

建築構造物の被害

福山大学工学部建築学科

南 宏一

1. 地域別の被害の概要

中国地方各県警察本部発表の鳥取県西部地震による被災状況は、10月15日15:00現在で、表1に示すとおりである。これらの数値は各県発表の被害状況の数値と必ずしも一致するものではないが、地震発生後10日を経て、ほぼ被害の全容がわかるものとなっている。

表1 地震被災状況(警察本部発表)

被災種別	鳥取	島根	岡山	広島	山口	計
負傷者(重症)	20人	2人	5人			27人
負傷者(軽傷)	77人	8人	13人	3人	1人	102人
建物全壊	39戸	15戸	4戸			58戸
建物半壊	87戸	383戸	11戸			481戸
建物一部損壊	4318戸	3497戸	417戸	11戸	1戸	8244戸
道路損壊	187箇所	3箇所	11箇所			181箇所
橋梁損壊	8箇所		1箇所			7箇所
山・崖崩れ	197箇所		15箇所	3箇所		215箇所

これらの地震被害は比較的局所的な地域に限定されており、震源に近い鳥取県西部と島根県東部および岡山県北部に集中していることが特徴である。

10月14日現在で、各県の災害対策本部発表による建物被害棟数、表2となっている。表1と比較すると、調査機関による調査方法、被害程度の認識の差等の影響が大きく現れている。

表2 震源付近の市町村の建物被害棟数

市町村	震度	住宅				非住宅	
		全壊	半壊	一部損壊	掘地	文教施設	公共施設他
島根	安来市	5強	10	291	1693		5
	伯太町		7	203	1689		11
	八束町	5弱	2	2	11		
	広瀬町				122		7
	横田町			2	56		
	その他				12		204
	(計)		19	498	3583		227
鳥取	米子市	5強	14	105	多数	32	82
	境港市	6強	79	73	128		22
	西伯町	6弱	1	9	1133		15
	会見町	6弱				29	8
	溝口町	6弱	13		1014		11
	日野町	6強	16	50	344	372	8
	江府町				461	22	11
	日南町			3	317		18
	岸本町	6弱		8	963	102	10
	淀江町	6弱			82		10
	大山町				50		4
	その他						114
	(計)		123	248	4492+α	557	291
岡山	新見町	5強	8	19	299		
	岡山市	5弱	1	7	18		
	北房町	5弱			11		
	新郷町	5弱			15		
	大佐町				34		
	その他				76		
(計)		7	28	453		204	
広島				41		157	
						40	

注1:建物一部損壊には木造瓦の被害が導入されている。

注2:文教施設は学校その他で軽微な被害を含む。

注3:公共施設は市町村単位の集計が不明。

1. 1 島根県の被害

島根県では震源西北部の安来市と伯太町に被害が集中しており、さらに広瀬町および八束町の被害を加えると島根県の全被害棟数の大半となる。

建物被害は震度5強の地震による木造住宅の屋根の被害がほとんどであるが、八束町では液状化の影響による被害が顕著に見られている。

1. 2 鳥取県の被害

鳥取県の米子市、境港市では地盤の液状化による地盤沈下と側方流動の影響による被害が顕著であり、特に比較的新しい住宅団地、工業団地での液状化による被害が顕著である。しかし、振動による被害は比較的少ない。

その中で境港市の木造の上道教会は崩壊しているが、この教会付近の灯籠や墓石は全て東西方向に転倒しており、振動方向が明確に判断できる。

しかし、震源を囲む山間部の各市町村では、震源に近ことで計測震度は大きいものの、建物被害は木造住宅の瓦屋根の被害が中心である。

特に、ほとんどの集落が山裾にあり、これらの集落では屋根瓦の被害は全棟数の30~100%となっている。

また、山裾の集落では、集落の中心を通る道路に面してほぼ同一方向に向いて建てられており、屋根瓦の被害率は集落の方向性に大きく関係している傾向が見られている。例えば、日野町下榎地区では、南北に通る道路に面して建てられた住宅が、いずれも東西方向の振動が卓越したと思われる被害を受けており、住民の聞き取り調査と墓石の転倒方向とも一致している。

非木造建物の大半は、学校建築等と公共建築であるが、これらの建物の被害程度は、ほとんどが窓ガラスの破損、柱・壁の軽微なひび割れ、鉄骨ブレースの座屈、内外装材の損傷、設備被害等の軽微な被害または小破であり、大破・崩壊した非木造建築は2棟のみである。

1. 3 岡山県の被害

岡山県での被害は、新見市に集中しており、その他の地区での被害は著しく少ない。

ここでも木造住宅の屋根被害がほとんどであり、鉄筋コンクリート建物や鉄骨造の建物被害はほとんど無被害または軽微な被害にとどまっている。

2. 構造別被害の特徴

2. 1 木造建物の被害

震源周囲の大きな被害を受けた地区は、ほとんど山間部の町村であり、比較的古い建物も多い。これら木造建物のほとんどは、葺き土のある石州瓦葺きの屋根である。

崩壊・大破した木造住宅は少なく、むしろ比較的古い木造の土蔵や倉庫等で壁面の多い建物の被害が多い。

木造建物の被害の顕著な特徴は棟瓦の落下被害で、棟

瓦の中央部が大きく落下し全体として湾曲した状態で屋根面に留まっているものが多い。屋根面の瓦のずれまたは若干の瓦の落下はほとんどの建物で見ることができる。

妻面は壁の被害は少ないが、桁行き方向では開口部の障子紙のせん断変形による破れが多く見られる。

瓦の被害を受けた木造住宅のほとんどは被災後もほぼ直立している。

中海に面した地域の木造建物の被害は、地盤の液状化が原因となっている場合が多く、特に海岸沿いの新興住宅団地（阿部彦名団地、外江地区）では、傾斜した建物も多い。

各被災地域の住民の多くは、水平方向の強い振動は感じたものの、上下方向の振動はほとんど感じていない。

2. 2 鉄筋コンクリート造建物の被害

鉄筋コンクリート造建物で大破・中破したRC建物は、会見小学校、溝口町役場、母里公民館の3棟である。

これらはいずれもRC柱のせん断破壊を生じており、詳細な検討を要するといえるが、いずれも昭和36～41年の建設で、柱のせん断補強筋間隔が大きいことが被害原因の一つとなっている。

