

鋼構造シリーズ 10

実 態 と 分 析

actual damage

阪神・淡路大震災における
鋼構造物の震災の実態と分析

analysis

分 析

土木学会
Japan Society of Civil Engineers



actual damage



阪神・淡路大震災における 鋼構造物の震災の実態と分析



analysis



登録	平成 11年 6月 25日
番号	第 47057 号
社団法人	土木学会
附属	土木図書館

土木学会
Japan Society of Civil Engineers

まえがき

阪神・淡路大震災によって、土木鋼構造物ならびに各都市機能が甚大な被害を受けたことに鑑み、平成7年4月に鋼構造委員会内に鋼構造震災調査特別小委員会を設置し、鋼構造物の種類ごとに12のWGを設け、土木構造物全体の被害内容やその原因について整理・分析・記録するための調査・研究活動を行ってきた。本報告は、その活動成果をとりまとめたものである。

土木分野での鋼構造物については、全壊・倒壊したものから、大規模地震にもかかわらず耐震性が十分に発揮されたものまで、地盤状態、地振動の大きさと方向、構造物の保有している耐力などの各種の複合的な要因によって、様々な被害レベルのものが見受けられた。また、各種の免震、制振構造の効果についての貴重なデータが残された。鋼橋関連の被災状況を例にとると、鋼橋は、もともと地形的、地盤的に厳しい条件のもとに、また構造的に複雑な形状を余儀なくされる地点にコンクリート橋に代わって多用されてきているが、その割には今回の大規模地震に対して概略よくもち応えたと言える。鋼橋各部の中では、上部構造と橋脚との接点の支承部に多彩な破損パターンが見られた。支承部の破損については、それがヒューズの役目を果たし、過大な慣性力が橋脚や基礎工に伝わるのを防いだとの考え方もできるが、支承各部の飛散を防止する手立てを今後考えることが必要である。また、鋼製橋脚の一部に曲げ、またはせん断によって生じたと考えられる塑性変形と座屈現象が生じた。この現象に関しては、地震エネルギーが橋脚を構成する捕剛板の塑性変形、圧縮座屈変形やせん断座屈変形によって効果的に吸収された結果とも考えることができる。これらの多様な破壊、損傷モードを調査し、建設当初の設計・製作示方書に基づき構造物に期待された耐震挙動と実際に生じた挙動との相異点を明らかにし、その原因を正確に分析することは、大震災の貴重な経験を生かす上でもぜひとも必要とされることである。また、被災構造物の診断や応急復旧、補修・補強対策に関してもどのような考えに基づき、どのような手法により対策を講じたかを正確に整理・記録しておくことは重要なことである。さらに、被害原因を分析する中で、今後の耐震設計のあり方を模索することも必要とされることである。

本報告では、土木鋼構造物を鋼製橋脚、鋼上部構造、支承・伸縮継手・耐震連結装置、水管橋・歩道橋、合成構造、地中埋設物、湾岸構造物・クレーン、鉄塔・煙突、鋼管杭・基礎、タンク・プラント、地中・地下構造物、河川鋼構造物に分類し、各構造物ごとに被害の概要や特徴とその原因、補修補強対策などを記述することにより、読者がより総合的に理解しやすいように配慮した。本報告が土木鋼構造物における今後の耐震設計の向上に役立つことを心から願うものである。

なお、本報告書の一部については、土木学会発行の阪神・淡路大震災調査報告・第4巻土木構造物の被害原因の検討、第2章 鋼構造物(平成9年12月発行)と同一あるいは類似の内容となっている。これは本報告書と阪神・淡路大震災調査報告を同一の執筆陣で担当作成したこと、および阪神・淡路大震災調査報告の出版が諸般の事情により約1年遅れたため、本特別小委員会の設置期限を半年延長したにもかかわらず、本報告書の作成に専らかける時間が不足したことによる。このあたりの事情をご賢察の上、ご了解頂きたい。

本報告をとりまとめるにあたってご協力を頂いた、各鋼構造物WGの主査、執筆担当者および幹事、委員の方々に深く感謝の意を表す次第である。

1999年3月

土木学会鋼構造委員会
鋼構造震災調査特別小委員会
委員長 福本 哉士

土木学会 鋼構造委員会 鋼構造震災調査特別小委員会 委員構成

委員長

福本 喬士（福山大学）

幹事長

三木 千寿（東京工業大学）

鋼構造物WG主査

宇佐美 勉（名古屋大学）	西村 宣男（大阪大学）
北田 俊行（大阪市立大学）	大倉 一郎（大阪大学）
栗田 章光（大阪工業大学）	高田 至郎（神戸大学）
長井 正嗣（長岡技術科学大学）	杉浦 邦征（京都大学）
藤井 堅（広島大学）	坂野 昌弘（関西大学）
奈良 敬（岐阜大学）	中村 秀治（電力中央研究所）

委員兼WGメンバー

WG1 鋼橋脚（主査：宇佐美 勉）

青木 徹彦（愛知工業大学）	家村 浩和（京都大学）
伊藤 義人（名古屋大学）	山田 友久（中央コンサルタント）

WG2 鋼上部構造（主査：西村 宣男）

田島 仁志（首都高速道路公団）	藤野 陽三（東京大学）
山田健太郎（名古屋大学）	

WG3 支承・伸縮継手等（主査：北田 俊行）

加藤 正晴（ショーボンド建設）	川原壯一郎（オレス工業）
小塚 均（川口金属工業）	後藤 芳顯（名古屋工業大学）
鯨島 能章（駒井鉄工）	塙本 陸浩（日本鋼管）
安井 亨（ウェスコ）	

