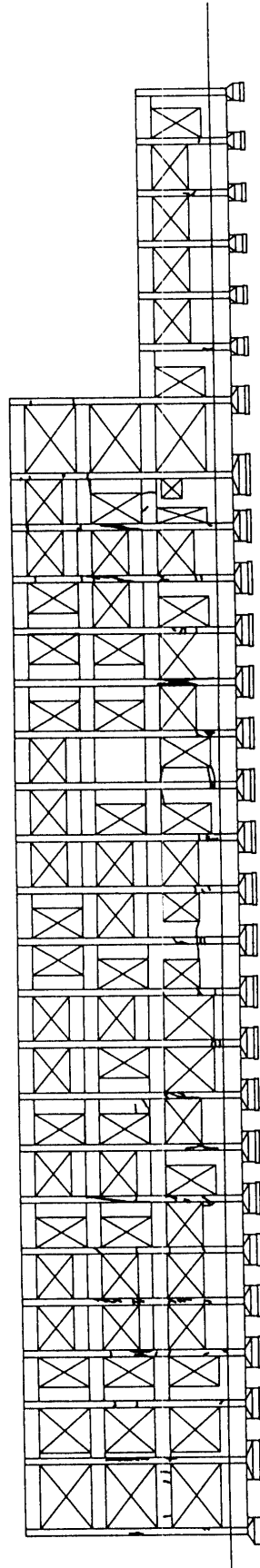
Y方向	階	E <sub>o</sub> '	S <sub>D</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>D</sub>
	3	1.04	0.90	0.97	0.91	0.93
2	0.69	0.90	0.97	0.60	0.62	
1	0.60	0.90	0.97	0.52	0.54	

X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向





A 通りひび割れ図



B 通りひび割れ図

調査日：4月4、5日，同日午後1:30分頃，震度4～5の地震発生のため不完全

図-3.3 A, B通りひび割れ図



写真-3.1 特別教室棟全景 (3月28日)

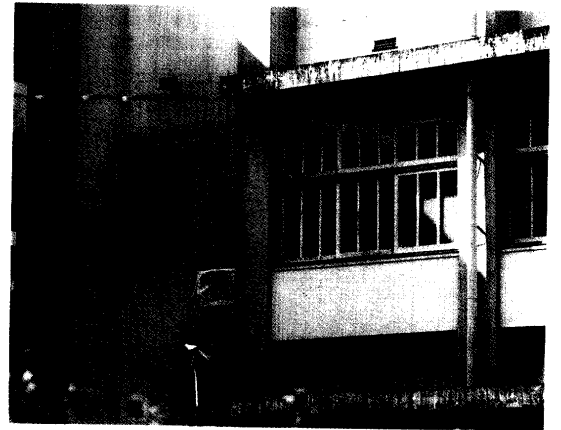


写真-3.2 2階A通り②-③-④ (5月13日)

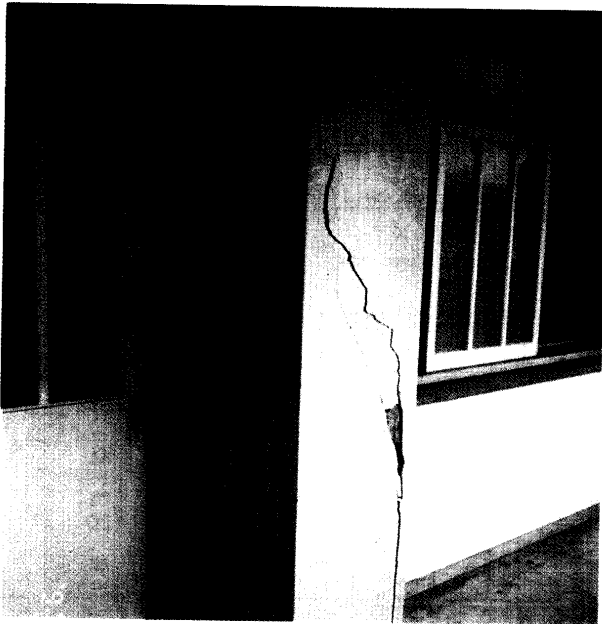


写真-3.3 B通り⑧ (3月28日)

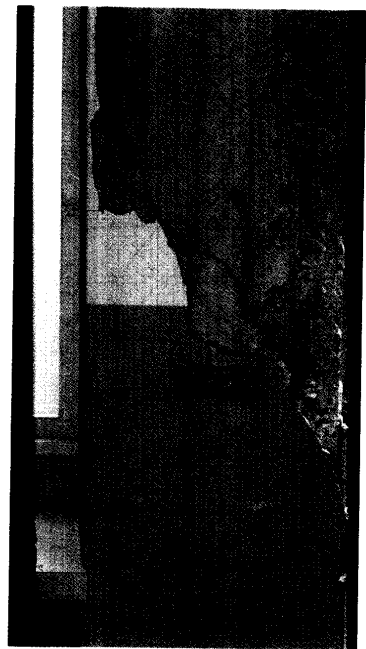


写真-3.4 2階A通り⑫ (5月13日)

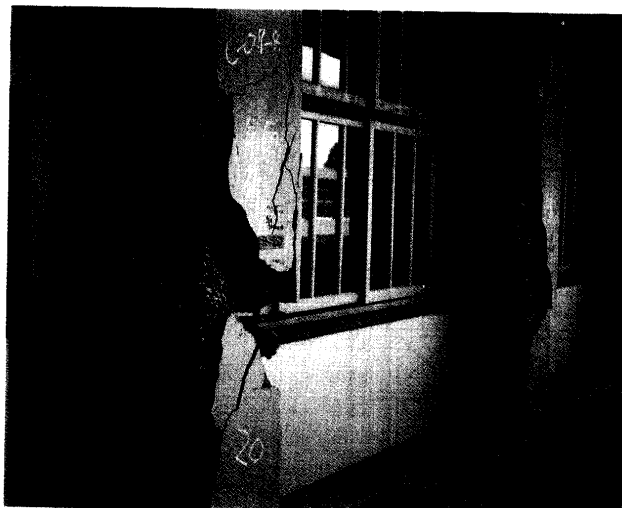


写真-3.5 B通り⑧-⑦ (5月13日)

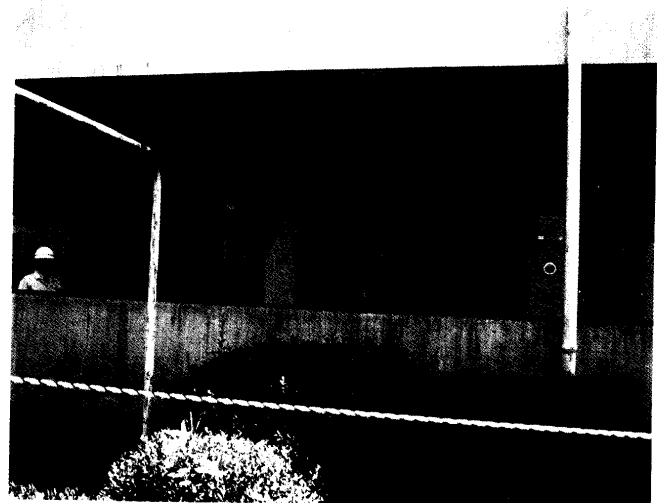


写真-3.6 応急補強ブレース1階B通り⑬-⑭-⑮ (4月11日)



