

1. 構造物別被害報告

以下の阪神大震災報告では、主として鋼構造物の被害状況を概説する。まず、国道43号線上の阪神高速道路神戸線について東から西に向かって、典型的な被害状況を説明する。その後、同じく阪神高速道路湾岸線を東から西に向かって、主として西宮港大橋、東神戸大橋、六甲アイランド大橋の被害状況を説明する。最後に、ハーバーハイウェイについて、摩耶第2大橋付近から神戸大橋にかけての被害状況を説明する（図-1.1）。

1.1 阪神高速道路神戸線，国道43号線

（1）西宮市，甲子園付近（神P-160）

甲子園前の交差点で一般国道43号の立体交差の高架部分があるため、阪神高速は中央分離帯で左右に分離している。そのためかなり南北方向にスパンの広いラーメン型鋼製橋脚が多数となっている。1部のラーメン橋脚の基部（中詰めコンクリートの上）に縦リブ間を半波モードとした局部座屈が発生している。これは、橋軸方向の繰り返し荷重による曲げモーメントの大きな基部に局部座屈が発生したと考えられる。桁形式は、単純桁および連続桁が混在している区間である。落橋防止装置には損傷はない。ただし、ほとんどの支承で橋軸方向に支承が損傷し、それにより桁端のずれが多数発生している（図-1.2，写真-1.1）。

（2）西宮市，名神西宮 I. C. 東 新川（今津）左岸橋脚（西P-167）

新川左岸のコンクリート製橋脚が橋軸方向へのせん断破壊により倒壊した。その結果、倒壊した橋脚の両側の単純桁がV字型に落橋している。落橋防止装置のピンの抜け落ちまたは増し厚してあるウェブ材の破断が見られる。落橋防止装置のタイバーそのものの破断はみられない。倒壊橋脚の2スパンだけ東の桁は高潮交差点があるため連続桁で鋼製橋脚となっている（T型およびラーメン形式）。倒壊した橋脚の両側は同じくコンクリート製橋脚であり、倒壊はしていないが、基部にはクラックが入っている。さらにその橋脚の両側の橋脚（同じくコンクリート製橋脚）は曲げせん断破壊のような破壊を生じている。しかし、倒壊はしていない。その橋脚の大阪側（東）のT型鋼製橋脚（連続桁）は損傷が見られない。ただし、そのT型鋼製橋脚の上の支承は桁からはずれ、破壊している。この付近の桁は全て鋼製桁である（図-1.3，写真-1.2）。