小破したRC建物も5棟確認しているが、柱・壁の軽微な曲げひび割れまたはせん断ひび割れを確認している。

その他、調査で確認したRC建物は14棟であるが、外壁の軽微なひび割れ、突出部の剥落、窓ガラスの破損等いずれも軽微な被害または無被害である。

また、米子市阿部彦名団地のRC4階建共同住宅では、躯体の被害はないものの、液状化による地盤沈下により配水管等の切断被害が見られている。

なお、ブロック造の日野総合事務所機械室では、壁面のひび割れは大きく、この建物の被害は中破である。

2. 3 鉄骨造の建物被害

調査された鉄骨造建物は28棟である。液状化による地盤沈下と側方流動により大破した鳥取県営境港水産物地方卸売市場と、同じく液状化の影響で中破した母里保育所、境港市の民間事業所の2棟を除けば、ほとんどは体育館または市場であるが、これら鉄骨造の建物では、鉄骨プレースの座屈、アンカー部の損傷等による被害を受けたものが8棟確認できているのみである。

その他は、根巻柱脚上端コンクリートの亀裂、外壁の軽微なひび割れ、窓ガラスの破損、仕上げ材の損傷・落下等の軽微な被害、または無被害である。

3. 鉄筋コンクリート造建物被害

3. 1 概況

調査した鉄筋コンクリート造建物の被害状況一覧を表3に示す。RC造建物が多く存在する日本海沿岸の都市部（米子から北の地域）では液状化現象が多く見られたが、RC造建物が傾斜したり、振動により大きな被害を受けたも

のは見受けられなかった。一方、気象庁発表の震央（以後震央）を中心とする山間部では、RC造の建物自体が少なく町役場周辺の学校、公民館、病院が主たる調査対象となった。調査で確認した主な被害は中破3棟、小破3棟で倒壊したものはない。いずれも築30年以上を経過した古いものであり、震央から数kmの山間部と平野部の中間に点在している。主要な被害は柱のせん断破壊、せん断ひび割れであり、被害自体は過去の地震被害と大差ない。

3. 2 個別被害状況

1) 会見小学校（中破）

本小学校校舎は震央から約7kmに位置し、RC造3階建、昭和41年築である。桁行方向15スパン（67.5m）、梁間方向2スパン（9m）、桁行方向はほぼ東西である。被害状況は1、2階の柱がせん断破壊しており、主筋が露出、わずかながら水平に変形していた。特に職員室手洗い部分の柱の損傷が大きい。主筋は丸鋼、フープ筋は25cm間隔程度である。応急危険度判定では「要注意」判定であったが、後日「危険」に変更された。なお、日本建築防災委員会「地震被災建物の被災度調査・判定シート」にもとづいて行われた1階柱の被災度判定結果を図1に示す。

