

第4章 産業施設の被害調査

4.1 調査の目的と収集資料

(1) 調査の目的

阪神・淡路大震災では神戸を中心とする阪神地方が甚大な被害を受け、都市の動脈である高速道路、橋脚、鉄道などの社会資本施設が壊滅的な被害を受けた。産業施設においても例外ではなく、その被害は強い地震動による施設の倒壊や破損、地盤の液状化による施設基礎の損傷など多方面にわたり、生産活動が停止するなど、産業施設における被害も過去に例をみない規模であった。

そこで、阪神・淡路大震災における主要産業の被害状況を把握することを目的として、各種新聞、書籍、専門雑誌、報告書などの公表された資料に基づく被害調査を実施した。本調査は被害状況を把握するレベルの違いにより「主要産業の被害の概要調査」と「各産業における施設・設備の被害調査」の2通りとし、以下に示す方法により調査した。

①主要産業の被害の概要調査

主要産業の被害状況の概要や被害総額を把握することを目的として、各種新聞情報および市販の書籍等によりできる限り広範に被害概要を調査した。

②各産業における施設・設備の被害調査

各産業における被害の状況を詳細に調査することを目的として、各業界の専門雑誌や各社の被害報告書を中心に個々の施設や設備の被害状況を調査した。

(2) 収集資料

「主要産業の被害の概要調査」については、主要な産業における被害の概要や被害総額を広範に調査するため、各種新聞情報および市販の書籍を中心として被害調査を実施した。用いた資料（各種新聞は除く）の一覧を表4.1-1に示す。

「各産業における施設・設備の被害調査」については、各産業における個々の施設や設備の被害状況を詳細に調査するため、各業界の専門的な記事が掲載されている専門雑誌を中心とした文献調査により被害調査を行った。具体的には、「95年版 雑誌新聞総かたろぐ（メディア・リサーチ・センター株式会社刊）」に掲載されている各業界の専門雑誌の中から約80誌を抽出し、阪神・淡路大震災の関連記事の掲載の有無を確認した。そして、記事を掲載している雑誌34誌、91の震災関連記事をもとに産業施設・設備の被害調査を実施した。

また、(財)エンジニアリング振興協会の地震情報検討委員会において収集した報告書

の中から、産業施設の被害に関連する7報告書についても調査の参考とした。用いた資料を表4.1-2～表4.1-4に示す。

表4.1-1 主要産業の被害の概要調査に用いた資料

No.	題 名	著 者	出版社
1	ケーススタディ 大震災の企業防衛	朝日新聞大阪本社 経済部編	朝日新聞社
2	阪神大震災 その時企業は	日本経済新聞社編	日本経済新聞社
3	大震災を生き抜く 「阪神」が教える危機管理	時事通信社編集局編	時事通信社
4	危機管理の決算書 阪神大震災－企業の教訓－	日刊工業新聞 特別取材班編	日刊工業新聞社
5	経営者たちの大震災	稲森和夫	盛和塾
6	阪神大震災1995.1.17	メディア・インター フェイス編	ダイヤモンド社

表4.1-2 施設・設備の被害調査に用いた資料（その1）

No.	題 名	著 者	雑誌名	Vol. & No.	発行年月	ページ
1	緊急アンケート 阪神大震災 そのとき保全部は？	編集部	プラントエンジニア	Vol.27 No.3	平成7年3月	8-16
2	兵庫県南部地震とプラント構造物の耐震性	河田叡治（千代田化工建設）	配管と装置	Vol.35 No.9	平成7年9月	9-14
3	阪神・淡路大震災における機械系構造物の被害について	鈴木浩平（東京都立大学）	ボイラ研究	No.272	平成7年8月	12-17
4	阪神・淡路大震災ボイラー被害調査報告	三井達夫（三井造船）	ボイラ研究	No.272	平成7年8月	18-27
5	阪神・淡路大震災にみる事業場の地震対策のポイント	編集部	安全	Vol.46 No.9	平成7年4月	11-15
6	阪神大震災と石油	編集部	石油文化	Vol.43 No.2	平成7年2月	4-7
7	阪神・淡路大震災の教訓 高まる給油所の社会的使命	編集部	石油文化	Vol.43 No.7	平成7年7月	16-19
8	阪神・淡路大震災の時のガソリンスタンドの対応	編集部	石油文化	Vol.43 No.9	平成7年9月	30-31
9	被災企業からの報告－災害から学ぶ安全対策－	編集部	工場管理	Vol.41 No.7	平成7年6月	59-63
10	危険物の被害状況について	消防庁危険物規制課	KHKだより	特集号	平成7年6月	11-13
11	屋外タンク貯蔵所の被害状況 現地調査結果について	消防庁危険物規制課／危険物保安技術協会	KHKだより	特集号	平成7年6月	13-24
12	石油コンビナートの特定事業所における特定防災施設等の被害状況	消防庁特殊災害室	KHKだより	特集号	平成7年6月	25-29
13	兵庫県南部地震に伴うLPガス貯蔵設備ガス漏洩調査について	通産省環境局地局保安課	KHKだより	特集号	平成7年6月	30-34
14	神戸市における危険物施設等の被害状況	神戸市消防局	KHKだより	特集号	平成7年6月	37-66
15	尼崎市における危険物施設の被害状況	尼崎市消防局	KHKだより	特集号	平成7年6月	67-70
16	堺・泉北臨界コンビナート地区の地震の影響について	堺市高石市消防組合消防本部予防部	KHKだより	特集号	平成7年6月	71-76
17	阪神・淡路大震災における神戸港の被害状況と今後の復興について	山縣延文（運輸省港湾局）	物流情報	Vol.42 No.5	平成7年5月	4-7
18	阪神・淡路大震災を乗り越えて	米本亮一（日本貨物鉄道）	物流情報	Vol.42 No.5	平成7年5月	8-12
19	阪神大震災におけるトラック輸送と日通の対応	日本通運広報部	物流情報	Vol.42 No.5	平成7年5月	14-18
20	阪神大震災におけるAS/RSの状況と対策案	矢倉周三（住友重機械工業）	物流情報	Vol.42 No.5	平成7年5月	19-22
21	阪神大震災に関する石化協物流委の対応	石油化学工業協会物流委員会企画小委員会	化学経済	Vol.42 No.5	平成7年4月	37
22	阪神大震災の被害からみた立体自動倉庫の耐震性～大成建設の調査より～	館康太郎（大成建設）	無人化技術		平成7年5月	24-26
23	阪神大震災における立体自動倉庫の被害調査と今後の対策～㈱キトーの報告より～	編集部	無人化技術		平成7年5月	27-29
24	阪神大震災にみる物流の働き－新聞報道を追って－	編集部	LOGISTICS SYSTEMS	Vol.4 No.3	平成7年5月	6-10
25	阪神大震災企業調査結果 <概要>	編集部	LOGISTICS SYSTEMS	Vol.4 No.3	平成7年5月	11-12
26	500社の阪神大震災 復旧早めた部長の選択	編集部	日経ロジスティクス	No.48	平成7年3月	12-35
27	阪神・淡路大震災による研究室の被害状況と今後の対策	奥村城次郎（兵庫県立工業技術センター）	日本接着学会誌	Vol.31 No.8	平成7年8月	343-344
28	激震地神戸からの報告－神戸大学化学系教室での事例－	瀬恒潤一郎（神戸大学）	化学と工業	Vol.48 No.6	平成7年6月	699-700
29	阪神大震災－現場からの報告－住友化学工業(株)農業化学品研究所－	鴨下克三（住友化学工業）	化学と工業	Vol.48 No.6	平成7年6月	701-703
30	激震に見舞われた化学教室－神戸市・甲南大学－	佐々木宗夫（甲南大学）	化学と工業	Vol.48 No.6	平成7年6月	704-705
31	研究所の被害状況と防止対策－鐘淵化学工業(株)－	富田春生（鐘淵化学工業）	化学と工業	Vol.48 No.6	平成7年6月	706-707
32	化学実験室における地震対策の有効性と限界－阪神大震災から何を学べるか 大阪大学理学部－	海崎純男（大阪大学）	化学と工業	Vol.48 No.6	平成7年6月	708-709
33	兵庫県南部地震における照明設備の被害状況	灰谷義行（大林組）	照明学会誌	Vol.79 No.9	平成7年9月	542-544

表4.1-3 施設・設備の被害調査に用いた資料（その2）

No.	題 名	著 者	雑誌名	Vol. & No.	発行年月	ページ
34	阪神大震災に寄せて	辻忠男（ダイキン工業）	冷凍	Vol.70 No.808	平成7年2月	108-109
35	「大地震対応の通信ネットワーク体制に関する検討会」の報告書について	郵政省電気通信システム課	電気通信	Vol.58 No.584	平成7年8月	31-35
36	阪神・淡路大震災における電気通信設備サービスの被害と今後の課題	高島秀行（NTT）	電気通信	Vol.58 No.584	平成7年8月	36-45
37	電力設備の被災と復旧	佐野眞章（関西電力）	電気通信	Vol.58 No.584	平成7年8月	46-53
38	阪神・淡路大震災における電力ライフラインの復旧について	白田修（関西電力）	電気学会誌	Vol.115 No.9	平成7年9月	578-581
39	座談会「大災害時のライフライン確保」	編集部	電気学会誌	Vol.115 No.11	平成7年11月	721-725
40	写真資料「阪神大震災被害状況－電気設備を中心に－」	編集部	電設工業	Vol.41 No.4	平成7年4月	1-10
41	建築設備の被災パターンと課題	瀬尾理（大阪市住吉消防署）	電気と工事	Vol.36 No.8	平成7年7月	32-37
42	配電設備の被害と復旧活動	多山洋文（関西電力）	電気と工事	Vol.36 No.8	平成7年7月	38-44
43	電気設備の被害と今後の課題	城川渉（梓設計）	電気と工事	Vol.36 No.8	平成7年7月	45-49
44	阪神大震災 電気設備の被害概況	編集部	電気と工事	Vol.36 No.8	平成7年7月	50-51
45	電気管理技術者の役目と対応	関西電気保安協会	電気と工事	Vol.36 No.8	平成7年7月	52-58
46	阪神大震災における自家用電気設備の被害状況と今後の対策	藪本義雄（関西電気保安協会）	生産と電気	Vol.47 No.6	平成7年6月	45-50
47	阪神大震災における電気設備の被害状況について	松井美和（近畿通商産業局）	生産と電気	Vol.47 No.8	平成7年8月	3-8
48	阪神大震災（兵庫県南部地震）	ダイダ 阪神大震災対策本部	空衛	Vol.49 No.4.5	平成7年4月	29-36
49	阪神大震災における建築設備の被害状況	米田千瑳夫（須賀工業）	空衛	Vol.49 No.4.5	平成7年4月	37-43
50	設備耐震設計と今後の対応	木内俊明（国士館大学）	空衛	Vol.49 No.10	平成7年10月	3-11
51	阪神・淡路大震災における県有施設の建築設備応急被災調査、並びに設計へのフィードバック	兵庫県都市住宅部設備課	空衛	Vol.49 No.10	平成7年10月	12-25
52	地震のガス設備への影響と復旧過程について	住友宏（大阪ガス）	空衛	Vol.49 No.10	平成7年10月	26-33
53	阪神・淡路大震災における電力復旧	関西電力 神戸支店	空衛	Vol.49 No.10	平成7年10月	34-41
54	阪神大震災における設備被害調査結果について	内山憲一（東洋熱工業）	空衛	Vol.49 No.10	平成7年10月	42-45
55	阪神大震災設備等被害概要	木内俊明（国士館大学）	空気調和・衛生工学	Vol.69 No.7	平成7年7月	549-558
56	阪神大震災の設備被害調査と今後の設備対策研究	木内俊明（国士館大学）	建築設備	No.535	平成7年10月	32-39
57	建築設備の被害調査	高橋紀行（竹中工務店）	建築設備	No.535	平成7年10月	40-51
58	阪神大震災におけるFRP水槽の被害状況	本間勉（ブリヂストン）	建築設備	No.535	平成7年10月	52-55
59	阪神大震災における電気設備の被害状況	岡野均（きんでん）	建築設備	No.536	平成7年11月	33-38
60	阪神大震災における空調・衛生設備系の被害概況	ダイダ 神戸地区震災復興チーム	建築設備	No.536	平成7年11月	39-46
61	兵庫県南部地震の昇降機被害調査報告（第一報）	日本エレベータ協会	建築設備	No.536	平成7年11月	47-51
62	激震（震度7）の爪痕 神戸市東灘処理場	編集部	下水道協会誌	Vol.32 No.382	平成7年3月	巻頭
63	阪神・淡路大震災における兵庫県の被害状況と復興計画	藤田俊彦（兵庫県土木部）	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	14-19
64	阪神・淡路大震災における神戸市東灘処理場の緊急措置について	梅田浩（神戸市下水道局）	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	20-25
65	下水道事業における大都市の支援体制	平照行（東京都下水道局）	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	34-37
66	電気事業における復旧支援活動	関西電力	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	47-52

表4.1-4 施設・設備の被害調査に用いた資料（その3）

No.	題 名	著 者	雑誌名	Vol. & No.	発行年月	ページ
67	ガス復旧の軌跡	大阪ガス	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	53-58
68	通信事業における復旧支援体制	武井務（NTT）	下水道協会誌	Vol.32 No.391	平成7年11月	59-64
69	阪神大震災 その時下水道は	松井清（日本下水道事業団）	月刊下水道	Vol.18 No.3	平成7年3月	56-61
70	求められる下水道の危機管理	曾小川久貴（建設省都市局）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	2-6
71	最近の地震による下水道施設の被害状況	田中修司（建設省土木研究所）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	7-11
72	阪神・淡路大震災による処理場等の被害状況とその対応	佐伯謹吾（日本水道事業団）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	12-16
73	未曾有の大地震に遭遇して - その対応と復旧、復興	藤田俊彦（兵庫県土木部）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	17-21
74	未曾有の大地震に遭遇して - 「何もかもはじめてのこと」に神戸市下水道局はどう対応したか	池谷幹夫（神戸市下水道局）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	22-27
75	自治体の枠組みを越えて - 神戸市への大都市支援とその教訓-	前田正博（東京都下水道局）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	40-46
76	「阪神・淡路大震災」における本市の下水道施設の被害状況と応急復旧について	福田守（大阪市下水道局）	月刊下水道	Vol.18 No.8	臨時増刊号	68-72
77	阪神・淡路大震災の被害及び復旧取組み状況	武井務（NTT）	NTT技術ジャーナル	Vol.7 No.6	平成7年6月	58-63
78	リアルな体験通じ「新生阪急」 鉄道復旧だけで440億円にも	阪急電鉄	月刊総合交通	Vol.22 No.9	平成7年9月	27-28
79	神戸～芦屋間で被害甚大 被災車両多く“完全復旧”は来春	阪神電気鉄道	月刊総合交通	Vol.22 No.9	平成7年9月	29-30
80	阪神・淡路大震災の復旧から復興へ	竹元忠嗣（兵庫県阪神・淡路大震災復興本部）	鉄鋼界	Vol.45 No.10	平成7年10月	2-14
81	土木構造物の被害-道路橋を中心に-	藤野陽三（東京大学）	鉄鋼界	Vol.45 No.10	平成7年10月	15-22
82	鉄骨構造物被害の様相と今後の課題	中島正愛（京都大学）	鉄鋼界	Vol.45 No.10	平成7年10月	23-28
83	免震・制震技術への期待	河村壮一（大成建設）	鉄鋼界	Vol.45 No.10	平成7年10月	29-36
84	問題点を全て露呈させた今回の震災	青木博文（横浜国立大学）	鉄構技術	Vol.8 No.82	平成7年4月	24-25
85	パネルディスカッション「阪神大震災にみる鉄骨建築の諸問題」	高梨晃一（東京大学）司会	鉄構技術	Vol.8 No.88	平成7年10月	31-46
86	建築鉄骨の破断例と改善策（上）	丸岡義臣（竹中工務店）	鉄構技術	Vol.8 No.88	平成7年10月	47-53
87	建築鉄骨の破断例と改善策（下）	丸岡義臣（竹中工務店）	鉄構技術	Vol.8 No.89	平成7年11月	47-51
88	阪神大震災における高架橋の損傷状況	加藤正実（石川島播磨重工業）	石川島播磨技報	橋梁特集号	平成7年4月	9-21
89	兵庫県南部地震による道路施設の被害概要	家村浩和（京都大学）	安全工学	Vol.34 No.3	平成7年3月	176-184
90	「阪神・淡路大震災の被害状況と今後の地震対策」	大阪国税局鑑定官室	日本醸造協会誌		平成7年6月	
91	阪神大震災であらわになった材料・技術のチェックポイント	橋本尚（技術コンサルタント）	工業材料	Vol.43 No.4	平成7年4月	57-62
92	兵庫県南部地震に伴うLPガス貯蔵設備 ガス漏洩調査中間報告書	高圧ガス保安協会			平成7年6月	
93	兵庫県南部地震に伴うLPガス貯蔵設備 ガス漏洩調査最終報告書	高圧ガス保安協会			平成7年5月	
94	平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書（第二法）	鹿島			平成7年3月	
95	「阪神大震災（兵庫県南部地震）」調査報告書 - 第3報-	竹中工務店			平成7年3月	
96	阪神大震災による空調設備の被災状況について	高砂熱学工業株式会社			平成7年4月	
97	阪神大震災に学ぶ コンピュータ安全対策マニュアル 地震対策編	NECフィールドサービス			平成7年6月	
98	阪神・淡路大震災復旧記録	関西電力			平成7年6月	

4.2 主要産業の被害概要

(1) 主要産業

今回の阪神・淡路大震災により被害を受けた兵庫県の南部地区は、阪神工業地帯の一面をなし、ケミカルシューズ、酒造、ゴム等の地場産業のほか、鉄鋼、造船、機械、アパレル、食品等、わが国を代表する様々な有力産業が立地している。物流面においても、わが国最大のコンテナ施設を持つ神戸港があり、また、大阪以東と中四国・九州を結ぶ大動脈でもあり、きわめて重要な位置にある。

このように当該地区は、様々な特徴を持つわが国有数の商・工業の一大集積地域であるが、今回の未曾有の震災により、これらのいずれもが多大な被害を被った。特に、電力、ガス、通信、鉄道などの公益事業の被害が甚大であったが、一般企業も例外ではなく、鉄鋼、造船、流通等が操業あるいは営業停止等に追い込まれ、その下請け企業も含め大きな影響を受けた。

①鉄 鋼

被害を受けた阪神間の臨界工業地帯に立地している鉄鋼メーカー3社5工場^{*})は、「高炉をはじめ、諸設備は壊滅的被害。工場敷地内にも亀裂多数発生」（神戸製鋼所神戸製鉄所〔神戸市〕）、「建物被害は軽微であるが、生産設備は相当な被害、岸壁も崩壊」（川崎製鉄神戸工場〔神戸市〕、西宮工場〔西宮市〕）など、直接的に大きな被害を被った。中でも、被害の大きかった神戸製鋼所神戸製鉄所では当初「完全復旧には半年はかかる」見通しであったが、2月24日に棒鋼工場の線材ラインの圧延を再開、4月2日には高炉に再火入れという当初の予定よりかなり早い復旧であった。このかなり早い復旧ペースにより、当初1,300億円に達すると見ていた被害総額は1,100億円まで圧縮された。また、復旧前の自動車向け特殊鋼線材・棒鋼の生産については新日本製鉄や住友金属工業に応援生産（肩代わり生産）を依頼し、安定供給を確保したため、家電・造船メーカー等への影響も最小限に止められた。

*) 3社5工場：神戸製鋼所 神戸製鉄所〔神戸市〕、加古川製鉄所〔加古川市〕
川崎製鉄 神戸工場〔神戸市〕、西宮工場〔西宮市〕
日新製鋼 尼崎製造所〔尼崎市〕

②化 学

神戸、明石地区等にある各社の工場では生産設備の損壊等の被害が発生した。住友ゴム工業では神戸工場〔神戸市〕の建屋が半壊したものの生産設備は壊れなかったため、生産設備を他工場へ移転し（二輪車用タイヤは名古屋工場〔愛知県豊田市〕へ、ゴルフボー

ルは白河工場〔福島県白河市〕へ各々移転)、神戸工場は閉鎖し、事業所に縮小することを決定した。しかしながら、その他の企業については、一旦は操業停止等に追い込まれたところもあったものの、その後は順次復旧し、各社とも1週間～1ヶ月程度の操業停止の後、操業を再開した。

③繊維、アパレル

直接的被害としては神戸市内にある17のニット製造業者が壊滅的な状況に陥った。

アパレル関連では、神戸地区に本社を置く大手企業(ワールド等)のホストコンピューターが損傷を受け、不良在庫や生産過剰を防いできた出荷管理システムが作動しなかったため、物流面等に間接的な被害を被った。また、街を舞台にしたショーウィンドウ機能を担っている神戸ファッションマート(六甲アイランド)では部分的に天井が落ちたり、ガラスが割れたりした以外は無事であったが、六甲ライナーの軌道や阪神高速湾岸線の橋桁が落ちたため顧客の足が確保できず、機能停止の状態であった。

④機 械

機械工業関連の各企業においても、「ワープロ、パソコン等の情報機器のラインは当面再開の目処が立たない」(松下電気産業)、「クレーン倒壊、構内の一部が陥没」(三菱重工業)、「埠頭の沈下、建屋の一部が損傷」(川崎重工業)、「液状化現象により甚大な被害があり、生産設備の一部を伊丹工場に移管」(新明和工業)など、かなりの被害が発生した。その後は、順次操業を再開していったものの、工業用水やガスの供給が停止していたこともあって、操業再開が遅れた工場や生産を他工場へ移管している例も見られた。

また、家電、自動車メーカー等では岸壁崩壊により機能が麻痺している神戸港から、大阪南港、名古屋港、東京港、横浜港へ輸出貨物の船積み振り分けられたところもあった。

(2) 地場産業

兵庫県下の被災地における地場産業としては、ケミカルシューズ、清酒製造(灘五郷)、瓦、線香、真珠等が挙げられる。これらの産業は今回の地震により阪神・淡路地域を中心に建物・設備・在庫品の損壊・焼失等の被害を被った。業種や規模等により被害の程度に差はあるものの、元来、中小・零細企業が多いことに加え、近年の円高や個人消費の低迷、東南アジア等からの輸入品との競合等で厳しい競争状態におかれていただけに、地場産業全体が受けた打撃は一段と大きかった。

被害総額については、把握できていない業種も多いため詳細は不明であるが、主な地

場産業の被害だけでも5千億円以上にのぼると見られている。

①ケミカルシューズ

特に大きな打撃を受けたのは国内生産だけで約80%のシェアを占めるケミカルシューズ業界である。長田・須磨地区には日本ケミカルシューズ工業組合の加盟企業が192社あり、これら企業の8割強にあたる158社の社屋や工場等が全半壊・焼失し、その被害総額は3千億円以上と推定されている。また、下請けも含めると約450社のうち、8割以上の工場が全壊・全焼した。機械類の被害が少なかった企業では、仮設工場を自社所有の空き地に建てたり、被害をまぬがれたビルを借りるなどして1ヶ月程度で操業を開始した企業もあったが、下請け企業の被災等から稼働率は低く、また、下請け等関連企業を含めた業界全体としては、大半が操業再開の目処すら立たない状況であった。しかしながら、神戸市による被災企業立ち直し支援の仮設工場などにより、半年後には7～8割のメーカーが操業を再開するまでになったが、それでも生産数は震災前の4割程度であり、1年後に至っても需要低迷などのため稼働率が落ち込んだままである。この業界が特に甚大な被害を被った理由として以下の4点が挙げられている。

- ・長田・須磨地区へ集中立地していた。
- ・設備の老朽化が進んでおり地震に対して弱かった。また、従業員の高齢化もひとつの要因である。
- ・原材料のゴムに火災が発生した。
- ・地域内企業で生産連関を形成していたため、企業の被災の影響が派生しやすい構造となっていた。

②清酒

「灘の生一本」で知られ、日本酒の出荷量ベースで全国の約30%のシェアを誇る「灘五郷」の清酒業界は、西宮市と神戸市東部に約55社の酒蔵が集中している。これらのうち、32社で木造の酒蔵が全壊する等、建物の損壊、機械設備の損傷等で大きな被害を被り、残り20社でも貯蔵タンクに亀裂が入り醸造中の酒が流出するなどの被害を被った。特に、江戸時代末期から明治時代に建てられた中小の酒蔵はほとんどが崩壊し、伝統的な酒づくりにこだわってきた中小の酒造会社の打撃が大きかった。これらの被害総額は1千億円以上と見られているが、1年後には約85%の企業が操業再開にこぎつけ、全体の生産量はおおむね回復した。しかし、酒蔵が全壊して更地のままになっている企業や、後継者難もあって廃業を決断した酒造会社もある。また、中小の酒造会社数社が販売や生産の共同化による再建を検討するなど業界再編を促している側面もある。また、蔵人

等の季節労働者が休業を余儀なくされたが、雇用保険の加入機関が6ヶ月以下のため、雇用調整助成金の対象外となっていたほか、小売店や問屋の倒壊等による売掛金の回収不能といった影響もでている。

③線香、粘土瓦

そのほか、震源地となった淡路島の地場産業である線香、粘土瓦も建物・設備・在庫品の損壊等の被害を受けた。全国シェアの31.4%の線香を生産する島内の線香業者136社（軒）のうち8社が全壊、102社が半壊や一部損壊の被害を受けたが、生産量の大半を占める大手メーカー17社の被害は比較的軽かった。中小業者についても2週間程度で操業再開にこぎつけた業者が多く、1ヶ月後には震災前の約9割まで生産量が回復した。線香事業協同組合による被害総額は11億円以上と見込まれている。

愛知県に次いで全国第2位、全国シェアの15%にのぼる瓦産業は、222社のうち5社で工場などが半壊、他にも大手を中心に設備や在庫品が多大な損害を受け、被害総額は約18億円に達した。しかし、立ち上がりは早く、操業停止に追い込まれていた企業も1ヶ月以内に相次いで生産を再開し、2ヶ月後には震災前の約9割以上の稼働率に回復した。

④真珠

真珠加工の全国シェア8割を占める真珠業界は比較的被害が軽微であり、日本真珠輸出組合97社のうち、ビル全半壊は2社であった。しかし、新玉を買い付ける入札買いのシーズンと重なったため、全国真珠養殖漁業組合連合会が1月中の入札会は全て中止することを決定し、真珠業界は一時的に業界全体が機能停止した。その後、大手では1ヶ月程度で通常の生産体制に入ったところもあり、販売先（小売店）の損壊や買い控えによる販売不振等の影響が懸念されているが、その業績は徐々に回復傾向にある。

⑤播州織、荷役業者等

震災後の阪神間の交通網の寸断や神戸港壊滅による入出荷の停滞、物流コストの上昇等の影響を受けていた企業も多い。特に多くの地場の企業が神戸港を利用しており、影響が大きかった。例えば、播州織物産業は原料の40%を神戸港から輸入し、生産品の40%以上を神戸港から輸出している。地元の中小商社は輸入品の80~100%を神戸港経由で仕入れ、それを関西中心に販売している。また、神戸港の荷役業者等でも、神戸港岸壁のほとんどが使用不能のため、廃業・解雇・減俸と行ったケースも出た。

(3) 各産業の被害概要

各種新聞報道および表4.1-1に示した資料に基づいて調査した各産業における被害の概要を表4.2-1～表4.2-4に示す。表中、企業名の前に○印を記されている4社については、何らかの地震対策を事前に施してあったため被害が軽減されたと考えられる事例である。

