

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2. 宮之城高校

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-2 Miyanojou High School

Ikuro TOKUHIRO, Shinichi SHIOYA and Yasuhiro KUROKI

The schematic site plan of the many school buildings is shown in Fig.1.1. The buildings are of reinforced concrete, steel, wooden and block constructions. All reinforced concrete (RC) school buildings are designed in accordance with the provisions of the pre-1971 Japanese Building Standard Law and the AIJ Standard for Calculation of Reinforced Concrete Structures. The two RC school buildings collapsed in the 13 May earthquake. The soil profile of this school is shown in Fig.1.2. The ground about here is not firm from the ground surface to about 10m depth, but buildings were supported by wide (2.0 ~ 2.5m) and long foundations without piles.

1 緒言

宮之城高校の敷地と学校建物概要

所在地：鹿児島県薩摩郡宮之城町屋地391

図-1.1に校舎の配置を示し、図-1.2にボーリング試験による土質柱状図を示す。写真-1.1に管理教室棟・渡り廊下・特別教室棟の東側の全景を示す。敷地は小高い丘を造成した台地で、図-1.1に示されているように切土と盛土がなされている。同高校は主に特別教室棟（RC造3階建、一部2階建と平屋、ペントハウス1階、昭和39年建設）、管理教室棟（RC造3階建、ペントハウス1階、昭和38年建設）、屋内運動場（RC造2階建、屋根S造、昭和41年建設）および武道館（S造1階建、昭和41年建設）に被害が生じた。また管理教室棟と特別教室棟は渡り廊下で結ばれ、渡り廊下の途中に設けられているエキスパンジョイントにも被害が生じた。特別教室棟は3.26地震では中破（損傷割合 $D=26.3$, $D5=5.1$ ）と判定され、5.13地震では倒壊（ $D=63.9$, $D5=50$, 写真-1.2）と判定された。管理教室棟は3.26地震では中破（損傷割合 $D=23.5$, $D5=0$ ）と判定され、5.13地震でも中破（ $D=43.3$, $D5=8.2$ ）と判定された。屋内運動場については3.26地震でRC造柱に損傷度I程度の曲げひび割れが生じ、屋根のS造部分とRC部分の支承部で

コンクリートの剥落が生じた。また武道館では3.26地震で、S造のブレースの破断が観られた。木造の生徒ホールのモルタル壁にひび割れが見られ中破と思われたが、5.13地震で天井、壁などが激しく破損し、大破と断定した。その他クラブ室、プール棟は無被害であった。また、盛り土と切り土の境界上に建てられていた便所棟は3.26地震で地盤の割れ目線上の壁のひび割れなど、軽微な被害が生じていたが、5.13地震による破壊の進展はあまり観られなかった。

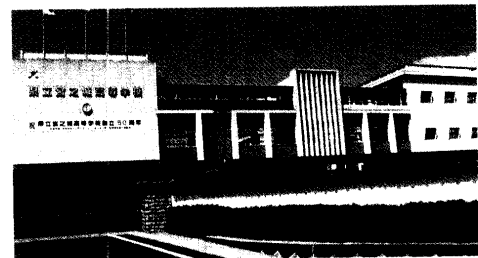


写真-1.1 宮之城高校正面 管理棟-渡り廊下-特別教室棟



写真-1.2 特別教室棟1階廊下（5.13地震後）

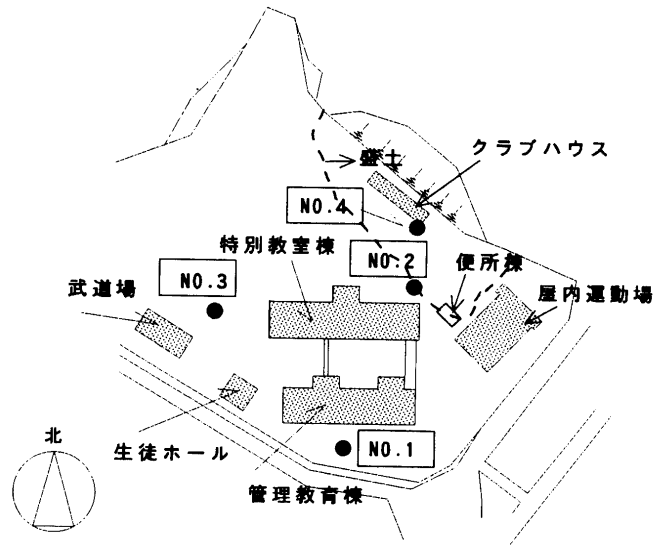


図-1.1 宮之城高校配置図

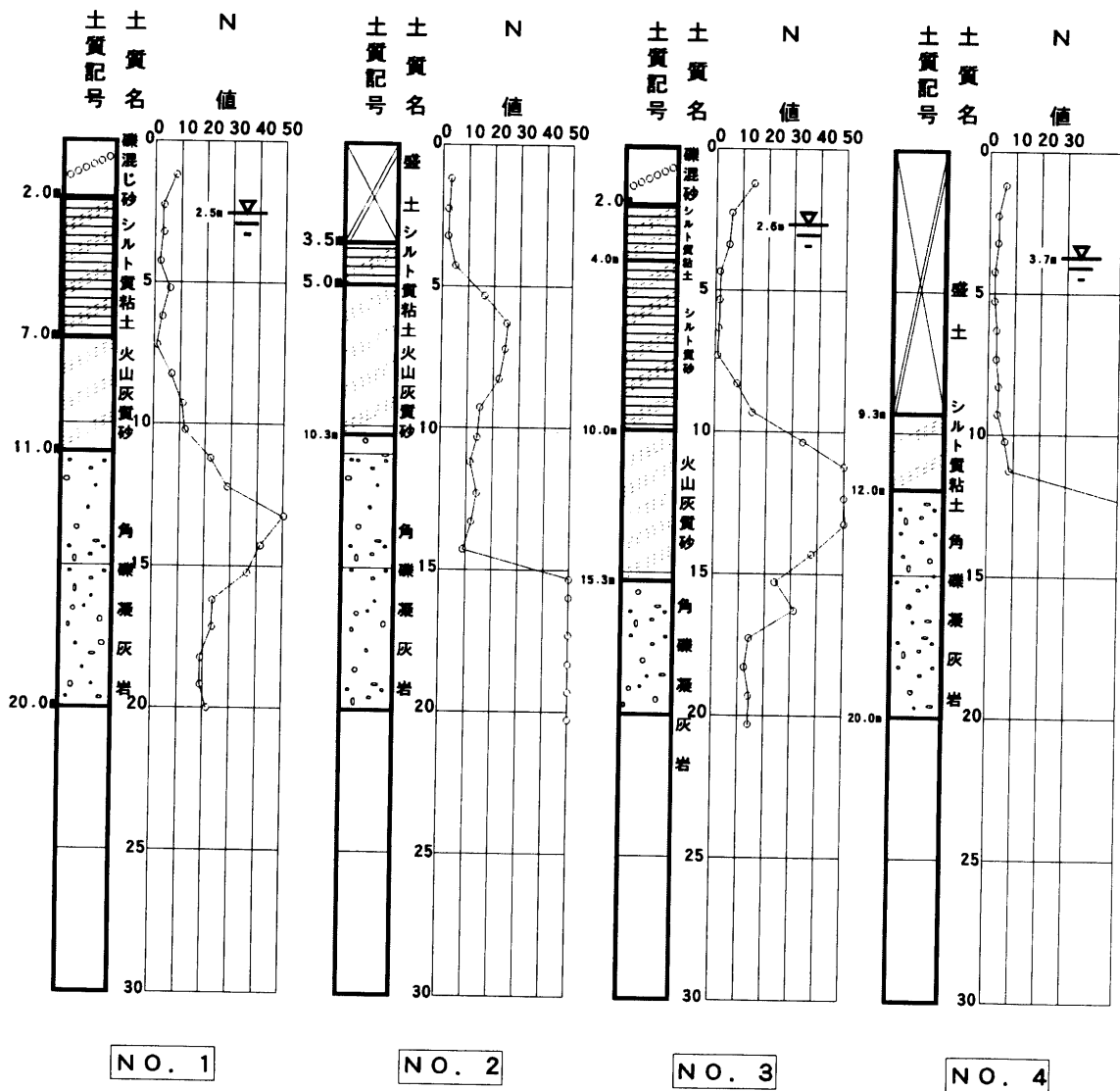


図-1.2 土質柱状図

2. 特別教室棟

①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

各階平面図, 立面図 図-2.1

本建物は鉄筋コンクリート造3階建, ペントハウス1階で, 1964年(昭和39年)に竣工している。渡り廊下と本教室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-1.55mでA, B通り共に幅2.3mの布基礎となっている。架構形式については, 桁行方向は1階が25スパン, 2階が23スパン, 3階が18スパンの腰壁付きラーメン形式となっている。梁間方向は基本的には片側廊下形式の単スパンのラーメン形式で, 12通りから17通りが部分的に2スパンとなっている。1, 12, 13, 25通りは耐震壁が設けられている。南側A通りの19通りと20通り間の1階には有開口耐震壁が設けられ, 北側B通りの14通りと15通りの間および25通りと26通りの間の1階と, 13通りと15通りの間の2階・3階に耐震壁が設けられている。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。コンクリート設計基準強度は不明で, コア抜き圧縮試験結果は表-2.1に示す通りである。