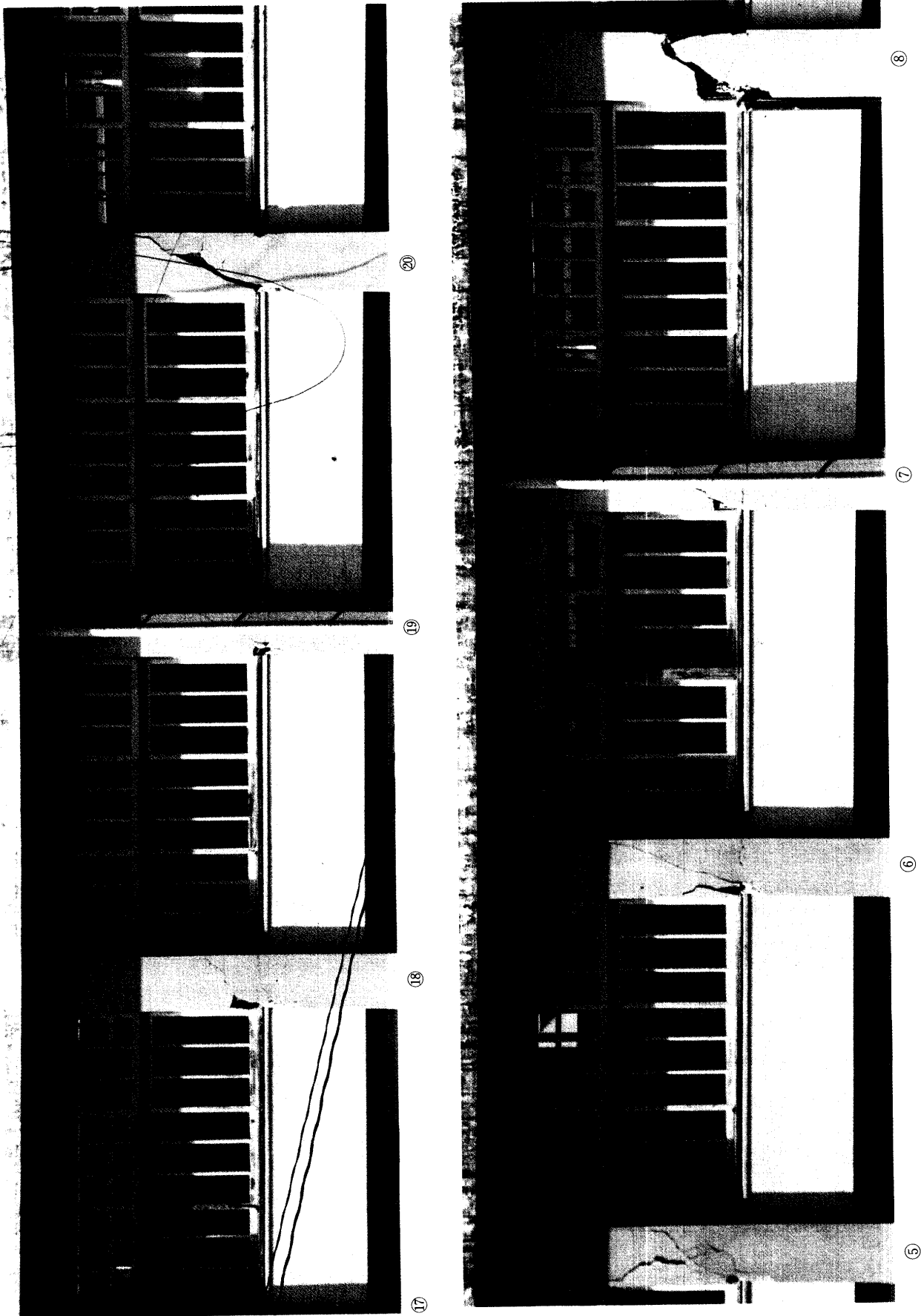


写真-3.7 二階南側A通りのひび割れ状況

### 4. 産業振興棟(3)

#### ①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

一階二階平面図, 南北立面図 図-4.1

本建物は鉄筋コンクリート造2階建てで、1通りから22通りまでが1968年(昭和43年)に、22通りから35通りが1969年(昭和44年)の二期に渡って竣工している。基礎は基礎底がGL-1.8mの布基礎(A通り:幅2.0m, B通り:幅3.0m)である。架構形式は、桁行方向の一階が34スパン(全長104m)、二階が31スパン(全長95m)の長い建物で、幅が20cmの壁梁が柱の内側に付いているラーメン形式となっている。梁間方向は単スパンのラーメンで北側(B通り)に片持ち梁で外側廊下が設けられている。また北側(B通り)の柱には所々袖壁が付いているが、これらの袖壁はブロック造である。また22通りと23通りの間に屋内階段が設けられている。22通りと23通りの南側には渡り廊下が接続されているが、エキスパンジョイントが設けられている。渡り廊下の柱の被災度はⅡ以下である。コンクリートは川砂利を使用した普通コンクリートで、鉄筋はすべて丸鋼である。

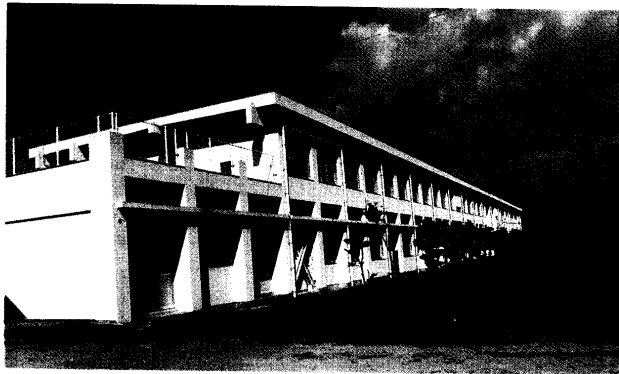


写真-4.1 産業振興棟(3)全景(3月28日)

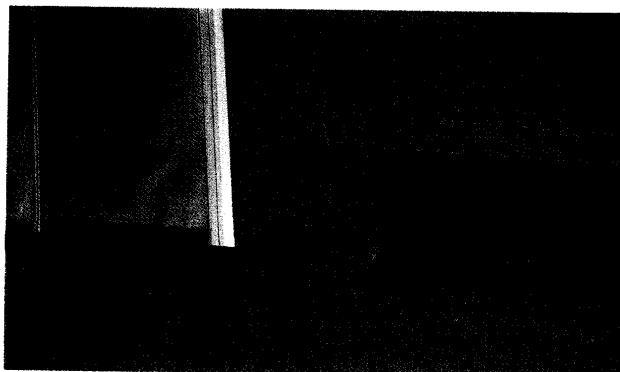


写真-4.3 2階㉔

#### ②応急対策

被害は少なかったが、5.13地震後に応急補強用の鉄骨造X形ブレースを4カ所設置した。

#### ③被害概要

図-4.1に1階の柱の5.13地震発生後の被災度区分判定を示している。写真-4.3~4.4に5.13地震後のひび割れ状況を示す。3.26地震では大きな被害は見られず、被災度Ⅱ以上のものは確認できなかった。5.13地震後には被災度Ⅲの柱が二本あり、写真-4.2, 4.3のようなせん断ひび割れが二階の極短柱に生じた。

表-4.1 設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果

設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不明	2	279(17,12)	243(0,1)	234(0,3)	252
	1	245(0,12)	202(2,2)	125(2,2)	191