表4.2-1 各産業における被害の概要（その1）

産 業	被 害 状 況		問題点・課題等
	設備（被害額）	生産・販売（被害額）	
鉄鋼・金属	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>神戸製鋼所</u>：本社ビル〔神戸市〕に傾きが発生、本社内に入れない状況。神戸製鋼所〔神戸市〕ではガス、工業用水の供給が停止し、クレーン落下、所内道路の亀裂、油・水・ガス漏れ、岸壁の崩壊、煙突の倒壊等が発生し、操業全面停止。<u>加古川製鉄所</u>〔加古川市〕では主要生産設備に大きな被害は発生しなかったが、岸壁の一部で陥没が生じアンローダーが倒壊。（設備の被害総額は740億円） ・<u>川崎製鉄</u>：本社ビル〔神戸市〕は立入禁止、コンピュータシステム、専用回線ともに全面停止。<u>神戸工場</u>〔神戸市〕ではガス、水道の供給全面停止。建屋、設備、岸壁にかなりの影響。<u>西宮工場</u>〔西宮市〕ではガス、水道、電力の供給全面停止。基礎、岸壁等の一部設備に被害。フロア陥没、設備の傾き、クレーンが倒れる等の被害。（設備の被害総額約70億円） ・<u>日新製鋼</u>：建屋の損傷により高周波造管ラインの陥没。 ・<u>住友金属工業</u>：<u>和歌山製鉄所</u>〔和歌山市〕で高炉頂部下降管に亀裂が発生、36時間の設備休止。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>神戸製鋼所</u>：本社は仮事務所を近隣の関連ビル内に設置。<u>神戸製鉄所</u>は4/2操業再開、<u>加古川製鉄所</u>は1/22操業再開。（被害総額は機会損失を含め当初1,300億円の見込みであったが、その後の早い復旧により1,100億円に圧縮。全社で年間260億円の減産） ・<u>川崎製鉄</u>：本社組織の一部を神戸工場に移動。コンピュータシステムは1/22に稼働。<u>神戸工場</u>は2/10運転再開、<u>西宮工場</u>は2/4運転再開。（物流費や復旧のための応援態勢の構築など含めて被害総額約80億円、グループ全体で約150億円） 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路破壊による車両輸送難航。 ・工業用水の供給停止。 ・工場立地の集中。
機 械	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>クボタ</u>：（被害総額10～20億円） ・<u>新明和工業</u>：<u>甲南工場</u>〔神戸市〕壁が全て倒壊。敷地の陥没・隆起、関連工具の倒壊・散乱。（甲南工場被害総額45億円、被害総額61億円） ・<u>ナブコ</u>：本社ビルが使用不能、神戸工場が破損、鋳造工場は使用不能。（被害総額45億円） ・<u>ノーリツ</u>：本社ビル〔明石市〕が半壊、<u>本社工場</u>〔明石市〕の一部で損傷。（被害総額2.5億円） ・<u>新キヤタピラー三菱</u>、<u>コマツ</u>、<u>日工</u>など：工場一部損傷、操業停止。 ○<u>吉田鉄工所</u>〔西宮市〕：均等に地盤沈下するように設計してあったため、工場の床全体が70センチずつ沈下したが機械設備に被害がなかった。 ○<u>平井工業</u>〔尼崎市〕：研磨機の基礎を16.5メートル下の砂礫層まで打っていたため、台の平衡を戻すのに3日かかっただけで操業再開。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>ナブコ</u>：<u>神戸工場</u>の組立工場等は3月中旬までに順次回復。 ・<u>ノーリツ</u>：本社工場は1/30には平時の操業度まで回復。 ・各社とも一週間程度で操業再開。 	<ul style="list-style-type: none"> ・油圧機器など一部の部品調達困難により操業ストップ。
自動車	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>ダイハツ工業</u>：本社ビル〔池田市〕で屋上の給水塔が破裂、浸水。本社工場〔池田市〕と京都工場で機械設備の一部に軽微な損傷。 ・<u>メーカー</u>：設備等にほとんど損傷なし。 ・<u>ディーラー</u>：兵庫県下4,500店舗の約半数が被害 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>ダイハツ工業</u>：<u>池田工場</u>〔池田市〕、<u>京都工場</u>、<u>滋賀工場</u>は1/23より生産再開。（7,500台減産、被害総額22億円） ・<u>三菱自動車工業</u>：兵庫県にある部品会社の生産設備被害や交通網の混乱により部品納入遅延が発生し、<u>水島自動車製作所</u>〔岡山県倉敷市〕で1日夜間操業を停止。（4,300台減産） ・<u>トヨタ自動車</u>：部品供給企業の生産ストップ、部品輸送の支障等のため、関連企業も含めた全国12社28の全工場で1日半の操業停止。（20,000台減産） ・<u>マツダ</u>：部品供給企業の生産ストップ、部品輸送の支障等のため、本社工場〔広島市〕、<u>防府工場</u>〔山口県防府市〕で1日間操業停止。（5,000台減産） ・<u>本田技研工業</u>：部品供給企業の生産ストップ、部品輸送の支障等のため、<u>熊本製作所</u>〔熊本県大津町〕で2日間二輪車の生産停止。（被害総額20億円） ・<u>いすゞ</u>：部品納入業者被災。（1,200台減産） ・<u>富士重工業</u>：部品供給停止。（1,500台減産） 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部部品メーカーの納入ストップにより工場操業ストップ。 ・業販店が被災したため、販売体制の再構築が課題。 ・部品ストックのないカンバン方式の是非が話題となった。

（出所：各種新聞報道および表4.1-1の資料による）

表4.2-2 各産業における被害の概要（その2）

産 業	被 害 状 況		問題点・課題等
	設備（被害額）	生産・販売（被害額）	
造船・重機	<ul style="list-style-type: none"> 川崎重工業：神戸工場〔神戸市〕と兵庫工場〔神戸市〕では岸壁の一部が陥没し、神戸工場では床面が隆起しクレーンが傾いた。兵庫工場では壁の一部も崩壊した。（神戸工場の被害80億円） 三菱重工業：神戸造船所〔神戸市〕で岸壁が陥没、一部のクレーンが倒壊、設計事務所の天井が一部落下し、構内道路に数ヶ所の陥没。高砂製作所〔高砂市〕、京都精機製作所で一部クレーン走行不能。（被害総額は数百億円） 	<ul style="list-style-type: none"> 川崎重工業：兵庫県内の7工場が全て操業停止。一般商船の建造を坂出工場〔香川県坂出市〕に移管。（復旧費用や生産停止に伴う不稼働損、救護諸費用も含めて被害総額は120億円） 三菱重工業：3月末より一部生産再開。 	<ul style="list-style-type: none"> 工業用水の供給停止。
電 機	<ul style="list-style-type: none"> 住友電気工業：伊丹製作所〔伊丹市〕で工場損傷、設備が一部倒壊、操業停止。（被害総額は95億円） 三菱電機：神戸、尼崎、伊丹の5工場、2研究所で損傷、操業停止。（設備復旧、在庫損傷、その他を含め被害総額約200億円） 古河電気工業：工場損傷、操業停止。 住友シチックス：尼崎工場〔尼崎市〕で工業用水の停止のため操業停止。（被害総額7.5億円） ○ホシデン：神戸工場〔神戸市〕で工場損傷、生産設備が数センチずれたため操業停止。徹底した耐震対策が有効。（工場修理、在庫損傷等被害総額約15億円） 富士通テン：神戸工場〔神戸市〕で天井が落ち、操業停止。 松下電器産業：神戸工場〔神戸市〕で部分的損壊によりライン停止。（被害総額36億円） 系列販売店：損壊。（松下電器：全壊50店、半壊79店） 	<ul style="list-style-type: none"> 住友電気工業：自動車各社の応援部隊（トヨタ200人、三菱40人、日産30人、マツダ人）の復旧作業により1/23より操業再開（ブレーキの生産）。 三菱電機：尼崎工場は1/19より段階的に操業再開、神戸工場、伊丹工場は1/23より段階的に操業再開。 古河電気工業：大阪事業所〔尼崎市〕は1/24に操業再開。 住友シチックス：尼崎工場で1/21に工業用水が復旧したため操業再開、1/23には震災前のレベルに回復。 ホシデン：神戸工場で1/23より一部復旧、2/25よりフル稼働。 富士通テン：神戸工場で2/3に復旧工事完了、2/10には完全復旧。 松下電器産業：神戸工場で1/23より一部生産開始、1/26よりほぼ通常どおり。 	<ul style="list-style-type: none"> 物流の途絶により部品の調達源の切断。 ガス、工業用水の供給停止。 高精度を要求される生産設備のずれ対策と対応策。 海外取引のかなりの部分を神戸港に依存していた企業の影響大。
化 学	<ul style="list-style-type: none"> 三井東圧化学：大阪工業所〔高石市〕ではプラントの稼働を一時停止し、安全確認後稼働再開。 バンドー化学：神戸工場〔神戸市〕の4階より上が壊滅的な状況。 鐘淵化学：大阪工場〔摂津市〕、高砂工業所〔高砂市〕ともに2時間程度の停電後、復帰。 大都化成：本社工場〔神戸市〕ではプラント自体は大きな被害を受けず、稼働を停止して安全点検後、操業再開。 富士化学工業：〔東大阪市〕水道パイプ、ボイラー配管等の破損。 テシマ化研：〔大阪市〕貯水タンク全壊、水道配管破裂。 渋谷油脂：本社工場〔神戸市〕が半壊。 ミヨシ油脂：神戸工場〔神戸市〕で古い倉庫の倒壊、タンクの破損、傾斜、亀裂など。（被害総額36億円） 日本ペイント：本社工場〔大阪市〕で塗料タンクが30度傾く。 大日本塗料：大阪工場〔大阪市〕で溶剤タンクが倒れ、若干溶剤が流出。 東洋インキ：西神工場〔神戸市〕で地下タンクが地上に現れ、生産設備が傾いたり、壊れたりした。 P&G：明石工場〔明石市〕で液状化により地面が隆起・陥没。（被害総額50億円、工場再開や従業員支援のため5,000万ドルの特別損失計上95/3） バイオフェルミン製薬：神戸本社の1棟が全壊、工場建物・設備損壊で生産停止。 武田薬品：大阪物流センターの荷崩れ。（被害総額0.2億円） 藤沢薬品工業：中央配送センター〔神戸市〕の荷崩れにより機能停止。 	<ul style="list-style-type: none"> 物流ストップなどにより、製品供給、原材料調達困難。 鐘淵化学：配管のガス漏れ等の安全確認を実施後、工場を立ち上げ。完全操業までに2～3日。 P&G：2/8から一部操業再開、2/20から全面操業。 バイオフェルミン製薬：現在地での本社、工場の建て替えを断念。神戸サイエンスパーク内に用地を確保。 藤沢薬品工業：1/18出荷分から茨城県と福岡県の物流センターで肩代わり。 	<ul style="list-style-type: none"> 工業用水の供給停止。

（出所：各種新聞報道および表4.1-1の資料による）

表4.2-3 各産業における被害の概要（その3）

産 業	被 害 状 況		問題点・課題等
	設備（被害額）	生産・販売（被害額）	
石 油	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>出光興産、興亜石油、ゼネラル石油、コスモ石油</u>など：製油所損傷、一時操業停止。 ・<u>流通設備</u>：各元売りスタンドは、水道破裂、防火壁損傷、ガラス割れ、ガス漏れなどの被害発生。 ・<u>エム・シー・ターミナル</u>：神戸事業所〔神戸市〕のLPG貯蔵施設でタンクの元バルブと配管をつなぐフランジが開きガス漏れ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれも4～5日程度で再開しており、影響軽微。 ・2/9時点で、5SSSが休業中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・渋滞によるタンクローリー輸送難航。 ・安定供給と安全性の両立。 ・周辺住民7万人が避難。
プラスチック ゴ ム	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>住友ゴム工業</u>：神戸工場〔神戸市〕では工場建屋が半倒壊。生産設備はほぼ無傷。（被害総額は50億円） ・<u>東洋ゴム</u>：伊丹事業所〔伊丹市〕のダメージは軽微。工業用水が止まっており、操業に支障。 ・<u>三ツ星ベルト</u>：本社工場〔神戸市〕の被害は比較的軽微。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>住友ゴム工業</u>：生産を名古屋工場（二輪用タイヤ）および福島県白河工場（ゴルフボール）に移管し、神戸工場は閉鎖、事業所に縮小。 ・<u>三ツ星ベルト</u>：1週間の操業停止後再開。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工業用水の供給停止。
織 維	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>日東紡</u>：工場屋根の陥没、薬品類流出、機械類の傾き等により、操業停止。 ・<u>ダイワボウ</u>：工場など一部破損。（被害総額1～2億円） ・<u>神戸生絲</u>：本社のあるテナントビルや工場など一部破損。（被害総額0.3億円） ・<u>小泉製麻</u>：本社〔神戸市〕、子会社の建物28棟が全壊、10棟が一部損壊。 ・<u>鐘紡、クラレ</u>など：工場、本社ビルなど一部破損。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>ダイワボウ</u>：神戸工場で1/23から順次操業再開。 	<ul style="list-style-type: none"> ・神戸港麻痺により輸出入停滞。（アクリル繊維の60%が輸出依存、内52%が神戸港） ・北陸（織物産地）への原糸配送支障。 ・原料、物流コスト増加懸念。
アパレル	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>ワールド</u>：自社ビル3棟が被災、2棟を解体。ホストコンピュータの冷却水が不足し全面停止。（被害総額5.8億円） ・<u>三起商行、キムラタン</u>などにおいて被害。 	<ul style="list-style-type: none"> ・被害地に近い営業所や物流センターが閉鎖。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータ用冷却水の供給停止。
紙・バルブ	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>セツツ</u>：<u>尼崎工場</u>〔尼崎市〕で煙突の一部が損壊。 ・<u>新王子製紙</u>：<u>神崎工場</u>〔尼崎市〕で荷崩れや水漏れにより操業停止。倉庫損傷、製品、原材料被害。（合算で10～20億円程度） 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>セツツ</u>：1/23から工業用水が確保できたため、運転再開。 ・<u>新王子製紙</u>：<u>神崎工場</u>等10事業所で停電により、一次操業停止。 	<ul style="list-style-type: none"> ・神戸港麻痺、国内市場（特に関西）需要増などにより板紙輸出延期。 ・物流・原料コスト増。
ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>旭硝子</u>：<u>関西工場</u>〔尼崎市〕で一時生産停止。 ・神戸、西宮、尼崎のカッティングセンターの板ガラスは全損に近い状況であるが、カッティング機能に支障はなし。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>旭硝子</u>：工業用水の復旧に伴い、1/24寄り操業再開。 	
セメント・ 生コン	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント工場（<u>住友大阪セメント、日本セメント</u>）については出荷に支障をきたす被害なし。 ・神戸近郊における<u>生コン協同組合加盟会社</u>38工場のうち13工場で一時操業停止。 		

（出所：各種新聞報道および表4.1-1の資料による）

表4.2-4 各産業における被害の概要（その4）

産 業	被 害 状 況		問題点・課題等
	設備（被害額）	生産・販売（被害額）	
食 品	<ul style="list-style-type: none"> ・日清製粉：神戸工場破損、製造ライン損壊により操業停止。（被害総額20億円、特別損失に計上） ・日本製粉：神戸工場で全面閉鎖、甲南工場で操業停止。（被害総額25億円） ・吉原製油：工場破損、操業停止。（被害総額20億円） ・雪印乳業：神戸工場で機械設備の破損により操業停止。（被害総額10億円） ・キリンビール：尼崎工場破損、操業停止。（被害総額10億円） ・アサヒビール：工場破損、操業停止。（被害総額8億円） ・ホーネン：工場破損、操業停止。（被害総額3億円） ・モロゾフ：本社本館と御影工場が倒壊、操業停止。ホストコンピュータが10日間停止。（被害総額約17億円） ・UCC上島珈琲：本社のコンピュータがダウン。 ・ネスレ日本：工場破損、操業停止。本社ビルが陥没、コンピュータが破損。（被害総額20億円） ○伊藤ハム：地震を見越して工場〔西宮市〕の基礎を固めていたため生産施設の被害軽微。生産ラインのズレを補修後即座に救援用ウィナーを増産。六甲アイランドの新工場は構造物と杭の間で免震構造としており、無傷。 ・沢の鶴〔神戸市〕：酒蔵、倉庫、資料館など10棟が倒壊。精米工場が半壊。 ・白鶴酒造〔神戸市〕：木造蔵と資料館が半壊。 ・菊正宗酒造〔神戸市〕：記念館と樽が全壊し、タンクに亀裂。 ・大黒正宗〔神戸市〕：木造瓶詰め工場と倉庫が全壊。 ・剣菱酒造〔神戸市〕：事務所棟半壊、酒蔵が全壊。 ・大関酒造〔西宮市〕：酒蔵と事務所各1棟が倒壊。 ・日清製油、昭和産業、酒造（宝、白鹿、金鷹、松竹）、六甲バター、不二家、台糖など：工場破損、操業停止。 	<ul style="list-style-type: none"> ・左記メーカーの他、東洋水産、森永乳業、森永製菓、敷島製パン、伊藤ハム、ハウス食品、キュービーなどが原料、用水、ガス等のストップにより位置業停止。 ・日本製粉：神戸工場は建物の損傷が激しく、閉鎖。 ・キリンビール：製品在庫の約半数が倒壊。1/30より仕込み再開、2/10より通常レベルの生産。 ・アサヒビール：西宮工場で18万ケース（大びん360万本分）が損壊。2/9より通常の30%水準で操業再開。 ・モロゾフ：唯一のキャンデー工場が全壊で復旧の目処が立たず、4月より他のメーカーに生産委託。 ・世界長酒造〔神戸市〕：生産継続を断念（被害総額約20億円）。ブランドを沢の鶴に譲渡。 ・辰馬本家酒造〔西宮市〕：2/16に出荷ラインが稼働。 ・西宮酒造〔西宮市〕：1月末に一部の瓶詰めラインが復帰、2月中旬にはフル稼働。 	<ul style="list-style-type: none"> ・神戸港で肉や乳製品の陸揚げ困難により、国内に品薄感が出、値上り懸念。 ・海外輸入製品急増（ガットウルグアイラウンド影響）に対処して、食品メーカーは沿岸部の工場に生産を集約していたことが被害拡大に繋がっている。 ・江戸末期から明治にかけて建てられた酒蔵で伝統的な酒造りにこだわってきた中小酒造会社の打撃が大きい。
倉庫	<ul style="list-style-type: none"> ・住友、山種、ケイヒン、京神、杉村など：保管倉庫の一部損傷。 	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾施設の崩壊による荷役業務の停止。 	
海運	<ul style="list-style-type: none"> ・日本郵船、川崎汽船、ナビックスライン、明治海運、商船三井、太平洋海運、淡路フェリーボート、関西汽船など：クレーンや埠頭の崩壊、コンテナ流失。（全社合算約30億円程度） 	<ul style="list-style-type: none"> ・代替港への転送及び陸送運賃負担、港湾施設崩壊による運休。 ・商船三井：（今期減収14億円） 	<ul style="list-style-type: none"> ・メーンポートを神戸から韓国などへ移す動きがあり、神戸港離れが進む懸念あり。
陸運	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤマト運輸、日本通運、日新、山久、西濃運輸、福山通運、エスラインギフ、フットワークインターナショナル、岡山県貨物運送など：物流センター、支店、ターミナルなどが損傷。 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路寸断に伴う配達遅延、荷受け中止。 	<ul style="list-style-type: none"> ・陸運は道路が寸断されればその機能を失ってしまう。
港湾運送	<ul style="list-style-type: none"> ・大運、兵機海運、トレーディア、澁澤倉庫、上組、三井倉庫など：倉庫や荷役施設が損傷。（兵機海運：今期特別損失7千万円） 	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾施設崩壊により荷役作業不能。（上組：今期減収40億円） 	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾運送は各港湾限定免許であり、自港湾が使用不能になると営業不可。

（出所：各種新聞報道および表4.1-1の資料による）

4.3 物流施設の被害状況

(1) クレーン

クレーンには、港湾で荷揚げ荷下ろしを行うジブクレーンや、建設現場でのクライミングクレーン、工場内に設置されている天井クレーン等各種あるが、各地で大きな被害が生じた。ポートアイランドにおける橋型アンローダの被害では、液状化及び側方流動により岸壁のケーソンが移動し、この例ではレール側が約1.5m相対的に開いたため、アンローダの車輪が脱線した。このほかに、橋脚部のブレースなどに塑性変形を受けたものもあった。加古川市の重工プラントでは、側方流動が10数mも生じ、岸壁そのものが陥没したため、作業中のアンローダが大変形により倒壊し、2名の操作員がクレーンと船の間に挟まれ死亡する事故が起こった。

中でも多くの損傷がみられたのは、塔形ジブクレーンの被害例である。造船所に設置されたこの例では、上部の旋回フレームが倒壊した。これは、構造物がトップヘヴィであるため大振幅の共振振動により破壊したと考えられる。倒壊までに至らなくてもジブ自体の折損したもの、センターポストや斜材に亀裂や座屈が発生したものもあった。

天井クレーンの被害は、各事業所の工場内に設置されているためその被害状況の詳細については明らかにされていないところも多いが、総じてクレーン単独としての損傷は少なかったようである。しかし、設置されている建屋が地震により損傷、変形したためにクレーンガードが落下した例があった。また、ランウィイガードの変形損傷もみられ海側に近い工場のクレーンほど顕著であった。

最後に、建設中の現場に設置されているクライミング式の多段ジブクレーンについても、マストの損壊落下、ジブの変形などがみられた。大阪地区の約57mの建屋の屋上から落下したクレーンのマスト柱の破損被害では、増幅された地震入力により非常に大きな荷重が作用したことが推察される。
(ボイラ研究'95-8)

(2) 倉庫

表4.3-1に営業倉庫の被災状況について運輸省がとりまとめたものを示す。自動倉庫などは、フォークを差し込むため図4.3-1のように棚の下部が開いている形のものが多いが、今回はこの形の倉庫では伊丹・長浜など震度5以下の地域でもズレて落下した事実がある。また、この場合は同じ倉庫でも方向が違っていたり向きが異なる倉庫ではズレがなかったなどの相違がみられることから、今回のような活断層による地震では場所ごとにかなりの揺れの差があると思われる。今後の詳細な調査が持たれるところである。しかし、自動倉庫だから人は立ち入らないとは限らないので図4.3-1のaの間隔を短くするなどの対策が必要である。

表4.3-1 阪神・淡路大震災における被災事業者数及び被害額

運輸政策局 貨物流通施設課

		事業者数 (者)	倉庫数 (棟、基、区)	被害額 (百万円)	
建 物 ・ 補 修 等 設 備	全 半 壊	普通倉庫	33	817	49,545
		冷蔵倉庫	14	19	6,545
	計	普通冷蔵重複 〔 47 〕 〔 2 〕 45	836	56,090	
	補 修 等	普通倉庫	206	763	9,731
		冷蔵倉庫	64	117	1,353
	計	普通冷蔵重複 〔 270 〕 〔 12 〕 258	880	11,084	
設 備	計	普通倉庫 全半・補重複 〔 239 〕 〔 22 〕 217	1,580	59,276	
		冷蔵倉庫 全半・補重複 〔 78 〕 〔 4 〕 74	136	7,898	
合 計		普通冷蔵重複 〔 291 〕 〔 16 〕 275	1,716	67,174	

(注1) 被災地区に所在する事業者324社（普通倉庫事業者＝248社、冷蔵倉庫事業者＝97社、重複＝21社）からの倉庫業法に基づく「臨時報告」を集計したものである。

(注2) 被害額は、営業倉庫の建替え費用、補修費及び設備機器の額である。この他に、保管貨物被害額は、35,790百万円である。

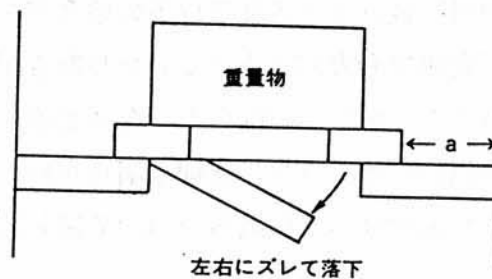


図4.3-1 自動倉庫の重量物落下

倉庫に関する地震対策としては以下のようなことが考えられる。

- ①ラック棚はアンカーボルトと天井または壁との連結を施し、重い物は下、軽い物は上を徹底する。さらに、上部の物は緊縛が必要である。
 - ・上記対策を施した棚は転倒したものはない。一台のみで独立固定していたラック棚は座屈、または、転倒したものが数台ある。
 - ・ラック棚のパレット上の部品、製品類は緊縛しておく。緊縛してあった保管品は落下を免れた。
- ②棚などの転倒防止は底部と上部の両方を固定すること。
 - ・転倒防止金具の設置効果は大きい。(柱、壁、床への固定が必要)
 - ・以下の不適格固定はほとんど転倒(移動)した。
 - ・二段、三段積みの相互連結がなされていないもの。
 - ・上部のみ固定し、底部が固定されていないもの。
 - ・薄い鉄板にネジ止めしたもの-鉄板自身の強度不足により取り付け部穴が拡大し、はずれて転倒。
 - ・横同士の棚を相互連結し、床面へ下部のみ固定したもの。
- ③キャビネット(特に工具、測定器具類収納のもの)は引き出しが飛び出さないようにしておく。
 - ・鍵がかかっていない物は引き出しが飛び出し、片側に荷重がかかったため転倒した。
- ④事務所の書類庫、キャビネット類も同様の対策が必要である。
 - ・観音開きの什器類は転倒が多い。
- ⑤メイン通路に面した棚は収納物の落下防止対策が必要。
 - ・扉のない棚や落下防止のない棚は中の物が落下し、避難通路を塞ぐ恐れあり。
 - ・小物部品などはバラ置きせず容器に入れる。
- ⑥薬品類の保管は棚内部での転倒防止・落下防止対策が必要である。
 - ・薬品瓶はボトルストッカー(専用保管棚)への収納が安全。ただし、棚は転倒対策のこと。
 - ・破損した場合に混ざり合い有毒ガス発生のある物は保管方法に注意。
- ⑦通路や道路に面したガラス窓は網入りまたはフィルムを貼るなど、ガラスの落下防止措置が望ましい。
- ⑧建屋の内張りに用いられる石膏ボードは地震に弱い。
 - ・天井、側壁、間仕切りなどに使用した相当数が落下した。

(工場管理 '95-6)

ラック棚も含めて問題となったのは部品類の置き方である。箱に入れて単に置いていたものは多くが落下しているようである。引き出しに入れてあり落下をまぬがれたものもあるが、鍵がかかっておらず逆に引き出しが飛び出し、その荷重でキャビネットが転倒したという話もある。

ラック棚のパレット上に緊縛していた部品類、製品類が落下しなかったという例もあることから、使用の頻度等を勘案しながら、置き方を工夫することが必要である。ただし、重い物は下に、軽い物は上という整頓の基本は棚類の転倒防止にも有効なので忘れてはならない。製品類の転倒・落下による破損は各企業で起きている。倉庫、現場も含めて物の積み方について見直しは急務としていた。また、薬品等の危険有害物の管理については、特に問題が生じていなかったが、専用の保管棚による管理がうまくいったようである。

(安全 '95-4)

(3) まとめ

ここでは物流施設として、クレーンと倉庫に限定して述べるが、物流システムとしてみると各種搬送機械や鉄道設備なども物流施設に関連すると考えられる。しかし、これらについては全体的損害把握が困難であり、専門別の報告もでていたので省くことにし、一、二の考察を述べることにとどめる。

1) まず、クレーンについて補足すると、広く被害が報道された神戸港など港湾施設にあるコンテナクレーンは甚大な被害を受け、神戸港の市と埠頭公社が所有する55台のコンテナクレーンはその全てが何らかの被害を受けた。わが国の外貨コンテナの約30%を扱ってきた神戸港の物流任務に計り知れない損害をあたえた。

これらのクレーンは、建設現場や工場内のクレーンと異なり、運輸省港湾局の管轄下であり、(社)港湾荷役機械化協会が被害調査をもとに検討を行っている。一方、その他のクレーンについては、労働省管轄の(社)日本クレーン協会内の「クレーン耐震性検討委員会」が今後の対策などについて検討を進めている。写真4.3-1と写真4.3.2はコンテナの損傷例である。

2) 鉄道を物流施設と位置づけた場合、施設機器としての変電所内の変圧器類、架線関連設備、通信設備は重要である。今回の地震により被害を受けたものを調べるとつぎのような事例があった(「鉄道と電気技術」vol.6, No.8など)。

- ① 変圧器ブッシング破損による油漏れ
- ② ラジエータなどの配管の変形
- ③ 交流遮断機の損傷
- ④ 電力会社からの受電停止
- ⑤ 高架部での継電連動装置、ATS、CTSの損傷