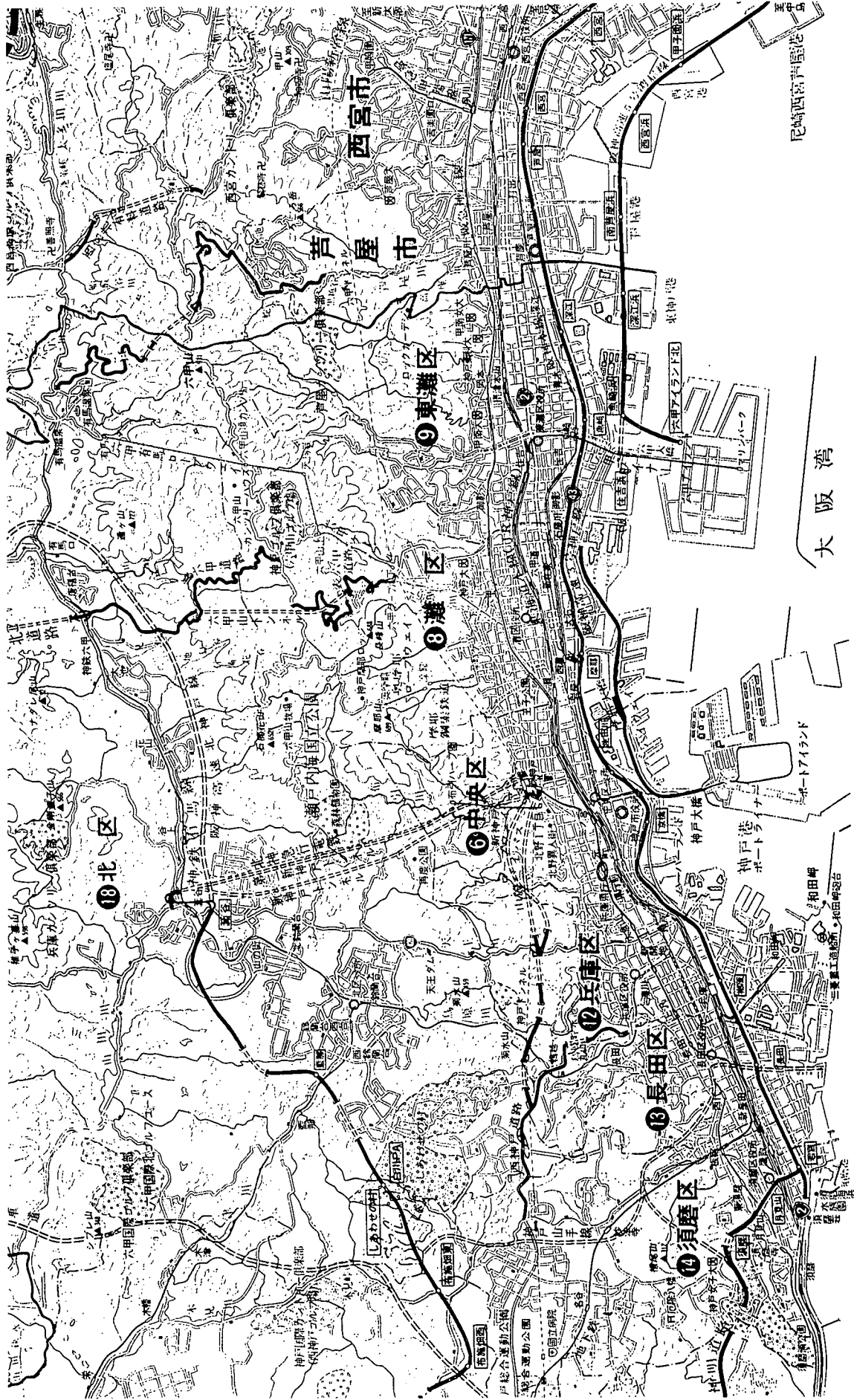


図 - 1.1.1 神戸市近郊阪神高速道路位置

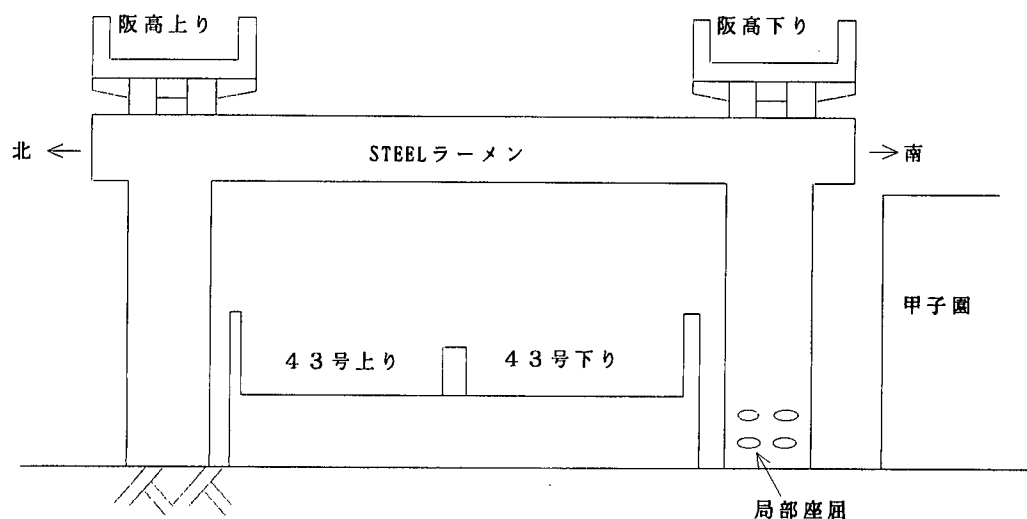


図-1.2 神戸市近郊阪神高速道路位置

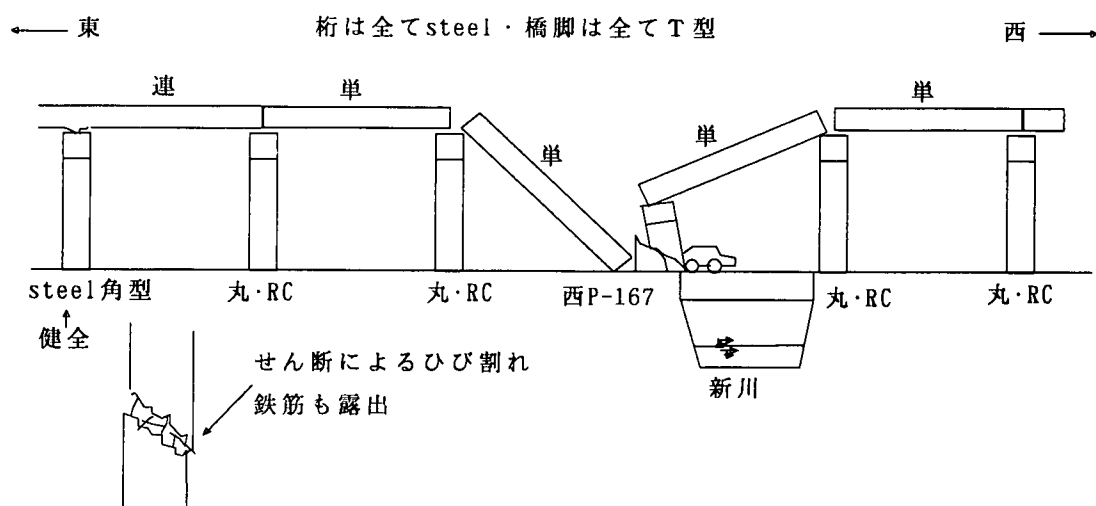


図-1.3 新川左岸橋脚崩壊

(3) 西宮市今津，名神西宮 I. C. 西（神P-6）

変断面の補剛箱形断面 T 型鋼製橋脚で，片端を 1 本柱のコンクリート製橋脚で支えている．鋼製橋脚の基部に局部座屈が発生している．フランジ部にマンホールが確認でき，これが弱点になった可能性がある．マンホールのある面は内側にへこむ座屈が確認できる．断面形状が変わるところを境に，フランジ及びウェブパネルの局部座屈を起こしている．また，南北面は外側へ座屈している．フランジ及びウェブの 4 面とも半波の座屈形状で，縦補剛材の間の変形は見られない．溶接割れは，どこにも見られない．橋脚の番号は神 P-6 である（図-1.4，写真-1.3）．