各強度の単位はkgf/cm<sup>2</sup>, ( )内は中性化進度を表し, 単位はmm

表-4.2 耐震診断表

X方向	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>D</sub>	T	I <sub>S</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>D</sub>
	2	0.84	0.95	0.97	0.77	0.34
1	0.57	0.86	0.97	0.47	0.36	

Y方向	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>D</sub>	T	I <sub>S</sub>	C <sub>T</sub> ・S <sub>D</sub>
	2	1.87	0.95	0.97	1.73	1.51
1	1.24	0.86	0.97	1.03	0.60	

X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向

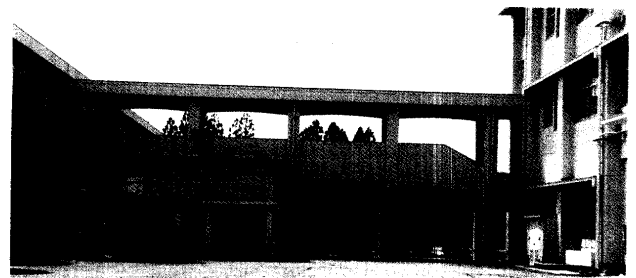


写真-4.2 渡り廊下 被災度Ⅰ~Ⅱ

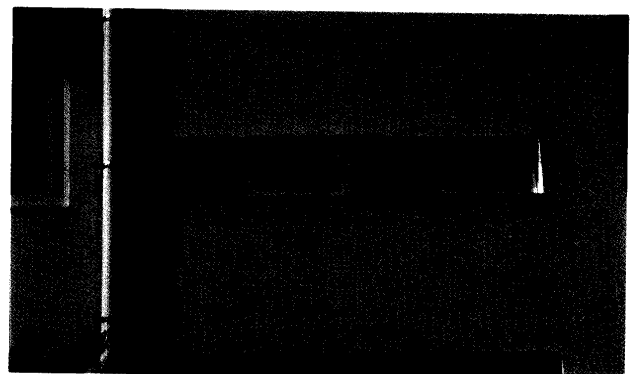


写真-4.4 2階㉓-㉔



## 5. 産業振興棟(73)

### ①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

一階平面図および南北立面図	図-5.1
A, B 通り一階ひび割れ図	図-5.2

本建物は鉄筋コンクリート造3階建てで、1986(昭和61年)に竣工している。渡り廊下と本棟の間にはエキスパンジョイントが設けられている。基礎は基礎底がGL-1.8mの杭基礎(既成コンクリート杭、径:350mm、杭長:7.0m)である。架構形式は、桁行方向の各階9スパンで、梁(3階、RF梁幅35cm、梁丈75cm)が柱(各階70cm×80cm)の内側に付いているラーメン形式となっている。梁間方向は単スパンのラーメンで北側(B通り)に片持ち梁で外側廊下が設けられている。また1通りと2通りの間及び10通りの外に階段が設けられている。本建物は新耐震設計法で設計され、フープ筋がD13-@100の配筋になっている。

### ②応急対策

一階の階高が高く、梁間方向が単スパンで柱にせん断ひび割れが見られたことより、鉛直サポートを図-5.1(一階平面図)のように設置した。A(南側)-⑦は被災度がIVであったが近くに間仕切り壁があり、落階防止に効果があると見て鉛直サポートを設置しなかった。新耐震設計法で設計されていたことによりせん断ひび割れ

が見られても未だ余裕があると判断して地震抵抗用の鉄骨造X形ブレースを設置しなかった。

### ③被害概要

図-5.1に1階柱の5.13地震発生後の被災度区分判定を示してある。図-5.2に5.13地震発生後のひび割れ状況を示す。柱梁断面が大きく、配筋は新耐震でフープも10cm間隔であるが、被災度がIVの柱が5カ所ありかなりの被害を受けている。しかし落階に至らず、補修が充分可能なものである。写真-5.1に産業振興棟(73)の全景を、写真-5.2~5.6に被害状況を示す。写真-5.4には垂れ壁の偏心による影響が見られる。

表-5.1 設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果

設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不明	3	323(0,5)	304(1,0)	280(5,0)	302
	2	226(0,10)	266(1,3)	259(1,10)	250
	1	206(0,12)	215(0,13)	241(0,4)	221

各強度の単位はkgf/cm<sup>2</sup>、( )内は中性化進捗を表し、単位はmm

表-5.2 耐震診断表

X 方向	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>b</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ·S <sub>b</sub>
	3	2.38	0.92	0.99	2.17	0.57
	2	1.43	0.92	0.99	1.30	0.49
	1	0.60	0.83	0.99	0.49	0.34
Y 方向	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>b</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ·S <sub>b</sub>
	3	1.34	0.92	0.99	1.22	0.43
	2	1.15	0.82	0.99	0.93	0.53
	1	1.07	0.83	0.99	0.88	0.41

X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向

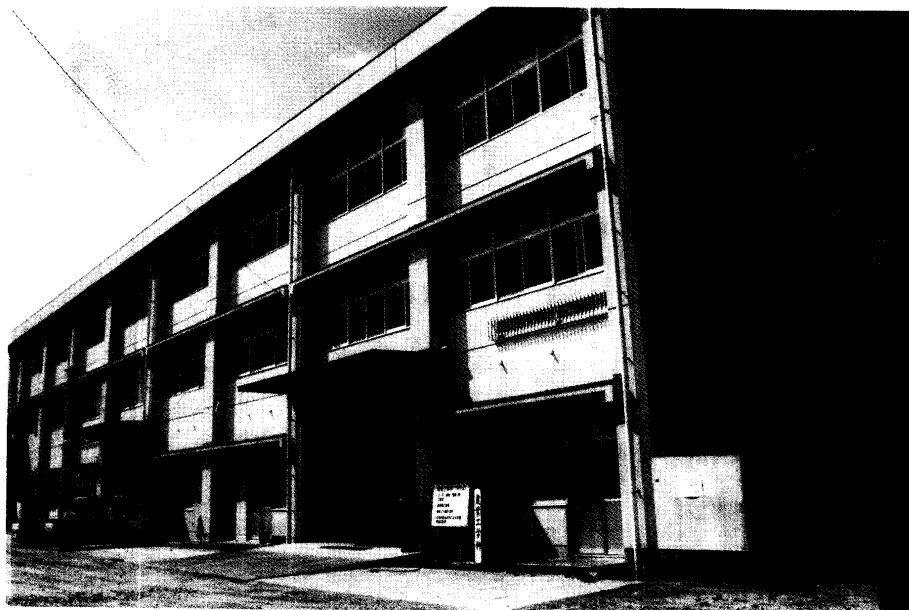


写真-5.1 産業振興棟(73)全景(3月28日)