（写真1(a)～(c)参照）

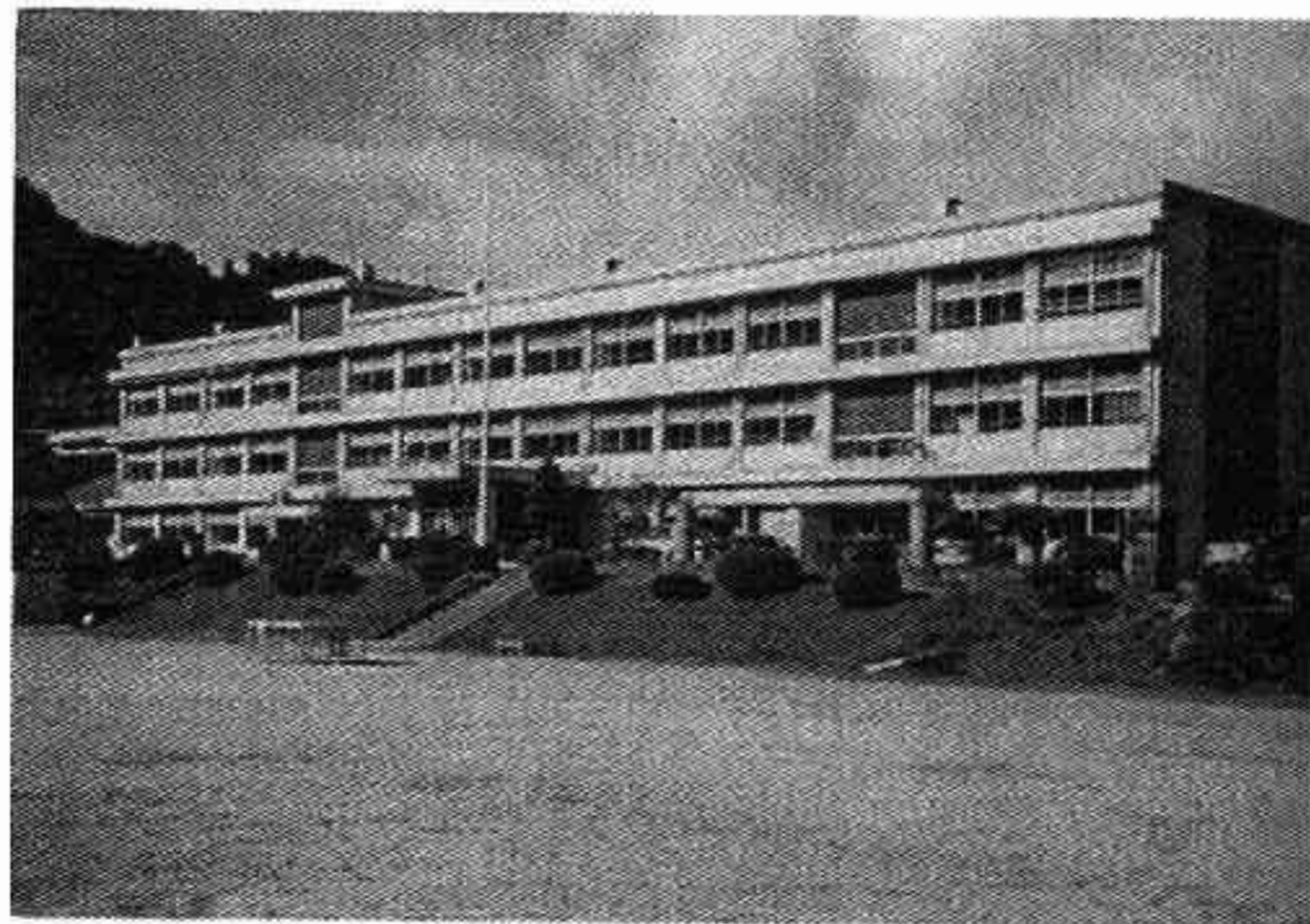


写真1(a) 会見小学校全景



写真1(b)
RC柱のせん断破壊

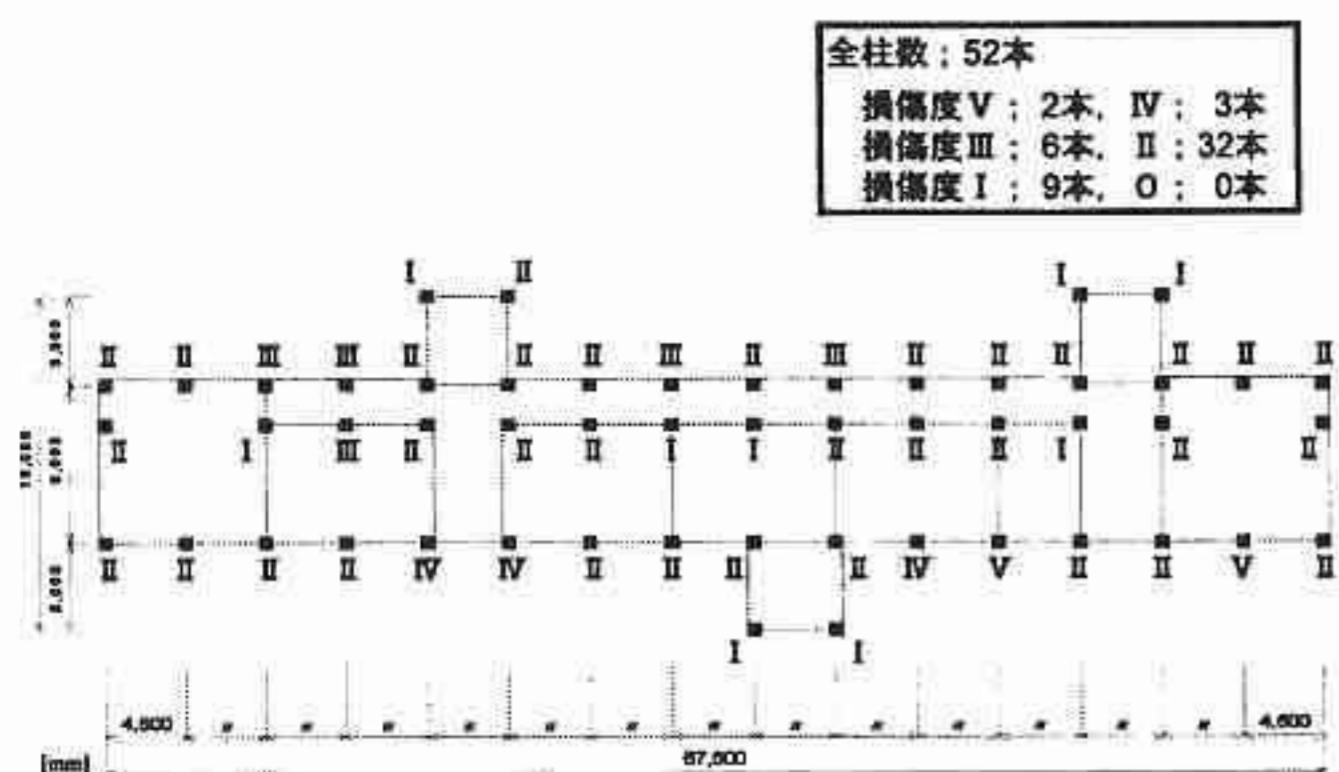


写真1(c)
RC柱のせん断破壊

表3 調査した鉄筋コンクリート造建物の被害状況一覧

番号	建物名称	住所	階数	建設年	用途	構造被害	コメント
(島根県)							
1	島根県庁舎	松江市	6	S34	庁舎	軽微	ガラス数枚破損
2	八束小学校校舎	八束郡八束町	3		校舎	無被害	
3	八束中学校校舎	八束郡八束町	3		校舎	無被害	
4	母里小学校校舎	能義郡伯太町	3	S44	校舎	軽微	軽微なせん断ひび割れ1, 曲げひび割れ多数, 階段棟とのExp-J破損
5	母里公民館(元伯太町役場)	能義郡伯太町	3	S41	公民館	中破*	1F柱のせん断破壊
6	伯太中学校校舎	能義郡伯太町	3	S62	校舎	無被害	
7	井尻小学校校舎	能義郡伯太町	3	H7	校舎	無被害	
(鳥取県)							
8	境港市役所	境港市	3		庁舎	無被害	
9	上道小学校校舎	境港市	3		校舎	軽微	ガラス破損
10	境高校校舎	境港市	3		校舎	軽微	柱の一部に微細な曲げひび割れ
11	外江小学校校舎	境港市外江町	3		校舎	軽微	柱, はりの一部に微細なひび割れ
12	みなとさかい交流館	境港市			店舗	軽微	タイルに微小ひび割れ
13	米子市役所	米子市			庁舎	軽微	玄関前の地盤に段差
14	阿倍彦名団地	米子市	4	H1	アパート	軽微	10棟全棟が液状化で地盤沈下10~20cm, 地中のパイプなど破損
15	成実小学校校舎	米子市	3		校舎	無被害	
16	米子高等学校校舎	米子市	3		校舎	軽微	Exp.J部周辺ひび割れ, 躯体は無被害
17	会見小学校校舎	西伯郡会見町	3	S41	校舎	中破*	1F, 2F柱数本がせん断破壊, 他の柱にもせん断ひび割れ
18	とっとり花回廊	日野郡会見町		RC+S			空中回廊(鉄骨造)を支持するRC柱頭部でアンカー鉄筋破断
19	西伯町役場	西伯郡西伯町	3		役場	無被害	
20	西伯小学校校舎	西伯郡西伯町	3		校舎	小破	1Fの数本の短柱にせん断ひび割れ
21	法勝寺中学校校舎	西伯郡西伯町	2,3		校舎	小破	柱曲げ亀裂, Exp.J部の亀裂, 雨水ダクト破断
22	西伯病院	西伯郡西伯町	3		病院	無被害	
23	溝口町役場	日野郡溝口町	2	S32	庁舎	中破*	1F外中柱1本がせん断破壊, 他の柱にもせん断ひび割れ
24	溝口小学校校舎	日野郡溝口町	3		校舎	無被害	
25	溝口中学校校舎	日野郡溝口町	3		校舎	軽微	玄関前柱外装石一部剥離, 躯体は無被害
26	おにっこランド建物	日野郡溝口町	2			無被害	外観調査無被害, 地盤変状大, 斜面崩壊の危険有り
27	二部小学校	日野郡溝口町	3	S39頃		軽微	窓ガラス数枚破損, RC造と木造とのExp-J破損
28	江府中学校校舎	日野郡江府町	3	S34	校舎		1階床が陥没によりひび割れ, 増築部分のつなぎ目が破損
29	鳥取県日野総合事務所	日野郡日野町	3		庁舎	軽微	壁等に軽微なひび割れ
30	鳥取県日野総合事務所機械室	日野郡日野町		RCブロック	機械室	(中破)	ひび割れ大
31	日野町日野病院	日野郡日野町	3	S40, S45	病院		トイレのタイルに微細なひび割れ, ペントハウスの一部が落下
32	根雨小学校校舎	日野郡日野町	3		校舎	無被害	
33	日野中学校校舎	日野郡日野町	3		校舎	無被害	
34	黒坂小学校校舎	日野郡日野町	3		校舎	無被害	
35	日南中学校校舎	日野郡日野町	3		校舎	小破	窓ガラス破損, 柱曲げ亀裂
(岡山県)							
36	千屋小学校校舎	新見市	3		校舎	軽微	腰壁部分の柱のモルタル部分が欠ける程度
37	千屋中学校校舎	新見市	3		校舎	軽微	腰壁部分の柱のモルタル部分が欠ける程度
38	新見市立思誠小学校	新見市	4		校舎	軽微	隅柱かぶりコンクリートの浮き
39	阿新地方振興局	新見市	3		庁舎	軽微	2階雑壁にせん断亀裂, 階段室壁面にクラック