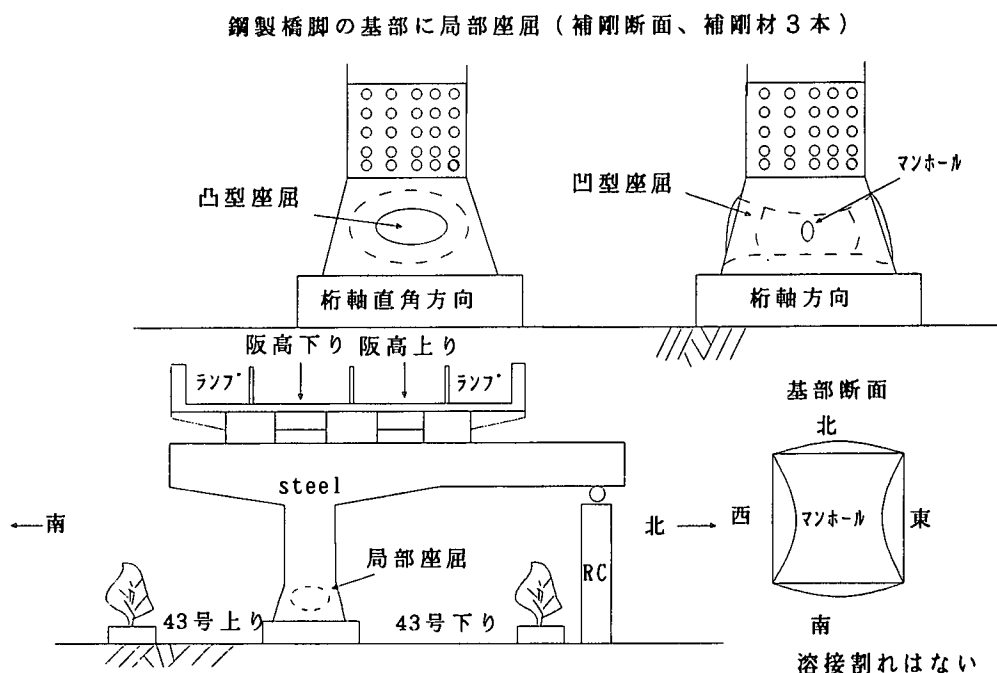


図-1.4 橋脚基部における局部座屈

（４）名神西宮 I. C. 北（P-25）

阪神高速道路から北に行った名神高速道路西宮 I. C. 北の瓦木西高架橋の Skew の三径間連続 RC 中空床版橋が落橋している。日本道路公団の所轄している橋梁の中で唯一落橋したものである。中間のロッキングピアーが倒壊し、落橋したものである（写真-1.4）。

（５）今津～西宮間の阪神高速

この区間は T 型コンクリート製橋脚と鋼製桁が多く、ほとんどすべてのコンクリート製橋脚の基部にクラックが発生している。場所によっては、支承および落橋防止装置の破損により桁端のずれがある。ただし、橋脚は倒壊していない（写真なし）。

（６）西宮市、西宮本町交差点西（神 P-39～P-42）

単純桁が連続して 2 つ落橋している。スキーバスが、前輪を落橋部分に踏み出して、かろうじて止まった所である。落橋した単純桁の 2 スパン東は本町交差点を通過するゲルバー形式を含む連続鋼箱桁である。なお、この連続桁のゲルバー部の落橋防止装置は桁の下面を連結するタイプであるが、地震によりゲルバーの掛け違い部の移動はあるが損傷は見られない。落橋した桁の橋脚を含めこの付近はほとんどコンクリート製橋脚である。橋脚は倒壊していないが、基部には大きなクラックが入り、鉄筋がむき出しになっている。また、一部の主鉄筋がガス圧接部の中心で破断している。帯鉄筋の間隔は約 30cm である。一部の落橋防止装置のピンが抜け落ちている。落橋防止装置の取付位置のウェブの増し厚がされているため、ウェブの破断はほとんど見られな

い。この付近は桁全体がかなり橋軸方向に移動しており、支承も破壊されている。

橋軸方向の大きな揺れにより、各単純桁が西の方向に移動し、落橋防止装置を破壊し、自由になった桁が橋脚から落ちるようにして落橋している。連続桁のすぐ西の単純桁は落橋防止装置が有効に働き落橋せずに橋脚上にかろうじてとどまっている。また、連続桁の西端の支承付近の桁のウェブに引張によるせん断座屈が生じている。落橋していない桁の落橋防止装置の中にも落橋防止装置のピンの抜け落ちが見られる。