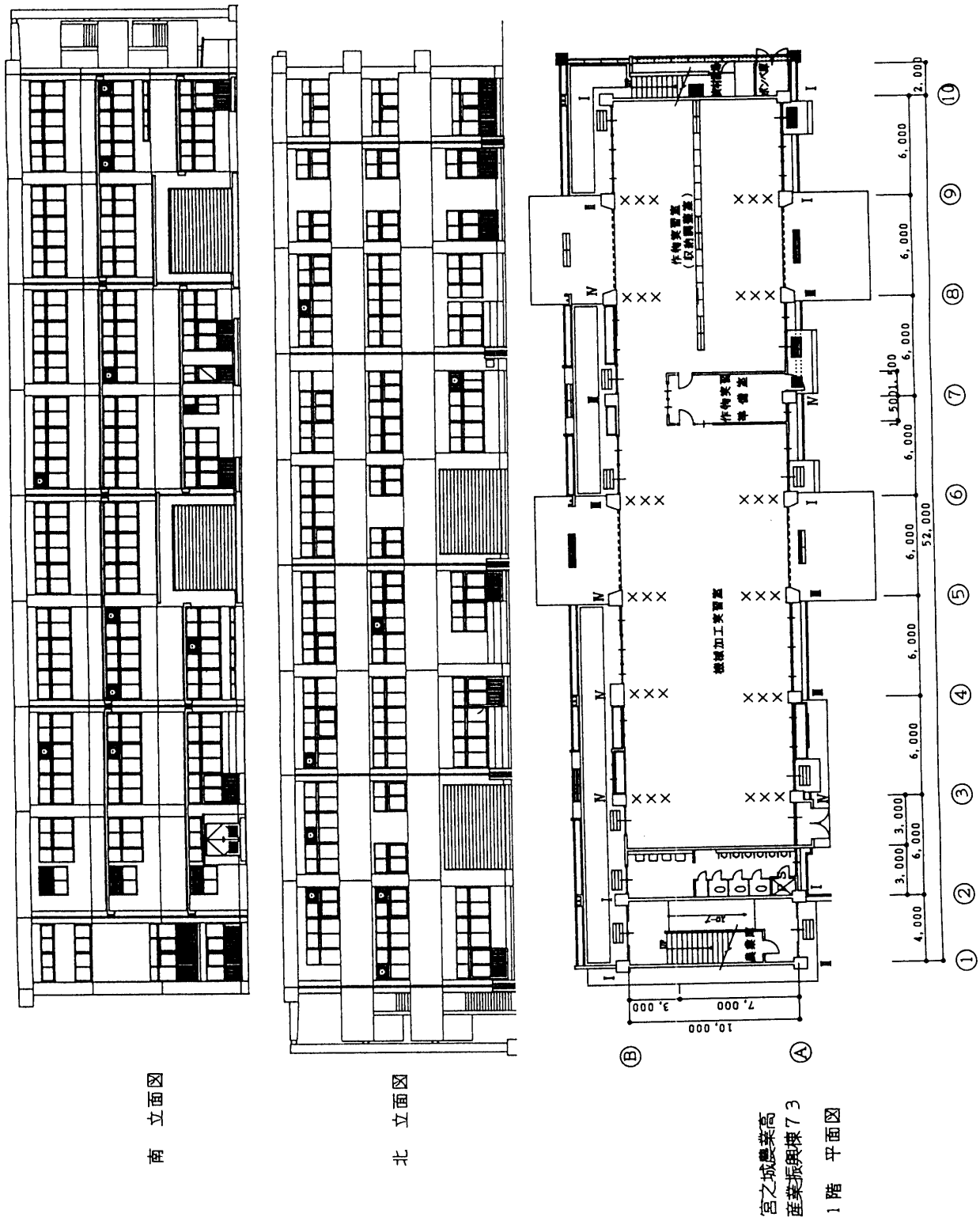


図-5.1 産業振興棟(73) 一階平面図および南北立面図

宮之城農業高  
産業振興棟73  
1階平面図

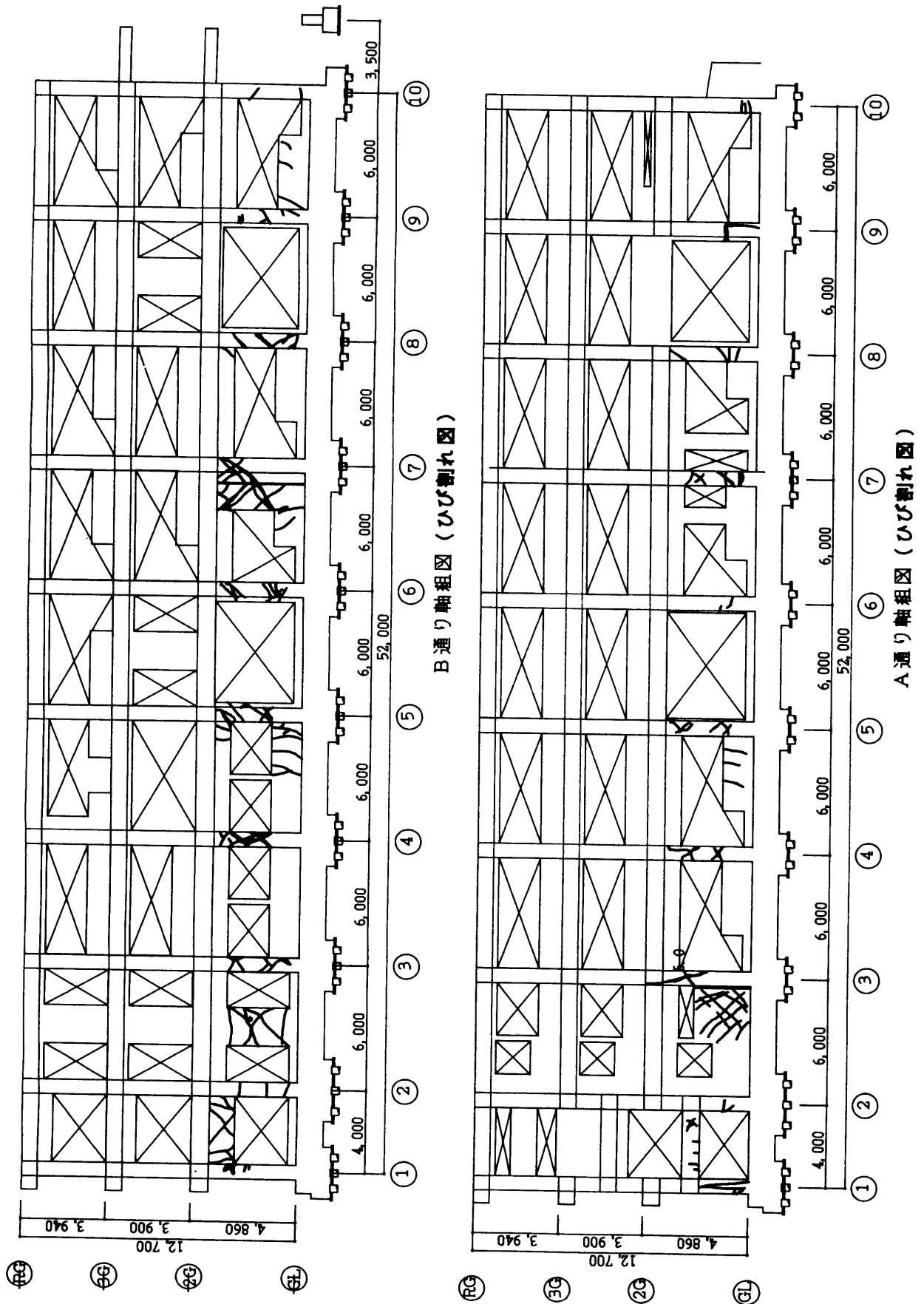


図-5.2 A, B通り一階ひび割れ図

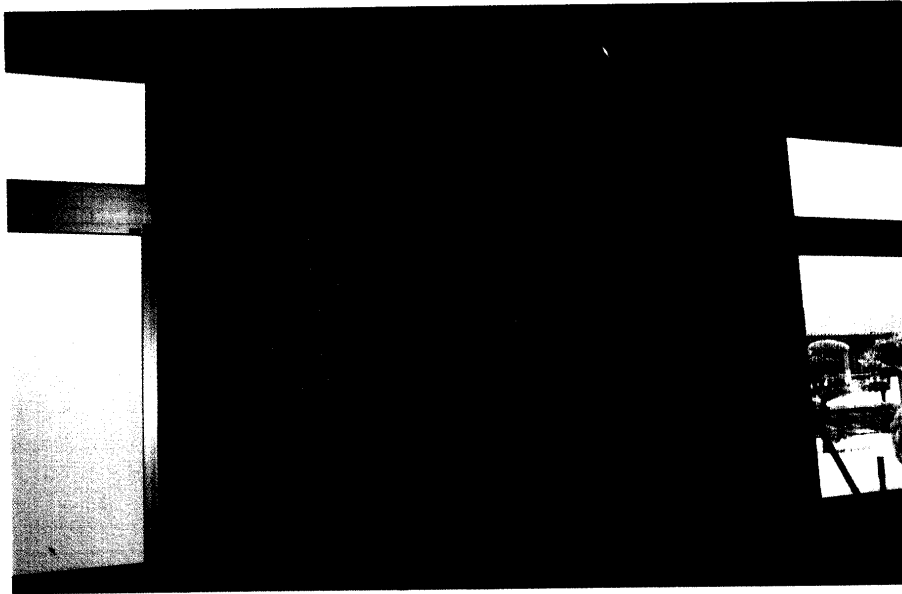


写真-5.2 B通り⑦ (9月1日)

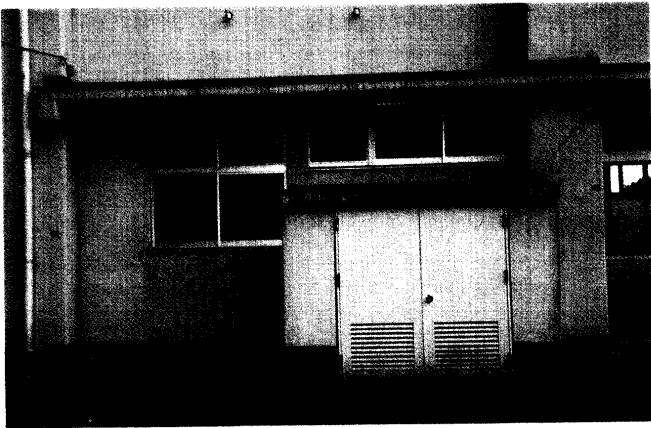


写真-5.3 A通り③ (5月14日)

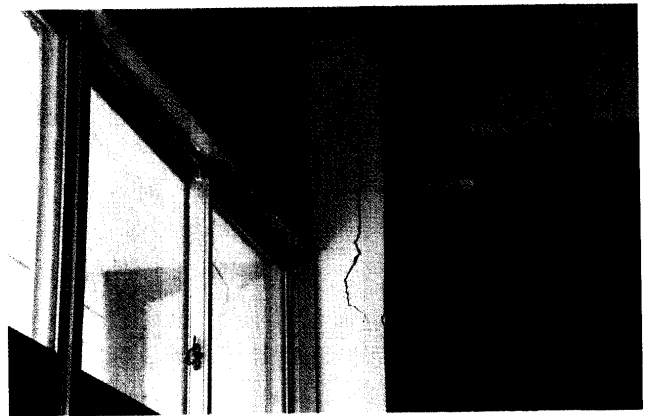


写真-5.4 A通り③室内 (9月1日)

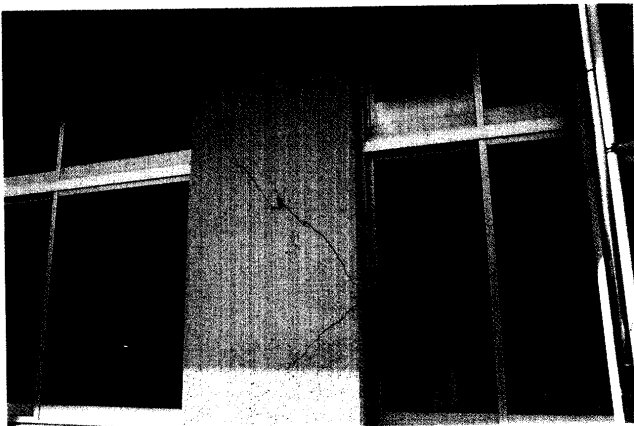


写真-5.5 B通り③ (9月1日)

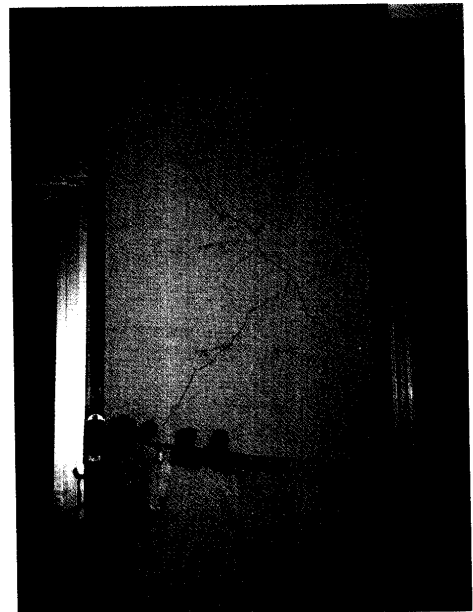


写真-5.6 A通り⑦ (5月14日)

## 6. 屋内運動場(4)

### ①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

- 2階損傷度 図-6.1
- 一階二階平面図, 屋根伏図, 軸組図, 屋根取り付け詳細図 図-6.2