*日本建築防災協会「地震被災建築物の被災度調査・判定シート(鉄筋コンクリート構造)」による判定結果



*日本建築防災協会「地震被災建物の被災度調査・判定シート(鉄筋コンクリート造編)」に基づく調査結果

図1 会見小学校の1階柱の損傷度

2) 溝口町役場 (中破)

本役場は震央から約5kmに位置し、RC造2階建、昭和32年築である。桁行き方向8スパン(30m)、梁間方向5スパン(14m)でL字型をしており、梁間方向がほぼ南北である。西面1階の柱にせん断破壊およびせん断ひび割れが見られる。そのうち1本の柱で仕上げおよびコンクリートが剥落し鉄筋が露出している。(写真2(a), (b)参照)



写真2(a) 溝口町役場全景



写真2(b)
RC柱のせん断破壊

3) 母里公民館 (中破)

本公民館は元役場で震央から約12kmに位置し、RC造3階建、昭和41年築である。桁行き方向5スパン(27.5m)、梁間方向3スパン(12.5m)で桁行き方向がほぼ南北方向である。1階、2階の外柱がせん断破壊またはせん断ひび割れを起こしている。内柱は確認した範囲ではせん断ひび割れが見られた程度である。(写真3(a), (b)参照)

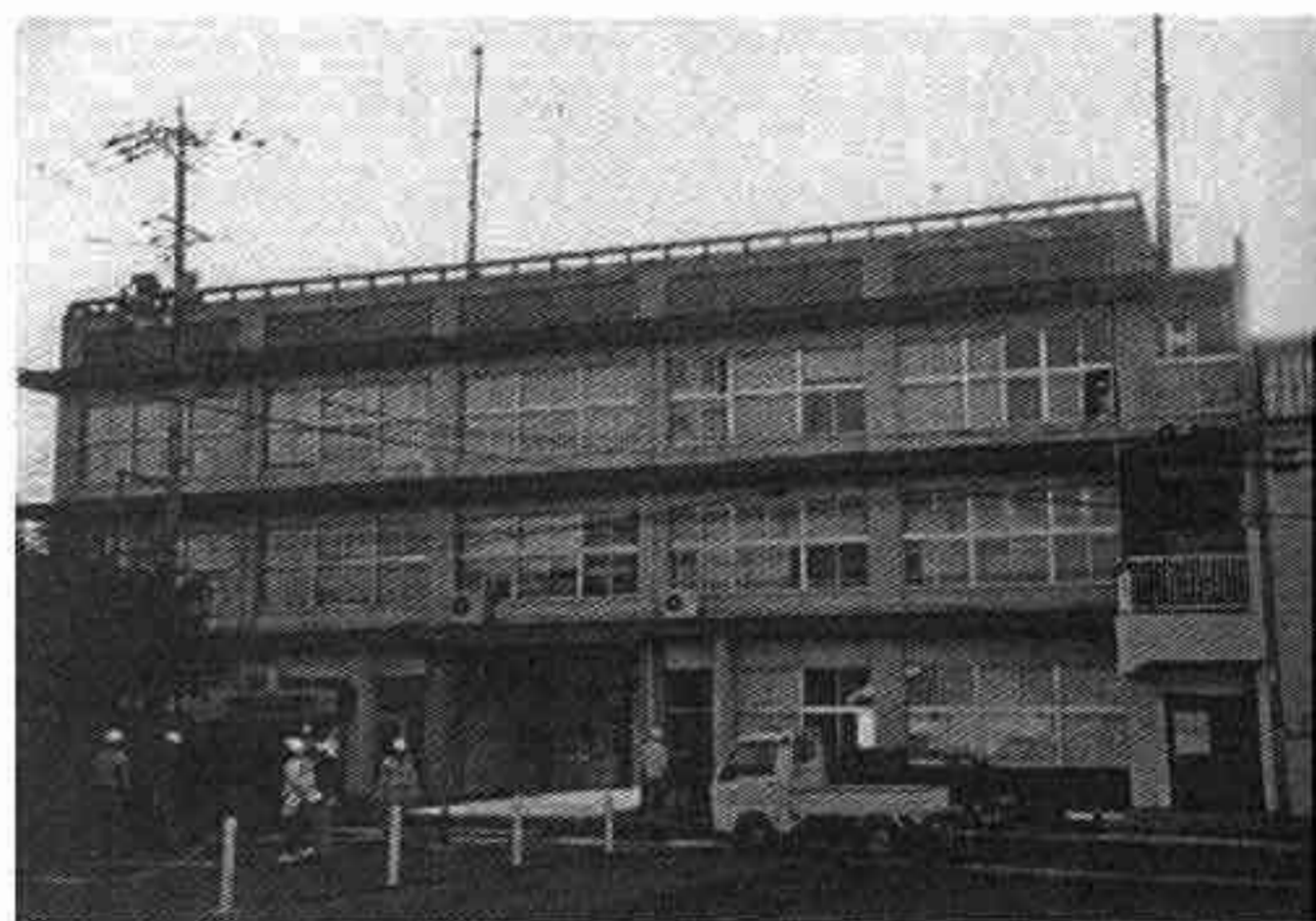


写真3(a) 母里公民館全景



写真3(b)
RC柱のせん断破壊

4) 西伯小学校 (小破)