②被害概要

図-2.1に1階の柱の被災度区分判定及び主たるひび割れの種類を, 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, 写真-2.2~2.8に3.26地震発生後のひび割れ状況を, 写真-2.9~2.20に5.13地震発生後のひび割れ状況を示す。3.26地震発生後の柱のひび割れ状況はA通り⑱-⑳の有開口耐震壁がせん断破壊し, B通り⑰の袖壁付き柱以外の柱が写真-2.2, 2.3のような損傷度I, II程度の腰壁上端, 壁梁下端の水平曲げひび割れであった。その他写真-2.6のような袖壁部分のせん断破壊が目立った。また, 梁間方向の境界梁が地中梁から最上階までせん断破壊していた。写真-2.4, 2.5に2階床梁, 3階床の境界梁の破壊状況を示してある。5月13日の地震で上階が約30cm下がり倒壊した。

・壁の破壊状況

A通り⑱-⑳の耐震壁は, 3.26地震でせん断破壊(写真-2.8)し, 5.13地震ではせん断破壊が進行した(写真-2.16)。これに対し, B通り⑭-⑮の耐震壁とB通り⑳-㉑の耐震壁は, 3.26地震で壁板にせん断ひび割れ(最大ひび割れ幅で0.8mm)が発生していた程度であったが, 5.13地震で写真-2.10, 写真-2.20のようにせん断破壊した。3.26地震で, C通りは⑮-⑰間の20cmの壁

に1.5cm幅のせん断ひび割れが目立ったが, 5.13地震では写真-2.19のように破壊した。

・応急補強の効果

A通り⑱-⑳の有開口耐震壁の柱とB通りの⑰の柱は, 3.26地震で損傷度IV以上のせん断破壊の損傷を受けていたため, 鉛直サポートが応急補強として設けられていた。両者とも5.13地震でせん断破壊は進行したが, 2階床の落ち込みはあまり生じないで鉛直サポートの効果が確認された。それに対し, 5.13地震で激しくせん断破壊したB通りの⑱-㉑間では応急補強されていなかったため写真-20のように最大で約30cmの軸方向変形が生じた。

・柱帯筋の破断状況

1階の柱のコンクリート断面寸法は40cm×75cmで, 帯筋(9φ, 90度フック, 余長約5cm)が25cm間隔で設けられ, またX形の副帯筋(9φ, 約135度フック, 余長約5cm)が75cm間隔で設けられている。

5.13地震でせん断破壊した柱では帯筋のフックの外れが多く観られた。せん断破壊領域と被りコンクリートが剥落している領域にあり, 確認できる全ての帯筋について, 帯筋と副帯筋のフックの外れと破断の本数を調べた。破断した帯筋または副帯筋は, 激しくせん断破壊したB通りの耐震壁またはその近傍(B-㉑~㉒)に集中していた。帯筋(調査全本数:88)のフックの外れ本数は60で, 破断本数は8であり, X形の副帯筋(調査全本数:58)のフックの外れ本数は47で, 破断本数は5であった。帯筋のフックの外れは破壊領域内にある帯筋数に対して68%で, 副帯筋でも81%であった。

表-2.1 コア抜き圧縮試験結果

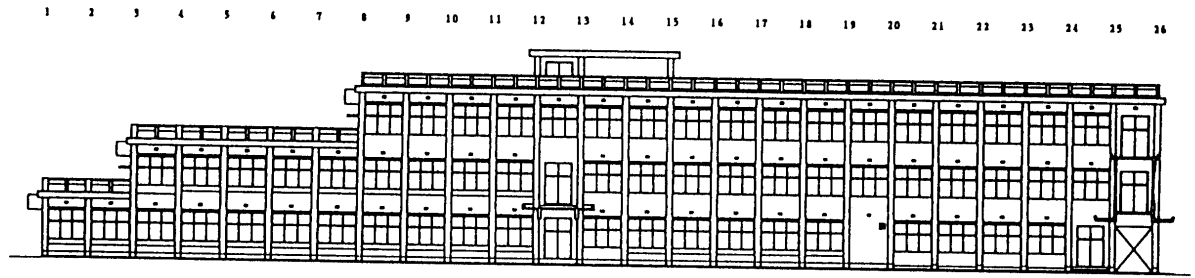
設計基準強度	階	core.1	core.2	core.3	average
不明	3	375(1,0)	259(1,15)	194(5,25)	276
	2	190(0,3)	311(0,0)	164(0,2)	222
	1	195(9,10)	206(0,20)	267(10,8)	223

各強度の単位はkgf/cm², ()内は中性化進度を表し, 単位はmm

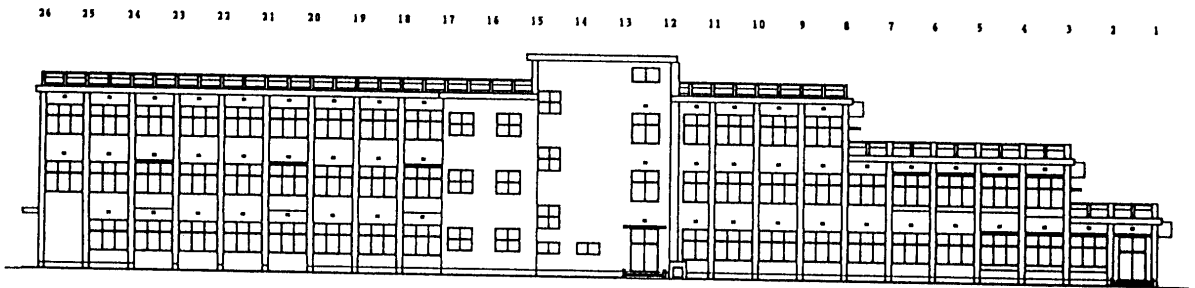
表-2.2 耐震診断表

X方向	階	E _o '	S _D	T	I _S	C _T ・S _D
	3	0.32	0.90	0.93	0.27	0.38
	2	0.21	0.90	0.93	0.18	0.23
	1	0.31	0.81	0.93	0.23	0.25
Y方向	階	E _o '	S _D	T	I _S	C _T ・S _D
	3	0.39	0.90	0.93	1.49	0.54
	2	0.35	0.90	0.93	0.29	0.47
	1	0.52	0.81	0.93	0.39	0.36

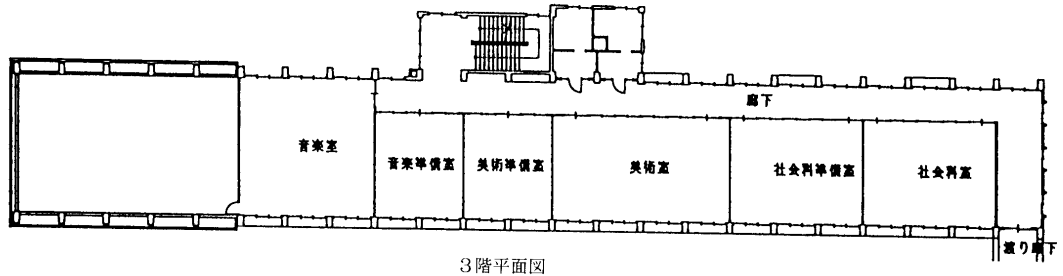
X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向