本建物は屋根が鋼管のシェルで、架構が鉄筋コンクリート造2階建てで、1969年(昭和44年)に竣工している。1階の桁行方向には4隅に耐震壁が配置されているが、2階は壁のない純ラーメンである。基礎は基礎底がGL-1.2mの杭基礎(既製コンクリート杭、径:300mm、杭長:7.0m)である。屋根の鋼管円筒シェルは桁梁および妻の円弧状の梁に4-16φ、L=450mmのアンカーボルトで接合されている。コンクリートは川砂利を使用した普通コンクリートで、鉄筋はすべて丸鋼である。帯筋のフックは90度フックとなっている。

### ②応急対策

二階柱及び最上階梁の損傷がひどく、さらにシェル鉄骨アンカー部のコンクリートの剥落の危険があることから、補修、補強が完了するまで使用禁止の処置をとった。

### ③被害概要

3月26日の地震及び5月13日の地震の被害状況を写真-6.1~6.6に示す。図-6.1には1階より2階のほうの損傷が激しかったので2階の柱の被災度区分判定を、3.26

地震後(4月11日調査)と5.13地震発生後(5月13, 14日調査)を比較して示してある。3.26地震後の調査の写真は震度4, 5の4月3, 4日に発生した地震によって被害が拡大している。写真-6.1, 6.2は4月11日の時点のもので、最初からアンカーボルトの切断、及びコンクリートの剥落が見られた。桁柱、妻柱共に柱頭、柱脚に写真-6.3, 6.4, 6.5のような曲げ破壊が見られ、せん断破壊した柱も見られた。写真-6.6は柱梁から持ち出された非構造壁のせん断破壊であるが、その発生要因はそれらに接続する壁梁とがラーメンに近い形態をなし、上下の壁梁間の層間変形が発生したことによるものと考えられる。2階と屋根の相対変形に対してエネルギー吸収効果があったものと評価できる。