本小学校校舎は震央から約8kmに位置し、RC造3階建である。桁行方向15スパン、梁間方向2スパン、桁行方向はほぼ東西である。外観目視で被害状況は建物正面1階の垂壁付きの短柱となっている柱にせん断ひび割れが発生している。裏面の袖壁付き柱で袖壁から柱を貫通する形でせん断ひび割れが発生していた。いずれのひび割れ幅も小さく小破程度のものであった。

5) 日野病院 (小破)

本病院は震央から約9kmに位置し、RC造3建、昭和40年築である。桁行方向5パン、梁間方向2パン、桁行方向はほぼ東西である。被害状況は屋上ペントハウス一部が倒壊したが、割れた部分を見る限り鉄筋が確認できなかった。躯体部分には目立った損傷は見られなかったが、エレベーターが地震で動かなくなった。

6) 二部小学校 (軽微)

本小学校は震央からわずか2kmに位置し、RC造3階建、昭和39(40)年築である。桁行方向15スパン、梁間方向2スパン、桁行方向はほぼ南北である。被害状況は柱に軽微な曲げひび割れが見られる程度でほとんど無被害に近い。本校舎には建設年代不明の木造校舎が接続しており、エキスパンション・ジョイント部分に被害が見られたが、木造校舎自体は老朽化が著しいにも関わらず大きな被害箇所は見受けられなかった。

4. 鉄骨造建物

4.1 概要

調査した鉄骨造建物の被害状況一覧を表4に示す。調査した鉄骨造建物の総数は39棟である。今回の地震による鉄骨造建物の被害は、地盤液状化に伴う被害とブレースの被害(座屈、破断、および露出柱脚部コンクリートの破壊)がほとんどを占めている。なお、体育館梁間方向における被害はほとんど報告されていない。

4.2 個別被害状況

1) 伯太町上の台緑の村交流センター (中破)

2階Xブレースが接合部よりいずれも約30cm付近で2ヶ所破断したが、摩擦接合部すべりは生じていない。ブレースの座屈は1ヶ所である。

2) 根雨高校体育館 (中破)

S41年の建設部分は、トラスの柱梁でリベット接合、鉄筋溶接継目部の破断1ヶ所生じている。ガセットプレート局部座屈は多数みられ、柱腹材の座屈は1ヶ所みられた。S45年の増築部分の柱脚部基礎コンクリートに亀裂が生じている。

3) 明倫小学校鉄骨校舎 (中破) と体育館 (軽微)

S39年の建設で、1,2Fの鉄筋ブレース本体破断が多数生じている。聞き取りによると鉄筋突合せ部溶接継目より破断が生じている。また、ターンバックルも破壊している。

4) 新見市立千屋小学校体育館 (小破)

ブレース中央摩擦接合部プレートが5mm程度のずれ、アンブレブレースの座屈、およびブレース定着部基礎コンクリートの破壊が生じている。(写真4(a), (b)参照)

5) 南部中学校体育館 (小破)

全ての鉄骨柱脚部のベースプレート直下のモルタルおよびコンクリートに圧壊が生じている。また、ベースプレートに設けられたアンカーボルトにも、引張力によるぬけ出しがみられた。(写真5(a), (b)参照)

6) 境港水産物地方卸売市場 (大破)

本建物はS48～S52年にかけて施工したもので、柱はSRC造はりおよび屋根は鉄骨造のトラス構造で構成される。平屋建てである。なお、支持杭としては鋼管杭(406.4φ×9.5)を使用し、その打ち込み長さは32mである。こ

の建物が大規模地盤側方流動により、SRC造柱の柱脚部が最大1m程度岸壁方向へ移動し、鉄骨屋根トラス部材が多数座屈および破断した。(写真6(a), (b)参照)