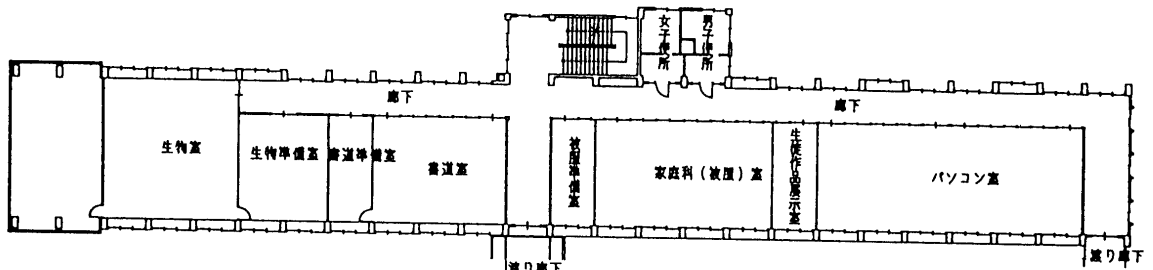
南面(A通り)立面図



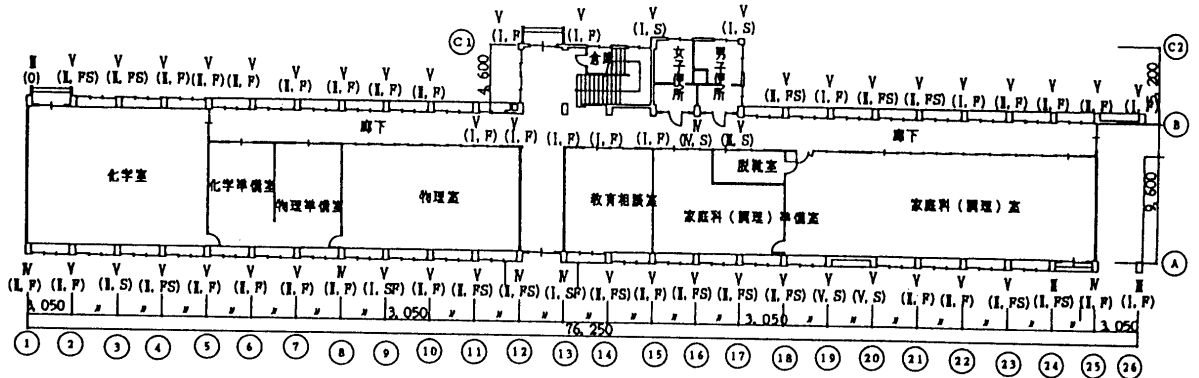
北面(B通り)立面図



3階平面図



2階平面図



宮之城高校 特別教室棟

1階平面図 S:せん段ひび割れ F:曲げひび割れ ()内の値:3.26地震による損傷度

図-2.1 特別教室棟一階二階三階平面図および南北立面図

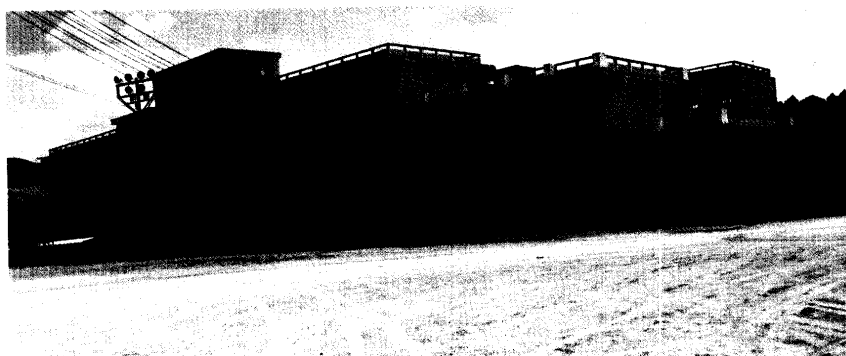


写真-2.1 特別教室棟全景

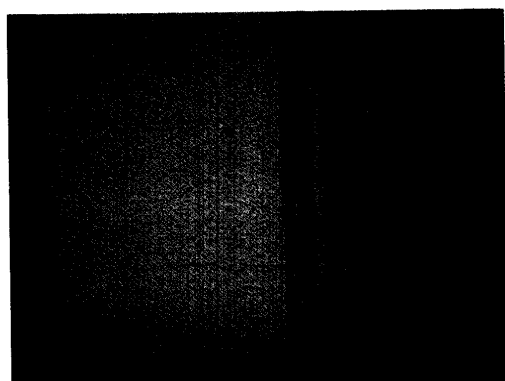


写真-2.2 柱の曲げひび割れ（室外，4月6日）

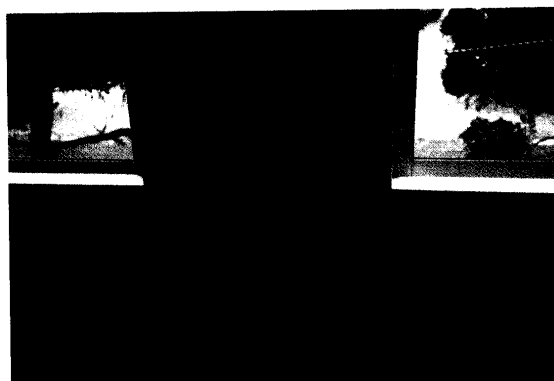


写真-2.3 柱の曲げひび割れ（室内，4月6日）

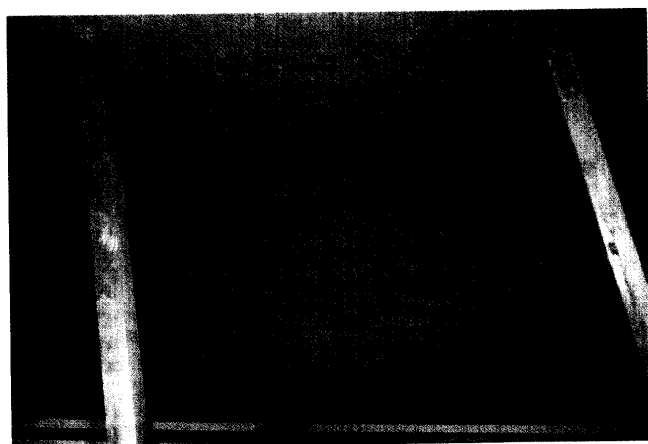


写真-2.4 境界梁のせん断破壊（3階，13通り，4月29日）

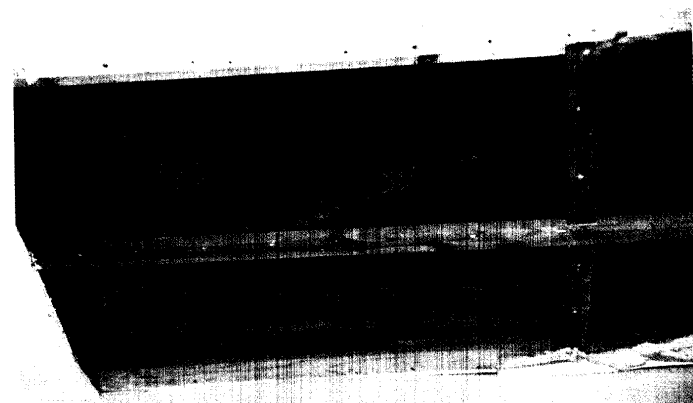


写真-2.5 境界梁のせん断破壊（2階，12通り，4月6日）



写真-2.6 袖壁のせん断破壊
（1階B-⑬，3月28日）

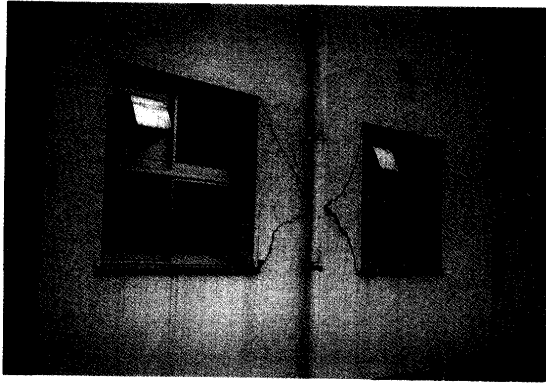


写真-2.7 柱, 壁のせん断破壊
(C通り⑮~⑰, 4月6日)

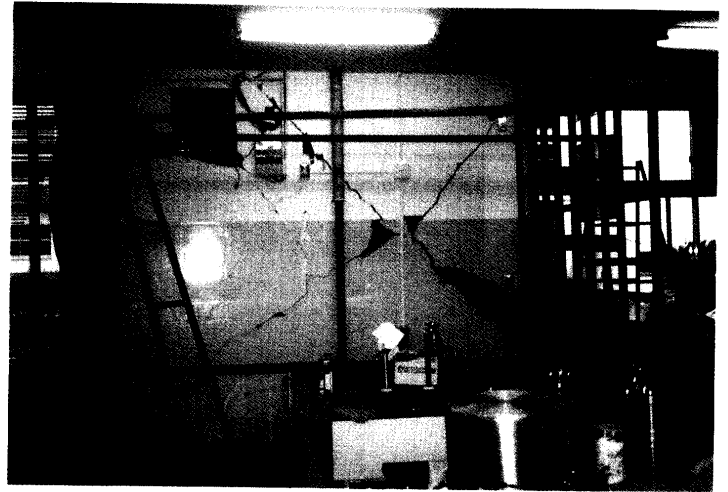


写真-2.8 柱, 壁のせん断破壊
(A通り⑱~⑳, 4月6日)