表-6.1 設計基準強度およびコア抜き圧縮試験結果

設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不明	1	183	151	194	176

強度の単位は全てkgf/cm<sup>2</sup>である

表-6.2 耐震診断表

X方向 (X1 frame)	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>D</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ·S <sub>D</sub>
	2	0.72	0.80	0.94	0.54	0.18
1	0.45	1.00	0.94	0.42	0.45	

Y方向 (Y1 frame)	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>D</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ·S <sub>D</sub>
	2	1.19	0.80	0.94	0.89	0.83
1	0.79	1.00	0.94	0.74	0.87	

Y方向 (Y8 frame)	階	E <sub>o'</sub>	S <sub>D</sub>	T	I <sub>s</sub>	C <sub>T</sub> ·S <sub>D</sub>
	2	0.53	0.80	0.94	0.40	0.34
1	1.02	1.00	0.94	0.96	0.45	

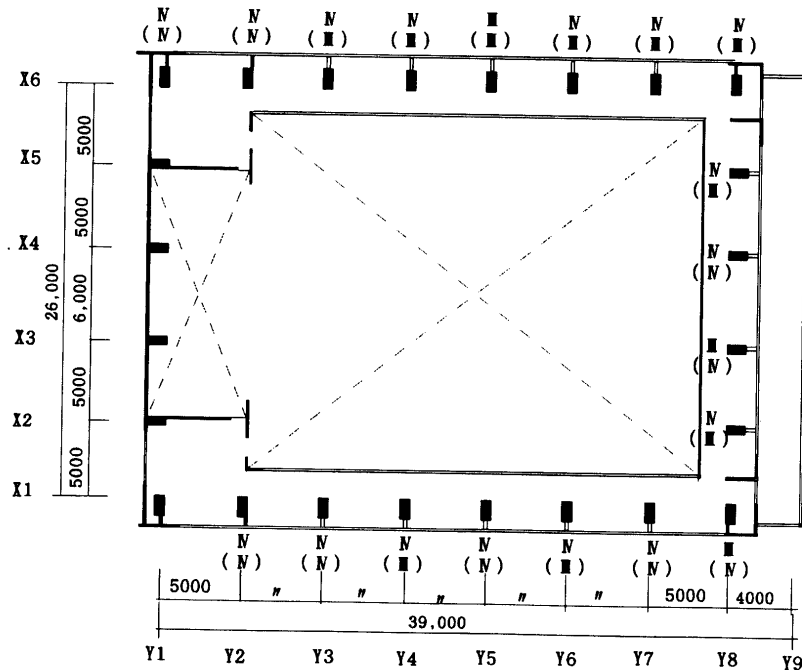
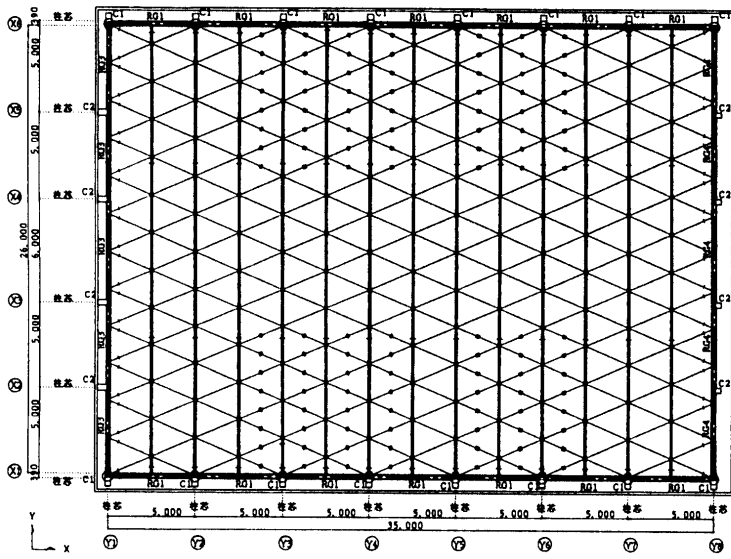
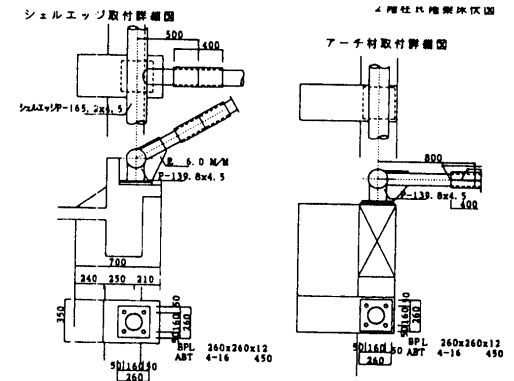
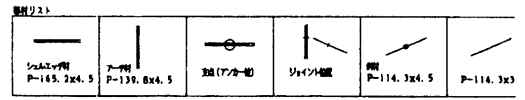