- ⑥ 信号機の転倒
- ⑦ ケーブルラック、通信ケーブルの落下、破断
- ⑧ 架線吊り下げ用バランサ、可能ブラケットなど
- ⑨ けん垂がいしの破損

写真4.3-4と写真4.4-4に被害例を示す。



写真4.3-1 神戸港人工島岸壁のコンテナクレーンの損傷



写真4.3-2 液状化・側方流動によるコンテナクレーン
走行装置の損傷

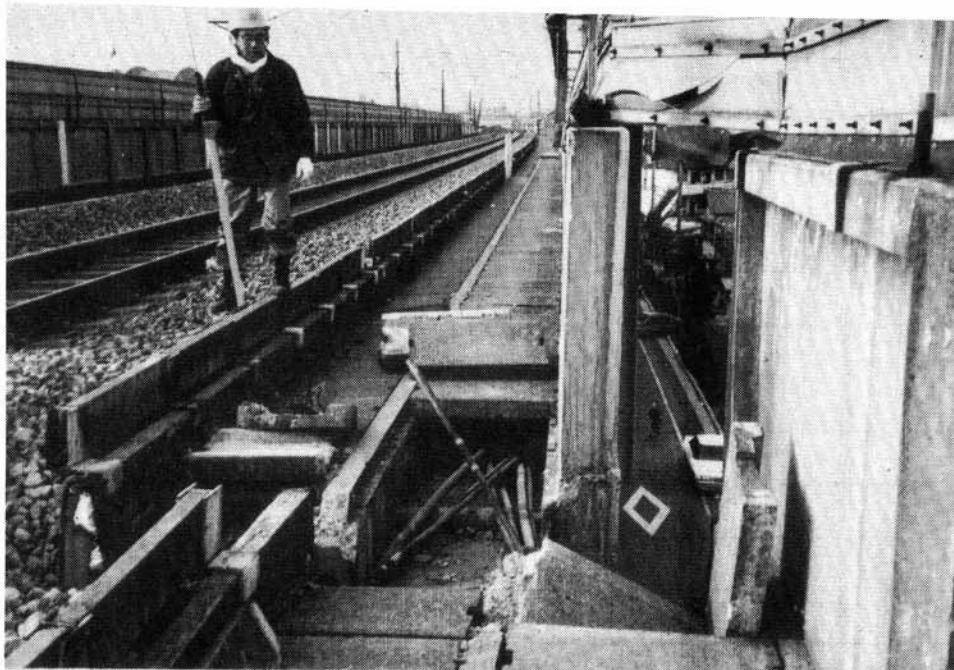


写真4.3-3 JR新幹線の側溝破壊による通信ケーブルの破損

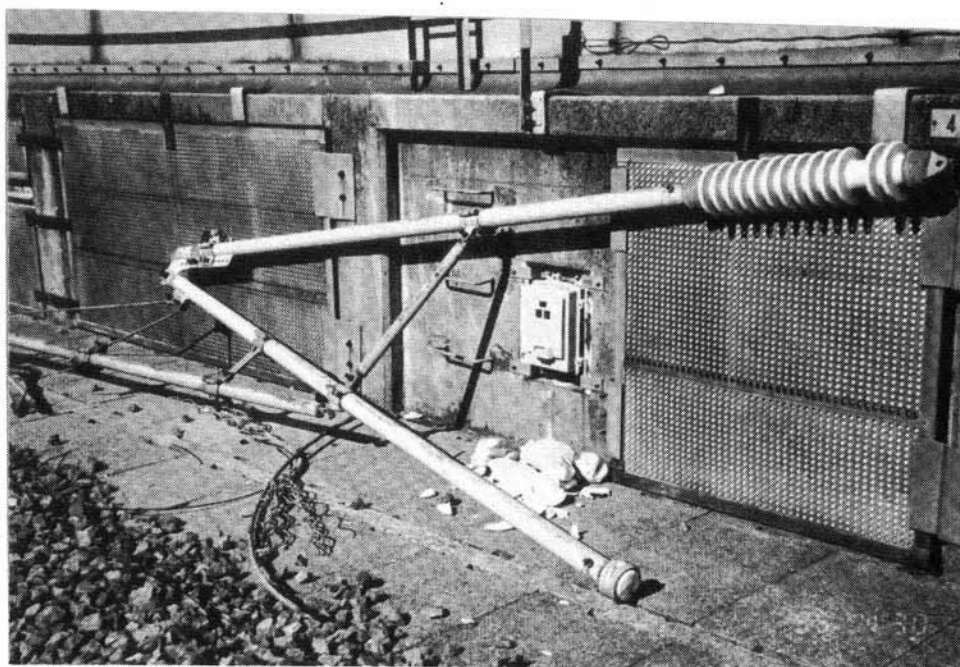


写真4.3-4 JR新幹線用架線の可動式ブラケットの破断落下

表4.3-2 物流施設の被害状況

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献 No.	
物流施設	クレーン	橋型アンローガの車輪	脱線	液状化及び側方流動によりケーツが移動したため		3	
		橋型アンローガ 橋脚部のブレース	塑性変形			3	
		操業中のアンローガ	大変形し、倒壊	10数mもの側方流動が生じたため		3	
		塔形ジブクレーン上部の旋回フレーム	倒壊	構造物がトップヘヴィであるため大振幅の共振振動が起きたため		3	
		天井クレーン	○総じて被害が少なかった			3	
		クレーンマスト柱	約57mの建屋の屋上から落下	増幅された地震入力により非常に大きな荷重が作用した		3	
		原料荷上げ用大型クレーン	倒壊			1	
	倉庫	金型自動ラック（金型約1500面）	倒壊				1
		ビル式立体自動倉庫	修復不能	地盤のズレや陥没			1
			ラック上部の背面ブレース数本の伸びと、上部水平ブレースの折損				23
		ユニット式立体自動倉庫	倒壊	柱材の座屈や不十分な床部分の設計に起因する基礎コンクリートの持ち上がり、基礎アンカの抜けやベースプレートの変形による			1
			棚連端末の棚柱下部の一部に曲がり変形				23
			傾斜	最下段の背面ブレースが折損			23
200ドラム缶を3本積載したパレットを格納した高さ20mの自動倉庫	○ドラム缶の落下が1本もなかった				1		

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

4.4 生産設備の被害状況

(1) 総論

機械工場などにおける生産加工機械の被害について調べると、規模の大小にかかわらず工作機械自体が損壊、破損した例は非常に少ない。大規模工場においては、付加価値の高い数値制御型のフライス盤等は一般に堅固な支持床面に固定支持されており転倒はもとより床面に対する相対変位も拘束されているものが多い。支持ボルトなどの止め具も十分な強度をもっており、引きちぎられたケースは非常に少なかった。しかし、海岸に設置された多くの生産工場は液状化により工場建屋が傾斜したり、部分沈下したところがあり、その結果、工作機械類の精度が大幅に低下してしまい、床面を補修し精度修復をするまで実際には使用不可能になった工作機械も多かった。

一方、小規模工場、例えば神戸市長田地区のケミカルシューズ製造などに関連する工場は企業センターなどのように同一ビル内に同居している場合が多く、必ずしも堅固な支持床を有していない。ビルそのものが倒壊・破損した例を除くと、狭い設置床面に多数の比較的小型の機械を固定せずに設置していた。したがって、床面との取り合いで横滑りをしたり芯合わせのために挿入していた支持具が離脱してしまう被害はあったものの、逆に支持床との滑り、あるいは多数個の機械の移動干渉により多少の衝突はあっても工作機械の加工機能に影響を与える損傷レベルには達しなかったものも多かった。しかし、その中でも高重心のボール盤などの中には転倒し軸が変形してしまい、そのままでは再使用が不可能なものもあった。(ボイラ研究 '95-8)

今回の機械設備の被害状況はまだ情報不足で十分なことは言えないが、クレーンなどの他に屋上のクーリングタワーや高圧変電所内の変圧器など比較的頭デッカチ(重心が上にある。)の形をした機械設備が倒壊しているようである。宮城県沖地震の際にも、仙台の某ゴム工場でゴム練りロール機がアンカーボルトが切断し、1 m以上もズレたと聞いている。もっとも床面や据え付け状態などが不明なので断定的なことは言えないが、当然ながら不安定な据え付け状態の機械設備は問題のようである。

特に問題なのは変圧器関係である。発電所内は狭いのでいったん変圧器などが倒れれば容易には元に戻せない。その結果、自家発電どころか送電が開始されても受電ができず操業停止が続いたということであった。今回を契機に発電所内の再点検が必要である。

機械設備などは十分な基礎工事と丈夫なアンカーボルトで固定する必要がある。レベリングブロックで受けるだけでは不十分である。

・十分な基礎工事をした大型工作機械、板金機械はほとんど異状がなかったが、汎用工作機械のうちレベリングブロックに乗せただけのものはすべてブロック上から崩れ落ちた。

・制御盤組み立て時に使用する転倒防止脚（オパ・リング）は効果が大きかった。

（工場管理 '95-6）

建屋の壁面やガラスの破損、床面の割れ、冷暖房設備の破損、煙突の破損、設備機械・コンベアなどのズレは多い。床面に固定された設備でも地震の陥没・隆起・ひび割れなどでズレたり傾いたものもあるなど、被害状況はさまざまである。中には台に置かれた6トンもの大理石が落ちた例まであった。

建屋の天井・側壁・間仕切り等に使用した石膏ボードが落ちていたのでこのような落下の防止、ガラスの落下の防止も必要だろう。また機械設備のズレについては床面の基礎工事を十分にし、丈夫なアンカーボルトでしっかり固定する事も有効だろう。レベリングブロックにのせただけの機械はブロックから落ちたという。固定ができないものについては、ズレないしっかりした止め板等が必要となる。

（安全 '95-4）

(2) ユーティリティ設備

電気、ガス、水道、電話等のライフラインの多くが、液状化による地盤変状によって大きな被害を受けた。この中で、耐震仕様のダクタイル管は数mの地割れ、沈下にも耐えることが証明された。また、復旧との関連も含めて、共同溝の必要性が強く認識された。

（配管と装置 '95-9）

水の関係では配水管や用水タンクが破損したケースが多かった。いずれも漏れた水を生産に必要な所に使うなどしたものの、冷却が不可欠な装置では爆発等の恐れも生じることが予想され、工場用水の確保には課題を残している。

電気関係は、それぞれに自家発電装置である程度のカバーがされたようである。機械設備的には、電気エネルギーによるものは停止状態で問題は起きていないが、加速がつくようなものであると、電気の供給がストップしても不安全な動きが出てくる可能性も考えなくてはならないと考えられる。

ガスについては、ガス漏れによる被害は生じていないが、さまざまなガスの貯蔵所をもつ事業所もあり、貯蔵所で供給遮断できる設備も必要である。また配管類についても工場の堀、堀の支柱、建屋の壁、塀等を利用して設置した場合にはこれらの物と一緒に破損するという危険も指摘された。高圧ガスポンベについては立てたものを鎖で、ポンベの腹部を押さえた転倒防止処置で転倒をまぬがれた例が多くみられた。しかしポンベの上部だけを鎖で押さえたものは、宮城沖地震の時には下に抜け出た例もあり、上・下2箇所を押さえるか、または下部にワク組などでズレを止める処置が必要である。

（安全 '95-4）

(3) 災害リカバリー設備

LPGタンクの漏れ事故のあった貯蔵ヤードの中央制御室の被害では、制御室は建屋の2階にあったが地震時に多くの制御機器パネルが転倒して災害復旧などの緊急時対応が不可能になった（停電にはなったが非常用発電は機能した）。また、漏れが生じたタンクからの接続配管のフランジを架台から吊っているスプリングハンガが架構沈下のため逆に押しつぶされてしまったものでもあった。このため、災害時に機能すべき緊急遮断弁も架構に引っかかった形となり作動しなかった。

一方、今回の地震では多くの免震設備は顕著な効力を発揮した。ボールベアリング支承構造の免震床は、ベアリングが凹型の受け皿上を滑動することによって水平面内の変位を軽減し、主としてコンピューターなどの免震効果を狙っている。大阪市の西本町にある11階造りのビル6階に設置されたCPUのために設けられたこの免震装置により、この床面の変位は十分軽減されCPU機能には何の支障もなかった。この例での、最大変位は約10cm（北西—南東方向）であった。この受け皿の許容変位は23cmであり、十分免震機能が発揮されたといえよう。（ボイラ研究 '95-8）

(4) ボイラー

地震の被害の大きかった三宮地区では、A社、B社、C社等のビルの中に設置されている鑄鉄製ボイラー・炉筒煙管ボイラーの被害状況を調査した。ここではボイラー本体の破損は少ないが元々基礎ボルトで固定していない鑄鉄製ボイラーは最大200mmずれていた。また、同じ場所のターボ冷凍機などは最大500mmずれて大きく破損していた。

東灘区の深江地区では、ここのD社のプロセス用ボイラー、発電用ボイラー及び蒸気タービンの被害状況を調査した。元来埋立地のため基礎をきちんと施工しているので、これらの水管ボイラー、タービン、タービン建屋、煙突、脱硫塔はほとんど被害を受けていない。しかし、地区全体では液状化現象で砂が流出し、最大800mmの不等沈下がみられた。地震発生時点で発電ボイラー・タービン各2基は運手中であったが、これだけの大きな地震動にも停止せず15分～1時間45分後に手動停止したと報告されている。

①地震外力について

ボイラー本体の剛体としての地震時の挙動には、横揺れと同時に縦揺れも作用していると推測される。これはB社地下2階の鑄鉄製ボイラーの挙動として、ボイラーの台盤のみが本体とずれて、だるま落としのように250mm移動していることから説明できる。すなわち、上下動が水平動に対して先行又は同時にボイラーの剛体が若干浮き上がって結果的には台盤のみ移動したように破損していると推測できる。

②埋立地での液状化現象について

埋立地では広範囲にわたって液状化現象が発生しているが、岩盤に至るまでの十分な基礎工事を施せば、対応できることが分かった。D社での液状化現象による被害状況から、十分な基礎工事の重要性が立証された。液状化現象の可能性のある既設プラントでは、その全域について地盤沈下の可能性を点検し、対策を講じる必要がある。

③ボイラー本体の取扱いについて

ボイラー本体は、今までの「地震対策の手引き」に記載のとおり、剛体として取り扱うことは差し支えない。

それだけに、十分な強度をもつ基礎ボルトの設計・施工及び基礎工事が最も重要である。直接基礎ボルトで固定できない機器は耐震ストッパを設け、被害を最小限にとどめなければならない。このような対策のありなしの効果は、C社地下2階ボイラー室及び6階ポンプ室でのボイラー、ターボ冷凍機及び給水ポンプの被害状況から明らかである。

今回の調査で、剛体としての取り扱い、基礎ボルト及び耐震ストッパの設計等の対策は、いずれも「地震対策の手引き」に記載のとおりの方でよいと考えられる。

④ボイラーまわりの配管及び付属機器の重要性について

これだけの大きな地震でも、ボイラー本体そのものは十分な剛性をもち、破壊していない。一部の損傷程度で、大きな被害は免れているが、反対にボイラーまわりの配管及び付属機器の被害が大きい。

ボイラープラント全体での安全・機能確保・早期復旧の観点からは、ボイラー本体よりも、ボイラーまわりの配管及び付属機器の地震対策がより重要であることが今更ながら再確認された。

⑤地震後の復帰措置について

4カ所のボイラーは、その被害状況により、地震後の復旧工事の難易、所要工期はそれぞれ異なるが、結果的に地震対策が十分であったと評価されるC社地下2階の炉筒煙管ボイラー及びD社の水管ボイラーは短期間の点検又は小修理の後、直ちに再点火可能であった。

⑥ボイラー対震安全装置の設置について

この地区では感震器の設置が全く徹底していなかった。D社の水管ボイラーのように、激震時にもボイラー・タービンが停止することなく、無事に運転継続できている事例もあり、また、地震発生が早朝であったために多くのボイラーが稼働していなかったことから、この4カ所では2次被害が発生しなかった。

しかし、運転員の判断をはかるに超えた地震であることを思えば、プラント全体システムとしてボイラー対震安全装置で自動的に停止すべきであろう。

⑦耐震ストッパについて

ターボ冷凍機のような建築設備の耐震基準でも、防振を要する機器に対しては耐震ストッパを設ける事としているが、調査したB社、C社とも徹底していなかった。ボイラー、建築設備とも、既に制定されているこれらの基準及び手引きをどのように周知徹底していくかが重要な課題である。
(ボイラ研究 '95-8)

(5) まとめ

以下に被害写真を参照しながら、生産施設／設備の被害の特徴と教訓についてまとめる。

1) 工場建屋の被害について

大別して二つの破壊形態が見られた。

その第一は、強震動によって建屋が震動破壊したもので、写真4.4-1や写真4.4-2に見られる破壊である。震度7の地域にあった神戸製鋼所の本社ビルや住友ゴムの旧工場建屋はほぼ全壊に近かった。また、写真4.4-3のような中小規模の生産工場も多数崩壊ないし破壊を受けた。特に長田区のケミカルシューズ関連の各種工場は大打撃を受けた。生産工程を格納する工場建屋の耐震性の向上ないし補強の重要性を教えられたものといえる。

その第二は、地盤の液状化による工場建屋の破壊である。脇浜海岸通りにあった神戸製鋼所神戸工場、川崎製鉄阪神製造所、東川崎町の川崎重工業、和田崎町の三菱重工神戸造船所など巨大生産企業の神戸湾沿いの工場プラントは例外なく大打撃を受けた。ほとんどの敷地地盤が液状化による地盤沈下または側方流動を生じたため、建屋構造が大変形を受け、支持構造物の座屈や傾斜を強いられた。特に側方流動は場所によっては数メートル以上にもなった。写真4.4-4はその一例であり、廃棄物処理プラントが支持構造物の変形・傾斜によりその機能を果たせなくなっている。写真4.4-5は尼崎市の火力発電所の基礎面の液状化による変形である。神戸湾沿いに比べれば内陸であり、震度も5～6と低い地域であっても地盤性状により液状化は生じ、建屋の変形さらには設置された機械の損傷を引き起こしている。写真4.4-6は、液状化に直接かわる被害ではないが、建屋または支持構造物の震動・変形が機器・配管に損傷をあたえた例である。

建屋構造物の耐震性は機械構造物を健全に保持するうえでも重要であるが、とりわけ両者の結合部位、支持部位の耐震性が大切である。剛支持するのではなく、機器系を柔軟に支持する技術も望まれる。

2) 機械設備の被害について

すでに述べたように、多くの機械設備は建屋構造物内に設置されているため、建屋の崩壊、床構造や基礎構造の変形によって直接・間接的に影響を受ける。一方、コンテナクレーンやジブクレーンのように直接地盤から地震入力を受ける機械構造物もあり、この場合は共振による構造破壊もみられた。写真4.4-7は荷上げ用のジブクレーンの破壊であった。この例では、クレーン本体と支持構造からなる2自由度の振動系が構成されてしまい、上部構造が落壊してしまった。

各種クレーンの被害調査をもとにその構造破壊・損傷モードをまとめると、大略図4.4-1のようになる。

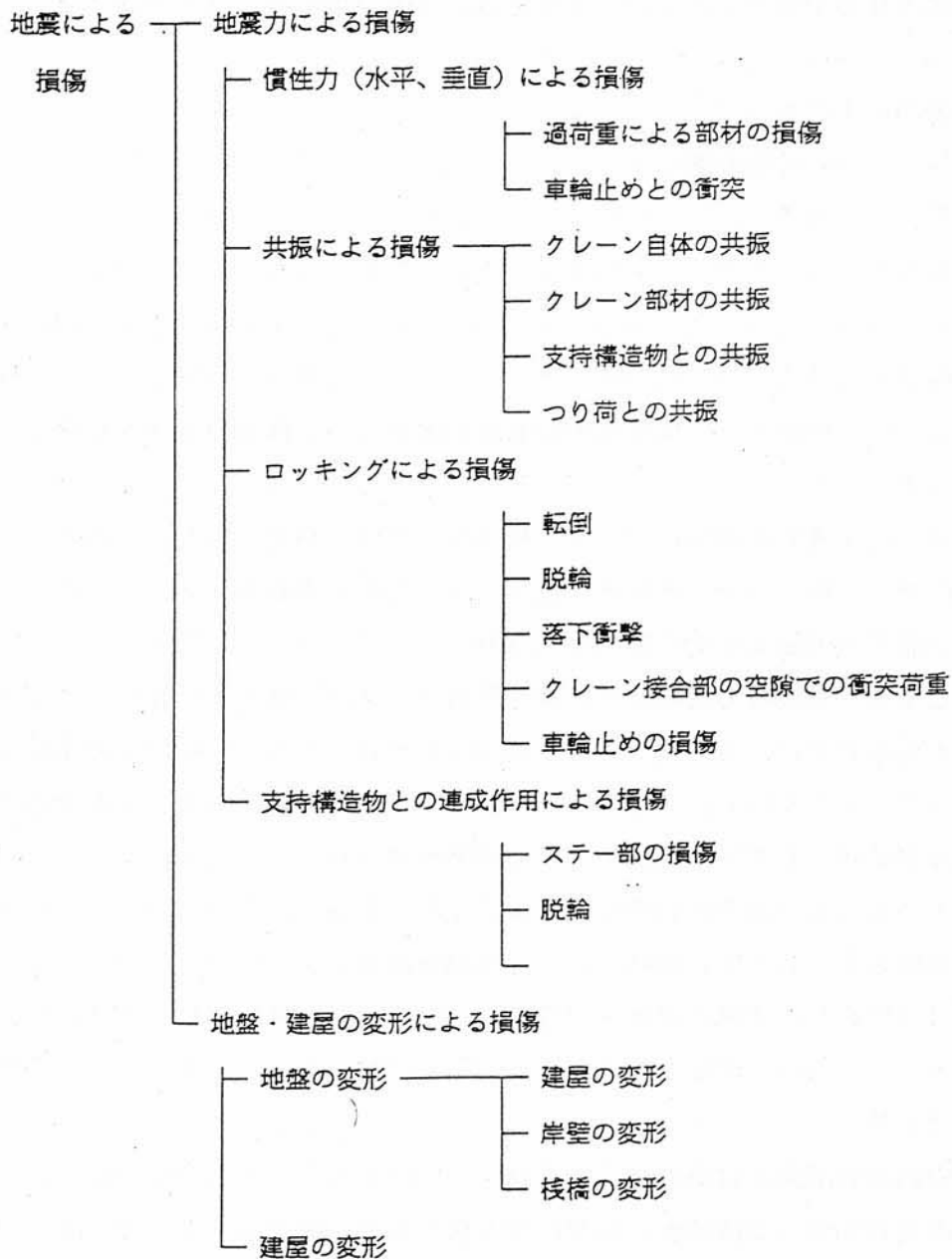


図4.4-1 クレーンの破壊・損傷モード

プラント内の敷地に設置された一般の機械設備は剛構造、剛支持のものが多く、それ自体が地震力により破損した例は非常に少ない。しかし、すでに述べた液状化による基礎面の傾斜や局部沈下により、機械と機械をつなぐフランジなど連結部が数多くは損した。写真4.4-8のポンプもその例で、フランジのボルトが破断している。

工作機械もそれ自体が剛であり、共振による破損はまずありえない。しかし、強い地震力を受け転倒したり、アンカーを引きちぎって移動、滑動したものは多くみられた。中小企業の工作機械は一般的にアンカー締結がなかったり、あっても弱く、集中的にこの現象が現れていた。写真4.4-9は、アンカーを跳び越えて移動した例、写真4.4-10は、高重心のボール盤が転倒した例であり、上部に転倒時の傷がついている。

長田区のケミカルシューズの工場で、靴形製作用のアルミ注入機械があった。熔融した高温のアルミ流体を扱っていたが、この機械の破壊によりアルミ流体が流出し、そのまま固結してしまった。写真4.4-11がその例である。このように高温、高圧あるいは危険物、毒物を扱う機械の耐震性は、その機能性確保を重視して検討されなくてはならない。神戸市にあるチョコレート製造工場でも同様の被害があった。

写真4.4-12は、工場内に設置された橋型のクレーンが、クレーン自体は健全でありながらランウェイガードが建屋の破壊と共に損傷し、クレーンとしての機能を喪失してしまった例である。

機械設備についてはその構造自体の耐震性よりも、機械に与えられた機能や支持構造などとの相互関係を考慮した総合的健全性確保を目的とした地震対策を構築しなくてはならないことを、これらの被害例から学ぶことができる。