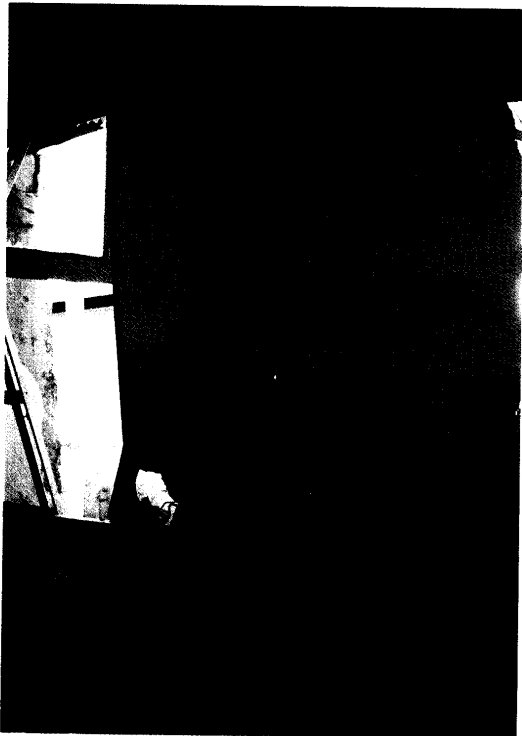


写真-2.9 柱, 袖壁のせん断破壊
(1階B通り⑬, 10月22日)

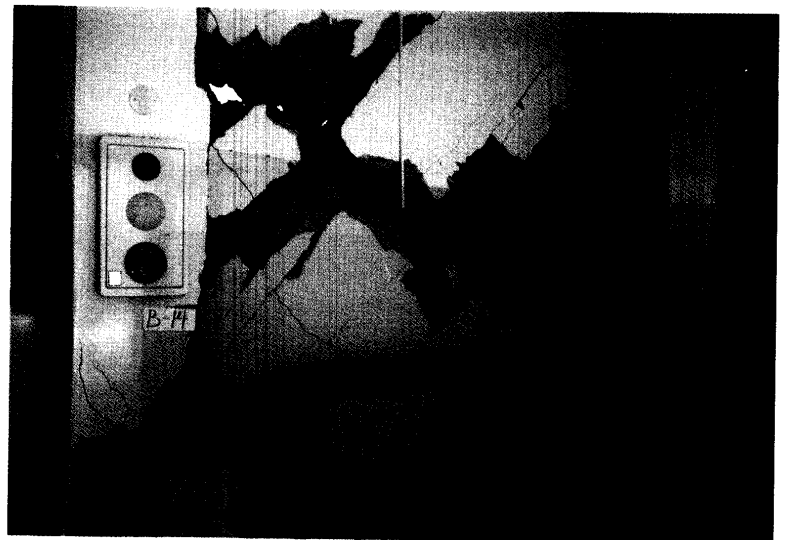


写真-2.10 階段側壁のせん断破壊
(B通り⑭~⑮, 10月22日)

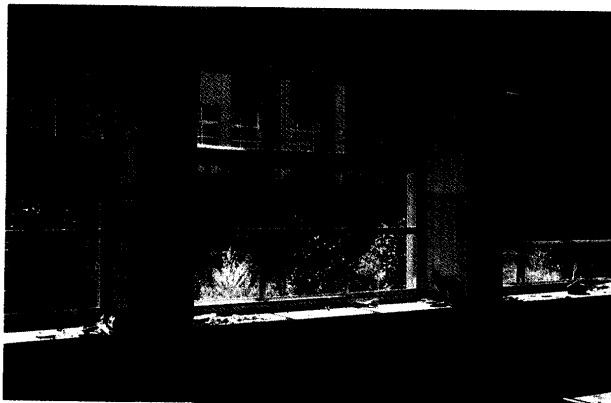


写真-2.11 柱の破壊
(A通り⑩~⑨, 10月22日)

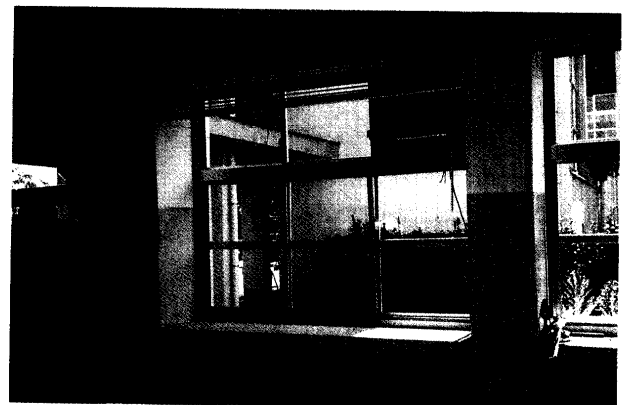


写真-2.12 柱の破壊
(A通り㉕~㉔, 10月22日)



写真-2.13 A通り①～⑥架構の破壊（8月1日）



写真-2.14 A通り⑦～⑫架構の破壊（8月1日）

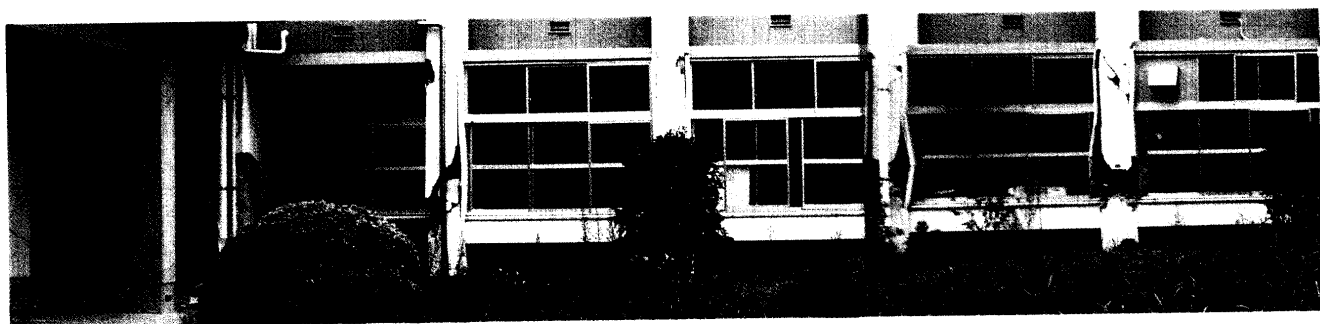


写真-2.15 A通り⑬～⑱架構の破壊（8月1日）



写真-2.16 A通り⑲～㉔架構の破壊（8月1日）



写真-2.17 B通り⑤~①架構の破壊 (8月1日)



写真-2.18 B通り⑪~⑤架構の破壊 (8月1日)

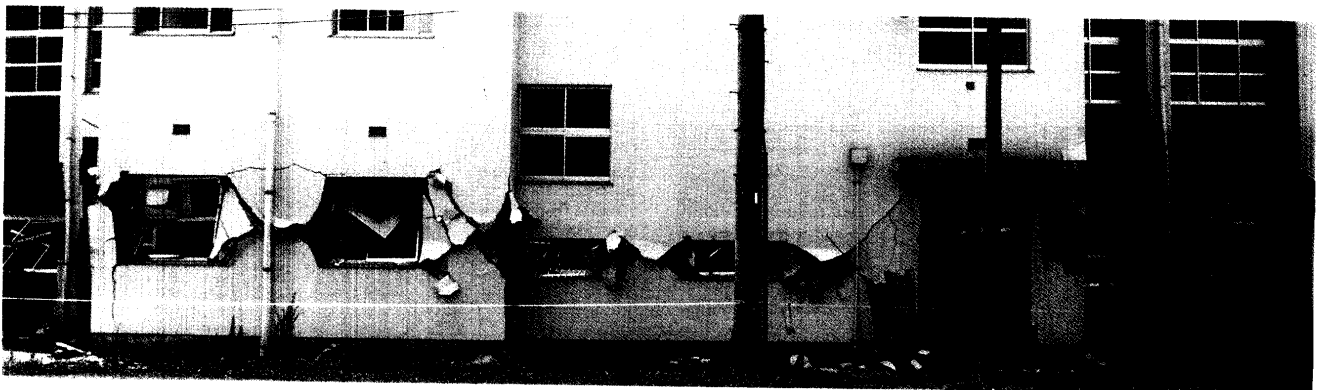


写真-2.19 B通り⑱~⑩架構の破壊 (8月1日)