路面に落ちた桁の端面が圧縮されて潰れたようになっているのは、落下するときに橋脚と激しくこすれあったためと考えられる（図-1.5、写真-1.5）。

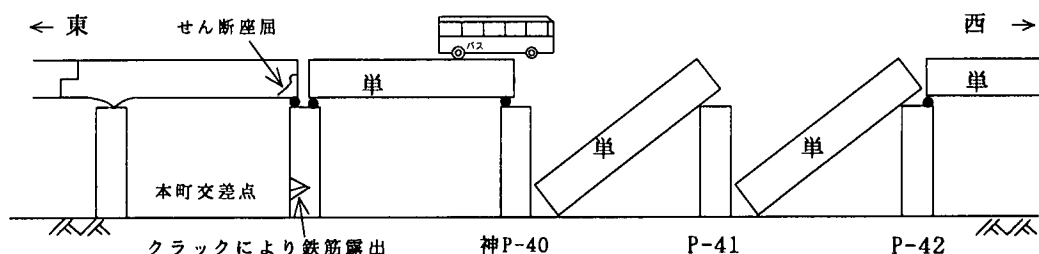


図-1.5 鋼製桁の移動による落橋

（7）西宮市，阪神高速西宮出入口西，建石交差点（神P-55）

この付近は阪神高速西宮入出路があるため、桁幅が他の部分より広い。そのためT型鋼製橋脚（フランジ幅2800mmXウェブ幅3000mmの箱形断面）であるが梁が長い（45.5m）ので、その両端を1本柱コンクリート製橋脚で支えている。鋼製橋脚は、フランジとウェブの4隅の角溶接線が全て破断して中詰めコンクリートの位置まで圧壊している。フランジ側の鉄板は内側に巻き込むような形状になっている。水平地震動だけでなく、鉛直地震動も関与している可能性もある。充填コンクリートは根巻きコンクリートの高さ程度（1m強）までしか入っていない。この橋脚の圧壊は、地震後1時間程度後に生じたという地元民の証言がある。これは、地震時に中詰めコンクリートの上部付近で局部座屈が発生し、角溶接が割れ、鉛直耐力が小さくなり、ショートニングが次第に発生し、その後、はりの座屈により上部構造の自重を全て受け持つようになり圧壊したのではないかと考えられる。

梁は長いため、梁の張り出した部分の中間点（桁の幅の両端）で左右2カ所の塑性ヒンジができ折れ曲がっている。また、それを支えているコンクリート製橋脚の支承は破損し梁は完全に橋脚から飛び出して、今にも落下しそうである。

この橋脚の西側はT型鋼製橋脚であるが、損傷は受けていない。さらにその西はT型コンクリート製橋脚であるが、せん断破壊を起こしている（ここでも鉄筋は圧接部での破断が多い）。東側はT型コンクリート製橋脚（基部に損傷）と逆L字型コンクリート製橋脚である（図-1.6、写真-1.6）。