写真4.4-1 神戸製鋼本社ビルの破損



写真4.4-2 住友ゴム工場建屋の破壊



写真4.4-3 神戸市長田区の小規模工場の圧壊

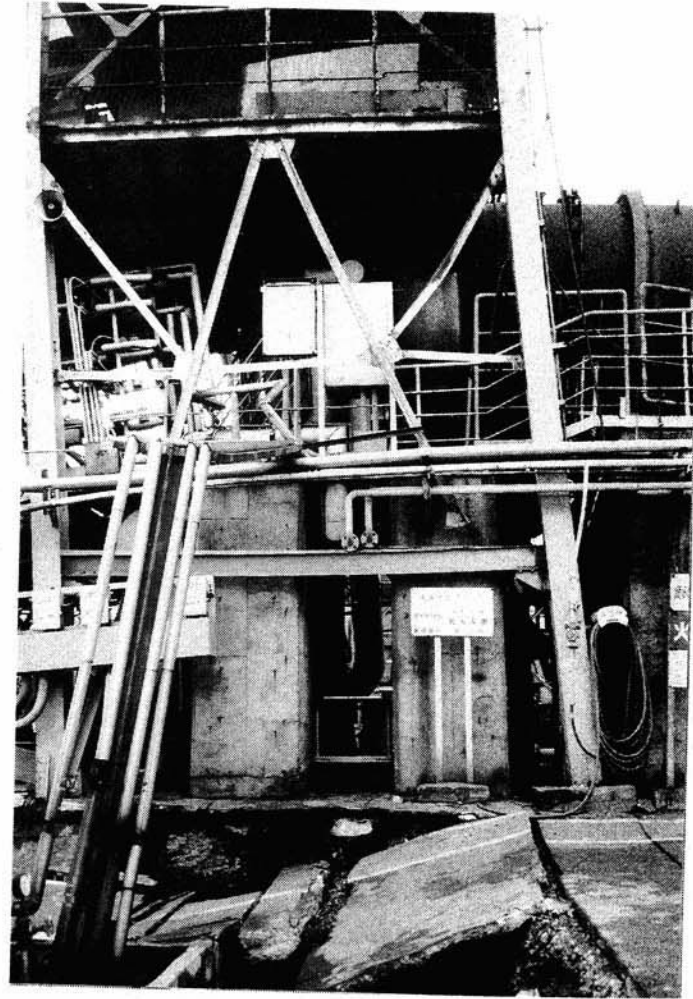


写真4.4-4 大企業工場内の
廃棄物処理装置の損壊

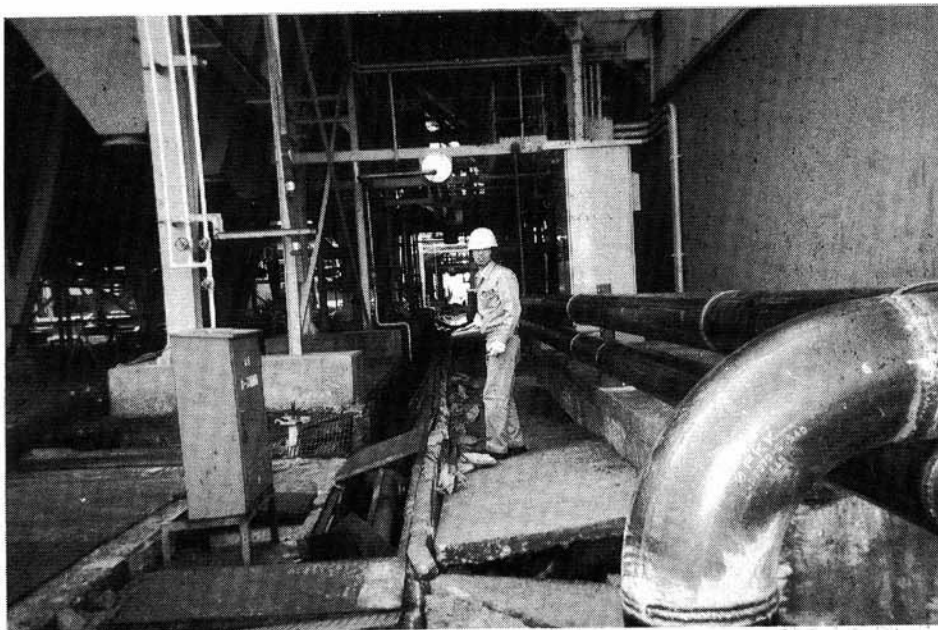


写真4.4-5 火力発電所発電用ボイラ建屋の
液状化による基礎面損傷

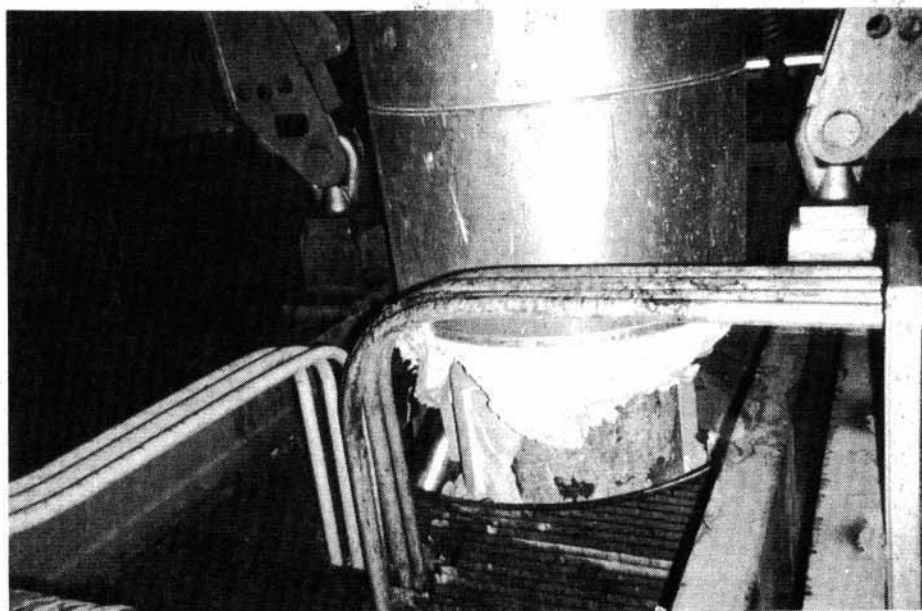


写真4.4-6 火力発電所大口径配管の
ブリーチングとの衝突による破損

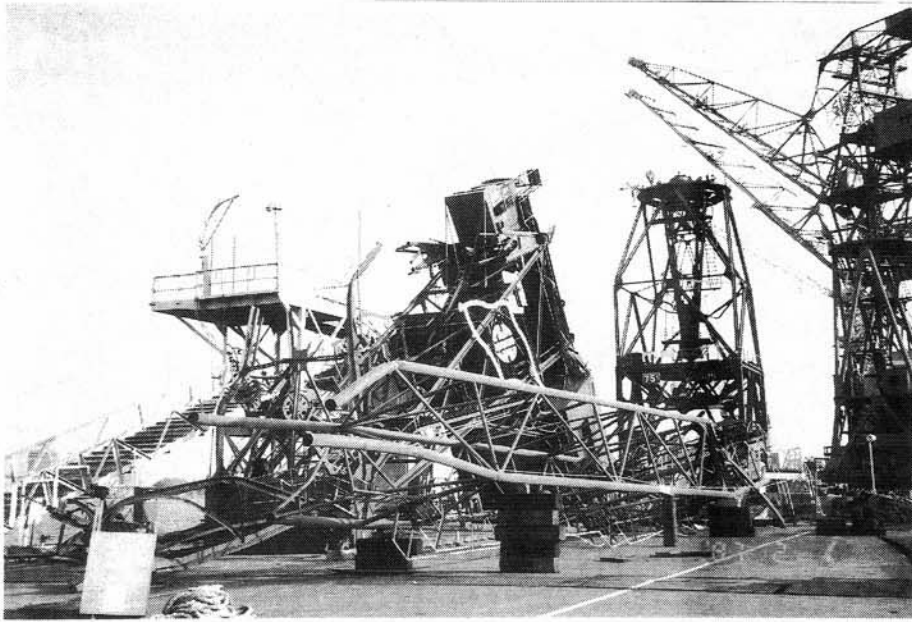


写真4.4-7 荷上げ用ジブクレーンの破壊

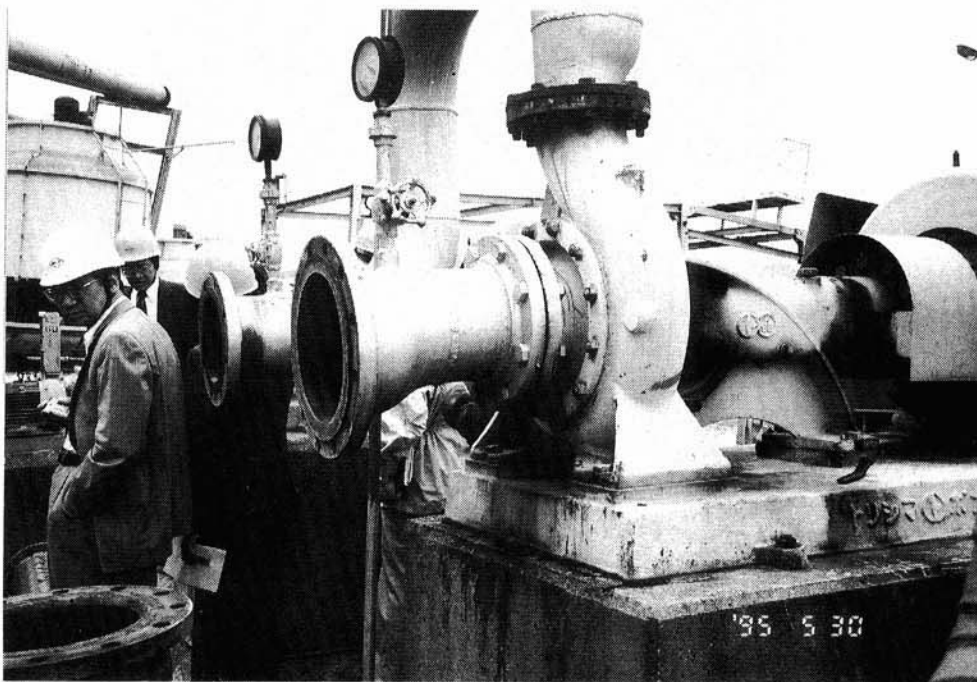


写真4.4-8 横軸形ポンプの破損

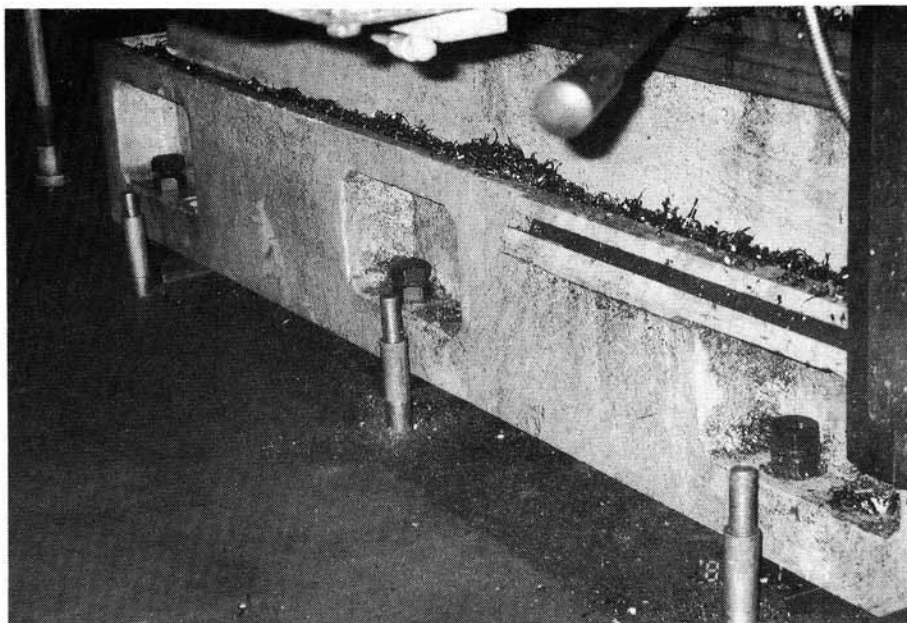


写真4.4-9 アンカボルトを跳び越えて移動した工作機械

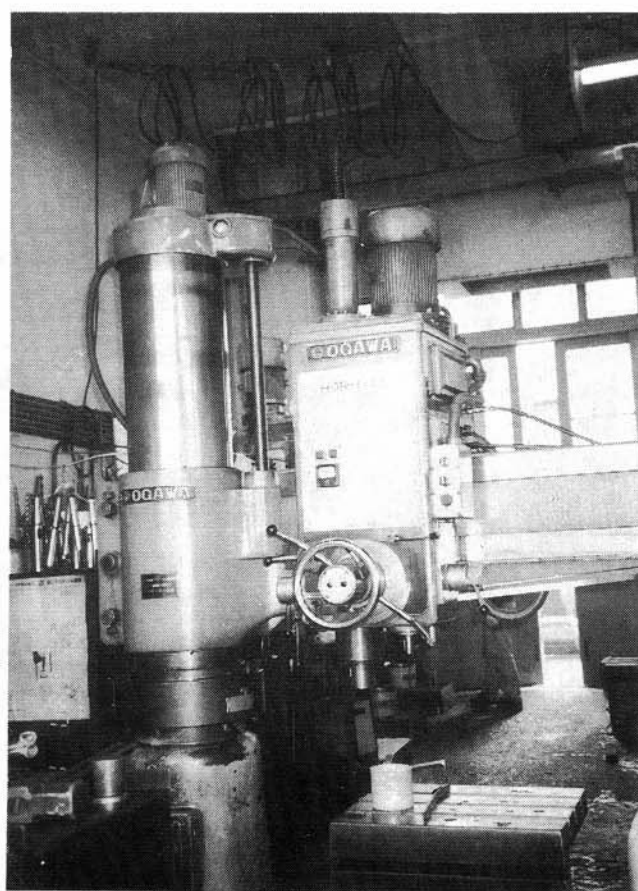


写真4.4-10 転倒したボール盤

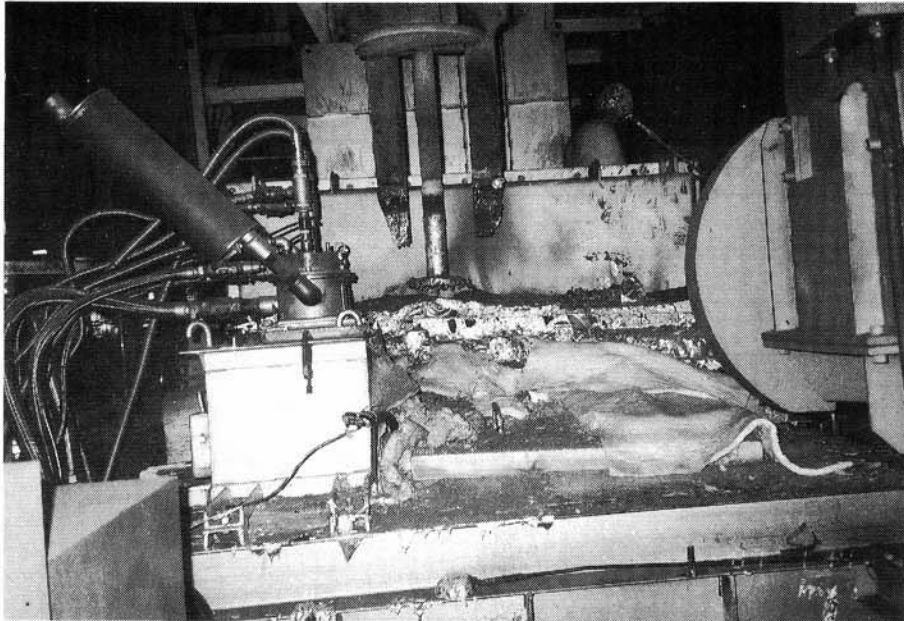


写真4.4-11 靴型製作用アルミ注入口ロボットの破損のアルミ流出固結



写真4.4-12 工場内橋形クレーンのランウェイガードの破損

表4.4-1 生産設備の被害状況

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献No.	
生産設備	工作機械	機械本体	○損壊、破損したケースは非常に少なかった。	堅固な支持床面に固定支持されている。 支持ボルトも十分な強度をもっている。		3	
		ボール盤	転倒、変形した	重心が高かったため。		3	
	ユーティリティ設備	ｽﾌ-ム、圧空配管の継手部など	損傷があり、リークした。				1
		工業用水、上水道配管・分枝PVC管	破損				1
		特高受電設備	瞬時に停止したが異状なし。				1
		トランスの2次側端子	破損				1
		煙突（鉄筋コンクリート製34m）	上部から3分の1で亀裂				1
		排水処理埋設管	寸断				1
	ボイラー	ロータリーバーナー	破損				4
		ボイラー後部ブロー弁	変形				4
		大型重油タンク	傾斜	液状化による地盤沈下			4
		ボイラー本体	移動				4
		ターボ冷凍機	台盤から外れて脱落	鋼板製のﾊﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄにｱﾝｶｰが打たれていなかった			4
		ポンプ	○基礎が床で固定されたポンプは全く被害は見られない 台盤が固定されていないポンプは台盤からポンプが脱落				4
		ボイラーと支持建屋を結合するサスマックタイ	○変形し(応力を分散させたため)、大きな損壊を免れた				4
	災害リカバリー設備	中央制御室内制御機器パネル	転倒（これにより災害復旧などの緊急時対応が不可能になった）				4
		タンク接続配管のフランジを架台から吊っているスプリングハンガ	架構により押しつぶされる（これにより緊急遮断弁が機能せず）	吊っていた架構が沈下したため			4

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

4.5 高圧ガス施設、石油タンクの被害状況

(1) 総論

神戸市内及び近郊の石油コンビナート施設も甚大な被害を受けた。特に、海岸部にある屋外タンクなどは液状化により地盤不等沈下が生じ傾斜するなどした。神戸市消防局の調査によると、容量50kl～10,000klの屋外タンク415基のうち107基が傾斜し、最も傾きが大きいものでは許容基準値（容量10,000kl以上では0.6度、それ以上では1.2度）の約10倍の11度（5,000klタンク）傾斜したものがあつた。

被害例では、傾斜タンクの地盤が1.4mも沈下していたものもあつた。激震地から離れた全国第4の堺泉北臨海コンビナート地区でも約1,000基の石油タンクのうち16基が傾き、傾斜の大きい7基については油漏れの危険があるとして、石油類の抜き取り、点検が行われた。

高圧ガス施設では、神戸市東灘区の事業所にあるLPガス貯蔵タンク（冷凍タンク、容量20,000kl）からのガス漏れ事故が生じた。

同事業所にある同規模の3基のLPGのタンクのうち、漏洩が生じたタンクについては深さ27mのベノト杭によりタンク自体が支持されていたため、液状化による大きな沈下は認められなかったが、タンクに接続している配管系を支えていた架台、緊急遮断弁の重量を支えていた架台などはこのタンク基礎部とは縁切りされ、液状化対策が施されていなかった。この結果、タンクと接続配管に相対的に大きな変位が加わることとなり、両者を結合していたノズルフランジの結合部からガスの漏洩が生じてしまった。

この事故でも明らかのように、タンクあるいは配管自体の耐震強度は確保されていてもその接続部（いわゆる“取り合い”部）に大きな損害がみられたというのが今回の各種構造物地震被害の大きな特徴である。

神戸市東灘区の高圧ガスタービン発電施設の燃料油タンクの被害例は、液状化による地盤とタンクの相対変位により、接続配管と結合フランジ部に大きな相対変位が発生した。

配管系の被害については十分に調査している訳ではないが、プラント配管系に関する限り、配管自体が破断したり折損した事例はほとんどなかったと思われる。一般にプラント施設内の配管は相当大きな可撓性を有していることが実証された。しかし、配管のサポートやフランジにはかなりの被害が生じている。配管系の最適なサポート配置計画及びサポートの強度（強過ぎない方がよい）設計は今後の重要な課題となろう。

（ボイラ研究 '95-8）

(2) 危険物施設

危険物施設の被害の大半は兵庫県に集中している。とくに、神戸市では4,614施設の内、658施設に被害が生じている。

最も顕著な被害は液状化に伴う屋外貯蔵タンクの沈下、傾斜、タンク側板の座屈、接続配管の漏洩、アンカーボルトの破損等である。なお、新法タンクについてはタンク本体の被害はほとんどなかった。

高圧ガス設備の被害では、敷地の大部分が液状化し、これに伴って接続配管とLP貯蔵平底円筒タンクとの間に大きな相対変位が生じ、元弁フランジ部からLPガスが漏洩し、一時、周辺住民に非難勧告が出された。防液堤や機械基礎、配管架台等にも大きな被害がでた。(配管と装置 '95-9)

(3) 石油関連施設

この地震による石油関連施設の被害は、製油所関係では、出光興産・兵庫製油所(姫路市=14万バレル/日)、ゼネラル石油・堺製油所(15.4万バレル/日)、コスモ石油・堺製油所(11万バレル/日)、興亜石油・大阪製油所(高石市=10.4万バレル/日)の4ヵ所に及んだ。

出光・兵庫と興亜・大阪は、地震直後に自動シャットダウンし、操業を全面的に停止した。ゼネ石・堺は水素発生装置と間接脱硫装置が自動的に停まり、コスモ・堺でも軽油脱硫装置のみが点検のため停止した。しかし影響は軽微なため、コスモは17日に入出荷を再開、ゼネ石、出光、興亜も18日から出荷を再開し、順次、全面的に操業を開始した。

油槽所関係では日本石油・神戸、同堺、出光興産・大阪、昭和シェル石油・神戸、三菱石油・神戸の5つの油槽所が被害をうけ、現在(平成7年2月)もなお出荷を停止しているが、周辺の油槽所外からの補給、あるいは各社間の共同配送などにより、製品供給に支障はきたしていない。

地元消防や石油各社の調査では、神戸市や周辺の大阪府にある石油タンクのうち、少なくとも50基以上が沈下したり傾いているといわれ、石油各社は安全のため、タンクの中身の抜き取り作業を実施している。

給油所(SS)関係では、被災地域(神戸、芦屋、西川各市)内450ヵ所のSSのうち、1月21日現在で50%以上、26日現在で80%(360ヵ所)以上が営業可能となり、石油供給が支障なく行われている。

一般に、地震で最も心配されるのは製油所である。可燃性の石油を扱っているから、無理もない話である。

過去の地震から製油所における被害を調べてみると、地盤沈下による機器、配管などの接続部破損による油の流出、タンクからのオーバーフローなどが多く、近くに大気が

あれば火災という最悪の事態が発生することが考えられる。また、火災および設備の破損などにより電気や水などのユーティリティ設備の使用ができなくなり、工場単位では防災・消火活動が難しくなることもある。

そのため、石油会社では地震対策として、地盤の強化、精製装置を安全に消火し操業停止に導く方式の実施、タンク及び工場からの油流出防止措置などを講じていることはいうまでもないが、不慮の地震に対して、緊急時の対策要領を作成し、日頃教育訓練を行うことも重要である。

今回の地震では、神戸海洋気象台で南北818ガル、東西617ガルの揺れが記録された。製油所では、250ガルの揺れがあった場合は、装置は自動的にシャットダウンされることになっており、装置の操業が停止した。精製装置の機器や配管から油が流出したり、タンクから油が漏れなかったことが、何よりの幸いであったといえる。それは、800ガル以上の揺れがあってもビクともしないよう、製油所の地盤が強化されていることによる。

(石油文化 '95-2)

給油所については、建物が倒壊したりキャノピーが落下したり、あるいは防災塀や計量機が倒れたところが続出したが、油漏れにともなう火災炎上などの、いわゆる二次災害は一カ所も起こらなかった。

兵庫県石油商業組合によると、「周辺の家屋が軒並み倒壊した地区でも、ほぼ給油所は無事であった。最も心配された火災も一件もなく、一面焼け野原となった神戸市長田区でも類焼しなかった。」

給油所は強い耐震性・強固性を発揮したが、安全性を支えた理由としてハード、ソフトの両面が指摘されている。

ハード面は、施設全体の耐火性と耐震性にある。石油製品という危険物を取り扱うため、給油所の建設、営業には消防法と建築基準法の厳しい規制が適用されている。

すなわち、給油所は大型の地下タンクを埋設することから、まず、しっかりとした基礎工事を行っている。建物は、耐火構造または不燃材料で建造されるが、軽量化が図られ頑強さと柔軟性を確保しているため、これが激震から多くの給油所を守る結果となった。

敷地は防災塀で囲まれ、給油所からの延焼、周囲からの類焼を防止している。地下タンクは漏洩防止のため多重構造になっており、安全性には万全を期している。構造上、たとえタンク内に火が入っても炎上しないようになっている。鋼鉄製のタンクにはエポキシコーティングを施し、腐食を防止。地下に埋設する際は、地表から60cm以上も埋める。10klを超えるタンクの場合は鉄筋コンクリートでタンク全体を囲み、さらに防災対策を厳重にしている。

こうした措置が給油所の全壊を防ぎ地下タンクの漏洩事故防止にもつながったといえる。
(石油文化 '95-7)

被害の内訳は表4.5-1に示すとおり、被害を受けた府県における危険物施設総数は52,406施設でこのうちの被害施設総数は1,258施設であった。被害を受けた危険物施設数を府県別にみると兵庫県が1,172施設（93.2%）、大阪府82施設（6.5%）、京都府3施設、香川県1施設と兵庫県に被害の大きいことがうかがえる。特に神戸市の被害は658施設（52.3%）で被害全体の半数以上がここに集中している状況であった。

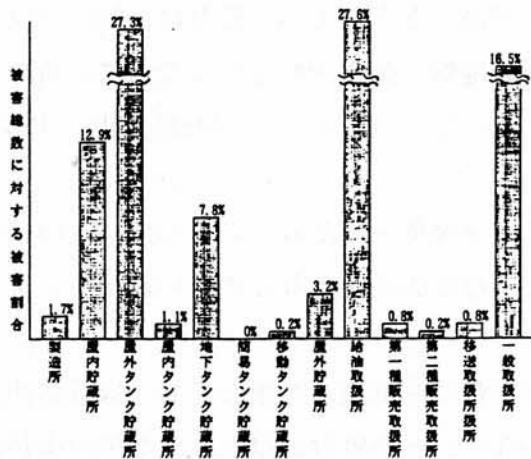


図4.5-1 被害総数に対する各施設の被害割合

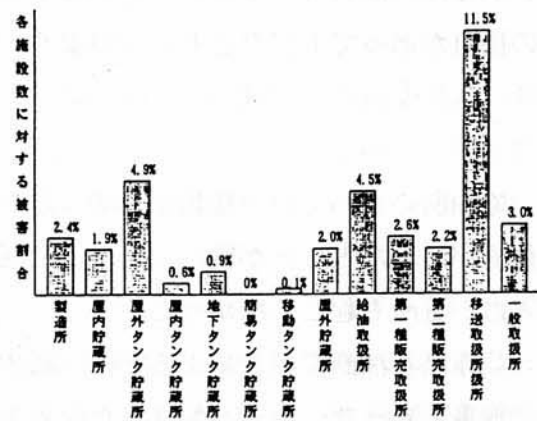


図4.5-2 各施設数に対する被害割合

施設ごとの被害の内訳をみると、表4.5-1及び図4.5-1に示すように給油取扱所が347施設（27.6%）、屋外タンク貯蔵所343施設（27.3%）、一般取扱所207施設（16.5%）、屋内貯蔵所162施設（12.9%）の順となっている。各施設数に対する被害の発生割合は、図4.5-2に示すように移送取扱所では11.5%、屋外タンク貯蔵所では4.9%、給油取扱所では4.6%の順で被害を受けており、移送取扱所は施設数に対し被害の発生割合が高いことがうかがえる。この被害は主に地震で護岸が動いたことによる配管の変形や配管接続部からの漏洩等であった。また、屋外タンク貯蔵所及び給油取扱所は被害総数や施設数のいずれに対しても被害の発生割合が高く、全体的に被害が大きかったことがうかがえ、その被害は屋外タンク貯蔵所では不等沈下にもなうタンクの傾斜やスロッシングによる漏洩等で、給油取扱所では防火塀の亀裂・倒壊等施設の破損が主であった。

被害内容の内訳についてみると、火災が5施設、漏洩事故が150施設、破損等が1,103施設で、火災になった5施設は、いずれも付近で発生した火災により類焼したもので、施設区分別にみると、屋内タンク貯蔵所が1施設、販売取扱所が2施設、一般取扱所が

表4.5-1 阪神・淡路大震災による危険物施設の被害状況調査結果

(被害が発生した府県：京都府、大阪府、兵庫県、香川県)

製造所等の区分	京 都 府				大 阪 府				兵 庫 県				香 川 県				合 計										
	施設数	火	漏	他	計	施設数	火	漏	他	計	施設数	火	漏	他	計	施設数	火	漏	他	計	施設数	火	漏	他	計		
製 造 所	61			1	1	550		1		1	212 (39)		2	17 (10)	19 (10)	41					864			3	18	21	
屋 内 貯 蔵 所	1272		1		1	4579		24		24	2046 (631)		65 (30)	72 (29)	137 (59)	592					8489			90	72	162	
屋外タンク貯蔵所	471					3255		1	11	12	2525 (687)		15 (12)	316 (249)	331 (261)	746					6997			16	327	343	
屋内タンク貯蔵所	181					1437		1		1	524 (285)	1 (1)	1 (1)	11 (7)	13 (9)	106					2248	1		2	11	14	
地下タンク貯蔵所	2172					4860		4	11	15	2571 (848)		10 (6)	73 (29)	83 (35)	1027					10630			14	84	98	
簡易タンク貯蔵所	4					28					13 (3)					58					103						
移動タンク貯蔵所	589					3319					1404 (646)			3 (3)	3 (3)	560					5872				3	3	
屋 外 貯 蔵 所	123					944					765 (219)			40 (31)	40 (31)	143					1975				40	40	
給 油 取 扱 所	1315			1	1	3470				20	20	1776 (586)		5 (3)	321 (136)	326 (139)	1074					7635			5	342	347
第一種販売取扱所	55					234					81 (47)	1 (1)	1 (1)	8 (6)	10 (8)	19					389	1		1	8	10	
第二種販売取扱所	5					93					35 (26)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3 (3)	2					135	1		1	1	3	
移 送 取 扱 所	0					42		1		1	25 (12)		2 (2)	7 (7)	9 (9)	20					87			3	7	10	
一 般 取 扱 所	939					3322		4	4	8	2123 (585)	2 (2)	10 (8)	186 (81)	198 (91)	598			1		6982	2		15	190	207	
合 計 (施 設)	7187		1	2	3	26133		36	46	82	14100 (4614)	5 (5)	112 (64)	1055 (589)	1172 (658)	4986			1		1	52406	5		150	1103	1258
無 許 可 貯 蔵													1 (1)		1 (1)									1		1	
総 計												5 (5)	113 (65)	1055 (589)	1173 (659)								5		151	1103	1259

【備考】

- 1 火：火災、漏：漏えい、他：破損等である。
- 2 施設数とは、平成7年1月17日現在において完成検査済証を交付している危険物施設（廃止届を受理したものを除く。）の数である。
- 3 () は、神戸市の施設数で内数である。
- 4 無許可貯蔵の事故は、危険物を収納したドラム缶の神戸港から海上への流出事故である。

(KHK日より '95-6)

2施設であった。

さらに、漏洩事故は屋内貯蔵所が最も多く90施設において発生しており、続いて屋外タンク貯蔵所の16施設、一般取扱所の15施設の順となっている。屋内貯蔵所の漏洩事故は主に施設内に積み上げられていた容器が落下・破損したことによるもので、一般取扱所においては容器の落下・破損及び配管の損傷によるものであった。

また、今回の被害状況調査結果の中で無許可貯蔵に伴う事故が1件発生しているが、これは神戸港の埠頭に許可を受けずに仮置きされていた危険物収納ドラム缶が地震により海に流出したものであった。(KHKだより '95-6)

(4) LPガス漏洩事故

平成7年1月17日(火)午前5時46分の兵庫県南部地震の発生に伴い、エム・シー・ターミナル(株)神戸事業所所有のLPガス貯蔵設備のLPガス受け入れ・払出し共通の元弁フランジの継手部からLPガスが液状で漏洩した。その後、余震等により漏洩量が増加したことから、1月18日に神戸市災害対策本部長から付近住民に対して避難勧告が発令された。

LPガス漏洩の原因究明等のための検討を行なうこととなり、「兵庫県南部地震に伴うLPガス貯蔵設備ガス漏洩調査委員会(委員長:大島榮次 東京工業大学名誉教授)」が設置され、この度、中間報告が取りまとめられたところである。

以下、その概要を紹介することとする。

事故の状況

①地盤の損傷状況

発災事業所の敷地全域は、強固な基礎を施した場所を除き、地盤の沈下及び側方流動の被害を受けた。沈下量は、護岸から最も離れた北側の事務所付近で最大約70cm、南側護岸付近で最大約150cmであった。また、護岸では、海側への傾斜、張り出しがみられた。

101平底貯槽の基礎は、大きな沈下は認められなかったが、杭で支持されていない貯槽周辺の地盤は、約35～60cm沈下し、貯槽から防液堤に向かって沈下量の増加が確認された。

貯槽外周の地盤に設置されていたガス検知器については、検知器に接続されている吸引配管が高床部に固定されていたため地盤沈下に追従できず、吸引配管と検知器の接続部が変形・離脱した。

貯槽周辺に設置されていた鉄筋コンクリート製の防液堤は、沈下すると共に傾斜し、また、地盤の側方流動により、防液堤の接続部に最大約60cmの開口が生じた。

②発災設備の損傷状況

101平底貯槽の基礎では、基礎の高床部で不同沈下率0.21%で北側へ傾斜していた。

101平底貯槽の外槽には異常な変形は認められなかったが、受払ノズルの伸縮継手取付部及び隣接するドレンノズルの伸縮継手取付部の中間部付近に塗装の剥離がみられた。

受払配管系を支えていた架台等は、液状化現象等により地盤と共に鉛直及び水平方向に変位した。これら鉛直及び水平方向に変位した架台等により、緊急遮断弁が損傷するとともに、受払配管系全体が鉛直及び水平方向に変位した。なお、受払緊急遮断弁を支える架台の移動量は、鉛直方向に約75cm、水平方向（南護岸方向）に約60cmであった。

受払緊急遮断弁は、架台に支持したスプリングによって自重を支えられていた。地盤が約67～84cm沈下したため架台の横梁が同弁の支持部に乗っており、受払短管側のフランジ部で約193mm、フレキシブル配管側のフランジ部で約222mm鉛直方向に変位していた。この結果、過大な荷重が受払配管系に課せられたものと推定される。

地震発生時、受払元弁及び受払緊急遮断弁は閉となっていた。また、計装状況については、受払元弁及び受払緊急遮断弁の遠隔操作が不能となり、液面計及び圧力計についても計器室と現場計器間のケーブル損傷のためこれらの遠隔監視機能が不能となったため、現場において監視が行なわれた。

地震発生により構内は停電となり、DCS（Distributed Control System）は、地震直後に非常電源に切り替わったが、ディーゼル駆動電源が冷却水の温度異常により停止したため、蓄電池により稼働し続け、地震発生の約1時間30分後に機能を停止した。なお、計器室内のガス検知器は、DCSと共に電源供給停止のため地震発生の約1時間30分後に機能が停止した。

③LPガス漏洩のメカニズム

101平底貯槽の基礎はベノト杭による杭基礎であり、102及び103平底貯槽はバイプロフローテーション工法で貯槽周辺を含め施工されている。従って、101平底貯槽の配管系のうち、受払ノズル及び受払元弁は貯槽外槽により支持されていたが、受払短管以降の配管系の架台は貯槽と異なる地盤で支持されていたため、地盤の鉛直及び水平方向の移動に大きく影響を受けたものと推定される。

また、101平底貯槽の受払配管系は防液堤を貫通して敷設されており、防液堤の貫通部までの距離が短いため可撓性が小さく、地盤の移動に伴う防液堤の移動に追従できなかったものと推定される。

これらのことから、101平底貯槽の受払配管系は、架台の地盤が貯槽の地盤と異なっていたことに加え、防液堤で拘束されたため構造上の可撓性が不足していたことにより、

地盤移動の影響を大きく受けたものと推定される。

LPガス漏洩の原因は、受払配管系を支持していた地盤が液状化現象により沈下及び側方流動を起こし、受払緊急遮断弁の架台やサービス・ステージの基礎が支持機能を失いこれらの重量が構造上可撓性が小さい受払配管系に負荷されたため、受払配管系に過大な荷重を与え、受払ノズルと受払短管間を曲げ開く力が働き、同部分が開口したためであると推定される。

(5) まとめ

以上のように、高圧ガス施設においても石油貯槽などの危険物施設においても、貯槽の傾斜や結合部の破損あるいはスロッシングによる内溶液の漏洩はかなりみられたが、新潟地震（1964）や宮城県沖地震（1978）の際のような大規模な火災炎上は全くなかった。報告された火災も、全てが付近で発生した火災が延焼したものであり、いずれも規模は小さかった。

高圧ガス施設では現在改正作業中の高圧ガス取締法と高圧ガス施設等耐震設計基準による安全性と耐震性の規制、危険物施設では給油所の建設・営業にかかわる建築基準法と消防法の規制が十分な効力を発揮したと評価できるであろう。

しかしながら、特に護岸地域で顕著に生じた地盤の不等沈下と側方流動の影響は予想を大きく上回るものであった。エム・シー・ターミナルでのLPガス漏洩は写真4.5-1の航空写真で明らかのように、貯槽施設全体が液状化によって冠水し、特に護岸に添った場所では、最大4mもの変位で海側への張り出しが生じた。写真4.5-2～写真4.5-5の被害は、いずれも地盤変状が直接・間接的に原因となったことが明らかであり、従来型の設備や配管の剛性、強度を高める耐震設計思想では対応しえないものである。