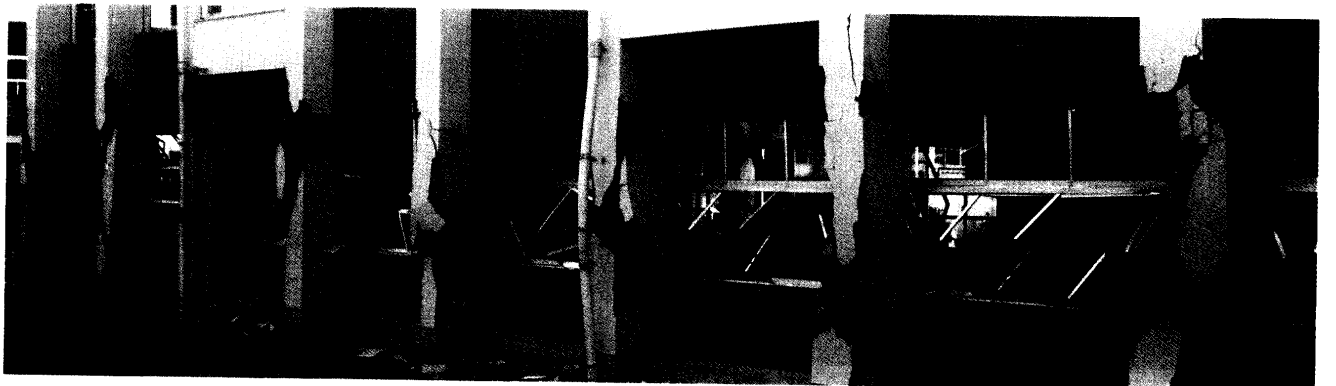


写真-2.20 B通り㉔~⑱架構の破壊 (11月27日)

3. 管理教室棟

①建物概要

本建物の概要を下記の通り示す。

各階平面図, 南北立面図 図-3.1

本建物(写真-3.1)は鉄筋コンクリート造3階建, ペントハウス1階で, 1962年(昭和37年)に竣工している。特別教室棟と同様に渡り廊下と本教室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-1.55m, 基礎幅がB通り⑥~⑪間が2.2m, A通り, B通り①~⑥, ⑪~⑫で1.8mの布基礎となっている。架構形式については, 桁行方向は21スパンの腰壁付きラーメン形式となっている。梁間方向は基本的には片側廊下形式の単スパンのラーメン形式で, 6通りから11通りと, 17通りから22通りが部分的に2スパンとなっている。1, 8, 9, 16通りは耐震壁が設けられている。また17~22通りには平屋が付いている。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。コア抜き圧縮試験結果を表-3.1に示す。

②応急補強

柱に付設している袖壁, 開口壁以外目立ったせん断ひび割れがなかったため, 応急補強を行わなかった。

③被害概要

図-3.1の1階平面図に1階柱の被災度区分判定及び

主たるひび割れの種類を, 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。同図に観られるように5.13地震で損傷度がIV以上となった柱はいずれも袖壁付き柱であった。特別教室棟と同様に3月26日の地震後に境界梁のせん断破壊が見られた。また写真-3.9, 3.10のような柱と壁梁の交点にはせん断ひび割れが発生していた。また5.13地震発生後のA通りの柱の損傷度はあまり進行していない。本建物と渡り廊下はエキスパンションになっていたが, 写真-3.17のように衝突して破壊した。写真-3.2~3.16に3.26地震および5.13地震後のひび割れ状況を示す。

表-3.1 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	226(6,10)	263(0,0)	297(1,0)	262
	2	259(8,10)	237(1,0)	235(10,2)	244
	1	177(1,15)	231(1,6)	174(0,40)	194

各強度の単位はkgf/cm², ()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 _o '	S _b	T	I _s	C _T ·S _b
	3	0.32	0.90	0.93	0.27	0.38
	2	0.21	0.90	0.93	0.18	0.23
	1	0.31	0.81	0.93	0.23	0.25

Y 方 向	階	E _o '	S _b	T	I _s	C _T ·S _b
	3	0.39	0.90	0.93	1.49	0.54
	2	0.35	0.90	0.93	0.29	0.47
	1	0.52	0.81	0.93	0.39	0.36

X方向: 桁行方向, Y方向: 梁間方向

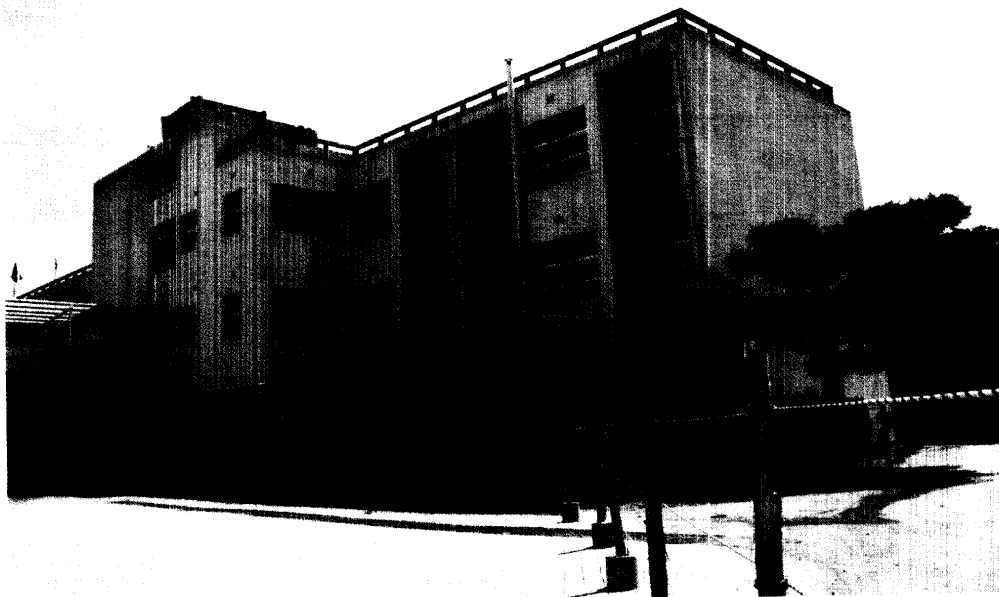


写真-3.1 管理教室棟全景

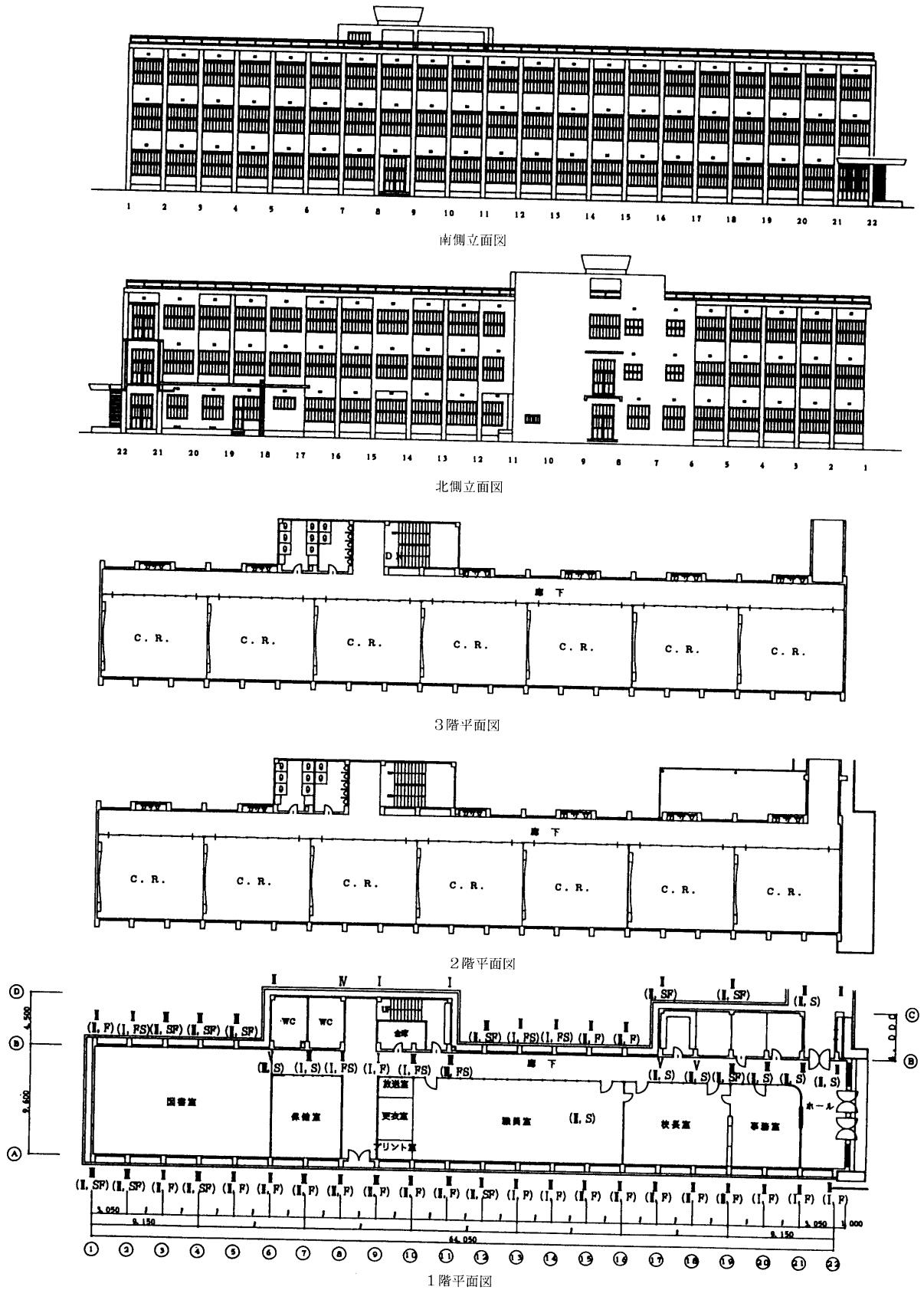


図-3.1 管理教室棟一階二階三階平面図および南北立面図

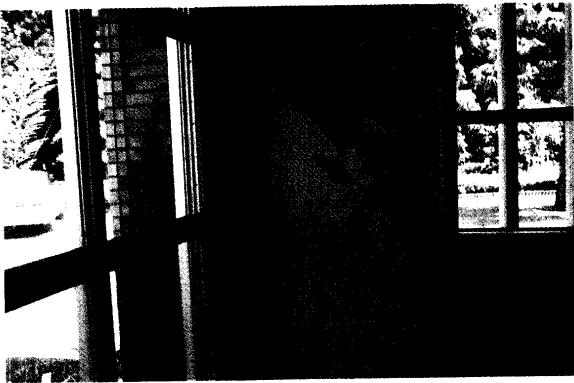


写真-3.2 柱付き壁のせん断破壊 (A-22, 6月4日)