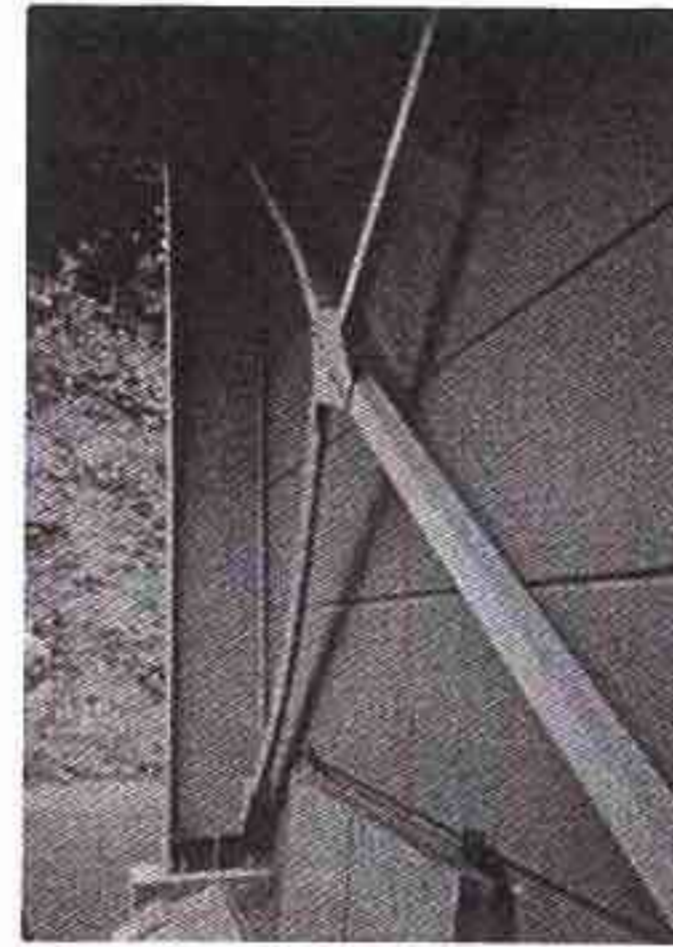


写真4(a)
鉄骨ブレース座屈損傷

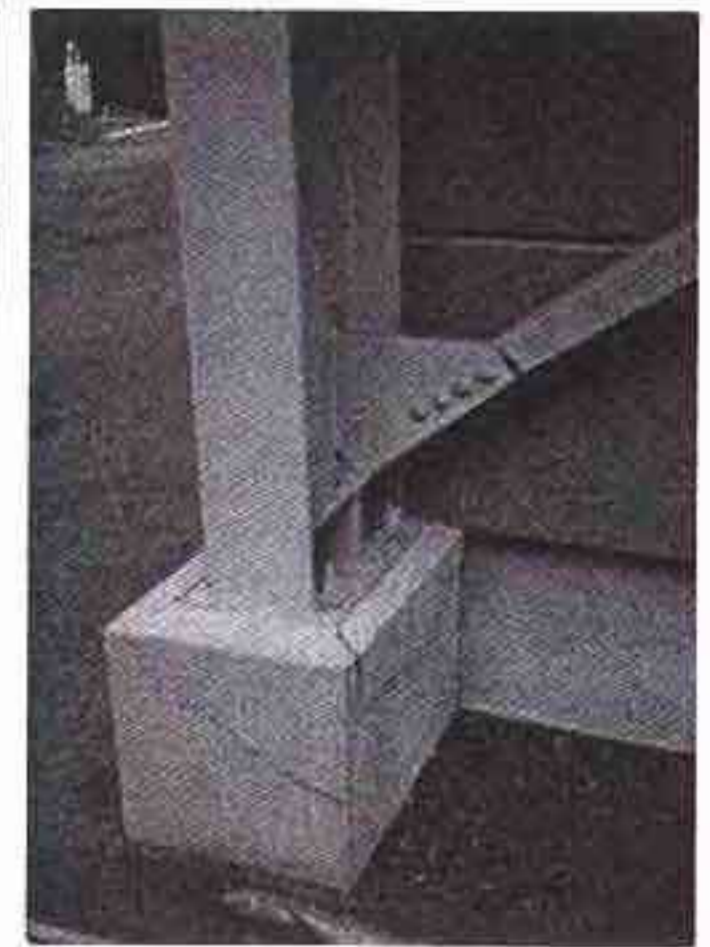


写真4(b)
柱脚部のコンクリート基礎の損傷



写真5(a)
鉄骨柱脚部の損傷状況

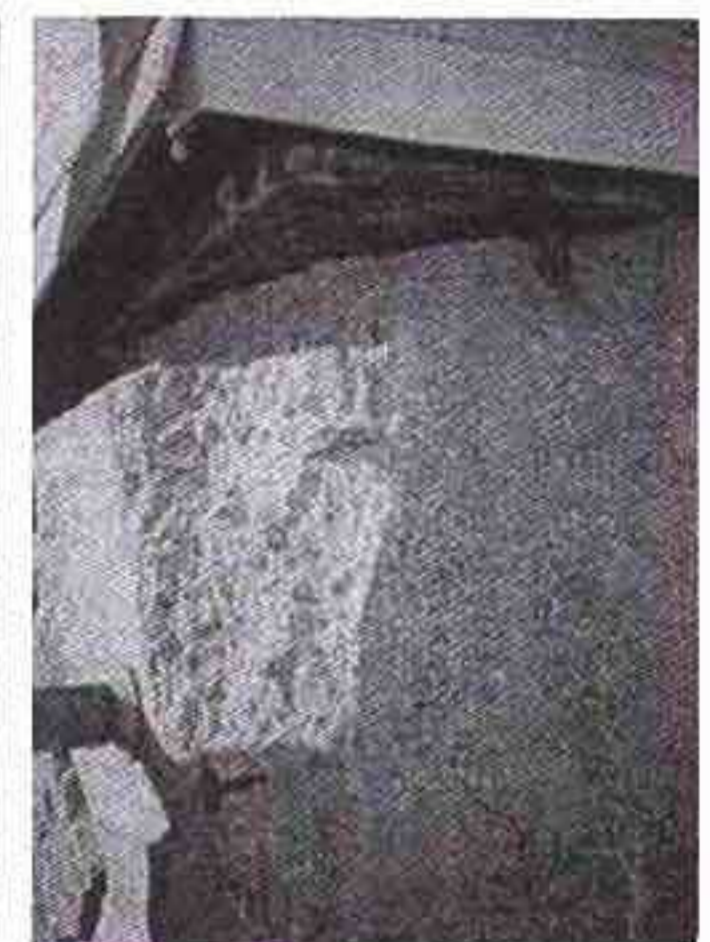


写真5(b)
鉄骨ブレース、プレート下端コンクリートの損傷状況



写真6(a)
地盤の側方流動による被害

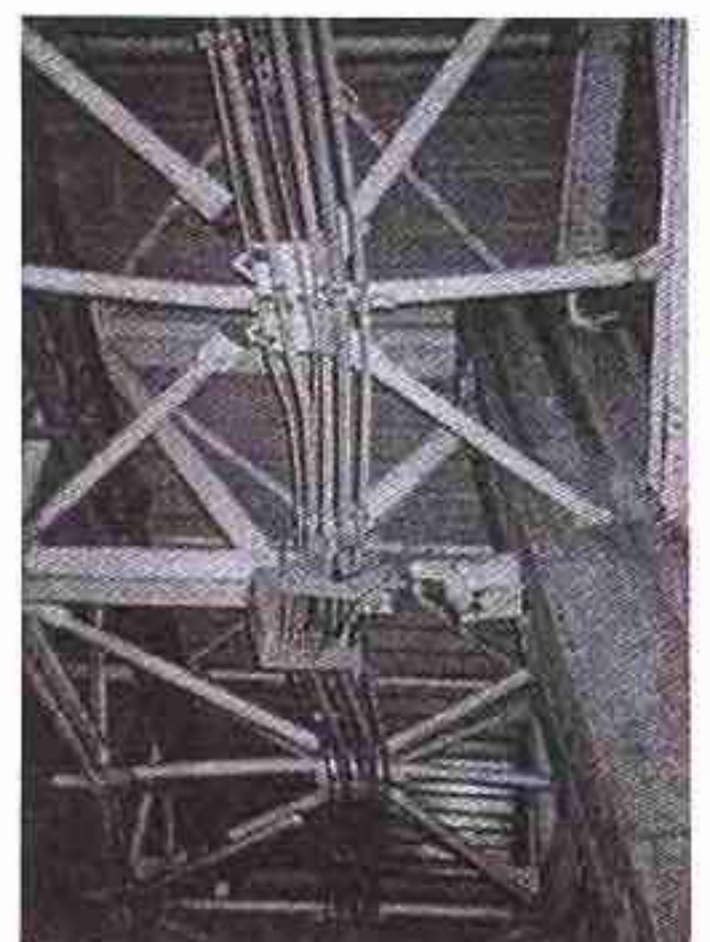


写真6(b)
屋根鉄骨トラス部材の損傷

表4 調査した鉄骨造の建物の被害状況一覧

2000年10月20日現在

番号	建物名称	住所	構造形式	建設年	用途	構造物被害	コメント
島根県							
1	安田小学校体育館	伯太町安田	RC+S	S50	体育館	小破	ブレース接合部ずれ1mmが2、柱脚亀裂
2	母里小学校体育館	能義郡伯太町	S	S52	体育館	無被害	本震中にグラウンド全体から水が湧き出る現象:聞き取り
3	母里保育所	能義郡伯太町	S1	S53	保育所	中破	杭基礎部と布基礎部との不同沈下、床面傾斜、頬杖の座屈(構造図面あり)
4	井尻小学校体育館	能義郡伯太町	RC+S	S54	体育館	小破	根巻柱脚上端コンクリートに亀裂
5	上の台縁の村交流センタ	能義郡伯太町	S	H5	体育館	中破	屋内運動場の構面内ブレース破断2、座屈1外装パネル脱落1、屋根瓦脱落(構造図
6	伯太町老人福祉センター	能義郡伯太町	S	S49		中破	杭基礎部と布基礎部との不同沈下、床面傾斜(構造図面あり)
7	赤屋保育所	能義郡伯太町	S	S47	保育所	無被害	(平面図あり)
8	赤屋小学校体育館	能義郡伯太町	S	H3	体育館	軽微	大半の露出柱脚の移動、アンカーボルト緩み1
鳥取県							
9	鳥取県営境港水産物地方卸売市場	境港市	SRC+S	S48-52	市場	大破	地盤の液状化でSRC柱が傾斜、鉄骨トラス屋根部材座屈と接合部破断
10	上道小学校体育館	境港市	S	S58	体育館	軽微	仕上げ材落下
11	境高校体育館	境港市	S	S58,H10	体育館	軽微	RC附属施設開口隅角部にひび割れ
12	夢みなとタワー	境港市	S	H9		中破	間接照明が落下、展望タワーテンセグリティ引張材ジョイント金具(10個?)破断
13	K事業所	境港市	S1			中破	地盤沈下により、鉄骨フレームが損傷、屋根が波打っている。
14	米子市漁業共同組合	米子市	S		市場	軽微	中央部地盤沈下20~30cm、基礎コンクリートかぶり剥落、構造体は軽微