図-6.1 宮之城農業高校屋内運動場 2階損傷度7月11日調査  
( )内: 4月11日調査

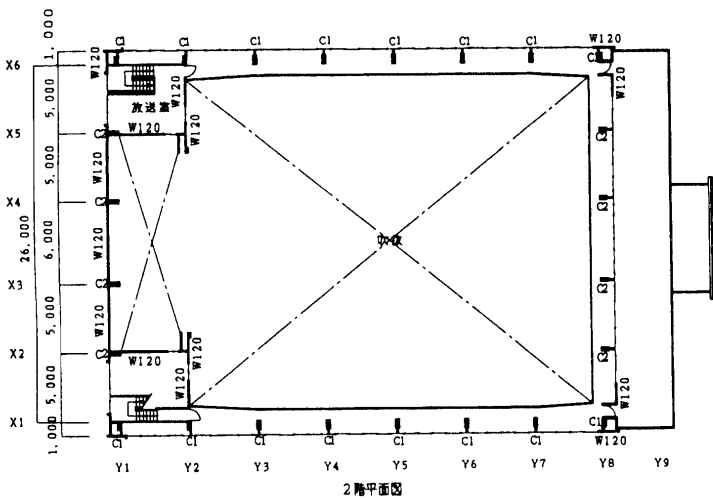




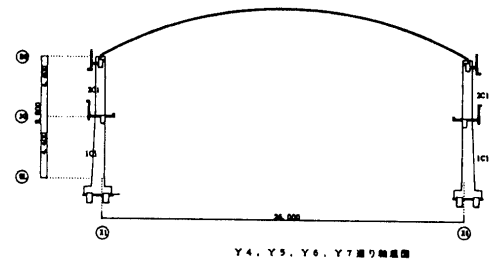
屋根伏図



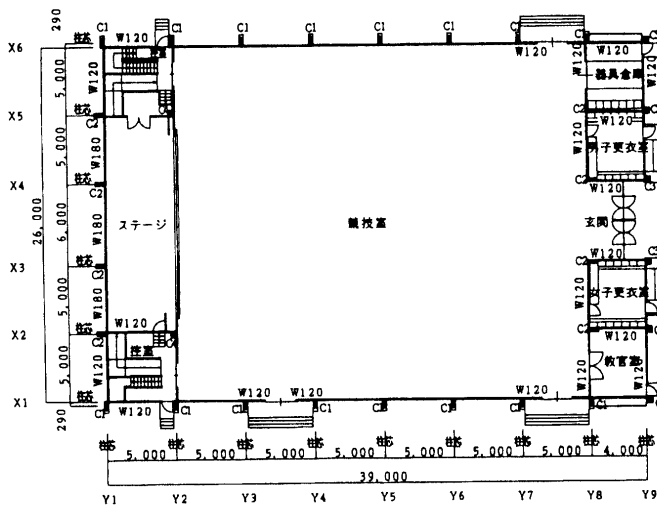
屋根取り付け詳細図



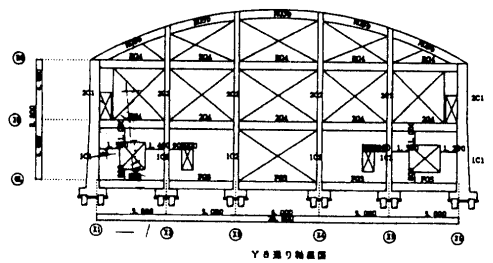
2階平面図



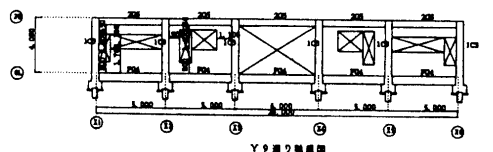
Y4, Y5, Y6, Y7 通り軸組図



1階平面図



Y8 通り軸組図



Y9 通り軸組図

図-6.2 屋内運動場、一階二階平面図、屋根伏図、軸組図、屋根取り付け詳細図



写真-6.1 屋内運動場屋根シェル設置部のコンクリート剥落 (4月11日)

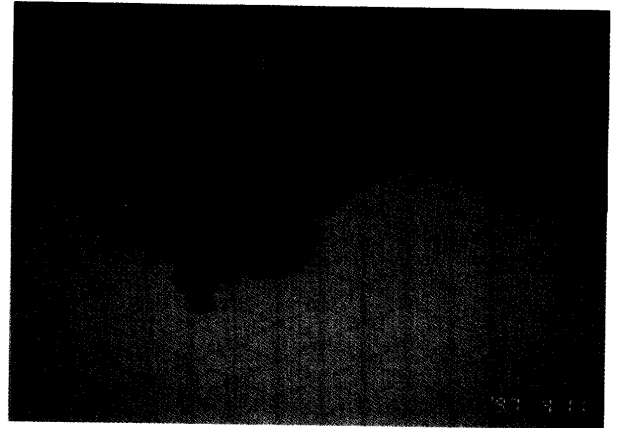


写真-6.2 アンカーボルトの切断 (4月11日)

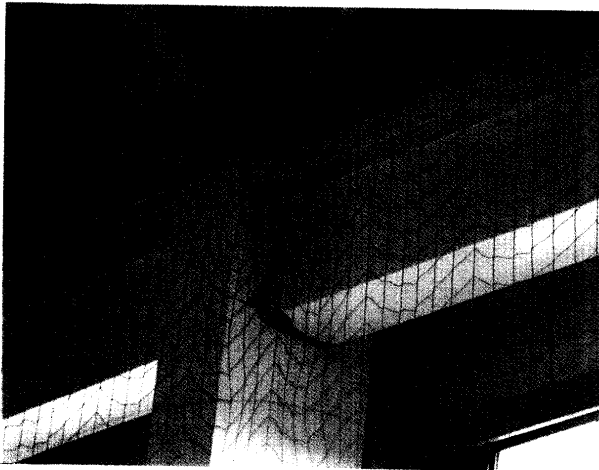


写真-6.3 柱頭の破壊 (Y4-X6) (4月11日)

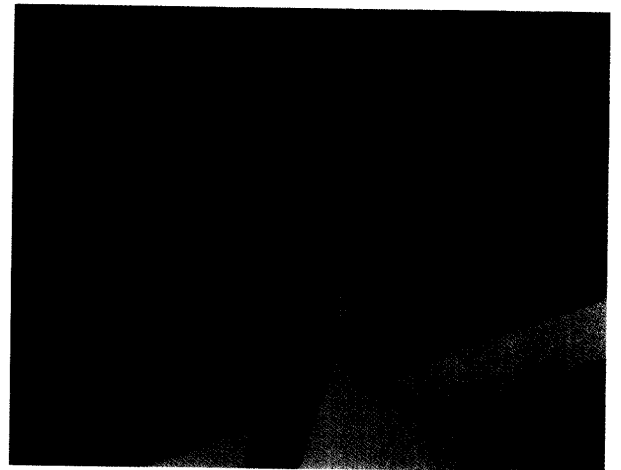


写真-6.4 柱頭の破壊 (Y4-X6) (5月14日)

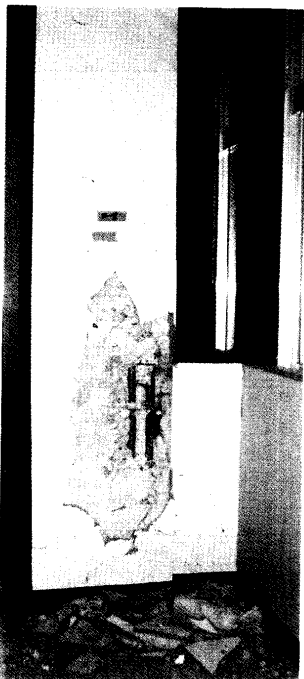


写真-6.5 柱脚の破壊 (Y4-X6) (5月14日)



写真-6.6 非構造壁の破壊 (4月12日)

## 7. 武道館 (61)

### ①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

平面図, 軸組図

図-7.1

本建物は鉄骨造平屋建てで、1972年（昭和47年）に竣工している。梁間方向はスパン14.8m、軒高GL+5.0mの山形ラーメンで、桁方向は3.2m×8スパンのブレース架構である。図-7.1に示すように、X1通りに4カ所、X4通りに6カ所16φの鉄筋ブレースが設置されている。各柱の柱脚は断面460mm×560mm、高さGL+400mmの鉄筋コンクリートの根巻きが付いている。屋根は波形スレ

ト、天井は穴あきボード、外周壁は木組の両面6.3mmのスレートである。

### ②応急対策

5月13日の地震後にブレースの切断カ所にD19の添え鉄筋を溶接した。

### ③被害概要

3月26日の地震でX1通り5本、X4通り3本ブレースが破断した。この状態で5月13日の地震が発生したが、被害の進展はなかった。写真-7.3に見られるようにターンバックル近くが細くなっていた。概要の項で述べたようにブレース鉄筋が破断したことは固有周期を長くし、むしろ有利な状態になったと考えられる。