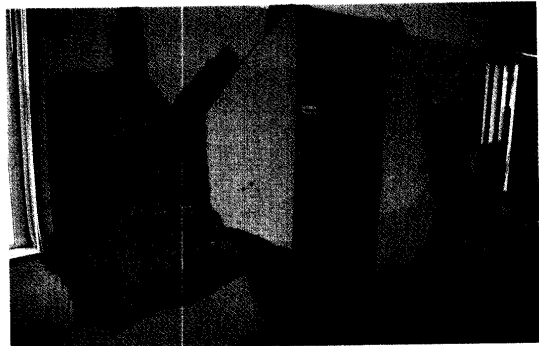


写真-3.3 柱付き壁のせん断破壊
(B-17-18-19, 9月1日)

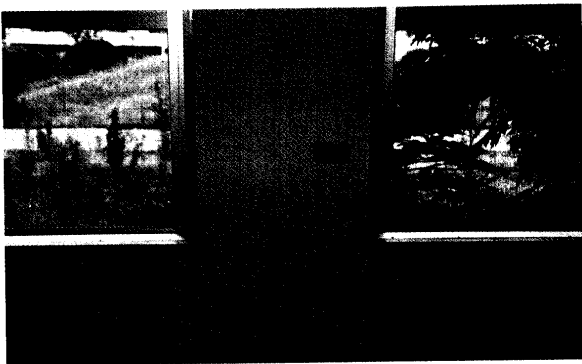


写真-3.4 柱の曲げせん断ひび割れ (B-14, 7月24日)

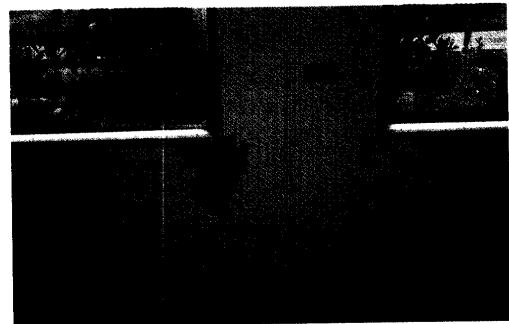


写真-3.5 柱の曲げせん断ひび割れ (B-15, 7月24日)

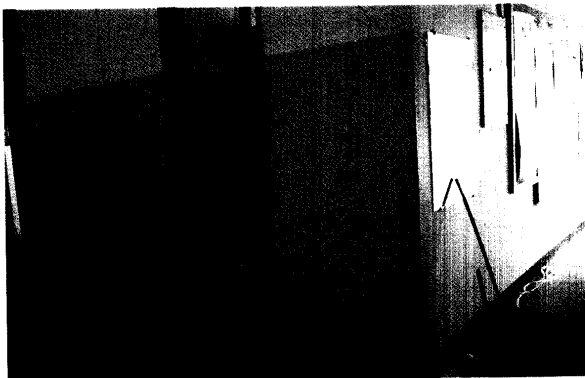


写真-3.6 柱付き壁のせん断破壊 (B-7-8, 9月1日)



写真-3.7 壁付き
柱のせん断破壊
(B-7, 7月24日)

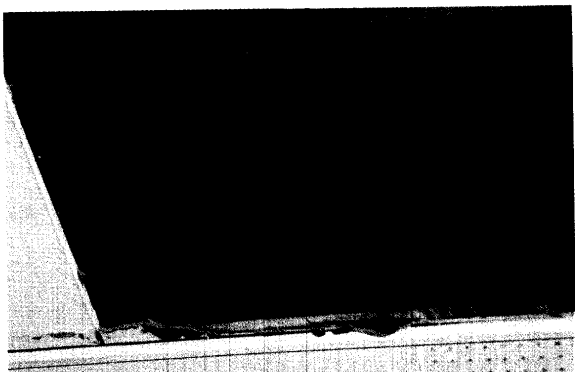


写真-3.8 境界梁のせん断破壊 (2階8通り, 4月6日)

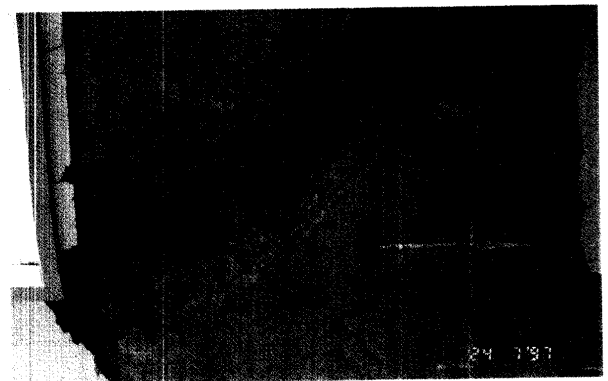


写真-3.9 柱, 壁のせん断破壊 (B-17, 7月24日)

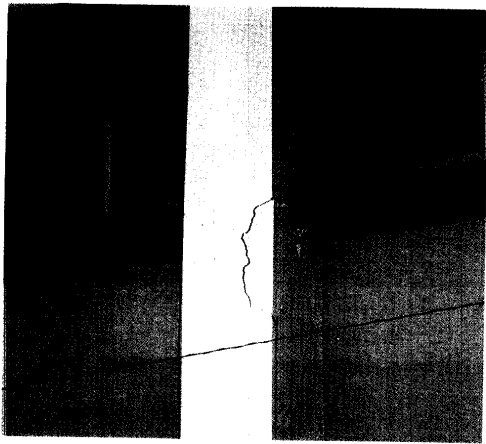


写真-3.10 梁柱の仕口破壊
(2階A-⑭, 10月22日)

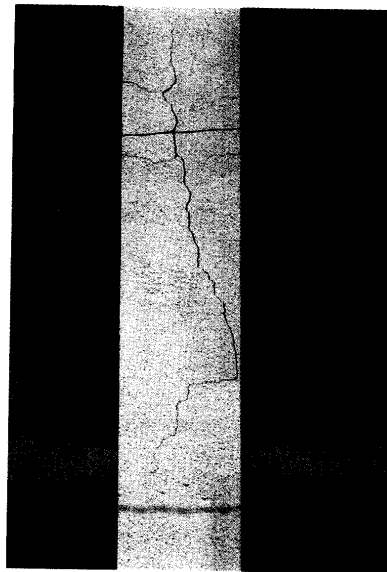


写真-3.11 梁柱の仕口破壊
(2階A-⑮, 10月22日)

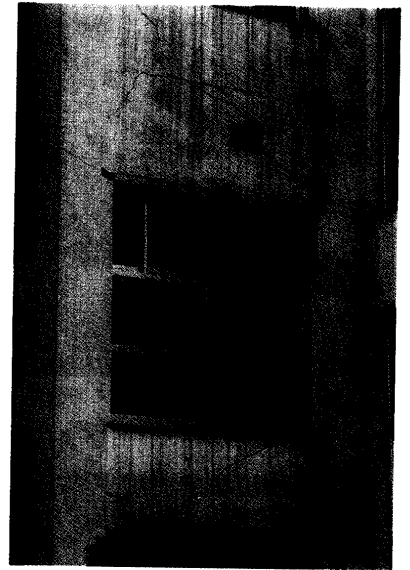


写真-3.12 腰壁付き梁のせん断破壊
(B-⑪-⑫, 9月1日)