15	成実小学校体育館	米子市	S	S53	体育館	軽微	母屋に屋根板を留めたボルトが落下
16	米子高等学校体育館	米子市	S	S49	体育館	無被害	
17	会見小学校体育館	西伯郡会見町	S	S42	体育館	小破	ガラス多数破損、屋根面水平ブレース破断1箇所
18	南部中学校体育館	西伯郡会見町	S	H2	体育館	小破	ベースプレート下コンクリート剥落1
19	会見町総合福祉センター	西伯郡会見町	S1	H6		軽微	内装被害、強化ガラス大1枚破損
20	とっとり花回廊	日野郡会見町	RC+S				空中回廊(鉄骨造)を支持するRC柱頭部でアンカー鉄筋破断、コンクリートにも被害
21	西伯小学校体育館	西伯郡西伯町	S	S43	体育館	軽微	窓ガラス破損
22	法勝中学校体育館	西伯郡西伯町	S	S55	体育館	軽微	ガラス破損
23	西伯農民勤労福祉センター	西伯郡西伯町	S	S53	体育館	無被害	
24	溝口町武道館	日野郡溝口町					天井が落下し、電気系統が破損
25	溝口町小学校体育館	日野郡溝口町	S	S44	体育館	無被害	
26	溝口町中学校体育館	日野郡溝口町	S	S39	体育館	軽微	柱内装木材にひびわれ
27	江府中学校体育館	日野郡江府町	S	S34	体育館	小破	鋼管ブレースが座屈
28	明倫小学校校舎	日野郡溝口町	S	S39	校舎	中破	鉄筋ブレース破断多数、ターフハツクル破断
29	明倫小学校体育館	日野郡江府町	S	S55	体育館	軽微	天井剥落広範囲にわたる。躯体無損傷
30	武庫交流センター	日野郡江府町	S	S46	体育館	軽微	床凸凹、窓ガラス割れ、鉄筋筋違ねじの一部つぶれ
31	根雨小学校体育館	日野郡日野町	S	S49	体育館	小破	アングルブレースの座屈7
32	根雨高校体育館	日野郡日野町	S	S41,S45	体育館	中破	鉄筋筋違破断1、組立柱梁ガセットプレート座屈、床沈下
33	日野中学校体育館	日野郡日野町	S	S59	体育館	軽微	ブレース柱脚部分に若干のひび割れ程度
34	黒坂小学校体育館	日野郡下榎	S	S61	体育館	軽微	露出柱脚上のコンクリート亀裂
35	日野産業高校体育館	日野郡日野町	S	H2	体育館	無被害	
36	菅福小学校体育館	日野郡日野町	S	S59	校舎	軽微	露出柱脚上のコンクリート亀裂
37	大宮小学校体育館	日南町宝屋	S	S29	体育館	軽微	ガラス破損1、壁に亀裂、床に高低差
38	日南中学校体育館	日野郡日南町	S	S47	体育館	小破	アングルブレースの座屈とそれによるボルトの緩み1
岡山県							
39	新見市立千屋小学校体育館	新見市	S	H8	体育館	小破	ブレース中央のプレート摩擦面が5mm程度ずれ、アングルブレースが座屈