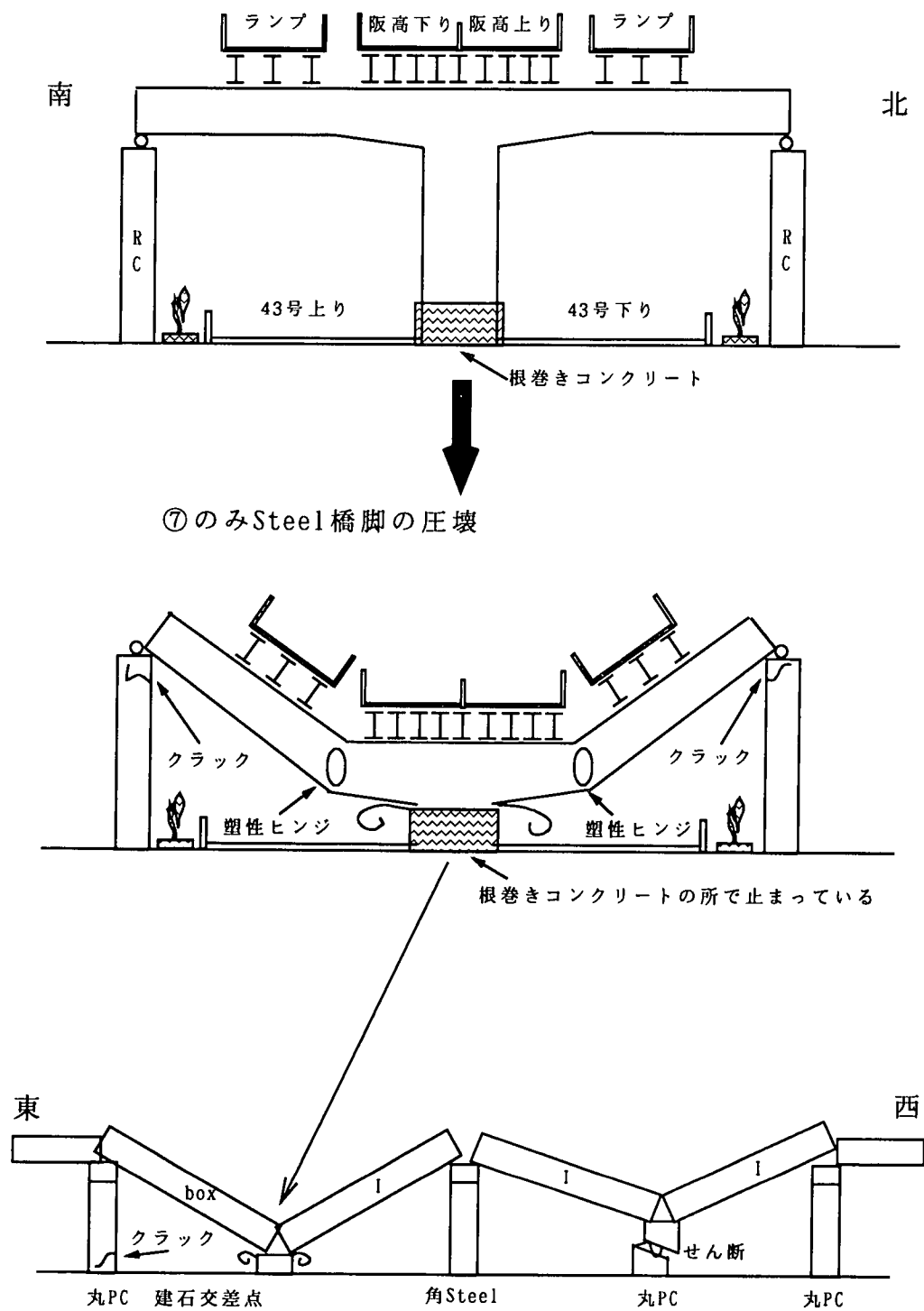


図-1.6 T型鋼製橋脚の圧壊

(8) 阪神本線香炉園（こうろえん）駅付近

写真はないが、駅舎およびプラットホームに大打撃を受けている。特にプラットホームは復旧にかなりの時間を要することが予想される。なお、このすぐ近くを流れる夙川（しゅくがわ）に架かる一般国道43号線の橋梁部と一般部の段差が約20cmあり、自動二輪および小形乗用車の走行にかなりの支障をきたしていた。

(9) 西宮市川西町，阪高芦屋出入口東（神P-68）

補剛箱形断面T型鋼製橋脚で、片端を1本柱コンクリート製橋脚で支えている。鋼製橋脚の典型的な局部座屈が観察できる。縦補剛材を節にした半波の座屈モードが観察される。この橋脚の寸法は2700mm x 2900mmの箱形断面である。補剛材はフランジ、ウェブにそれぞれ5本である。基部の根巻きコンクリートにもクラックが観察できる。

この付近の阪神高速芦屋出入口のランプの1本柱コンクリート製橋脚が傾いたり、コンクリート製ラーメン橋脚の横梁部分にクラックが入った入りしている。そのため、一部では落橋防止装置や支承の破損が見られ、落橋寸前の桁もある（図-1.7，写真-1.7）。

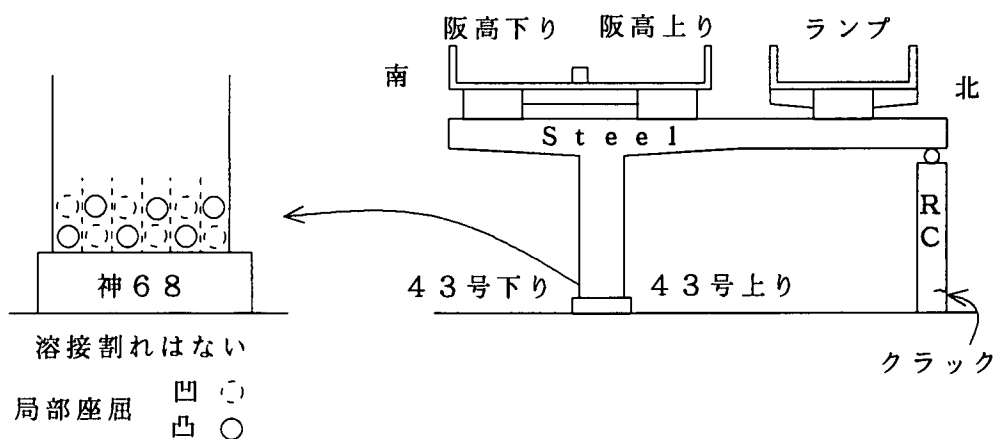


図-1.7 T型鋼製橋脚の基部の局部座屈

(10) 神戸市東灘区，大日交差（深江地区）（神P-126～P-142）

約640mに渡りピルツ形式のコンクリート製橋脚が18本山側（北）に倒れている。形式はコンクリートの桁と一体になったゲルバーのピルツ構造である。倒れた橋脚群の東西は鋼製の桁を持ったコンクリート製橋脚であり、基部は多少損傷しているが、倒壊には至っておらず、上部構造の重量の違いによる差が明確である。また、主鉄筋は圧接部の中心で破断しているのが多く、帯鉄筋は同じく30cmピッチに入っており、主鉄筋と同様に破断している。注意すべきは、この区間だけPC製の桁となっており、この部分だけ倒壊しており、両隣りの鋼桁の載っているコンクリート橋脚は、クラックやかぶりコンクリートの剥離が見られるが倒壊や落橋には至っていない。トップヘビーな構造は、設計震度を越えた場合の余剰耐力に余裕がないといえる（図-1.8，写真-1.8）。