高圧ガス保安協会が発行した「LPガス漏洩調査報告書」に提言されているように、配管系など本来可とう性を有する構造に対しては「柔」の思想に基づく設計基準が必要となる。フランジなどの結合部位、ベローズなどの継手部位の技術基準を地震時の強制変位を考慮して見直すことは重要となるであろう。

写真4.5-6～写真4.5-8は、液状化による石油貯槽関連の被害であるが、いずれもタンク本体ではなく、防液堤や接続する受払配管との取り合い部が損傷している。屋外の大型貯槽をもつ施設に対する液状化対策の根本的検討があらためて要請されている。すでに高圧ガス保安協会では、石原研而東京理科大学教授を主査とする「基礎・液状化分科会」が発足し、エム・シー・ターミナルの被災の詳しい調査結果をもとに、液状化の判定基準の策定や、地盤改良を含む地盤・基礎の耐震性向上対策のあり方について検討を始めている。

また、配管系に対しては、そのサポートをいかに配置するかが重要な課題である。写

真4.5-9では、配管に集中的に荷重がかからぬように、地震後にUボートなどを切断した例であるが、地盤などが大変形を生じて、配管系全体が柔軟に変位できる構造を維持できるようなサポート配置設計も検討されるべきであろう。

屋内の貯蔵所の被害はあまり報告されていないが、灘の酒蔵工場内の横置きタンクなどは支持脚などの固定が不十分であり、写真4.5-10と写真4.5-11にみられるようにタンクの転倒など大損傷を受けた。写真はないが、チョコレート製造工場においても、スロッシングによるチョコレートの高温溶液の噴流などの被害が生じた。

高圧ガスや石油関連施設ではないが、三宮のデパートなどに設置された暖房用ボイラや空調用冷凍機なども被害を受けた。これらの構造物は一般に剛性が高いため、大きな地震力により剛体として滑動し、周辺の機器、配管、弁などを損傷させている。また、神戸港に沿った地域でのボイラ施設では、地盤の液状化による支持構造物や接続部に破断や座屈変形がみられた。写真4.5-12と写真4.5-13はその例を示している。

最後に、高圧ガス施設、危険物施設などの配管系については、それらからのガスや内溶液の漏洩を防止するための緊急遮断弁等の防災設備が設置されているが、写真4.5-14～写真4.5-15に示すように、配管を被害から守るべきハンガや遮断弁がその機能を発揮できないような損傷を受けることもある。災害防護、防除システムの地震対策も極めて重視されなくてはならない。

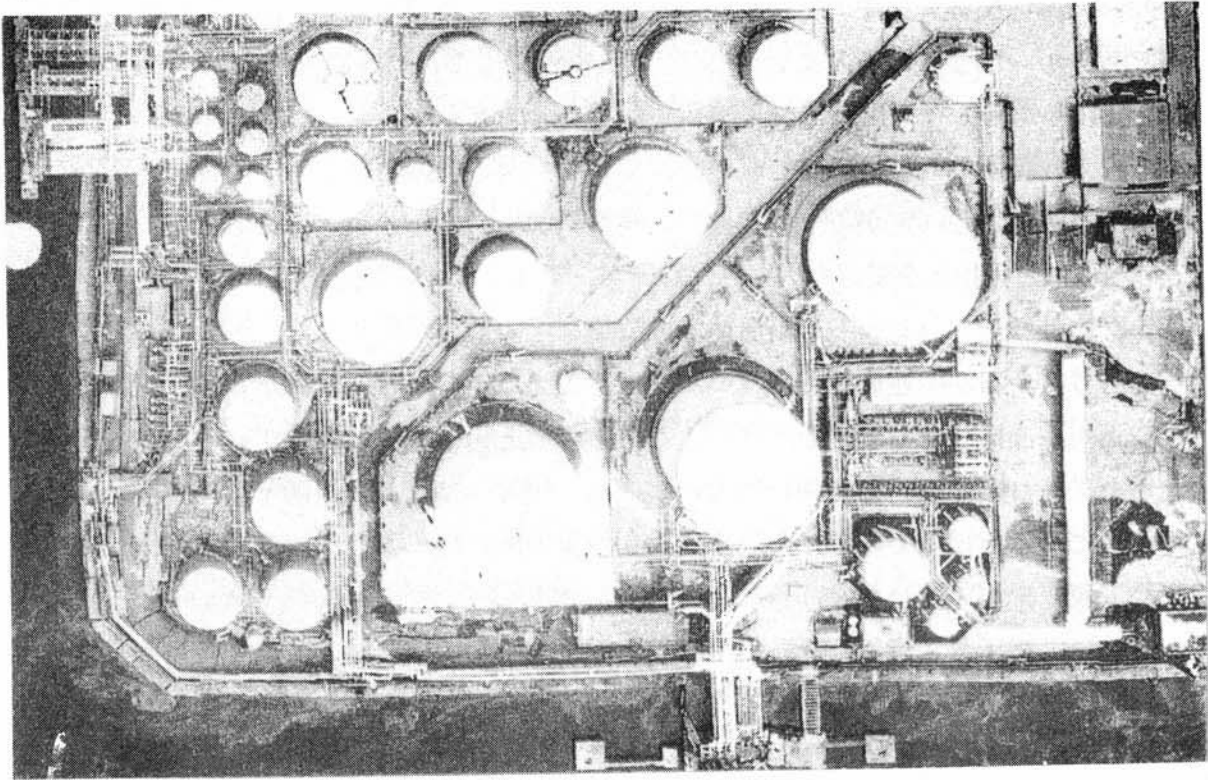


写真4.5-1 高圧ガス施設の地盤液状化による冠水

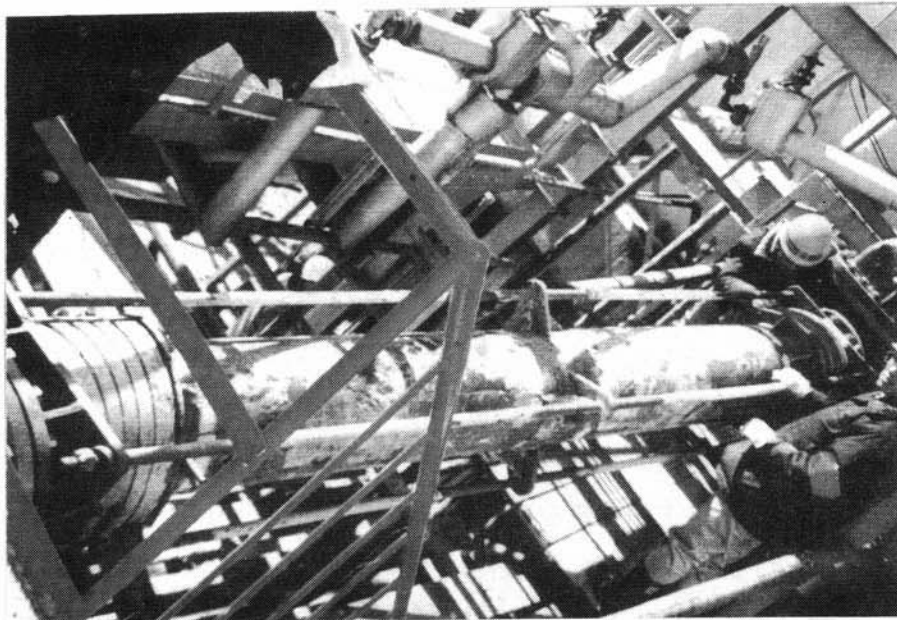


写真4.5-2 LPガスが漏洩した受払配管系

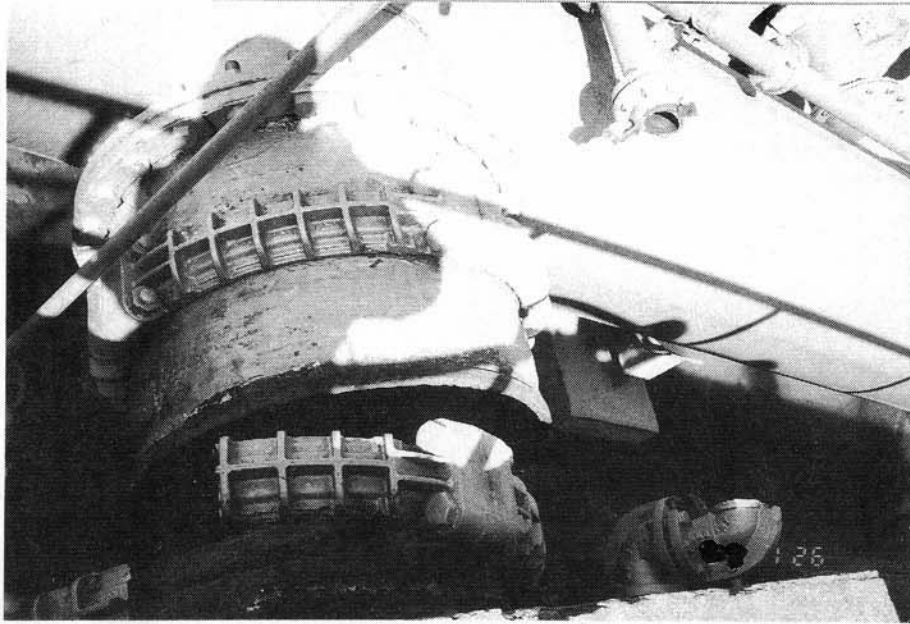


写真4.5-3 フランジ部の破断

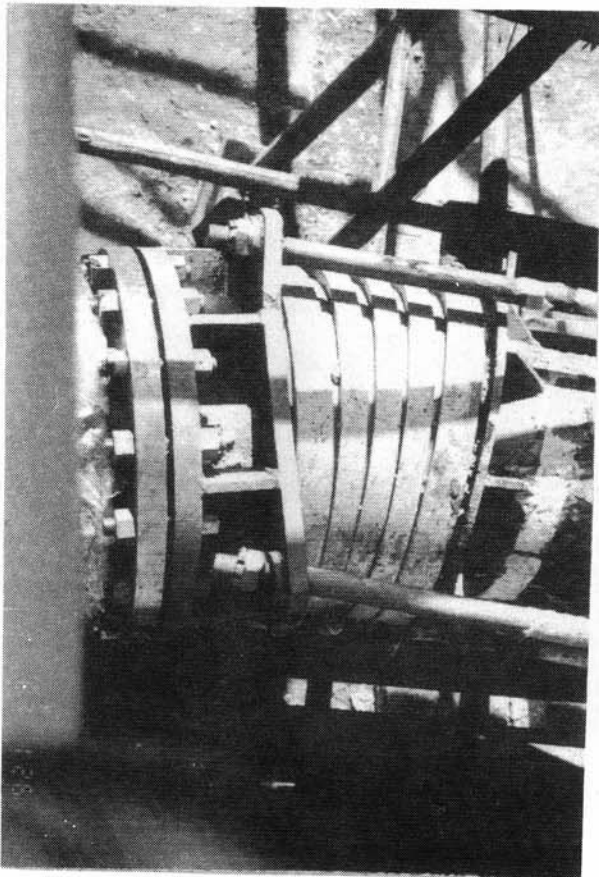


写真4.5-4 タイロッドの引張りによる
可撓継手の破損

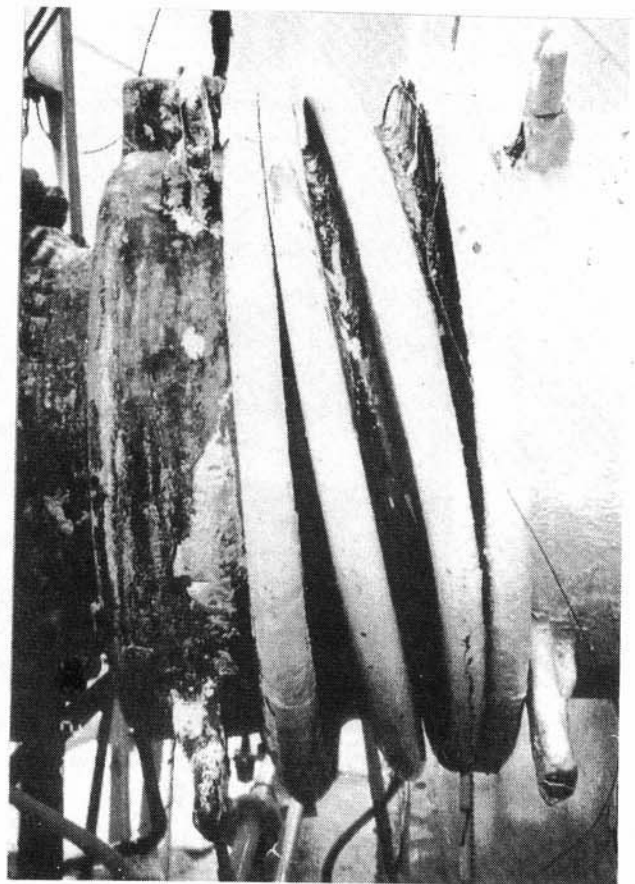


写真4.5-5 ベローズの変形

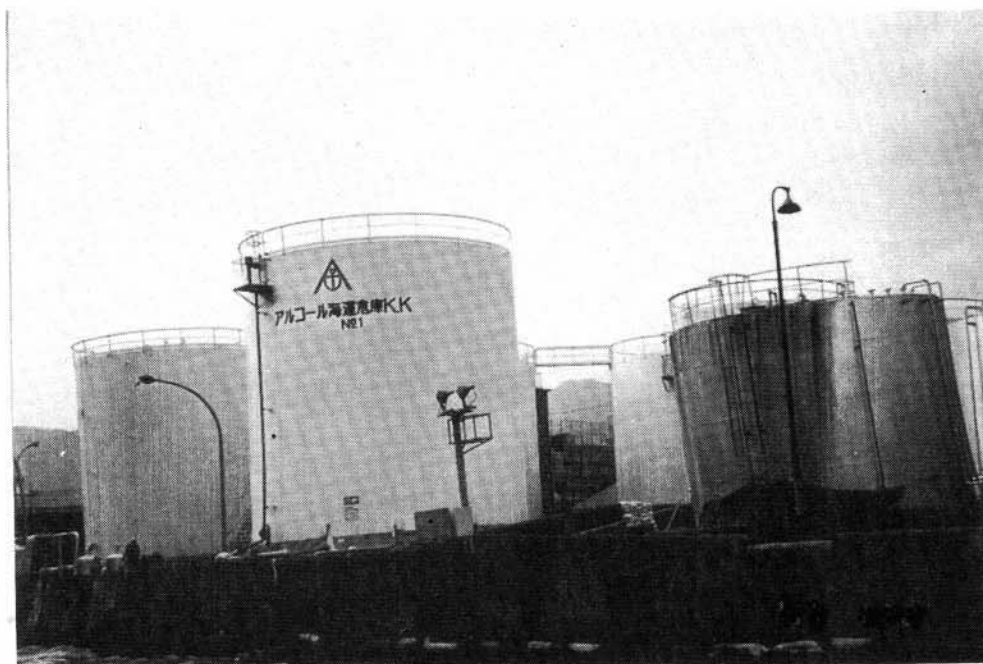


写真4.5-6 液状化によるタンクの傾斜

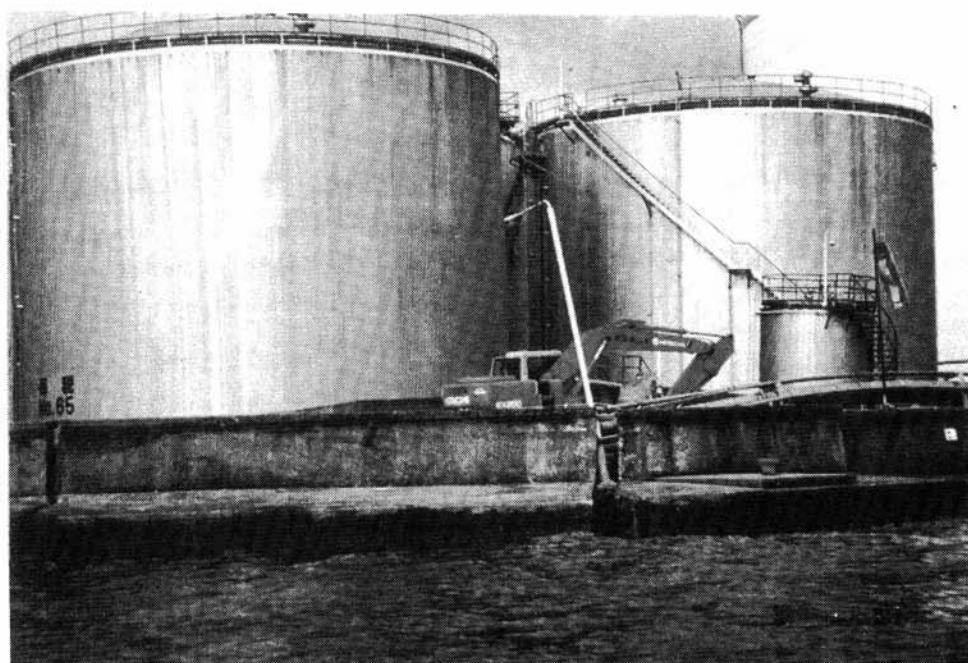


写真4.5-7 タンクの傾斜と防油堤の破壊

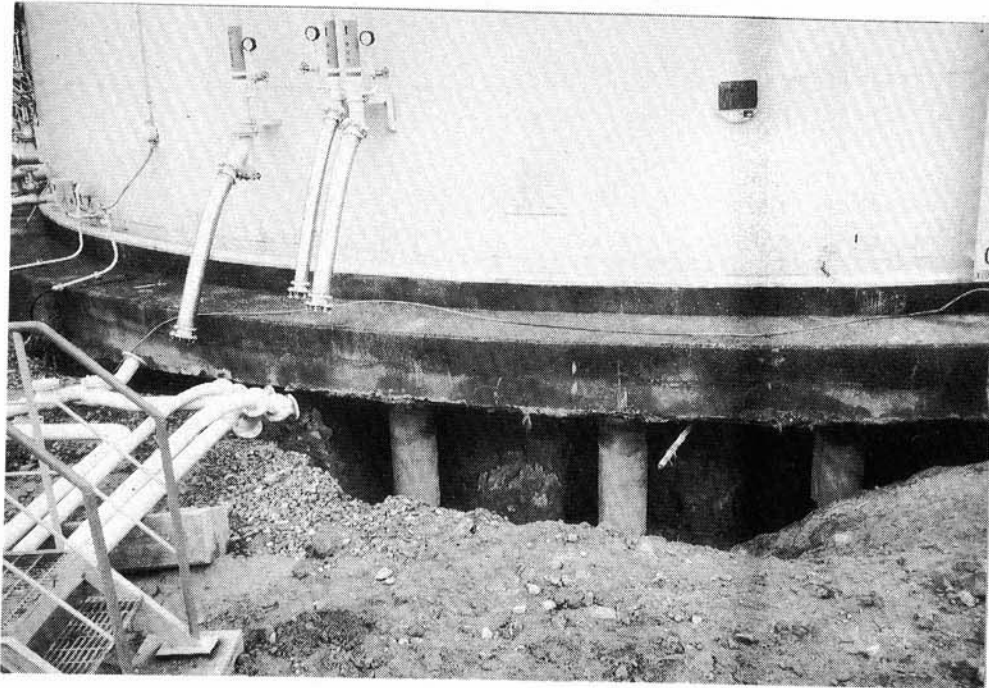


写真4.5-8 ガスタービン発電所内の燃料油タンク



写真4.5-9 発電所内地上配管系の変形



写真4.5-10 酒造工場の横置きタンクの転倒

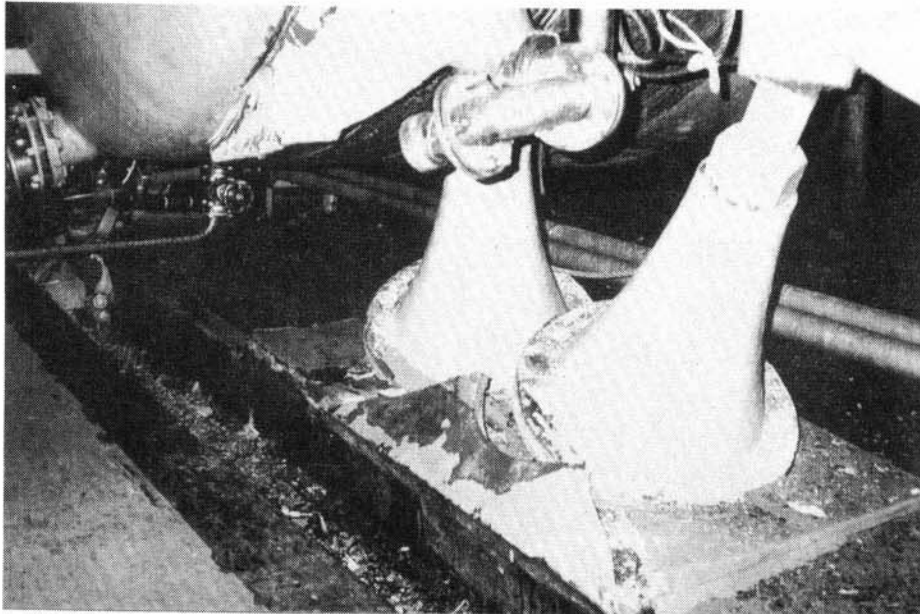


写真4.5-11 酒蔵用タンクの支持脚の破損

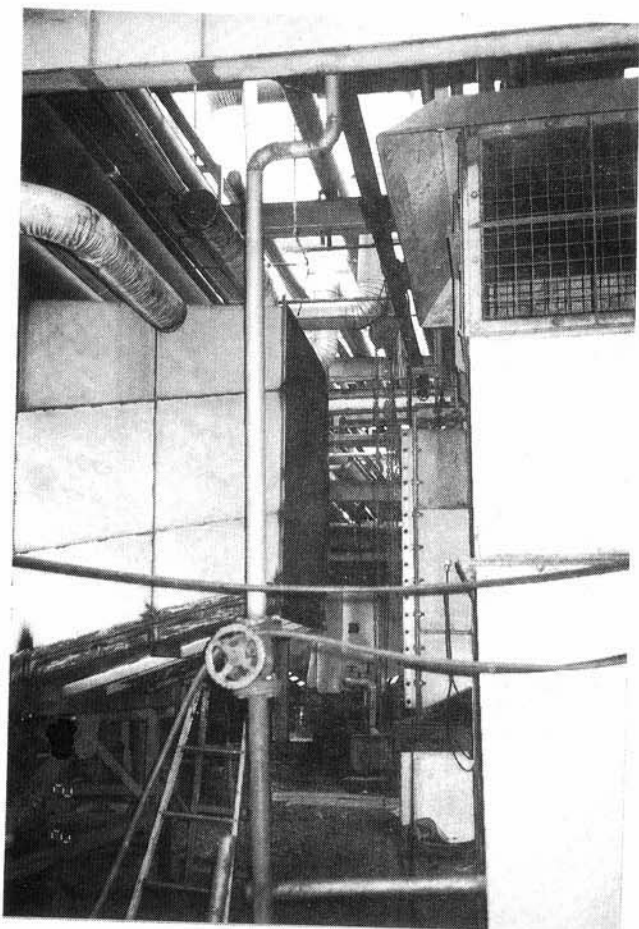


写真4.5-12 発電用水管ボイラの空気予熱器と
通風機間接続部の破断



写真4.5-13 暖房用ボイラの
後部ブロー弁の衝突変形



写真4.5-14 配管用スプリングハンガの圧壊

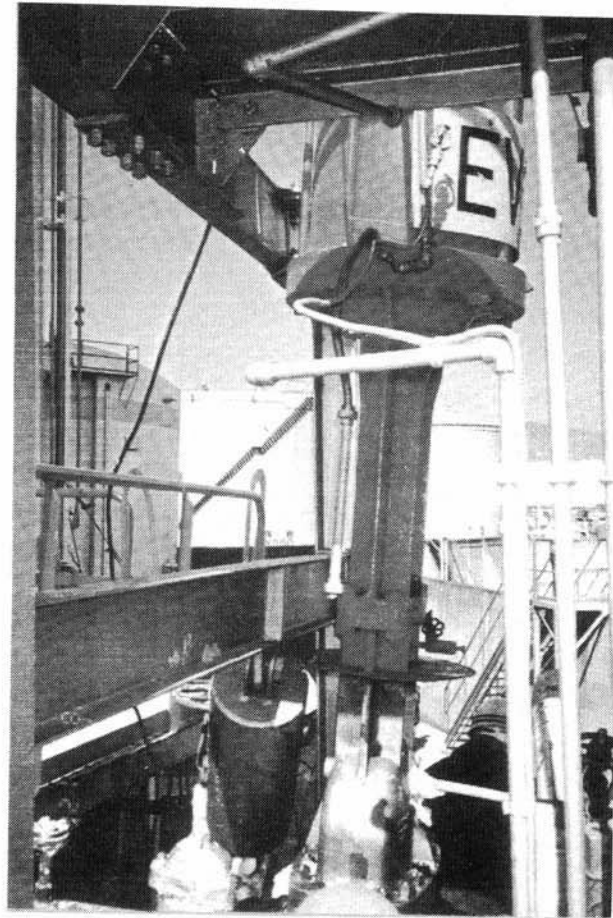


写真4.5-15 高圧ガス用緊急遮断弁の損傷

表4.5-2 高圧ガス施設、石油タンク施設の被害状況

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献 No.	
高圧ガス、 石油タンク施設	屋外石油タンク	タンク本体	傾斜	液状化による地盤不等沈下		3	
			漏洩	スロッシング		11	
		接続配管との結合フランジ部	破断	液状化による地盤とタンクの相対変位による		3	
		配管ボルト、フランジ部	破壊		配管系の最適なボルト配置計画及びボルトの強度（強過ぎない方がよい）設計	3	
		沈下、傾斜、タンク側板	座屈			3	
		接続配管	漏洩			3	
			変形	タンクの沈下や傾斜による		11	
		アンカーボルト	破損（新法タンクについてはタンク本体の被害はほとんどなかった）			3	
		防火塀	亀裂、倒壊			11	
		犬走り	基礎の一部が大きくえぐれたように沈下			11	
		防油堤	亀裂や割れの発生			12	
		消火用タンク	座屈（亀裂部より水が流出）			12	
		屋内貯蔵所		容器の落下、破損			11
	LPGガス貯蔵タンク	タンク接続部のボルトとフランジ 結合部	ガスが漏洩	タンクに接続している配管系を支えていた架台、緊急遮断弁の重量を支えていた架台などがタンク基礎部と縁切りされ、液状化対策が施されていないため、タンクと接続配管に相対的に大きな変位が加わった		2	
			受払元弁及び受払緊急遮断弁の遠隔操作が不能			12	

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

4.6 建築設備の被害状況

(1) 総論

建築設備で地震被害を受けた建物件数を表4.6-1に示す。

重点被害地域では、被害をうけている建物は多いが、その他地域においても、構造体の被害は軽微または無被害にもかかわらず、建築設備の被害を受けている建物が多い。設備種別でみると、両地域とも給排水衛生・消火設備に関する被害が多い。

建築設備の地震被害について、被害事象数を表4.6-2に示す。合計で896事象の被害が報告されている。これは、1建物当たり約3事象である。

表4.6-1 設備被害を受けた建物件数（調査建物総数330件）

	電気設備	給排水衛生・消火設備	空気調和設備	昇降機設備	引込・屋外設備	その他設備
重点被害地域	60	128	62	95	74	11
その他地域	32	95	46	10	20	5
合計	92	223	108	105	94	16

表4.6-2 設備被害事象数の内訳

	電気設備	給排水衛生・消火設備	空気調和設備	昇降機設備	引込・屋外設備	その他設備	計
重点被害地域	98 (15%)	256 (41%)	114 (18%)	44 (7%)	109 (17%)	14 (2%)	635 (100%)
その他地域	37 (14%)	130 (50%)	55 (21%)	12 (5%)	21 (8%)	6 (2%)	261 (100%)
合計	135 (15%)	386 (43%)	169 (19%)	56 (6%)	130 (15%)	20 (2%)	896 (100%)

設備地震被害事象は、重点被害地域では635事象と総事象数全体の4分の3を占め、1建物当たり約4事象である。重点被害地域は、建物に損傷が大きく、それに伴い設備が被害を受ける割合も大きくなる。一方、その他地域における設備被害は、261事象であり、1建物当たり約2事象である。

設備被害の内訳は、給排水衛生・消火設備の被害が約43%を占め、空気調和設備の被害約19%、電気設備の被害約15%、引込・屋外設備の被害約15%となっている。

(建築設備 '95-10)