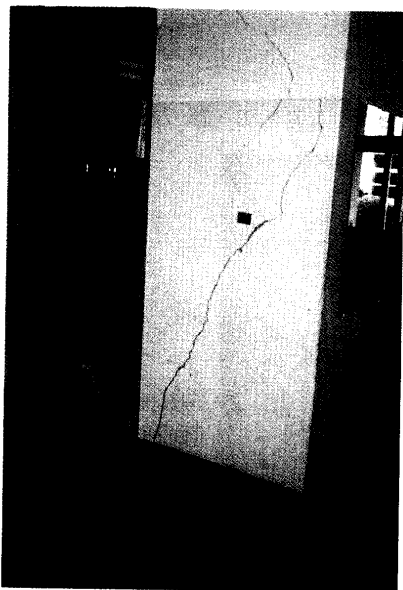


写真-3.13 壁付き柱のせん断破壊
(B-⑧, 7月24日)

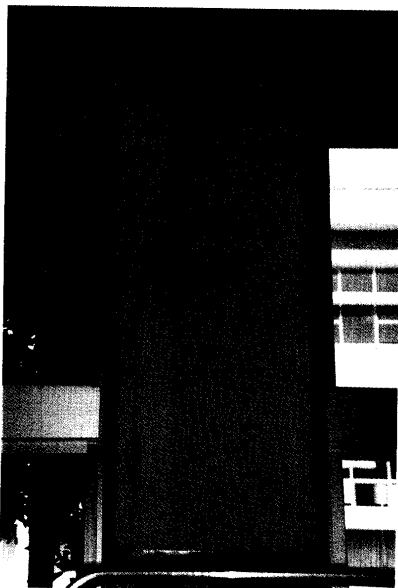


写真-3.14 柱のせん断破壊
(B-④, 9月1日)



写真-3.15 柱のせん断破壊
(A-④, 9月1日)



写真-3.16 平屋架構の破壊 (C-⑰~⑳, 9月1日)

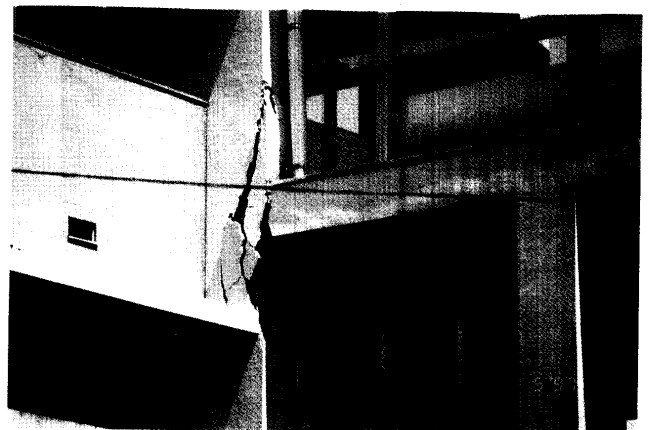


写真-3.17 渡り廊下とエキスパンジョイントの破壊(9月1日)

4. 屋内運動場

本建物の概要を下記の通りに示す。

平面，立面，断面図

図-4.1

本建物は1964年（昭和39年）に建設され，屋根は鉄骨ダイヤモンドシェル，アスファルトルーフィング，カラー

鉄板葺きで架構は鉄筋コンクリート構造2階建てで，基礎は直接独立基礎である。

①被害概要

3.26地震で屋根鉄骨と桁および妻のRC部材との接合部で写真-4.3~4.5のようにコンクリートが剥落した。5.13地震でコンクリートの剥落が増大した。桁方向の壁のひび割れが目立つ。



写真-4.1 屋内運動場正面

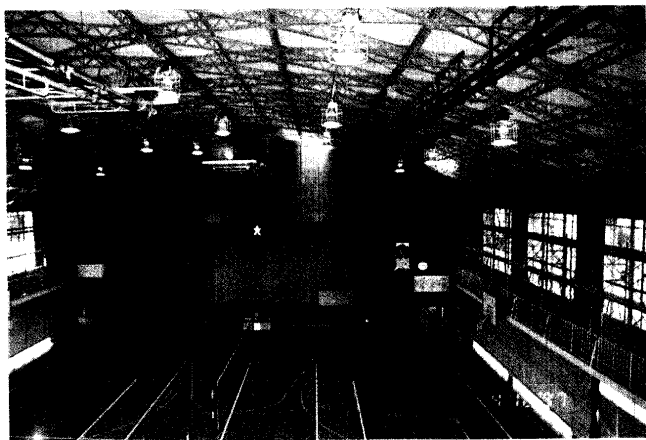


写真-4.2 屋内運動場内部

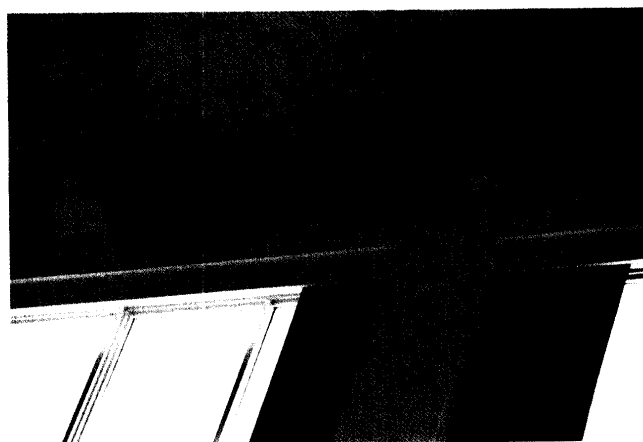


写真-4.3 接合部のコンクリートの剥落(1)



写真-4.4 接合部のコンクリートの剥落(2)



写真-4.5 接合部のコンクリートの剥落(3)