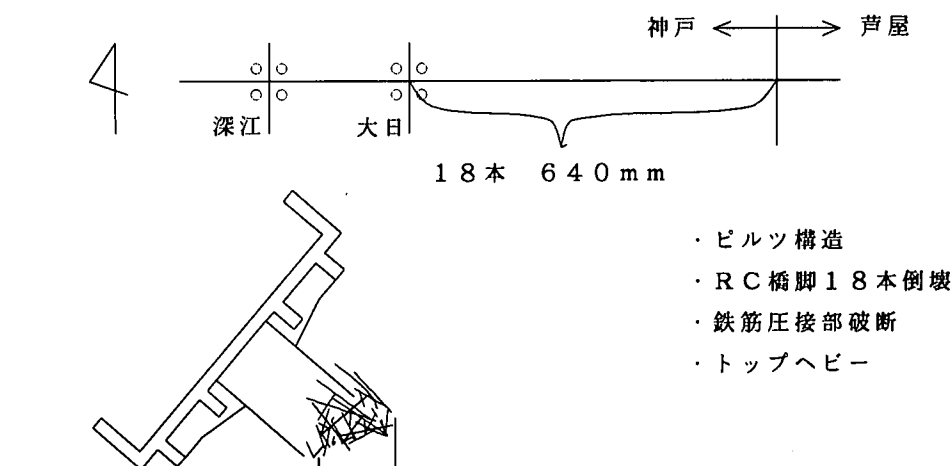


図-1.8 ピルツ形式コンクリート製橋脚の倒壊

(11) 神戸市東灘区，深江交差点西（神P-150）

大日交差点から西の深江交差点では，連続鋼箱桁の固定支承のT型コンクリート橋脚がせん断破壊している．そのため，鋼箱桁の1ヶ所で塑性ヒンジが発生している．主鉄筋の間隔は20cmであり帯鉄筋の間隔は30cmである．ここでも鉄筋の圧接部における破断が目立つ（高さ約5m）．その東西のコンクリート製橋脚にも損傷は有るが倒壊には至っていない．連続桁の中間点での支点沈下型となっている（図-1.9，写真-1.9）．

3径間連続鋼箱桁，全てT型橋脚

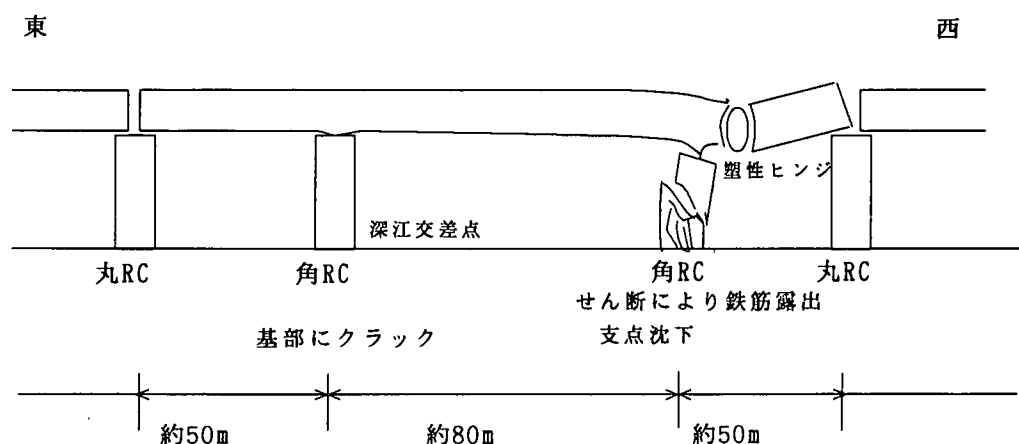


図-1.9 橋脚の破壊による支点沈下のため箱桁に座屈

(12) 神戸市東灘区，阪神高速道路深江出入口，青木交差点付近

（神P-169～P-171付近）

この付近も出入口があるため，建石交差点で圧壊したような鋼製橋脚と同様なT型で長い梁を持ちその先端をコンクリート製橋脚で支えるといった形式を持った鋼製橋

脚が有る。しかし、ここでは倒壊には至らず局部座屈や支承の破損，といった程度で
かろうじて落橋をしていない。

(13) 神戸市東灘区，阪神高速道路魚崎出入口，覚浄寺交差点付近，

この付近も出入口があるため，建石交差点や青木交差点のような鋼製橋脚と同様な
T型で長い梁を持ちその先端をコンクリート製橋脚で支えるといった形式を持った鋼
製橋脚が有る。しかし，ここでも倒壊には至らず局部座屈や支承の破損，といった程
度でかろうじて落橋をしていない。ただし，逆L字型の橋脚を用いている阪神高速出
入口のランプの一部で落橋しかかっている桁があるが，連続桁であるためその前後の
桁や橋脚によって支えられているようである。