①設備別被害状況

今回の調査を行った建物での建築設備被害マップを図4.6-1に、またその特徴について以下にまとめを示す。

a. 重点被害地域で注目される設備被害

自家発電設備、蓄電池設備、受変電設備、熱源機器など重量機器に対する被害が多くみられている。また、高架水槽の被害も多い。

b. 消火設備における被害

スプリンクラーヘッドの破損、配管の破断などにより、漏水を起こしている例がみら

れる。本来の初期消火の目的を果たせない上に、水損による二次被害が大きい。

c. パネル水槽の破損

水槽の側板の破損もあるが、天板の破損が多いのが特徴である。

d. 水配管接続の什器類の転倒、水損

冷水器、自動販売機、厨房の大型冷蔵庫、製氷機などは一般の建築設備より簡単に取
り扱われることが多く、転倒している例がみられる。その結果、接続配管が破損し、水
損が生じている。

e. 引込・屋外設備の被害

液状化による地盤沈下や地盤の不等沈下により、引込配管に被害が発生している例が
多い。

f. エキスパンションジョイントを通過する設備

重点被害地域では、エキスパンションジョイント部で、フレキシブルジョイントなど
の対策を実施しているにも係わらず、変位を吸収できていない例がみられる。

g. 非構造部材などの被害の影響を受けた設備被害

柱・壁の大きなクラック、壁の傾斜、天井の落下、防火戸の変形と大きなあばれ、家
具類の転倒などを原因として、設備が二次的に被害を受けているケースがみられる。

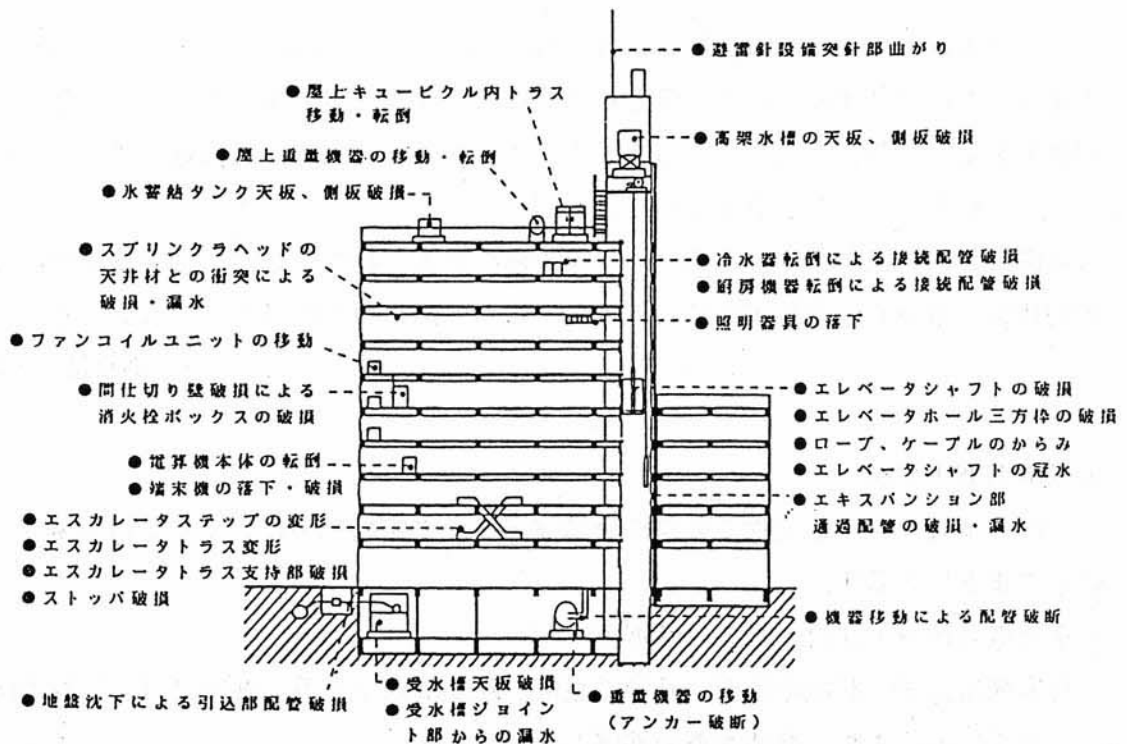


図4.6-1 建築設備地震被害マップ

(建築設備 '95-10)

②部屋別、部位別被害状況

a. 設備機械室

設備機器類に共通して基礎の被害が多い。また、防振設置機器において移動・転倒防止ストッパーの無いもの、不十分なもののずれ移動が多くみられる。

一方、回転機器類で目立った損傷が無く、運転再開を急いだため、軸芯ずれなどによるペアリング損傷といった副次的被害も聞かれる。

1) 地下階機械室

機器のゲタ基礎転倒がときに聞かれたが、主に天吊り機器の揺れ、衝突による配管、ダクトの損傷程度である。機器類の固定措置が十分な場合、設備としての被害はあまり多くみられない。目立ったものは、可動性（キャスト付など）のものと防振設置機器の移動、受水槽天板の損傷などである。

2) 中間階または高層階機械室

建物の階層の内、建築的に被害の大きい階にある機械室で機器移動、置き基礎転倒などが発生している。

b. 屋上または塔屋階設置機器とその周辺

ここでは、高層水槽と冷却塔の被害が大きい。その他、屋外設置型チラーや膨脹タンクの転倒、槽架台損傷も見受けられた。

1) 水槽類

水槽は多くが、槽の天板や側板の上部が損傷し、大型槽で外見は異常無しでも、内部仕切板（流水迂回用）の破損、脱落による送水障害があったという話も聞かれた。これらは槽内水のスロッシングによるものと思われる。

また、調査範囲の中では飲用（上水）水槽に被害が多く、雑用水槽、井水槽などは比較的無事であった。その要因詳細は不明である。

2) 冷却塔

冷却塔は中小型のものでは置き基礎の転倒、移動による倒壊、大型で角形の場合は、充填材支持部分の歪み、崩れといった損傷が目立つ。

c. 建物外周、導入部

建物自体は基礎ぐいで固定されているが、周囲地盤が不等沈下を起こしたため、配管損傷が多発した。ここは建物内のライフラインにつながる所であり、この部分の損傷がおよぼす影響は厳しい。

1) 建物導入部配管

地盤沈下に程度の差はあるものの、中央区を中心に各所で10～20cm程度みられ、液状

化現象のひどかったポートアイランド内の建物では周囲地盤が50～60cm沈下していた。可撓性の少ない配管はそのほとんどが破断し、伸縮継手も伸長許容範囲を越えて伸びきってしまったものもあったようだ。

2) 屋外水槽など

地上設置の受水槽が地盤沈下とともに沈下したため、接続配管が損壊したものがあつた。また、わずかとは言え（約1～2度）傾いたものもあった。一方、地中埋設の排水槽などでは特に被害は聞いていないが、漏れなどはすぐには分からないこともあろう。

d. 屋内配管・ダクト全般

配管もダクトもそれ自体が地震応力によって破断、損傷したものはみられなかった。機械類の移動や揺動、また、建築躯体の損傷などに派生して被害を受けたものがほとんどであり、被害傾向としても様々である。

1) 配管

装置、機器類の移動により、非金属管では破断、鋼管ではネジ山のつぶれ、抜けなどがあつた。また、建築躯体の損傷に伴って、衛生器具まわりの配管に漏れが発生したのもみられた。機器類の衝突による保温外被の損傷、キズといった程度のもものは多くみられる。

配管系自体の被害としては、配管吊り支持固定部の躯体への取り付けナットの抜けがみられた。なお、事後未使用、無負荷の系統も多々であり、運転状態における異常の有無確認はまだ全てではない。

2) ダクト

機器類の移動、揺動にともなつてダクトの変形、つぶれが発生し、特に機器のまわりのキャンバスダクトのフランジ部破断が多くみられた。

ダクト自体の損傷は、支持部のタップピスの抜けがみられる程度である。

e. 電気室、エレベータなど

1) 電気室

電気設備系では、キュービクルの転倒、移動が多かつたようだ。今回の調査時には既に修復されているところがほとんどであつた。また、変圧トランス（概600×600×1200H）にキャスター付きのものがあつた。固定装置がないため大きく移動し、そのため配電銅板が短絡してしまったものもあつた。

2) エレベータなど

建築構造物の大きい部位の運転は不可となっているが、エレベータ設備としてはワイ

ヤ、ロープの損傷が多少あった程度ということで、周囲の被害の割にはエレベータ筐体、動力への被害は特に聞かれなかった。

特殊なものとして、搬送設備（コンベヤー）において近傍配管の移動により、接触障害の生じた所があった。

f. 防災設備他

1) 非常電源

自家発電装置自体の損傷例はみられなかったが、燃料が都市ガスの場合、ガス供給停止のため稼働できないところが多い。また、稼働できても冷却給水系が損傷を受け、運転不能となったところも多かった。

なお、蓄電池は短時間にて消耗し、停電期間は維持できなかったということを知っている。

2) 消火、防災

スプリンクラーは天井損傷に伴って損傷を受けた部位が数ヶ所あったと聞く。ただし、停電したところは配管内保留分の放水で被害は小さいが、自家発電稼働、消火用水槽も無事であったところは散水によるかなりの二次的被害が発生したと聞いている。

排煙口もしくはその周囲建材に歪みが生じたため開閉不能となったところがあったようにも聞いたが、今回の調査では特に確認できなかった。

屋内消火栓は壁にクラックが走っていても消火栓ボックス自体の歪みはほとんどみられず、開閉も特には支障がなかった。ただし、配管部の異常は現時点では確認できていない。
(空衛 '95-4,5)

③被害率別の被害状況

建築設備の地震被害のうち、特に被害数が多かった部位と状態を述べると、つぎの通りである。

a. [建物被害率50%程度] : 地中埋設配管折損や亀裂、排水桝との接合部破損、建物導入部配管折損等破損

b. [建物被害率30%程度] : 受水槽や高架（置）本槽本体及び周辺の破損、厨房器具等の移動・転倒及び周辺の破損、電気温水器の移動・転倒及び周辺の破損と水損、スプリンクラーヘッド破損と水損、制気口類の変形・脱落、膨脹水槽の移動・転倒及び周辺の破損

b. [建物被害率20%程度] : 冷却塔本体及び周辺の破損、エアコン等室外機の移動・転倒及び周辺の破損、屋上横走り配管の移動等及び破損

d. [建物被害率10～15%程度] : 大型熱源機器移動・転倒及び周辺破損、パッケージ空

調機やファンコイルユニットの移動・転倒及び周辺破損、天吊機器のずれ及び配管・キャンバス継手など破損、ダクトの変形、ガラリ接続ダクト変形、天井材変形・脱落に伴うスプリンクラー枝管破損

e. [建物被害率5%以下であっても重要視する被害]：消火配管（立管及び天井内配管、分岐枝管を含む）亀裂・折損・水損。ヘッド（泡消火、ハロゲン化消火設備とも）破損、排煙口変形・脱落及び機能不調、ダクト落下、建物エキスパンション部通過配管の破損及び水損、屋内消火栓箱扉破損など。（空衛 '95-10）

(2) 電気設備の被害

① 総論

電気設備の中で被害数が多いものは、照明器具である。設備も含め全てにわたって健全、すなわち無被害という某ホテル（三宮駅北側500mに位置する建物）でもシャンデリアが天井に当たって破損したが、この一個ぐらひは数の内に入らないとみている。ということは、照明器具の小数の被害も含めると、建物としての被害率は高くなるが、それらの少々の被害を除いての電気設備の建物としての被害率は20%前後であり、空調、換気設備の被害率と同程度とみる。

照明器具の被害が多くてた天井部は一般仕上げ天井材であり、天吊り型、埋め込み型などの器具に被害がでた。事務室天井に多く採用されているシステム天井では、天井材の落下は随所にみられたが、設備ライン中に設けられている照明器具は天井スラブからの支持固定であり、独立支持を行っていたことから全体に被害が少なかったが、一部にTラインバーの変形で照明器具の脱落があった。

受変電設備の中で、屋上設置されているキュービクル本体の変形・移動、内部設置の変圧器の据付部アンカーなしが、あっても強度不足による移動・転倒、それに伴う周辺の主配線の損傷などがかなりみられた。オープンフレームの電気室でもフレームの崩壊や変形、変圧器の移動、転倒、それらに伴う、配線上の損傷があった。これらは主に機器・機材の基礎部などの強度不足、アンカーボルト強度不足等が原因であるが、特に防振装置付きの場合に転倒防止ストッパーを設けていなかったことによる。これらの被害率は25%程度以上とみられる。

発電機設備においても、油槽、油配管、付属配電盤、冷却水配管、付属冷却塔も含め機器周辺に中程度の被害をもたらした。蓄電池設備でも、キュービクル型、オープン型とも、一部槽亀裂などの液漏れが生じ、数が少ないが短路による火災発生も起こったが部分損焼に終わった。

動力盤関係にも移動、転倒、これらに伴う配線損傷が発生した。動力配線の損傷は盤関係、非構造材変形等によるもの、幹線周辺部材の揺れによるもの等により被害が発生

したが、被害としては、25%を超えている。

震度7地域では、屋上に設置されている避雷針用鋼棒が途中で曲げ変形を生じた被害が多く発生した。これは横揺れによる強度不足とみられる。 (建築設備 '95-10)

電気設備の被害について、部位別の分類を図4.6-2と図4.6-3に示す。

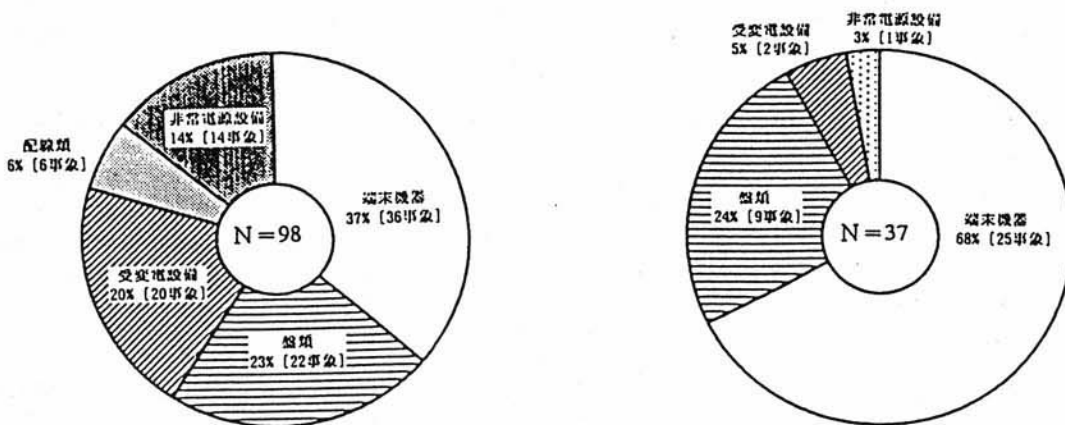


図4.6-2 電気設備部位別被害事象 (重点被害地域) 図4.6-3 電気設備部位別被害事象 (その他地域)

重点被害地域では、末端機器、盤類、受変電設備、非常電源設備、配線の順になっているが、各部位毎の被害事象数の差は少ない。

被害事象数が一番多い末端機器における被害は、一般照明が大部分であり、主に照明器具の落下である。システム天井における照明器具の落下はほとんどみられていない。

受変電設備では、受変電キュービクル及びオープンタイプ電気室内の配電盤、変圧器の被害事象が多い。

非常電源では蓄電池設備、自家発電機設備の被害が多い。

その他地域では、末端機器の被害が68%と半分以上を占め、受変電設備の被害は少なく、非常電源設備の被害はない。これは、重点被害地域では地震力が大きかったため、受変電設備など大型の設備まで被害を受けていると考えられる。末端機器における被害は、重点被害地域と同様に一般照明が大部分であり、主に照明器具の落下である。システム天井における照明器具の落下はみられていない。その他の末端機器の被害としては、避雷針ポールの曲がりや突針の落下などがある。 (建築設備 '95-10)

電気設備の被害事例と電気工作物に係わる被害、供給支障状況を表4.6-3と表4.6-4に示す。引込み設備の被害の特徴としては、架空引込みでは、建物・電柱の損壊、傾斜による家屋側支持点外れ、地中引込みでは、構内柱倒壊による管路立ち上げ部でのケーブル損傷が多かった。

表4.6-3 阪神大震災による電気設備の被害事例

	被害事例	原因	対策および検討事項
受変電設備	地中引込みケーブル損傷	・建物周囲の急激な地盤沈下(上昇)	・管路材にフレキシブルなものを使用 ・引込み口直近でケーブルに余裕を持たせる。
	屋上設置受電キュービクル転倒	・基礎およびアンカーボルト強度不足	・基礎は躯体に強固に固定 ・アンカーボルトの選定は強度計算を行い、十分余裕を見込む(耐震設計・施工指針参照)。
	変圧器移動・転倒	同上	同上
	直流操作電源断	・非常照明などの負荷と共用のため放電完了 ・直流電源装置損傷	・他負荷との共用を避ける。
	電気室浸水	・外壁損傷などで地下水噴出 ・停電で地下水排水ポンプ停止	・電気室の床を一般の床面より高くする。
非常用自家発電設備	屋上パッケージ式発電設備移動・転倒	・基礎およびアンカーボルト強度不足	・基礎は躯体に強固に固定 ・アンカーボルトの選定は強度計算を行い、十分余裕を見込む(建築設備耐震設計・施工指針参照)。
	冷却水断水	・市水断水 ・受水槽、高架水槽などの給水設備損傷	・風冷エンジンを使用 ・専用の冷却水水槽を設け、専用の冷却塔を設ける。
非常用自家発電設備	冷却水配管損傷	・配管ルート、固定・支持方法に問題あり。	・配管ルート、固定・支持方法、フレキシブル継手の使用箇所を十分検討(建築設備耐震設計・施工指針および自家発電設備耐震設計ガイドライン参照)
	燃料配管損傷	同上	同上
	燃料切れ	・燃料補給をしていない。 ・長時間運転の設計でなかった。	・燃料の搬入・補給の容易な設計(現状の設備では人力搬入が多い) ・燃料タンク、冷却水槽など長時間運転が可能な設計とする。
直流電源設備	充電器盤および蓄電池架台転倒	・基礎およびアンカーボルト強度不足	・基礎は躯体に強固に固定 ・アンカーボルトの選定は強度計算を行い、十分余裕を見込む(建築設備耐震設計・施工指針参照)。
	蓄電池セル架台より落下	・落下防止装置の不具合	・適切な落下防止装置を使用(メーカーに指示)
	蓄電池セル液漏れ	・保守、メンテ時の作業不良?	
	蓄電池セルケース損傷	・振動により隣接セルまたは架台と衝突? ・衝撃に対するケースの強度不足か?	・適切な固定装置を使用(メーカーに指示)
幹線設備	配管とプルボックスが離脱	・施工不良?	・正しい施工
	ケーブルラック落下	・吊りボルトおよびアンカーの抜け ・横揺れによる吊りボルトの変形	・アンカーボルトの選定は強度計算を行い、十分余裕を見込む(建築設備耐震設計・施工指針参照)。 ・必要に応じ、振れ止めを行う。
	地絡・短絡による送電不能	・幹線部分以外での地絡・短絡原因が多い。	・幹線はできる限り多系統化する。バスダクトの場合は給電範囲が広く、復旧に時間を要す。
動力設備	動力制御盤転倒	・基礎およびアンカーボルト強度不足	・アンカーボルトの選定は強度計算を行い、十分余裕を見込む(建築設備耐震設計・施工指針参照)。
	地階設置動力制御盤浸水	・外壁損傷などで地下水噴出 ・停電で地下水排水ポンプ停止	・動力盤の基礎のかさ上げ ・重要な盤(排水系)は地階設置を避ける。
	制御電源停電	・列盤へ複数系統の幹線があるにもかかわらず制御電源が共用されており、その幹線停電で全系統操作不能	・制御電源は各幹線より供給
照明設備	露出V型蛍光灯管球落下	・振動により後置き什器と接触か?	・器具の選定・配置に注意
	埋込みダウンライト器具の器具ずれ	・器具固定天井面の振動	・落下しない限り問題なし?
	パイペン器具吊りパイプ損傷および脱落	・固定方法不良 ・吊りパイプが長いにもかかわらず振れ止めがない。	・適切な方法で固定し、必要に応じ振れ止めを施工
	レースウェイ取付け蛍光灯落下	・振れ止めがない	・必ず振れ止め施工を行う。
弱電設備	壁掛式スピーカ、時計落下	・取付金物が落下防止金具でない?	・落下防止金具を使用する。

表4.6-4 電気事業用電気工作物に係わる被害、供給支障状況

被害設備の種類	被害設備数及び単位	被害箇所数	主な被害箇所
発電設備	10 発電所	20	ボイラー、ガスタービン
架空送電設備	23 線路	62	支持物、碍子、電線等
、地中送電設備	102 線路	905	ケーブル、管路、マンホール等
変電設備	50 変電所	181	変圧器、遮断器、断路器等
配電設備	649 回線	架空 24,395	支持物、電線、柱上変圧器等
		地中 2,829	ケーブル、管路、マンホール等
保安通信設備	76 回線	171	通信ケーブル
【供給支障について】 ・1月17日5時46分の地震発生直後の供給支障電力は283.6万kW、停電需要家数は約260万軒であった（1月23日15時応急送電完了）。 ・77kV受電自家用の供給支障件数は70件。供給支障継続時間は19分～約30時間であり、ほとんどは3時間以内に復旧している。			

受・変電設備では、キュービクル方式と組立式とがあり、キュービクル方式の被害がほとんどであった。

特徴として、建物の振動による転倒・移動、傾斜が多い。

高圧機器については、変圧器、変成器及びコンデンサのずれ、転倒などの被害が多くみられた。（電気と工事 '95-7）

②受変電設備

受変電設備の被害状況は、そのほとんどが水平移動、もしくは盤及び機器の転倒であった。その被害の程度は、ビルの立地によって著しく異なり、同じように設置されている隣接したビル間でも被害の状況に大きな差が発生している。この状況は、ビルの地盤や構造に大きな差があったと考えられる。ビル内の設置場所別にみると、やはり地下層に設置された機器に被害が少なく、屋上等の高層部に設置された機器に被害が最も大きい。

オープン電気室では、重量物の変圧器・コンデンサ等が移動し、MOF・OS・PAS等がフレームから吊り下げられている場合で、しかも設置階が高層階のケースでは大きな被害が発生している。

電気室で転倒しているものは、シンダーコンクリートにホールインアンカーボルトで固定しているものが多く、ほとんどの場合アンカーボルトがコンクリートの破壊で抜けている。

今回の地震は、水平振動だけでなく相当な上下振動があったものと想定される。シンダーコンクリートは、一般的なコンクリートに比較して引張り荷重耐量が低いため破壊したものと推定される。

また、変圧器の防音対策として設ける防振装置に被害が出ている。防振装置を設置する場合はストッパー等の取付が欠かせない。(建築設備 '95-11)

屋内に設置された開放形受変電設備の例は、変圧器などのアンカーが十分でなく、転倒しており、建物の傷みも大きかったこともあり、復旧されないまま放置されていた。他の建物に採用されていた屋内キュービルク型受変電設備に、ほとんど影響がなかったことに比べ、開放形は地震に弱いように感じられた。

電気室に設置される他の機器類において、直流電源装置などは備品扱いと同様に扱われていたせいか、アンカーも十分でなく転倒して液がこぼれ、設置離間があったため大事に至らなかったが、健全であった受変電設備やピットのケーブルに影響を与える寸前であった。

設備全般に言えることだが、躯体と同様な動きをしていれば、電気機器本体の地震に対する影響は少なく、振動に弱い誘導形継電器など十分な事情聴取はできなかったものの、機器・部品類の故障が少なかったことが、電気設備の早期復旧につながったものと思われる。アンカーボルトを仕様どおり完全に施工し、維持保全で機器・ケーブル類の取り付けボルトの増し締めなどを日常・定期点検で気をつけていれば、被害を最小限にくい止められるものと思われる。(電器と工事 '95-7)

1) 特高需要家の被害状況

特高需要家の被害については表4.6-5の左辺に示すように、被災地域に設置された需要家333件の約18%に該当する60件が被害を受けている。(神戸市域は約23%)

特高需要家はほとんどが製造業の工場、大規模店舗、電鉄用変電所であり、事業場全体にわたり建物、製造設備を含めて大きな被害を受けている。

被害を受けた60件のうち特に被害が重大であった需要家は28件であり、その内訳は神戸市域内の需要家が18件、周辺地域が10件となっている。これについて個別調査の結果等から分析した結果、前者においては中央区、灘区、東灘区、後者は西宮市に位置する需要家の被害率が大きく、尼崎市、伊丹市は被害需要家数が多い割にはほとんどの需要家の被害が軽微であるといった傾向を示している。

2) 高圧需要家の被害状況

高圧需要家の被害については表4.6-5の右辺に示すように、被災地域に設置された需要家14,577件の約9%に該当する1,325件が被害を受けている。(神戸市域は約24%)

高圧受電設備や負荷設備は特高設備に比較して、一般的に設計・施設基準が緩く、また、建物に取り付けられている屋内配線や機械器具等は建物の倒壊等に伴って損傷する

ケースが多いため、地震の影響を被る度合いが高かったと考えられる。

上記高圧需要家における個々の設備被害については表4.6-6に示すように、引込設備（電気路等）、受変電設備（キュービクル等）、変圧器、負荷設備の被害率が大きかったが、低圧設備の被害については報告されないケースが多いと考えられるので、負荷設備の被害は本表の数字にとどまらないものと思われる。

表4.6-5 地震被災地区における自家用電気工作物被害件数（需要家数）

地 区	特 別 高 圧		高 圧	
	需 要 家 数	被 害 需 要 家 数	需 要 家 数	被 害 需 要 家 数
神戸市垂水区	4	0	238	28
須磨区	8	0	375	43
長田区	3	2	148	147
兵庫区	3	3	186	81
中央区	23	7	636	294
灘 区	35	3	876	95
東灘区	34	10	926	125
神戸市域小計	110	25	3,385	813
明石市	33	0	2,062	54
芦屋市	4	1	208	4
西宮市	21	5	1,205	11
宝塚市	17	2	961	3
伊丹市	26	9	754	0
尼崎市	63	18	1,732	12
川西市	11	0	664	0
市域未区分	—	0	—	389
周辺市域小計	175	35	7,586	473
淡路島 全域	6	0	906	14
大阪府豊中市	42	0	2,700	19
合 計	333	60	14,577	1,325

表4.6-6 設備被害の状況（高圧需要家）

【対象地区のみ】

引 込 設 備	266
受 変 電 設 備	224
変 圧 器	186
開 閉 器	24
計 器 用 変 成 器	34
そ の 他 の 機 器	24
配 分 電 盤	45
負 荷 設 備	147
発 電 設 備	22
そ の 他	26
合 計	998

（生産と電気 '95-8）

③発電機設備

発電機設備本体の破損例として、他の物体が物理的に衝突し、またはスラブ陥没以外で破損した例は報告されていない。若干のビルでは屋上に設置された発電機の置き基礎が破損したり、打込アンカーボルトが抜けた例が報告されているだけである。

災害時に最も重要な発電機設備の被害状況は、大変複雑で多岐に亘っている。本体がいくら頑丈でも、システム全体として対策がなされていなければ稼働は不可能である。

主なトラブル例を上げると、

- 1) 冷却水断水による停止（市水断水・高架水槽転倒・給水管破損・タンク移動）
- 2) 燃料油不足による停止（燃料タンク破損・タンク移動）
- 3) 給気排気ファンの破損による停止
- 4) 排煙用煙突の耐火レンガ崩壊によるエンジン停止
- 5) 高圧切替盤・配線破損による停止
- 6) メンテナンス不良

（建築設備 '95-11）

しかし、対象の自家用発電機室は、地階、1階に設けられており、目視であったが、自家発本体、燃料・冷却配管に亀裂（クラック）もなく、支持も地震による影響はみられなかった。ガスタービン式は給排気の関係で、地震の影響の大きい最上階に設置されることも多いが、今回は検証できなかったことは残念に思う。（電気と工事 '95-7）

④蓄電池設備

蓄電池設備の被害では、電槽の破壊が殆どである。これは、電池の据置型・キュービクル収納式にかかわらず発生している。キュービクル収納のものは、電池架台の変形・破損によって電池が転倒したり、スペーサ取付不備による電槽の破損・移動などが主な被害である。またキュービクル式は、電池の引き出し機構とストッパーに問題が多く潜んでいる。開放据置型の電池も電槽間の振れによる干渉と接続導体が銅バー式のものは、振れの吸収ができず電槽の破損につながっている。

蓄電池設備は発電機設備と並んで重要な設備と位置付けられるので、建物が破損された場合でも避難のための非常照明は絶対欠かすことができない。最低30分～1時間の照明が必要である。

今回の震災で神戸三宮地区においては、かなりの件数で何らかのバッテリー異常が発生した。これは、大型のバッテリーほど影響が大きく、今後大震災を想定した非常照明電源の対策を確立することである。

（建築設備 '95-11）

⑤監視盤設備

当設備は概ね無傷であった。これは設備階が1階、地階という条件の良い所に設置されていた事と、重量機器類もなくCRT及び書類ロッカーが動いた程度である。

トラブルとしては、書類関係のロッカー移動によって二次波及災害により配線が損傷し、遠方操作ができなかったようである。日常より遠方操作に頼らず手元操作も熟知しておく必要がある。また、UPS無停電電源装置を設置していないビルでは、蓄電池に被害があれば監視としての機能が発揮できないので注意しなければならない。

(建築設備 '95-11)

⑥幹線設備

幹線設備は、被害の比較的少ない設備の1つである。その中で最も被害の大きかったものは、金属ダクト設備であった。これは、ダクトのフレキシブル化・補強が困難なため分離・変形が多くみられた。配管工事も、ブルボックス部でパイプが外れるケースや、カップリング部での座屈が見受けられ、電線接続部の絶縁テストに大変手間がかかった。また幹線設備ではケーブルラック工事が最も一般的であり、数多く施工されている。このケーブル工法は、振れに強くビルの縦幹線に施工している所では階毎のラック固定が十分な為被害は出てない。しかし、長スパンルートで太物のケーブルを乗せている横引き部分で振止めがない場合は、ラックの移動・変形が出ている。(建築設備 '95-11)