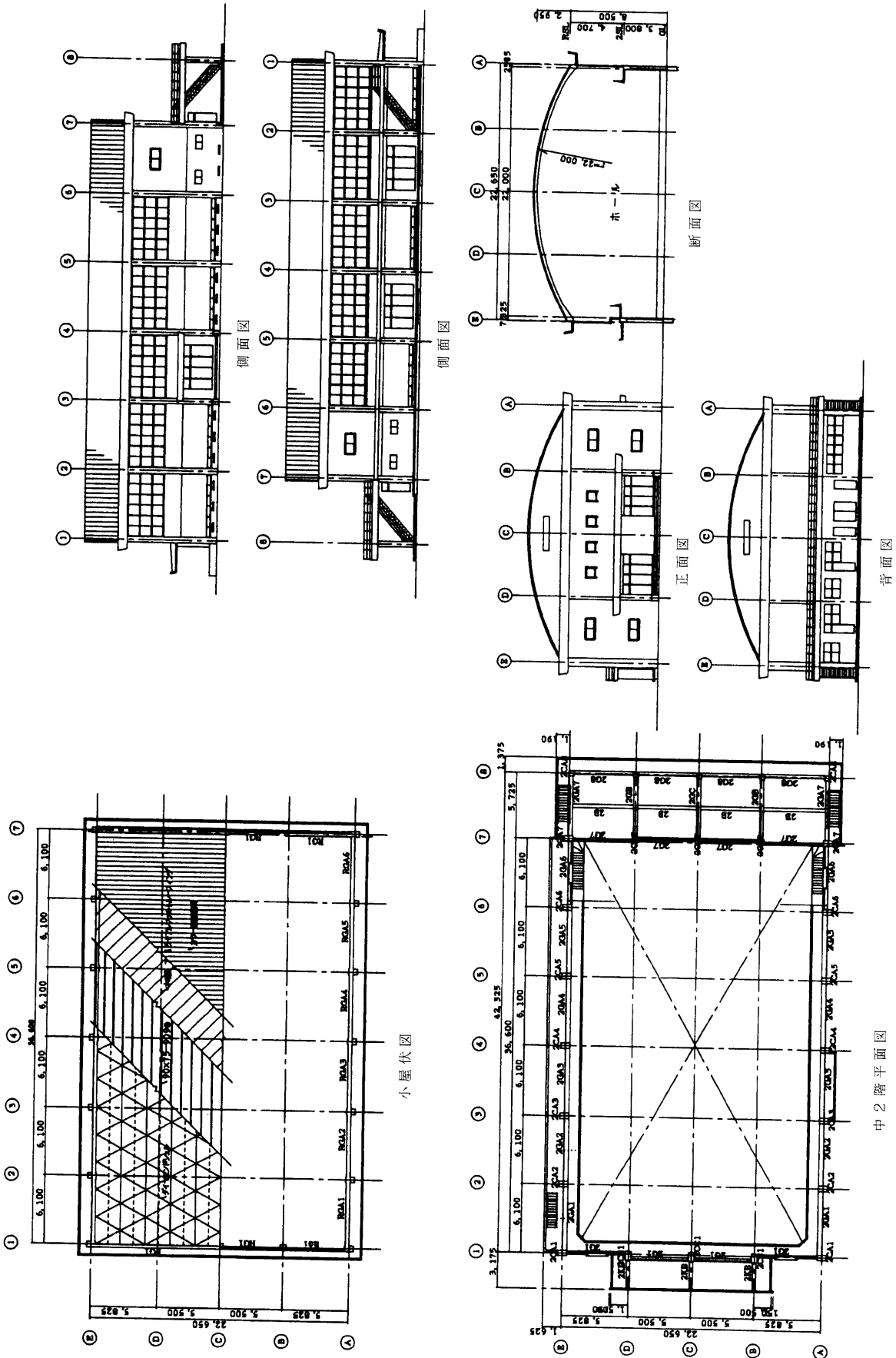


図-4.1 屋内運動場平面、立面、断面図

5. 武道館

本建物の概要を下記の通りに示す。

平面図, 軸組図 図-5.1

本建物は1966年(昭和41年)に建設され, 屋根は鉄骨トラス, 柱は $\phi 190.7 \times 6$ の鋼管で, 柱脚が高さ40cm根

巻きされている。基礎は直接独立基礎である。

①被害概要

3.26地震で鉄筋19 ϕ 側面ブレースが4本破断し, 5.13地震で柱根巻きコンクリートの割れが出た。内部の仕上げ等の被害は見られなかった。

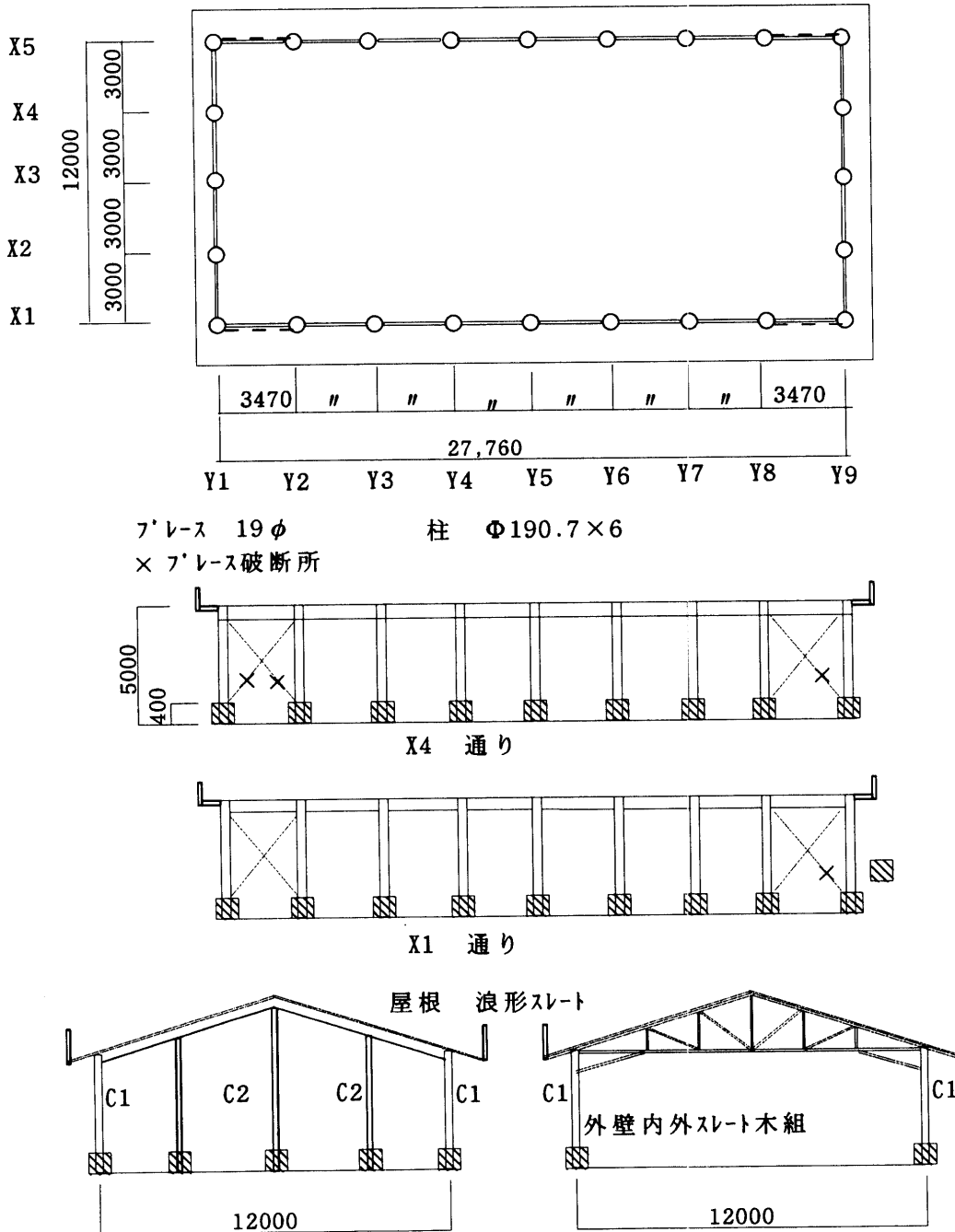


図-5.1 武道館平面図, 軸組図

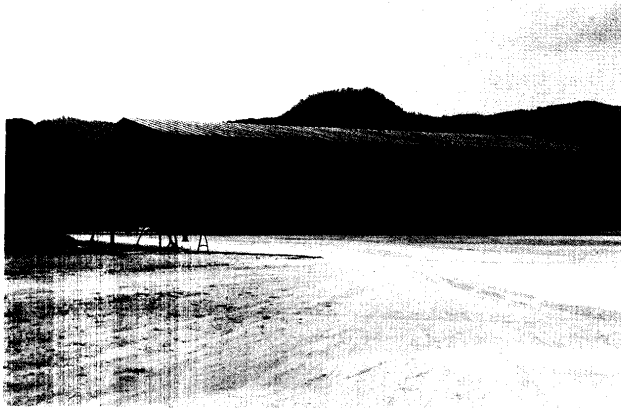


写真-5.1 武道館全景

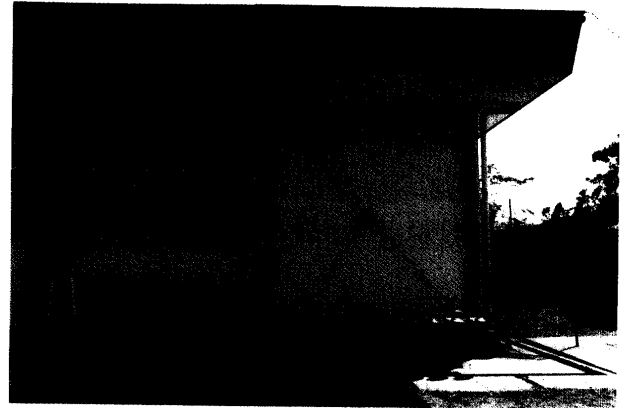


写真-5.2 破断したブレース

6. まとめ

本報告の宮之城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。鉄筋コンクリート造の管理教室棟が倒壊し、特別教室棟が大破し、鉄骨造の武道館はブレースが小破し、木造の生徒ホールは天井の一部が落下し、モルタル外壁の大きなひび割れ等の大破、ブロック造のクラブハウスは無被害であった。管理教室棟、特別教室棟、屋内運動場、武道館の被害概要、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。

追記：

3月26日の地震で中破程度の被害が教室棟に出ていたが、授業のため使用していた。しかし5月13日の地震で倒壊したので応急処置として10km離れた入来商業高校で間借り授業を9月まで行った。9月以降は新築校舎ができる1999年3月まで写真-6.3の仮設校舎で授業が継続される。倒壊した校舎を参考にして耐震的な新校舎が建てられることになっている。

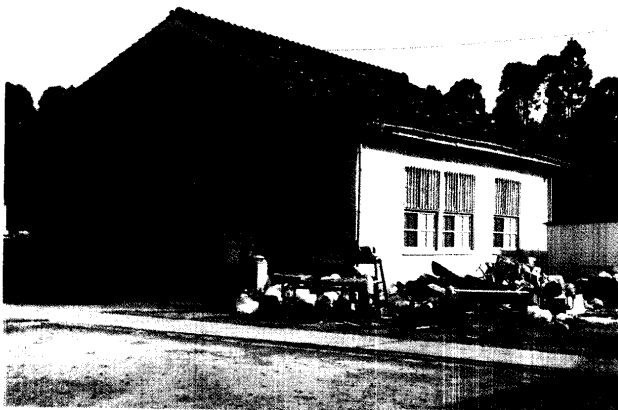


写真-6.1 生徒ホール全景



写真-6.2 クラブハウス全景

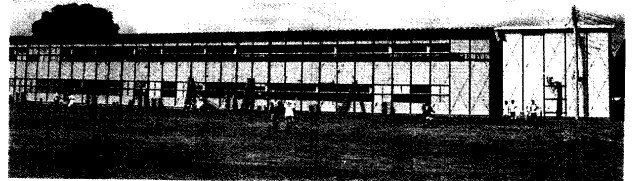


写真-6.3 仮設校舎全景