WG4 水道橋・歩道橋等（主査：大倉 一郎）

今井 孝義（日立造船）	速見 善昭（栗本鉄工所）
堀口 隆良（長大）	

WG5 合成構造（主査：栗田 章光）

明田 啓史（松尾橋梁）	魚井 敬次（片山ストラテック）
奥村 敏夫（中央復建コンサルタント）	竹田 三男（酒井鉄工所）
宮本 文穂（山口大学）	吉田順一郎（川田工業）

WG6 地中構造物（主査：高田 至郎）

岩本 利行（クボタ）	江尻 譲嗣（大林組）
中島 良和（日本鋼管）	

WG7 港湾構造物・クレーン (主査:長井 正嗣)

阿比留久徳 (三菱重工) 倉石 謙司 (清水建設)
近江 宗作 (港湾荷役機械化協会) 佐藤 信之 (神戸埠頭公社)
田中 祐人 (川崎製鉄) 松井 五郎 (建設技術コンサルタント)
丸山 繁久 (港湾荷役機械化協会) 渡邊 英一 (京都大学)
清宮 理 (早稲田大学)

WG8 鉄塔・煙突等 (主査:杉浦 邦征)

中村 聖三 (川崎製鉄) 矢部 順一 (川崎重工業)

WG9 鋼管杭・基礎等 (主査:藤井 堅)

川村 彰誉 (新日本製鉄) 木邑 正 (新日本製鉄)
島岡 久壽 (日本鋼管) 白石 俊英 (大成建設)
友広 熱 (大成建設) 吉田 映 (日本鋼管)

WG10 タンク・プラント等 (主査:坂野 昌弘)

大谷 修 (神戸製鋼所) 熊谷 洋司 (三菱重工業)
下手 英登 (日本造船) 面谷 幸男 (川崎重工業)

WG11 地中・地下構造物 (主査:奈良 敬)

金子 傑 (パシフィックコンサルタンツ) 竹内 聰 (鹿島建設)

WG12 河川鋼構造物 (主査:中村 秀治)

羽田 靖人 (川崎重工) 村山 弘 (栗本鉄工所)
山音 秀夫 (酒井鉄工所)

委 員

石岡 英男 (大阪市)	市川 篤 (東京工業大学)
稻葉 紀昭 (日本鉄道建設公団)	柄川 伸一 (首都高速道路公団)
小川 安雄 (大阪ガス)	片瀬 範雄 (神戸市)
北川 信 (本州四国連絡橋公団)	坂井 藤一 (川崎重工業)
鈴木 雅夫 (NTT)	関 惟忠 (阪神高速道路公団)
寺田 昌史 (関西電力)	徳岡 研三 (JR西日本)
中島 裕之 (阪神高速道路公団)	西川 和廣 (建設省土木研究所)
橋本 正治 (川崎製鉄)	前田 強 (兵庫県)
山縣 啓二 (日本道路公団)	

委 員 (兼幹事)

飯村 修 (住友金属工業)	大田 孝二 (大和設計)
三浦章三郎 (三菱重工業)	本間 宏二 (新日本製鉄)
名取 暢 (横河メンテック)	

阪神・淡路大震災における鋼構造物の震災の実態と分析

目 次

第1章 鋼製橋脚	1
1.1 概 説	1
1.2 箱型断面橋脚	3
1.3 パイプ断面橋脚	6
1.4 鋼製橋脚の脆性破壊	20
1.5 鋳钢管ラーメン橋脚に生じた脆性破壊	33
第2章 鋼上部構造	41
2.1 被害パターンとその分類	41
2.2 被害の原因分析	43
2.3 既往の地震被害との比較	48
2.4 ま と め	48
第3章 支承・伸縮継手・耐震連結装置	49
3.1 概 説	49
3.2 支承の被害・原因および復旧方法	49
3.3 伸縮継手の被害・原因および復旧方法	62
3.4 耐震連結装置の被害・原因および復旧方法	68
3.5 ま と め	76
第4章 歩道橋	79
4.1 概 説	79
4.2 被害調査結果	79
4.3 被害原因の検討	84
4.4 ま と め	87
第5章 複合構造物	89
5.1 概 説	89
5.2 被害の概要とその原因の検討	90
5.3 復旧および補修・補強事例	102
5.4 結 論	120
第6章 地中埋設物	123
6.1 地中パイプライン被害と地震荷重	123
6.2 ダクタイル管の被害モードと原因分析	126
6.3 水道用钢管の被害モードと原因解析	133
第7章 港湾構造物・クレーン	137
7.1 概 説	137
7.2 阪神・淡路大震災前の耐震設計法	137
7.3 棧橋, ドルフィン, 鋼板セル, 渡橋	150
7.4 沈埋トンネル	158
7.5 コンテナクレーン	161
7.6 ま と め	176

第8章 鋼管杭・基礎	179
8.1 概　　説	179
8.2 護岸・岸壁等構造物における鋼管杭の被害	179
8.3 橋梁基礎の被害	183
8.4 建築構造物基礎の被害	190
8.5 被災のメカニズム	198
8.6 ま　と　め	204
第9章 タンク・プラント	205
9.1 概　　説	205
9.2 高圧ガスタンク	205
9.3 石油タンク類の被害	210
9.4 電力設備	214
9.5 工場プラント	221
9.6 上下水道施設	223
9.7 廃棄物処理施設	225
9.8 ま　と　め	228
第10章 地中・地下構造物	231
10.1 概　　説	231
10.2 山岳トンネル	231
10.3 地　下　鉄	238
10.4 地　下　街	241
10.5 地下駐車場	241
10.6 ライフライン幹線	243
10.7 結　　言	246
第11章 河川鋼構造物	247
11.1 概　　説	247
11.2 対象構造物	247
11.3 アンケート調査	251
11.4 実地調査	257
11.5 補修、補強対策	270
11.6 ま　と　め	270