⑦動力設備

動力設備では、電力供給先である機器が地震の影響を受けていない場合に配管配線に異常はない。但し、例外的に屋上にある機器への配管やケーブルラックが、シンダーコンクリート上に置き基礎で支持固定されている場合に、基礎の移動で配管配線が損傷を受けている。

最大の問題点は動力盤の転倒及び移動である。これは、空調機・ポンプ・ファン・生産動力機器の影響を受けてシンダーコンクリート基礎ごと転倒している例や、打ち込みアンカーボルトが支持コンクリートの破壊で抜けて転倒している例などが報告されている。

防振装置をセットしているモーター類で高層階設置の動力は、防振装置の破損で配管配線に大きな被害を出している。(建築設備 '95-11)

動力設備については、ほとんどの機器が停止状態にあったことも幸いしてか、主機械室が地階に設けられていることもあり、動力制御盤の損傷をはじめ、電気設備的にはほとんど損傷がみられなかった。ポンプ類、空調機器の本体にも影響がみられず、一部の

基礎に亀裂がみられる程度であった。

(電気と工事 '95-7)

⑧電灯コンセント・照明器具設備

当設備は、照明器具に多くの被害が発生したが、落下に到ったケースは殆どない。これは、器具の台数も多く形も千差万別で、他の物体より影響を受けて被害を多くした原因になっている。また落下が少なかったのは、器具の重量に対して吊ボルトが堅固であり、その上ケーブル・電線で繋がっているからだと考えられる。

ここで注意を要する点は、ブラケットのガラス飾りやシャンデリアの飾りが多く落下していることである。

(建築設備 '95-11)

表4.6-7 照明器具の被害例

器具種別	設置場所	被害状況	被害状況の詳細と要因
シャンデリア	宴会場	飾りの落下	吊り下げのガラスビーズが壊れし、ワイヤーの切断・クリップの外れで落下。固定の良本体に被害は無かった。
	店舗	カバーの外れ	パイプ吊り下げ形器具。器具の壊れで、ねじ込み式の吊り元カバーが天井を傷つけていたが、ネジ部が破損してカバーが滑り落ちる。
	店舗	器具の落下 (図3参照)	チェーン吊り下げ形器具。器具が大きく壊れし、天井の二方向に衝突した跡を残す。チェーンが外れ落下、器具は原形を止めない姿。
水電灯用 安定器	体育館	安定器の落下 (図4参照)	天井内の鉄骨に1点で引掛け、ネジの締め付けで固定した別置き安定器(8kg)。締め付け力を上回る突き上げ力で上部に飛び出し、天井を突き破って1.0m下の床に落下。また、ケーブルで落下を免れた器具もある。
蛍光灯器具	事務室	器具の脱落	壁面の天井の破損により、埋込器具の半分が脱落。
	機械室	器具の落下	パイプ吊り下げ形器具。パイプ上端部に凸部を設け鋼板製天井カバーに引掛けた形式。器具の壊れで、カバー(0.9mm厚)が変形し、パイプごと落下。41年竣工物件の器具。
	駐車場	カバーの外れ	パイプ吊り下げ形器具。壊れで吊り元カバーの外れ。
	教室	被害無し	黒板用吊り下げ形器具。地震の揺れ方向と平行に配置されていたためと考えられる。
	便所	器具の脱落	ミラーライト器具。器具の端部に寄っている電源ボックスだけで固定していたが、固定の無い反対部が振られ、ビスが外れる。
誘導灯	室内 出入口扉	器具の脱落	壁付け形器具。石膏ボードにビス止め固定していたが、壊れに耐えきれず脱落。
	室内 出入口扉	被害無し	天井直付け形器具。器具とその背面にあるガラスの壊れ同士が衝突し、ガラスにひび割れが起る。
	避難階段 扉	器具の脱落	天井直付け形器具。周辺天井の破損が大きい場所で、片側の吊りボルトが抜ける。
	通路部	カバーの外れ	天井吊り下げ形器具。壊れで吊り元カバーの外れ。
ダウンライト	各所	器具の脱落	スライド式の止め金具が外れる。
	客室	被害無し	ビス止め式の止め金具のため、脱落無し。
	各所	器具のズレ	天井開口の遊び分、位置ズレを起こす。
ブラケット	階段	器具の脱落	白熱灯ガラスカバー器具。電源ボックスへの固定用ねじ込み位置が不正確なため、ビスが抜ける。
住宅用器具	居室	器具の大破 (図2参照)	コードペンダント形器具。器具の壊れで天井に衝突し、カバー・ランプが破損。落下までは至らず。
	居室	被害無し	引掛けシーリング固定器具。壊れが生じなかった。
	台所	カバーの落下	流し元器具。吊り戸棚の壊れで、引掛け式のアクリルカバーが落下。
レースウェイ	機械室	器具の脱落	振れ止め対策がなく、地震の揺れ方向に直交配置したレースウェイに取り付けた蛍光灯器具。壊れでビスが抜け、脱落。

(照明学会誌 '95 VOL.79 No.9)

今回の地震で床面は机上の書類・備品類の転倒で散乱していたのに比べ、不思議にも天井面の被害は少なく、照明器具をはじめスピーカー、各種感知器類、天吊りカセット

形空調機、アネモなど落下しているものはなかった。仮設的に増設していた蛍光灯直付け器具が落下していたのに、照明器具を単独に吊りボルトにて取り付けることが守られていた照明器具の落下はなかった。

しかし、照明器具下面にルーバーを使用しているものでは、ルーバーが落下しており、コードペンダント、シャンデリア系統の吊下げ照明器具は、落下はなかったものの、揺れによる部品の落下、器具同士のぶつかり合いや、壁面とのぶつかりで破損していた物も一部見受けられた。
(電気と工事 '95-7)

⑨弱電設備

この設備も被害の数は比較的多く発生したが、内容的には重大な問題となっていない。自動火災報知設備・非常放送設備については、今回トラブルの報告は少なく大事に至っていない。
(建築設備 '95-11)

調査対象物件で火災にあったものはなく、火災報知設備に支障は出ていなかった。また、各ビルとも営業時間外であったので、運転上のトラブルもなく、電話設備、放送設備、テレビ共同聴視設備など通信設備にも被害はみられず、ビル復旧と同時に使用されていた。
(電気と工事 '95-7)

(3)給排水設備

設備の中で最も被害率が高かった給排水設備は、特に生活に欠かせない飲料用としてのライフラインにつながるものであり、飲用水は1日として欠かせないことから社会的にも注目された。設備被害率で給排水設備を示すと50%程度と推測する。すなわち震度7地域では設備被害率は100%に近い。しかし現場調査した中での建物で、全ての設備において被害が0という例もあるから80~90%程度ともいえよう。

給排水設備の中で最も被害数が多かった部位は埋設配管・建物導入部である。官庁施設関係のみ対象とした調査報告では埋設配管・建物導入部が給排水設備の中で50%前後を占める。つぎに建物としての被害率として大(25%程度をこえる)の項目として水槽類がある。屋上等設置の高置・高架水槽であり、FRPパネル、FRP一体型が被害が多いが、鋼板パネル型、鋼板一体型も含まれる。水槽の被害の部位として、天板破断が今回の被害での特徴である。側板破断、パネル亀裂、全体の移動・転倒もある。しかし水槽被害の中で被害数の多かった部位はパネル継目のボルト等のゆるみによる漏水である。槽内部の溢水用排水管仕切板及び仕切板周辺接続部配管など内部及び周辺にも及んでいる。据付部アンカー破断・引抜けや基礎本体の破損もある。アンカーの後打ちに多く用いられている樹脂アンカー(ケミカルアンカー)の引抜け破損もみられたが、この

件については釧路沖地震被害報告等にも指摘されているが、この場合は、施工精度、もっと平たく言えば施工時の容易さからくる施工ミスによるものであるとされている。

(建築設備 '95-10)

給排水衛生・消火設備の被害について、防災設備である消火設備と給排水衛生設備に分けて述べる。

消火設備の機器、配管別被害事象を、図4.6-4と図4.6-5に示す。

重点被害地域においては、消火配管破損による漏水などの被害事象が51%と半分以上を占めている。次にスプリンクラーヘッド破損による漏水などの被害が23%と大きい。

その他地域では、スプリンクラーヘッド破損による漏水などの被害が44%と一番多く、次に消火配管の破損による漏水などの被害が39%となっている。

給排水衛生設備の部位別被害事象を図4.6-6と図4.6-7に示す。

重点被害地域においては、高架水槽側板や天板の破損などの基幹・搬送に関する被害が42%となっている。

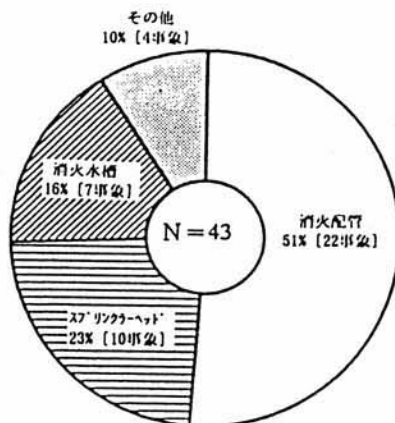


図4.6-4 消火設備被害事象 (重点被害地域)

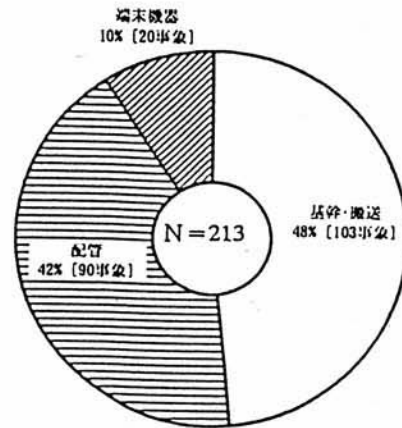


図4.6-6 給排水衛生設備部位被害事象 (重点被害地域)

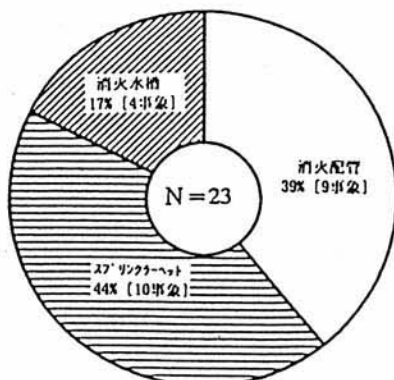


図4.6-5 消火設備被害事象 (その他地域)

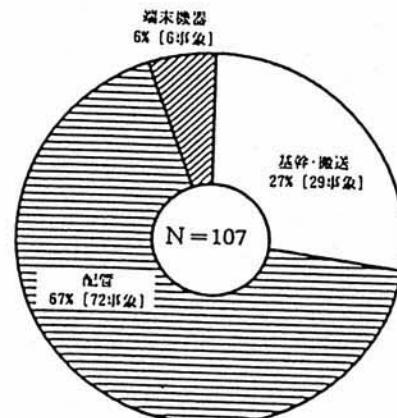


図4.6-7 給排水衛生設備部位被害事象 (その他地域)

その他地域では、配管に関する被害が67%と非常に多く、基幹・搬送に関する被害は27%と減っている。両地域とも、端末機器に関する被害は少ない。(建築設備 '95-10)

下水道施設の被害のうち管きよについては、まず、末端管きよ及び取り付け管を中心に多数の被害がみられた。幹線管きよでは流下不能になった箇所こそ多くないものの、管が破断し一時的に送水が不可能となった例もみられた。被害の発生部としては、マンホールと管きよの接続部、取り付け管と本管や公共ますの接続部に多くみられた。さらに、護岸部の吐き口の損傷等も報告されている。

下水処理場では、兵庫県、大阪府、京都府の43処理場が被災し、このうち兵庫県下の8処理場では、処理機能に影響を及ぼす深刻な被害であった。

下水処理場・ポンプ場の被害形態としては、地盤の液状化によると思われる水路の不同沈下、配管の破断や配管基礎の浮き上がり、護岸付近の側方流動によると思われる基礎杭の損傷及び水槽内や導水きよ等の継手部の破断と目開き、伸縮性等の不足による水槽や管廊の継手部の破断とそれに伴う管廊内設備の冠水等が挙げられる。一方、地盤の液状化対策を行った下水処理場では、周辺地盤が液状化したにもかかわらず被害が軽微であった例もみられた。

①幹線管きよの被害

幹線管きよのうち一部の雨水幹線で、側壁の崩壊（石積）や倒壊（コンクリート）、スラブの破損、ボックスカルバートの損壊や地下鉄の上部地盤の陥没による破断等が生じ、流下機能が損なわれた。

汚水幹線については、神戸市では地下鉄の上部地盤の陥没による破断、シールド二次覆工のクラック、汚水圧送のための水管橋の落橋等の被害があった。

②枝線管きよの被害

1)液状化による管きよの変位

一部でマンホールの突出がみられた。これは、基礎地盤や埋戻し材の液状化によって管きよに浮力が生じたためであり、液状化対策が必要である。

2)管きよの破損位置

被害傾向として、マンホールに近い管に亀裂等の被害が集中している。兵庫県南部地震においても、これまでに収集した資料の範囲では同様の傾向がみられる。

これは、地震時に管きよとマンホールの動きが異なるため、マンホールとの取り付け部に応力が集中しやすく、また、剛に接続しているため破損するものである。

③マンホールの被害

円形ブロックの割れ、側塊のずれが多数生じている。

④取り付け管、排水設備

取り付け管、排水設備の閉塞や破損は管きよ被害の約7割近くを占めている。

⑤伏越し、雨水吐き及び吐き口

埋立地に多くの被害が発生しており、大部分が地盤の液状化やそれに伴う側方流動が

原因とされている。雨水吐きや吐き口も同様に大きな被害を受けている。

(下水道協会誌 '95-6)

(4) 空調・換気設備

空調、換気設備の被害は、敷地内埋設管や建物導入管の数が少ないことにより、給排水設備の被害率よりかなり低い。逆にいえば、埋設管・建物導入部管の被害を除いた分だけ、被害率が下がったとも言えよう。前述と同じ建物としての被害率で言えば、20%前後である。この20%前後の値をこの大地震では少ないとする人もいるが、筆者としては、被害が大の部類に入ると考える。基礎本体の大きさ、構造体と連結した基礎かどうか、アンカーボルトを取り付けていたが、転倒防止ストッパーが取り付けられていたが、フレキ継手近くで配管に支持固定されていたかななどの耐震処置の不足による被害例が多い。

被害数として多い項目としては、冷却塔の本体、内部充填材、内部補強材、コンクリート基礎本体、本体周辺配管などに及ぶ。ついで、ビルマルチエアコン等小型エアコンの室外機の移動・転倒、周辺配管の破損であるが、この場合は、大部分が束型かようかん形状の置き基礎である。建物竣工後の回収や増設追加工事で、このように置き基礎をビル屋上に設置したと聞いている。エアハンドリングユニットやパッケージ空調機、小型機器のファンコイルユニットやビルマルチ室内機（床置き、天吊り共）に被害が発生しているが、多くの場合、アンカーなし、アンカー強度不足、吊りボルトに揺れ止めなしなどの場合である。これら機器の移動等により付属の配管に破損被害がでている。配管の被害の多くは、機器付属配管である。数は少ないが、主管から分岐した枝管や給水、ドレン管などの細物配管や塩ビ材を用いた配管などに被害がでた。

ダクト関係としては、制気口のずれ、脱落、ファン前後のキャンパス継手破損、ガラリとダクト接続部、主ダクトの変形、分岐ダクトの脱落などの被害ある。大空間である体育館やスーパーマーケット等の天井材は通常の事務室天井材に比較して天井材の揺れ巾が大きく、場所によっては天井材の落下がみられた。これら天井材の被害によって制気口や付属のダクトに被害が生じたことも原因の一つである。しかし単独に落下した制気口もあり、また室内機化粧板の落下もみられた。

(建築設備 '95-10)

空気調和設備の部位別被害事象を、図4.6-8と図4.6-9に示す。

重点被害地域では、熱源機器設備の移動や氷蓄熱槽の天板破損などの基幹・搬送に関する被害事象が51%と半分を占めている。以下、吹出口の脱落などの端末機器の被害事象が17%、機器接続ダクトの損傷や脱落などのダクトに関する被害事象と枝管の破損などの配管に関する被害事象が、それぞれ16%となっている。

その他地域では、氷蓄熱槽の天板破損などの基幹・搬送に関する被害事象が34%、冷温水配管継手部からの漏水などの配管の被害事象が29%、端末機器の被害事象は24%であり、ダクトへの被害事象は9%である。

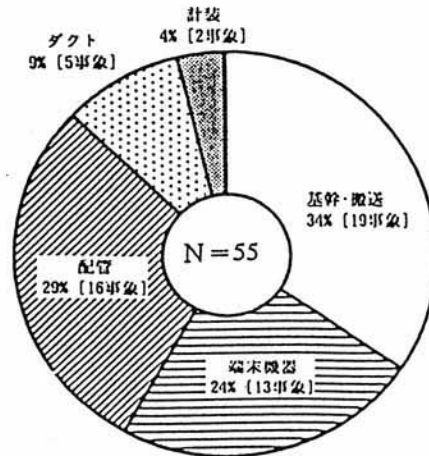
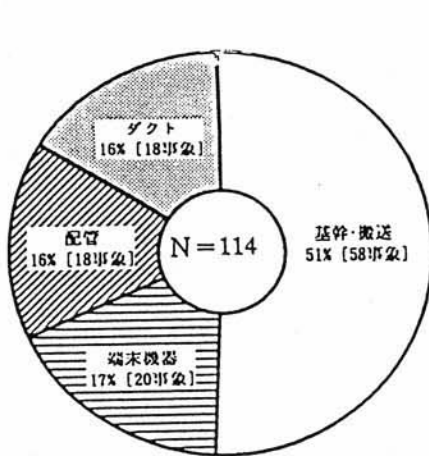


図4.6-8 空調設備部位別被害事象 (重点被害地域) 図4.6-9 空調設備部位別被害事象 (その他地域)

(建築設備 '95-10)

(5) 昇降設備

昇降機関連設備としての建物被害率は高く40%程度とみるが、これは給排水設備について大きい。被害として大きいところの部位等をみると、構造体や非構造体の影響による乗場ドア周辺での変形・破損、かご室やかごドア、かご枠やかご上下の機器に対して、変形や非構造材落下による破損が生じた。昇降機やピット内の冠水、ガイドレールやレールブラケットの変形、アンカーボルト抜け、ガイシュー変形、つり合いおもりの脱落や落下、巻上機やモータジェネレータと制御盤の移動や転倒が生じた。

調査を行ったエレベーター5,005台のうち地震により何らかの影響を受けたエレベーターは1,208台である。この影響を受けたエレベーターで感震装置作動による停止などの軽微な被害の物を除くと、340台に被害を受けている。エレベーター設備自体の被害の多くは、1981年以前に竣工した物件に多く発生している。基礎改定後の耐震設計基準適用機器については、主要機器 (巻上機、制御盤など) の転倒などの大きな不具合は生じていない。

エスカレーターについては、ほとんどの建物で大きな被害は発生していない。再使用不可能な状況の被害が3事象 (トラスの落下、トラスの変形による) あるが、その他の多くは軽微な補修で再使用可能である。

(建築設備 '95-10)

表4.6-8 昇降設備の被害状況

昇降機の被害全容

	保守契約台数	調査不能台数	被害総台数	閉じ込め件数	人身事故
エレベーター	65,086台	706台	5,604台	156件	0件
エスカレーター	7,826台	293台	828台	-	0件
ホームエレベーター	1,215台	22台	42台	0件	0件

※調査範囲は、昇降機の被害が発生した近畿地区の各府県「兵庫県、大阪府、京都府、滋賀県、奈良県、和歌山県」
 ※保守契約台数……日本エレベーター協会会員会社が保守契約している台数
 ※調査不能台数……建物崩壊等で昇降機が修理の対象とならなかった損傷台数
 ※被害総台数……調査不能を含む被害台数

エレベーターの被害全容

	保守契約台数	被害総台数(率)	調査不能台数(率)	物損台数(率)	閉じ込め件数(率)
神戸市	7,177台	2,634台(36.7)	645台(9.0)	1,989台(27.7)	29件(0.40)
兵庫県(除神戸市)	7,710台	972台(12.6)	52台(0.7)	920台(11.9)	4件(0.05)
近畿地区(除兵庫県)	50,119台	1,998台(4.0)	9台(0.02)	1,989台(4.0)	123件(0.25)
合計	65,006台	5,604台(8.6)	706台(1.08)	4,898台(7.5)	156件(0.24)

※物損台数＝修理を必要とした台数(率)は保守契約台数に対する百分比%
 ※被害総台数＝調査不能台数＋物損台数
 なお、この表の詳細は資料1に記載した。
 物損台数(率)について、上表は保守契約台数に対する率、資料1は調査可能台数に対する率としている。

物損発生率の比較

	新法対応	旧法対応	効果率
神戸市	28.2%	49.4%	1.75
兵庫県(除神戸市)	8.9%	21.2%	2.38
近畿地区(除兵庫県)	0.03%	5.8%	193.3

計算数値は資料1より引用
 ※各%は、被害総台数÷保守契約台数
 ※効果率は(旧法の百分率)÷(新法の百分率)

機械室機器の移動・転倒

	新法対応	旧法対応	効果率
神戸市	2.2%	10.8%	4.9
兵庫県(除神戸市)	0.35%	2.0%	5.7
近畿地区(除兵庫県)	0.06%	0.5%	8.3

計算数値は資料2より引用、機械室機器の合計で算出
 ※各%は、物損台数÷調査可能台数
 (=保守契約台数－調査不能台数)
 ※効果率は(旧法の百分率)÷(新法の百分率)

つり合おもりの脱レール

	新法対応	旧法対応	効果率
神戸市	3.2%	10.6%	3.3
兵庫県(除神戸市)	1.2%	5.8%	4.8
近畿地区(除兵庫県)	0.3%	1.8%	6.0

計算数値は資料2より引用
 ※各%は、物損台数÷調査可能台数
 ※効果率は(旧法の百分率)÷(新法の百分率)

表4.6-9 兵庫県南部地震エレベーター被害状況（乗用・人荷用・寛台用）

地域 ブロック	耐震基準	① 保守契約台数	② 調査不能台数	③=①-② 調査可能台数	④ 地震感知器	⑤ 物損発生台数	⑥ 物損発生件数	⑦ 閉じ込め件数	⑧=②+⑤ 物損発生台数 (補正值)
神戸市	(a) 新	4,298(59.9%)	182(4.2%)	4,116(95.8%)	有 1,562(37.9%)	399(25.5%)	617(1.5)	4	1,212(28.2%)
					無 2,554	631(24.7%)	873(1.4)	9	
	旧	2,878	463(16.1%)	2,416(83.9%)	有 218(9.0%)	80(36.7%)	109(1.4)	0	1,422(49.4%)
					無 2,198	879(40.0%)	1,545(1.7)	16	
	(b) 小計	7,177	645(9.0%)	6,532(91.0%)	有 1,780(27.2%)	479(26.9%)	726(1.5)	4	2,634(36.7%)
					無 4,752	1,510(31.7%)	2,418(1.6)	25	
兵庫県 (神戸市を除く)	(a) 新	5,375(69.7%)	11(0.2%)	5,364(99.8%)	有 1,972(36.8%)	170(8.6%)	266(1.6)	4	478(8.9%)
					無 3,392	297(8.8%)	401(1.4)	0	
	旧	2,335	41(1.8%)	2,294(98.2%)	有 139(6.0%)	11(7.9%)	19(1.7)	0	494(21.1%)
					無 2,155	442(20.5%)	720(1.6)	0	
	(b) 小計	7,710	52(0.7%)	7,658(99.3%)	有 2,111(27.6%)	181(8.6%)	285(1.6)	4	972(12.6%)
					無 5,547	739(13.3%)	1,121(1.5)	0	
近畿地区 (兵庫県を除く)	(a) 新	31,491(62.7%)	2(0.01%)	31,489(99.9%)	有 11,223(35.6%)	521(4.6%)	673(1.3)	19	910(0.03%)
					無 20,266	387(1.9%)	554(1.4)	38	
	旧	18,708	7(0.04%)	18,701(99.9%)	有 1,860(9.9%)	117(6.3%)	145(1.2)	1	1,088(5.8%)
					無 16,841	964(5.7%)	1,403(1.5)	65	
	(b) 小計	50,199	9(0.02%)	50,190(99.9%)	有 13,083(2.8%)	638(4.9%)	818(1.3)	20	1,998(0.4%)
					無 37,107	1,351(3.6%)	1,957(1.4)	103	
()内数値	(新旧比率)	(調査不能台数比率)	(調査可能台数比率)	地震感知器装備率	地震感知器有無別の 物損発生台数比率	物損発生1台当 たりの物損件数		(物損発生台数比率) (補正值)	
	(a)÷(b)	②÷①	③÷①	④÷③	⑤÷④	⑥÷⑤		⑧÷①	

(注) 新：昭和58年1月1日以降竣工（新耐震規準適用）

旧：昭和57年12月31日以前竣工

(建築設備 '95-11)

表4.6-10 兵庫県南部地震のエレベーター被災状況

調査対象：近畿地区において(株)日本エレベーター協会会員が保守契約している乗用、人荷用、寝台用エレベーターで、平成7年1月17日発生 of 兵庫県南部地震による被害の件数(同一機で複数カウント)。但し、建物被害が甚大なため調査できないエレベーターを除外している。

物 損 項 目	神戸市			兵庫県(除神戸市)			近畿地区(除兵庫県)		
	新法対応	旧法本応	小計	新法対応	旧法本応	小計	新法対応	旧法本応	小計
調査可能なエレベーター台数	4,116	2,416	6,532	5,364	2,294	7,658	31,489	18,701	50,190
1 巻上機、MGの移動、転倒、破損	72	213	285	5	35	40	12	62	74
2 制御盤の転倒、破損	17	47	64	14	12	26	6	28	34
3 ガバナーの転倒、破損	2		2	1		1	5	5	10
4 メインロープ	a) 外れ	10	3	13	3	3	13	9	22
	b) 引掛り、絡み、損傷	59	45	104	15	25	40	77	117
5 ガバナーロープ	a) 外れ	1	11	12	1	1	2	8	10
	b) 引掛り、絡み、損傷	130	169	299	71	99	170	285	415
6 機械室内チェーン類の外れ、損傷	31	2	33	8	2	10	1	12	13
7 つり合おもり	a) 脱レール	131	256	387	66	133	199	83	332
	b) おもりブロックの脱落、落下	23	40	63	9	15	24	6	12
8 かごの脱レール	9	8	17	7	9	16	2	27	29
9 ガイドレールの変形	a) かご側	13	20	33	8	7	15	3	1
	b) つり合おもり側	38	116	154	29	54	83	12	22
10 レールブラケットの変形	a) かご側	9	4	13	2		2	3	4
	b) つり合おもり側	28	25	53	26	16	42	19	43
11 アンカーボルトの抜け出し	4	8	12				4	19	23
12 ガイドシューの変形	a) かご側	33	12	45	12	25	37	10	13
	b) つり合おもり側	98	167	265	47	84	131	57	173
13 テールコールドの引掛り、絡み、損傷、切断	100	18	118	38	24	62	54	22	76
14 補償ロープ、チェーンの引掛り、絡み、損傷	35	10	45	11	8	19	27	28	55
15 スチールテープの引掛り、絡み、損傷	15	31	46	4	16	20	22	30	52
16 昇降路・ビット内機器類の脱落、落下、破損	68	73	141	34	36	70	124	59	183
17 乗場ドア周り装置の脱落、落下、破損	139	81	220	37	21	58	14	14	28
18 かご室、かごドア、かご枠等の変形、破損	57	58	115	23	16	39	28	63	91
19 かご内機器の脱落、破損	10	3	13	3	1	4	5	11	16
20 かご上下機器の破損	59	60	119	37	33	70	71	46	117
21 パワーユニットの移動、転倒、破損	13		13					2	2
22 パワーユニット(タンク)よりの油漏れ、こぼれ	41	8	49	26	7	33	4	15	19
23 油圧配管	a) 油漏れ	11	1	12	4		4	2	3
	b) 破損、変形	3	1	4				1	1
24 ブランジャーの傾斜、転倒、曲がり	2	2	4	2	1	3			
小 計	1,261	1,492	2,753	543	680	1,223	958	1,329	2,287
25 機械室、昇降路の壁等の崩壊、落下による機器の損傷	28	7	35	7	1	8	10	4	14

(6) 防災設備

防災設備全体からみれば他の設備に比較して、設備被害率は低い。防災設備の全体の調査資料を入手していないので確たる値ではないが、筆者は設備被害率を15%程度とみる。神戸市内の震度7地域での推定では、この値からみると50%程度とみており、大阪市内では5%弱程度とみる。この防災設備での設備被害項目として、被害が平均的にみて大（25%程度以上）であったものは、消火用補助水槽の本体、本体内部、本体周辺、ついでスプリンクラーヘッドの本体破損（主に天井材の揺れによるもの、家具ロッカーが直接当たったもの、防火扉が開閉して当たったものなど）である。被害が中程度（20%程度前後）であったものは、配管の損傷（水槽周辺、主管から分岐した細もの枝管、スプリンクラー端末の巻きだし管が天井材落下等によって生じたもの、地中埋設・建物導入部など）である。建物内で非構造壁の変形や脱落によって配管の亀裂やフランジ部からの漏水もあった。排煙設備の排煙口の機能不能や脱落（主に天井材の変形や脱落による）、排煙ファン前後のキャンバス継手破損があるが、被害率として10%程度（小～中）とみている。

（建築設備 '95-10）

(7) 引込・屋外設備

建物引込・屋外設備についての被害は、重点被害地域で109事象、その他地域で21事象合計130事象である。重点被害地域109事象の設備種別を、図4.6-10に示す。