(14) 神戸市東灘区，浜中交差点（神P-240）

ここの交差点でも深江交差点と同様に，連続桁の中間支点でのコンクリート製橋脚
のせん断破壊による支点沈下型の崩壊となっており，鋼箱桁の2ヶ所で塑性ヒンジが
発生している。その東西のコンクリート製橋脚には損傷は有るが倒壊には至ってい
ない（図-1.10，写真-1.10）。

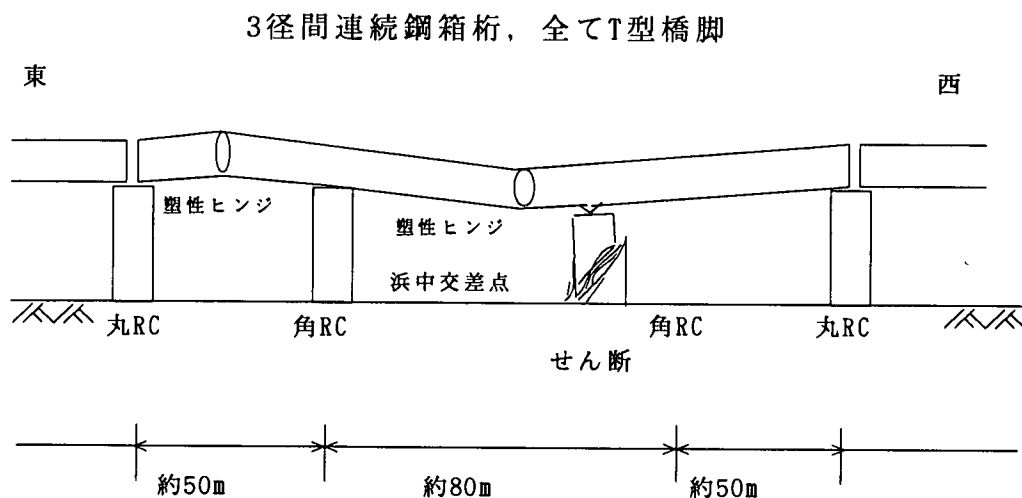


図-1.10 橋脚の破壊による支点沈下のため箱桁に座屈

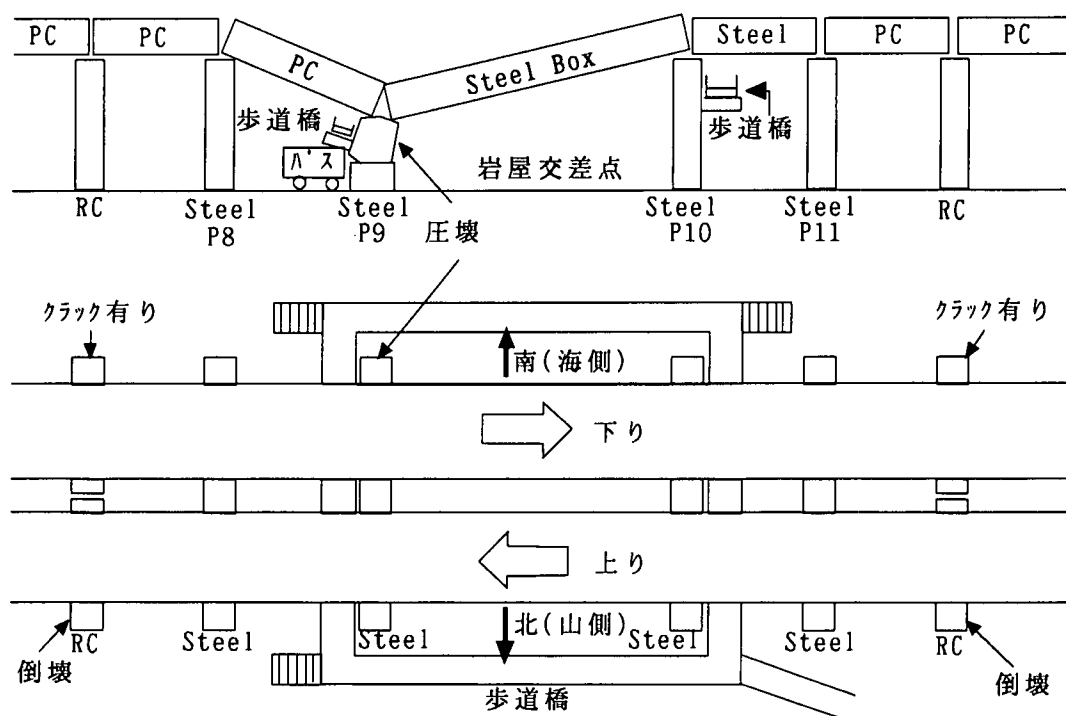
(15) 神戸市灘区，岩屋交差点（国道43号と2号の合流点の高架橋）（P-9）

岩屋交差点は国道43号と国道2号の合流点で，ここより以西は国道2号線となる。
幹線となる国道43号を立体交差の高架部分で通している構造である。交差点部分は鋼
製箱形断面桁を2本のT型鋼製橋脚で支えている。鋼製橋脚はこの他にもう1本ずつ
同様の形式のものが交差点東西側にあり計4本有る。残りの橋脚は全てコンクリート
製橋脚で上下線を別々に支えている。また，鋼製桁は交差点西にもう1スパン有るが，
残りの桁は全てPC桁で，これらは上下線が別々になっており高架部分は約600mある。