7) 夢みなとタワー（中破）

展望タワーを支えるテンセグリティ構造立体トラスを構成するテンション材を結合するジョイント金具が10ヶ所程度破断した。（写真7(a), (b)参照）

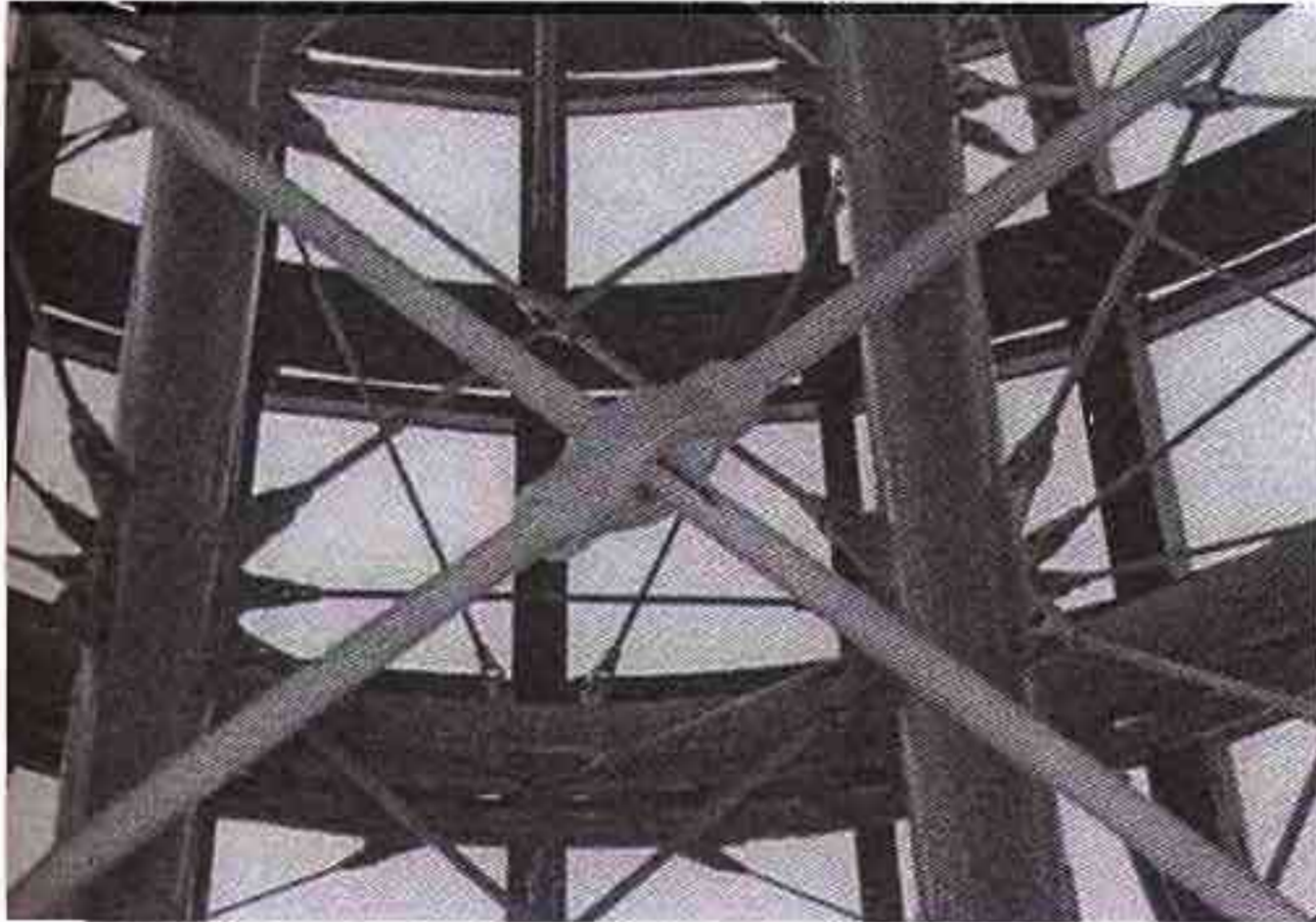


写真7(a) 立体テンション材の交互部のずれ跡

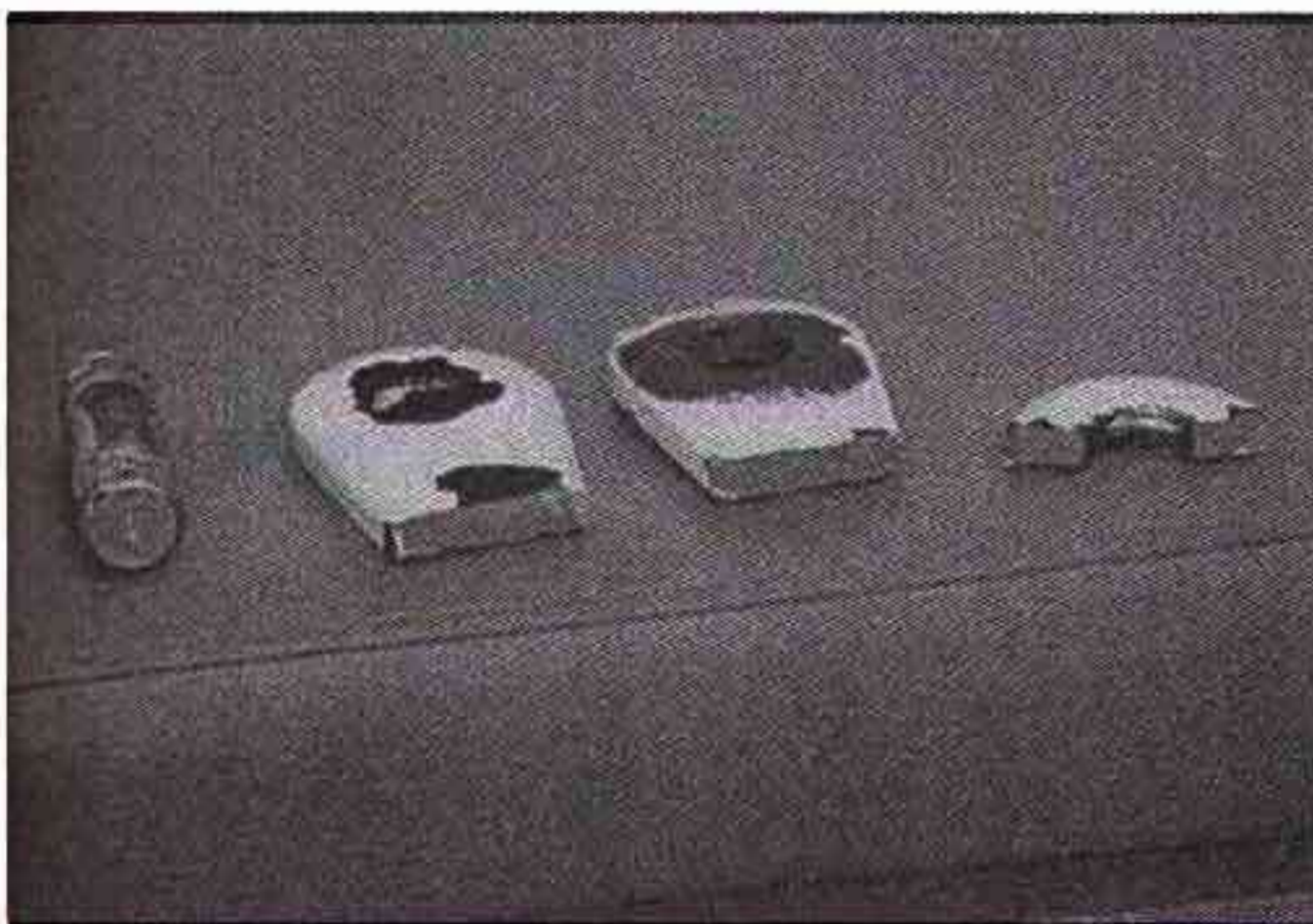


写真7(b) テンション材のジョイント金具の破断