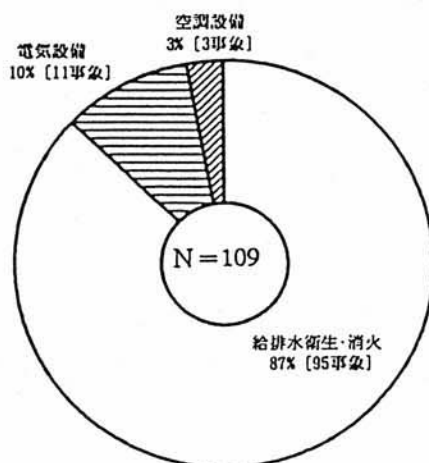


図4.6-10 引込・屋外設備被害事象（重点被害地域）

重点被害地域では、給排水衛生・消火設備への被害が87%と大部分を占めている。電気設備の被害事象は10%であり、電気配管の破損などがみられる。空気調和整備は3%と少なく、屋外機の転倒や移動などが被害事象としてみられる。

給排水衛生・消火設備の被害事象についてみると、44%が引込配管の破損に対する被害である。また、排水柵の破損の被害事象が34%、受水槽の移動、破壊などの被害事象

が22%である。配管に対する被害は、給水管、排水管及びガス管に対するものである。これら被害事象の原因は、殆どが地盤沈下によるものである。通常、地盤沈下の恐れが予想される地域では、配管類に対して沈下対策が施されているが、それは長い時間をかけて徐々に沈下する場合には有効に働いている。しかし、今回の地震では、地震の起きていた非常に短い時間で建物と地盤に相対変位が生じており、それによって配管へ加わる力は大きくなったことが想定され、沈下対策が有効に働かなかったことが考えられる。また、沈下量そのものが、想定沈下量を上廻る建物もみられている。

その他地域での被害事象は、全て給排水衛生・消火設備に対するものである。その被害事象は、配管への被害事象が殆どを占めている。その他、受水槽の破損、傾きなどが数事象みられている。 (建築設備 '95-10)

今回の地震が直下型であったことと神戸の立地条件により、地盤沈下と地層の液状化による被害が数多く発生している。

特に新しい埋立地は、上記の被害が著しく、地中管路の欠点がクローズアップされた格好である。

架空引込については、引込柱の倒壊・傾斜によるケーブルの損傷があり、架空メッセンジャーの引抜け破断も発生している。地中引込ケーブルは、絶縁測定で正常値を示していても内部に被害を受けている場合があるので点検を怠ることはできない。

引込ハンドホール内部に液状化による土砂が流入して埋めつくされ、地下階の漏水・浸水という二次的被害につながっている。

今後は、引込口のフレキシブル化による地中引込ケーブルの損傷を受けない配慮が必要である。 (建築設備 '95-11)

(8) まとめ

以上の建築設備の被害状況を全体的にまとめると以下のようなになる。

- 1) 建築設備の被害は非常に広い範囲にわたっており、建物そのものの倒壊・破損と密接に関連している。
- 2) 被害が特に多かったのは衛生設備や空調設備などであった。前者では、高置水槽などの水槽や給水系などの配管に被害が集中していた。水槽は建物による応答増幅による落下・損壊が、配管は相対変位による破断などが原因とみられる。一方、後者の空調設備などでは、ダクト、配管、空調機本体やパッケージ、ボイラー冷却塔など広範囲の部位が損傷している。
- 3) 電気設備については、トランスなどの機器の移動や転倒、照明器具の落下・破損が多かった(写真4.6-1参照)。

- 4) エレベータの被害については、(社)エレベータ協会の調査に詳しく報告されている（「エレベータ界」1995年7月号）。それによると、近畿全6府県を通して約9%の5,600台に何らかの被害があった。このうち約700台は建物の崩壊などにより修復不可能であった。神戸市内に限ると、保守契約をしている約7,200台中37%の約2,600台が被害を受けた。特徴的な被害形態はカウンターウェイトの脱落・脱レール、ガバナーロープ・メインロープの外れや損傷、ガイドレール・ガイドシューの変形、ウィンチやモータの転倒・移動などであった。写真4.6-2はカウンターウェイトの脱レールを示している。
- 5) エスカレータの被害は、兵庫県全体で約600台報告されている。液状化やスプリンクラーヘッドの損傷による出水が原因となる冠水160件ほどあった。そのほか、欄干やトラスに損傷がみられた。
- 6) スプリンクラーのような建築二次部材にからむ被害は、天井や扉などとの衝突など二次的に被ったものが多い。
- 7) 全体的に新耐震設計基準適用の昭和58年1月以降に竣工された建物内の設備は被害が軽微であった。エレベータの例でいうと、神戸市で適用以前の建物内の被害率9.4%に対し、適用後のそれは28.2%であった。
- 8) 免震工法による建築物内の設備や免震床上の設備の被害はほとんどなかった。重要設備の免震設計の重要性が浮き彫りにされた。写真4.6-3は免震効果が顕著であった神戸市のWESTビルの積層ゴムと鋼棒ダンパーからなる免震装置であり、写真4.6-4は某銀行のコンピュータールームの免震床の滑動軌跡である。

<参考>

表4.6-11 営繕施設応急被災調査判定集計表（機械設備編、その1）

調査対象施設65件

項目	判定	件数	比率	被災内容	
給水設備	揚水ポンプ 給水ユニット 58	A	47	81.0%	被害無し
		B	7	12.1%	軸心ズレ等による異常音があるが主機、予備機とも継続使用が可能である
		C	3	5.2%	主機予備機とも損傷があるが応急処置にて継続運転が可能である
		D	1	1.7%	主機予備機とも損傷が多大で応急処置にても継続使用が困難で取り替えが必要である
	受水タンク 58	A	41	70.7%	被害無し
		B	9	15.5%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
		C	3	5.2%	タンク部材のひび割れで少量の漏水があり基礎も損傷しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	5	8.6%	タンク本体の脱落、転倒または破壊により漏水が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
	高置タンク 54	A	36	66.7%	被害無し
		B	2	3.7%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
		C	6	11.1%	タンク部材のひび割れで少量の漏水があり基礎も損傷しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	10	18.5%	タンク本体の脱落、転倒または破壊により漏水が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
屋内配管 65	A	33	50.8%	被害無し	
	B	10	15.4%	継ぎ手、支持金物の緩みがあるが継続使用が可能である	
	C	16	24.6%	配管の損傷による僅かな漏水があるが応急処置で継続使用が可能である	
	D	6	9.2%	配管の損傷が著しく応急処置では継続使用が困難で建物に水損による被害がある	
	屋外配管 64	A	18	28.1%	被害無し
		B	7	10.9%	バルブボックス、メーターボックス等の浮陸、沈下がある
C		28	43.8%	建物への給水管引き込み部分に破損があるが応急処置により継続使用が可能である	
D		11	17.2%	液状化現象、地盤沈下等により配管の損傷が著しく継続使用が困難で大規模な補修が必要である	
排水設備	屋内配管 65	A	42	64.6%	被害無し
		B	11	16.9%	継ぎ手、支持金物の緩みがあるが継続使用が可能である
		C	7	10.8%	配管の損傷による僅かな漏水があるが応急処置で継続使用が可能である
		D	5	7.7%	配管の損傷が著しく応急処置では継続使用が困難で建物に水損による被害がある
	屋外配管 65	A	21	32.3%	被害無し
		B	10	15.4%	会所等に僅かな浮陸、沈下があるが継続使用が可能である
給湯設備	給湯ボイラー 貯湯タンク 循環ポンプ 24	A	13	54.2%	被害無し
		B	4	16.7%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
		C	4	16.7%	タンク部材のひび割れで少量の漏水があり基礎も損傷しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	3	12.5%	ボイラー、タンクの転倒または破壊により漏水が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
配管類 24	A	15	62.5%	被害無し	
	B	1	4.2%	継ぎ手、支持金物の緩みがあるが継続使用が可能である	
	C	4	16.7%	配管の損傷による僅かな漏水があるが応急処置で継続使用が可能である	
	D	4	16.7%	配管の損傷が著しく応急処置では継続使用が困難で建物に水損による被害がある	
消化設備	消化タンク 充水タンク 呼水タンク 圧力タンク 49	A	37	75.7%	被害無し
		B	5	10.2%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
		C	5	10.2%	タンク部材のひび割れで少量の漏水があり基礎も損傷しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	2	4.1%	タンク本体の脱落、転倒または破壊により漏水が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
	加送水装置 48	A	44	91.7%	被害無し
		B	1	2.1%	軸心ズレ等による異常音があるが継続運転が可能である
配管類 52	加送水装置 48	C	2	4.2%	加圧送水装置に損傷があるが応急処置により継続使用が可能である
		D	1	2.1%	加圧送水装置の転倒等により損傷が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
		A	36	69.2%	被害無し
		B	2	3.8%	継ぎ手、支持金物の緩みがあるが継続使用が可能である
配管類 52	配管類 52	C	5	9.6%	配管の損傷による僅かな漏水があるが応急処置で継続使用が可能である
		D	9	17.3%	配管の損傷が著しく応急処置では継続使用が困難で建物に水損による被害がある

(空衛 '95-10)

<参考>

表4.6-12 営繕施設応急被災調査判定集計表（機械設備編、その2）

項目	判定	件数	比率	被災内容	
消火設備	散水ヘッド	A	41	80.4%	被害無し
	屋内消火栓	B	1	2.0%	散水ヘッドや消火栓固定ボルトの緩みがあるが継続使用が可能である
	屋外消火栓	C	0	0.0%	散水ヘッド、消火栓に僅かな漏水があるが応急処置により継続使用が可能である
	連結放水口	D	9	17.6%	散水ヘッド、消火栓の脱落損傷が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
冷凍機	冷凍機	A	29	55.8%	被害無し
	冷却塔	B	7	13.5%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
	ボイラー	C	13	25.0%	冷凍機、ボイラー、熱交換器に損傷があるが応急処置により継続使用が可能である
	冷水機	D	3	5.8%	冷凍機、ボイラー、熱交換器の損傷が多めで継続使用が困難であり取り替えが必要である
ポンプ	ポンプ	A	41	78.8%	被害無し
		B	6	11.5%	軸芯ズレ等による異常音があるが継続運転が可能である
		C	4	7.7%	ポンプ、同架台に損傷があるが応急処置により継続使用が可能である
		D	1	1.9%	ポンプ、同架台に損傷が多めで継続使用が困難で取り替えが必要である
蓄熱タンク	蓄熱タンク	A	35	68.6%	被害無し
	膨張タンク	B	7	13.7%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
	ヘッダー	C	5	9.8%	タンク部材のひび割れで少量の漏水があり基礎も損傷しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	4	7.8%	タンク本体の脱落、転倒または破壊により漏水が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
配管	配管	A	25	44.6%	被害無し
		B	10	17.9%	継ぎ手、支持金物の緩みがあるが継続使用が可能である
		C	13	23.2%	配管の損傷による僅かな漏水があるが応急処置で継続使用が可能である
		D	8	14.3%	配管の損傷が著しく応急処置では継続使用が困難で建物に水損による被害がある
空気調和機	空気調和機	A	32	53.3%	被害無し
	ファンコイルユニット	B	9	15.0%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
	全熱交換器	C	13	21.7%	空気調和機、ファンコイルユニットの損傷があるが応急処置により継続使用が可能である
	PC送風機	D	6	10.0%	空気調和機、ファンコイルユニットの損傷が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
ダクト	ダクト	A	33	58.9%	被害無し
		B	11	19.6%	継ぎ手、吊りボルト等の緩みによる異音が生じているが継続使用が可能である
		C	7	12.5%	ダクトの損傷による僅かな空気漏れがあるが応急処置により継続使用が可能である
		D	5	8.9%	ダクトの損傷が著しく応急処置では継続使用が困難である
吹出吸込天井扇	吹出吸込天井扇	A	35	62.5%	被害無し
		B	10	17.9%	吹出口、吸込口、天井扇の緩みがあるが継続使用が可能である
		C	5	8.9%	吹出口、吸込口、天井扇の損傷があるが応急処置で継続使用が可能である
		D	6	10.7%	吹出口、吸込口、天井扇の脱落損傷が著しく継続使用が困難で取り替えが必要である
自動制御	自動制御	A	51	91.1%	被害無し
		B	3	5.4%	制御機器、制御盤等の固定金具に緩みがあるが継続使用が可能である
		C	1	1.8%	制御機器、制御盤等配線等に僅かな損傷があるが応急修理により継続使用が可能である
		D	1	1.8%	制御機器、制御盤等配線等の損傷が著しく大規模修繕が必要で継続使用が困難である
煙道・煙突	煙道・煙突	A	24	54.5%	被害無し
		B	3	6.8%	煙道継ぎ手、支持金物等の緩みがあるが継続使用が可能である
		C	4	9.1%	煙道の損傷や煙突の耐火煉瓦が一部分崩壊しているが応急処置により継続使用が可能である
		D	13	29.5%	耐火煉瓦が殆ど崩壊し煙突下部に山積し排気ガスの排出が不能で継続使用が困難である
昇降機	昇降機	A	20	42.6%	被害無し
		B	14	29.8%	巻上機の固定用アンカーボルト等の緩みやガイドレール等の調整が必要であるが継続使用が可能である
		C	6	12.8%	制御盤や巻上機の損傷があるが応急処置により継続使用が可能である
		D	7	14.9%	制御盤や巻上機の損傷が著しく大規模な補修が必要であり継続使用が困難である
非常用自家発電機	非常用自家発電機	A	27	75.0%	被害無し
		B	1	2.8%	アンカーボルト等固定金具の緩み脱落があるが継続使用が可能である
		C	5	13.9%	原動機、発電機、制御盤、補機、配管の損傷が僅かで応急処置により継続使用が可能である
		D	3	8.3%	原動機、発電機、制御盤、補機の損傷が著しく大規模補修が必要で継続使用が困難である

注) 被災度判定については次の方式による。

調査施設毎に各項目についてA, B, C, Dによる判定を行い、A=5点、B=4点、C=3点、D=1点の数値に置き換えて平均点を求めて平均点が3点未満の場合を大規模被災、4点未満の場合を中規模被災、5点未満を軽微、5点を被災なしの判定を行った。

(空衛 '95-10)

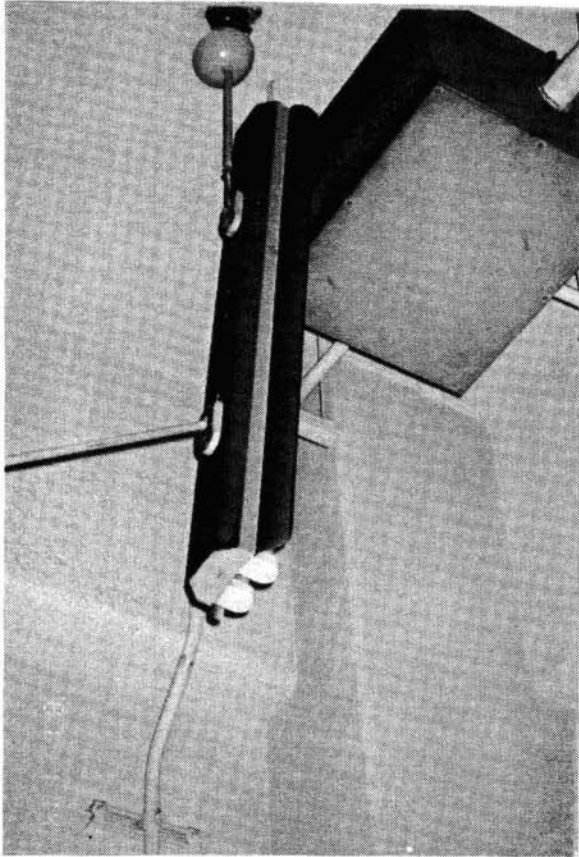


写真4.6-1 照明器具の落下

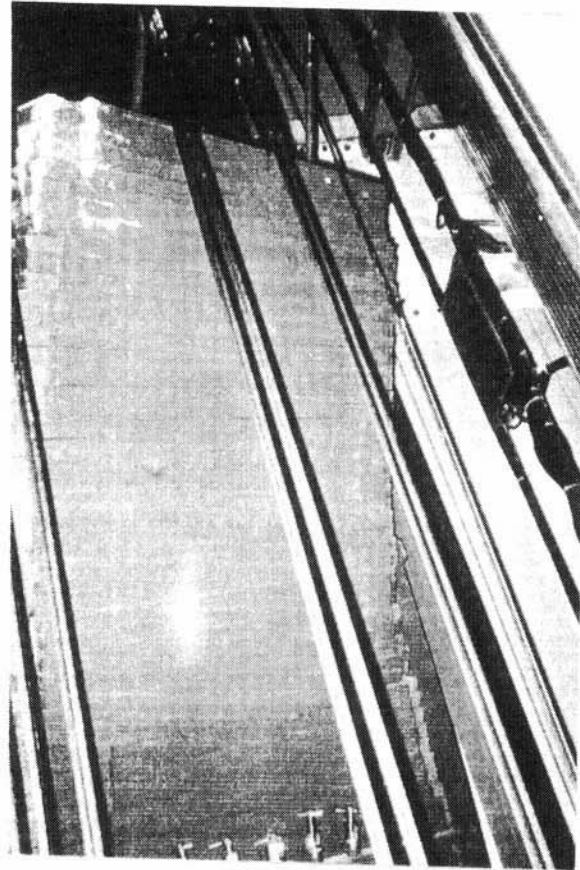


写真4.6-2 エレベータ用
カウンターウェイトの脱レール

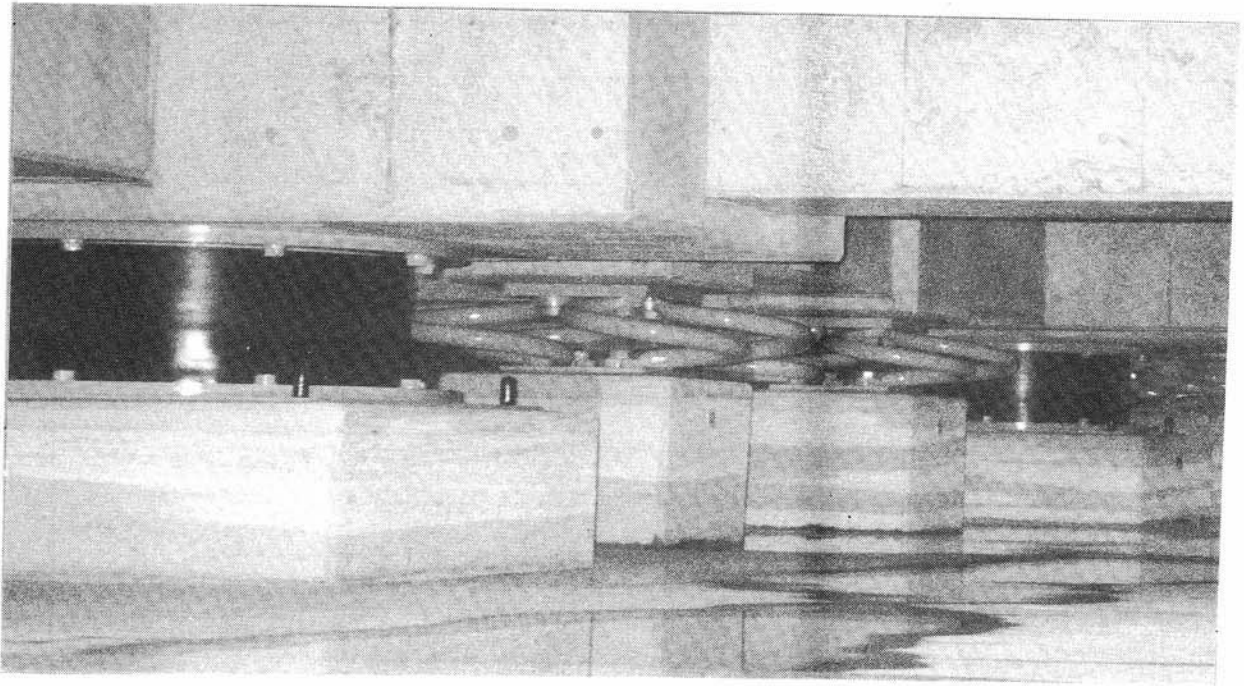


写真4.6-3 積層ゴム免震装置と鋼棒ダンパ

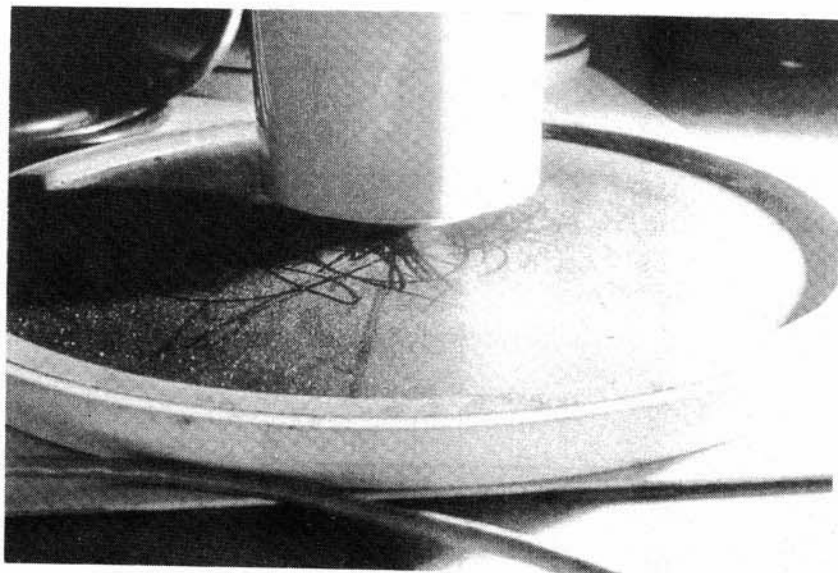


写真4.6-4 ボールベアリング式免震床の滑動軌跡

表4.6-13 建築設備の被害状況（その1）

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献No.	
建築設備	電力引込設備	架空引込用メッセンジャー	引抜け/損傷			59	
		地中引込ケーブル	せん断			59	
		引込ハンドポール	沈下・移動、土砂詰まり	地盤沈下、液状化		59	
		引込柱	倒壊			59	
	受変電設備	オープン電気室の重量物（変圧器・コンデンサ・開閉器等）	移動・転倒				59
		屋上キュービクル	移動・転倒				59
		変圧器防振ゴム	破損				59
		キュービクル基礎	破損・ボルト抜け				59
		モールド変圧器	破損				59
		受電室の建物	損壊				47
		地下受電室	浸水				47
		受電室内	地割れが発生、段差が発生				47
		基礎部	破損(アンカーボルト切断・抜け、基礎コンクリートの破損、架台の変形)				47
		架空電線路	支持物の倒壊、座屈、傾斜				47
		地中電線管路	損傷、ケーブルの切断				47
		キュービクル基礎地盤	沈下又は基礎工事不備に伴う倒壊、傾斜				47
		キュービクル扉	開閉不能	歪等			47
		変圧器基礎ボルト	破損、固定不備のため転倒、傾斜				47
		変圧器ブッシング	破損	母線からの応力			47
	屋内配線		建物の倒壊に伴う損壊、絶縁不良		スプリンクラー動作		47
	発電機設備	始動用蓄電池盤	転倒				59
		発電機盤	転倒				59
		燃料タンク・冷却水タンク	移動				59
		補機類	破損				59
煙道の耐火レンガ		崩壊				59	

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

表4.6-14 建築設備の被害状況（その2）

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献No.
建築設備	蓄電池設備	架台に接する末端・電槽	破損			59
		キュービクル収納架台	破損			59
		本体	破損	電槽間のスペース不良		59
	監視盤設備	配線	破損			59
		操作卓	移動			59
		監視盤設備建屋	湧水による被害			59
	幹線設備	金属ダクト	分離・変形			59
		配管	パイプ外れ			59
		ケーブルラック	吊ボルト外れ			59
		リモートステーション	移動・破損			59
		バスダクト	変形			59
		防火区画貫通部耐火材	剥離			59
	動力設備	動力盤	転倒			59
		ダクト・ラック	被害	地盤沈下		59
		屋上露出配管	移動・転倒	防水の関係で置き基礎施工であったため		59
		配管	引抜け・プルボックスの破損			59
		電動機	損壊、浸水			47
	電灯コンセント・照明器具設備	埋設蛍光灯器具	離脱			59
		システム器具	離脱			59
		埋込ダウンライト	離脱			59
		パイプ吊・チェン吊	破損			59
		ブラケット器具	破損			59
		シャンデリア器具	離脱・破損			59
		器具	落下、破損			47
	弱電設備	自動火災報知器	感知器の脱落			59
		スピーカー	脱落			59
		防火戸の電気鍵	破損			59

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

表4.6-15 建築設備の被害状況（その3）

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献No.	
建築設備	弱電設備	アンテナ	転倒			59	
		電気時計	脱落			59	
		ITVカメラ	脱落			59	
	その他設備	エキスパンション部	破損				59
		建屋	液状化による浸水				59
		OAフロア機器	移動				59
		スプリンクラ	破損による水害				59
		外灯	転倒、移動				59
	空調設備 (機器)	冷凍機、冷温水機接続配管	破損		防振ストップ-破断により、基礎からずれたため		60
		冷却塔本体	座屈、内部配管・仕切板の破損		基礎傾斜による		60
		冷凍機内部	充填材支持部での歪、破損				60
		ボイラ接続配管	破損		ボイラが基礎からずれたため		60
		ボイラ給水ポンプ廻り	配管、油配管などが破断				60
		ポンプ用防振架台	損傷				60
		空調機接続配管	破損		空調機が基礎からずれたため		60
		空調機吐出キャパシタ継手	脱落、破れ				60
		パッケージ型空調機	転倒、前面カバー脱落				60
		パッケージ型空調機防振ゴム、	脱落				60
		耐震ストップボルト					60
		床置型ファンコイル	転倒				60
		天井吊型ファンコイル(吊りボルト)	ずれ				60
		天井埋込型ファンコイル	配管・ダクト接続部の破損				60
排気ファン防振装置		防振ゴム外れ				60	
排気ファンサクション用シャフト		曲がり				60	
ファン吹込み短管		脱落				60	
エアコン室外機		基礎ごと移動し、転倒。転倒による冷媒配管破損		基礎部が屋上スラブコンクリートと一体化されていなかった		60	
空調設備 (ダクト・配管)		ダクト受けアングル(吊りボルト共)	脱落				60
	ダクト	座屈、及び脱落、つぶれ		振れ止めがなかった		60	
	天井取付器具類	ずれ及び脱落				60	

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

表4.6-16 建築設備の被害状況(その4)

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献No.	
建築設備	空調設備 (ダクト・配管)	排煙給気口	壁の崩壊により座屈			60	
		配管吊りボルト	曲がり			60	
		支持金物吊りボルト	ずれ			60	
		屋上配管用受け架台	基礎ごとずれ、配管破損			60	
		屋上横走り配管	ずれ及び蛇行			60	
	衛生設備	受水槽	コンクリート基礎部不等沈下、ずれ、 パネル接合部漏水及びパネル亀裂、接続配管破損	アンカーボルト破断による			60
							60
		高架水槽	側板・上板破断				60
			パネル接合部漏水及びパネル亀裂、ずれ	アンカーボルト破断による			60
		給水引込み管	破損	地盤沈下			60
		埋設散水栓配管	破損	地盤沈下			60
	各給水配管	建物際、引込み部分にて、せん断破壊				60	
	排水設備	配管	建物内壁貫通部付近で漏水				60
			器具廻り配管	漏水及び破損			60
		屋外配管	無勾配、逆勾配及び配管・破損	液状化等に伴う地盤不等沈下			60
		会所樹内	土砂流入、樹閉塞、崩壊、内部割れ	液状化等			60
	下水道設備	一部の雨水幹線	側壁の崩壊や倒壊、スラブの破損				62
		ボックスカルバート	破損				62
幹線管きよ		地下鉄の上部地盤陥没による破断、シールド 二次覆工のクラック				62	
		マンホール	地盤より突出	基礎地盤や埋戻し材の液状化により管きよに 浮力が生じたため	液状化対策	62	
		近傍の配管破損	管きよとマンホールの動きが異なるため、マンホールとの 接続部に応力が集中した	破損防止や被災後の機能維持のための対策	62		
		円形ブロックの割れ、側塊のずれ				62	
伏越し、雨水吐き及び吐き口		埋立地で多くの被害が発生	地盤の液状化やこれに伴う側方流動	液状化や側方流動対策	62		
エレベータンク流入水路		不同沈下、またはこれに伴う配管の切断、 基礎の露出	地盤の液状化			62	
雨水放流きよ、簡易処理水放流きよ		伸縮継手部破断と大きな開き	側方流動			62	

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による

表4.6-17 建築設備の被害状況（その5）

分野	設備名	被害箇所	被害内容	原因	対策	文献 No.	
建築設備	消火設備	ポンプ廻り	フレキシブル継手の歪			60	
		消火栓ボックス	扉が開き、ホースやノズルが散乱			60	
		壁埋込み型消化栓ボックス	変形し、扉の開閉不能			60	
		スプリンクラーヘッド	破損と水害	天井材の揺れによる		60	
	消火設備	スプリンクラ巻出し管	曲がり、破損				60
		建物エキスパンジョイント部	配管破損				60
		消火横走り配管	漏水及び破損				60
		外部埋設配管	破損	地盤沈下等			60
	ガス設備	引込み配管	建物際で破損	地盤沈下等			
		器具廻り	接続配管が破損	器具の移動、転落、脱落			
	屋内配線			建物の倒壊に伴う損壊、絶縁不良			47
			絶縁不良	スプリンクラー動作		47	

※) 文献No.は表4.1-2～表4.1-4のNo.による