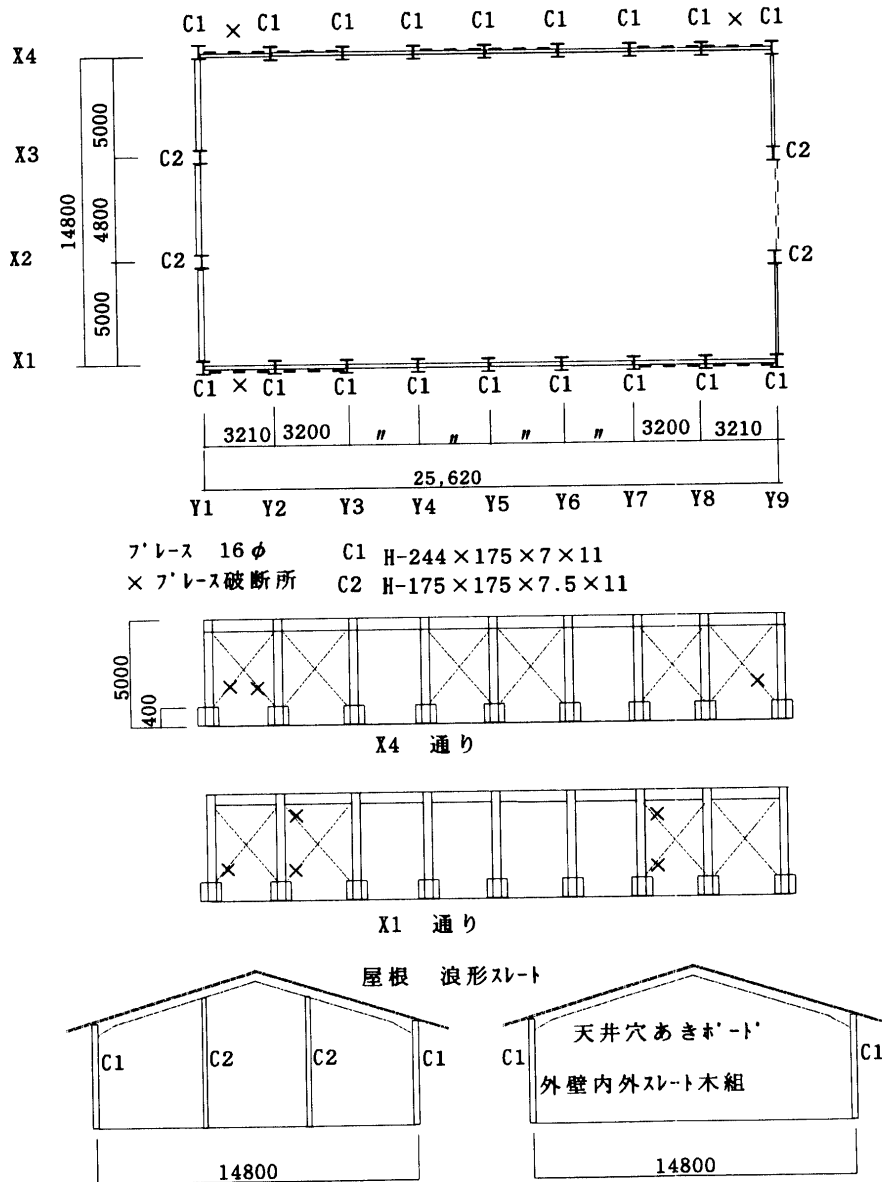


図-7.1 武道館, 平面図, 軸組図

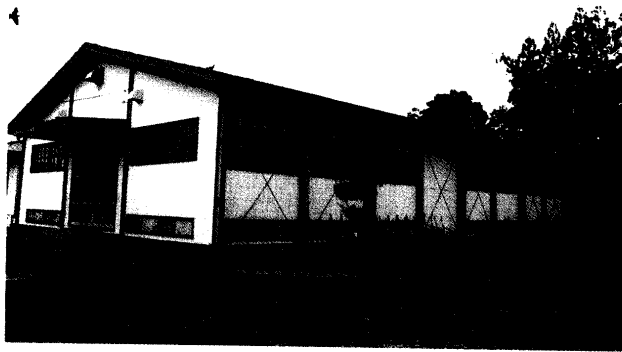


写真-7.1 武道館全景

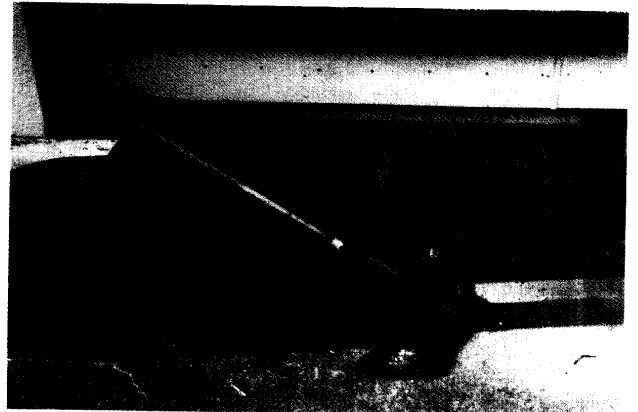


写真-7.2 3.26地震で切れたブレース

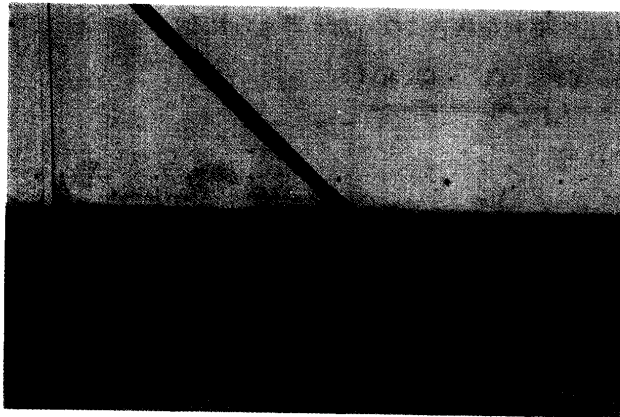


写真-7.3 細くなったブレース

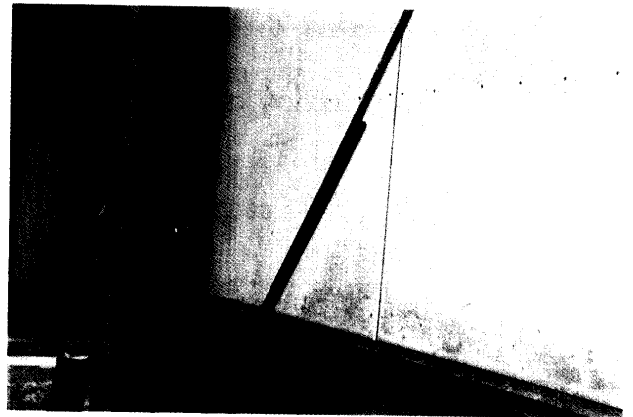


写真-7.4 5.13地震後応急補強したブレース

## 8. まとめ

今回の地震は震度の測定が計測震度に変更になって初めての大きな被害を受けた地震であった。科学技術庁と気象庁強震計により、田舎の地域にも拘わらず、過去に例を見ない多くの貴重な強震記録が得られた。3月26日の地震で宮之城農業高校や鶴田町の被害が大きく、5月13日の地震では宮之城高校や川内市内の学校の被害が大きかった。概要に示した地震動波形記録及び応答スペクトルは鹿児島大学松村和雄教授の提供によるものである。

本報告の宮之城農業高校は小高い丘に建っているが、この影響については今後の研究を待つことにする。当高校には表-1.2に示してあるように鉄筋コンクリート造、

鉄骨造、木造、ブロック造の建物が31棟ある。建物の大きさ、高さなどによって被害の程度が異なるのは当然であるが、ここでは、鉄筋コンクリートの建物に被害がでた。小破以上の被害があった管理教室棟(1)、特別教室棟(2)、産業振興棟(3)、産業振興棟(73)、屋内運動場(4)、武道館(61)の被害概要、地震発生後の応急対策の重要性を示し、さらに鹿児島県建築設計事務所協会が行った簡易三次耐震診断の結果も示した。強度指標  $I_s$  が小さい建物の被害が大きかったことを表している。また桁方向の架構の壁梁が柱に偏心して付いていると、捻れと思われる脆い破壊が見られた。以上の結果は今後の新しい設計、診断への教訓になるものである。