東

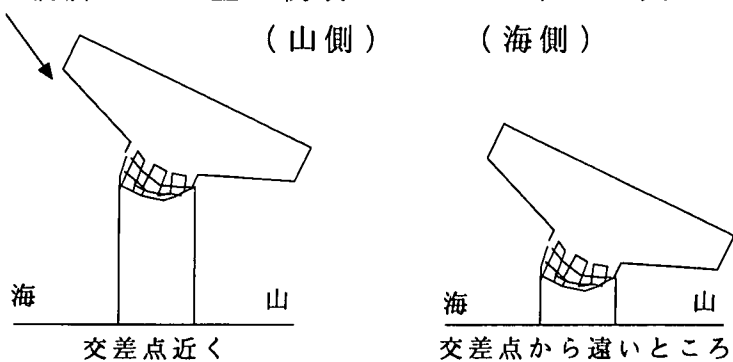
T型鋼製橋脚圧壊

西



- ・ Steel 橋脚はT型1本で上下線を支えている。
- ・ RCは上下線を別々のT型橋脚で支えている。
- ・ RC橋脚はほぼ全て倒壊またはクラックが入っている。

(山側) (海側)



P9拡大図

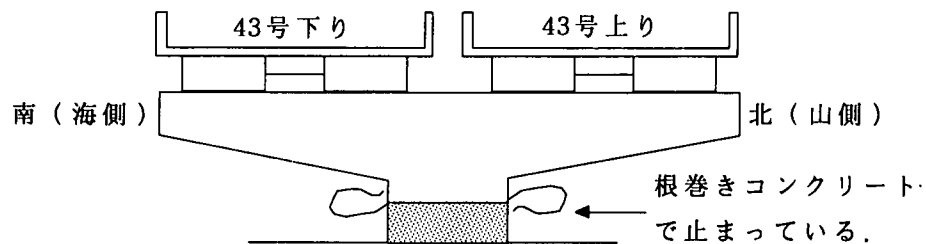


図-1.11 T型鋼製橋脚の圧壊

ここでは岩屋交差点東の鋼製橋脚（P-9）が圧壊した。鋼製のT型の形式で、基部の断面は先の建石の交差点で見られた鋼製橋脚の圧壊とほぼ同じ様な破壊形態である。圧壊した橋脚は2500mm x 2500mmの補剛箱形断面であり、板厚は22mmである。165mm x 14mmの縦リブがフランジとウェブで3本ずつ入っている。撤去後の観察によると、基部の海側（南側）のウェブパネルは局部座屈し、その座屈変形に引っ張られた形で、中詰めコンクリートに15cm程度のクラックが発生している。このことより、基部の局部座屈の発生により、中詰めコンクリート付近で角溶接にクラックが発生し、鉛直耐力がなくなり圧壊したものと考えられる。

東西の橋脚は同じくT型钢製橋脚（P-8, P-10）であり、橋軸直角方向に傾いてはいるが、倒壊には至っていない。また、圧壊した橋脚の上の桁は鋼製の単純桁で、交差点を横断する箱形断面桁でありスパンが他の桁より長くなっている（約57m）。

P-11の鋼製橋脚は、ほぼ直立しており、基部の根巻きコンクリートにクラックが入っているだけであるが、撤去後に内部を観察すると写真-1.11のように中詰めコンクリートが詰められていないため、根巻きコンクリートの部分でフランジ及ウェブの両者に局部座屈が発生し、変形の大きな山側（北側）のウェブパネルの角にはクラックも発生している。

この交差点の東西の橋脚は高架道路部分すべてがT型のコンクリート製橋脚で、約200～300mに渡り東西とも山側のみが倒壊している。破壊形態は梁と橋脚の付け根の少し下の所で山側（北）に折れている。つまり、基部ではなく、かなり上の方で大きなクラックを生じており、山側（北）の橋脚は橋脚の短いものを除いてほぼ全て倒壊している。また、南側の橋脚も倒れてはいないものの同様な位置にクラックを生じている。すぐ南を走る阪神高速神戸線の非常停車帯の単スパンの桁が落橋している（図-1.11, 写真-1.11）。

（16）神戸市中央区、脇浜町付近（神P-351～P-353）

阪神高速神戸線、神戸市中央区脇浜町付近の1層1スパンラーメン鋼製橋脚（P-351）の隅角部にクラックが発生している。クラックの大きな進展は見られない。単純梁ばかりであるが、桁の落下はない。しかし、ほぼすべての桁が支承から落ちて海側へ移動している。

この橋脚のすぐ西側の片側の梁が極端に長いT型の鋼製橋脚（P-352）は、海側に傾いており、基部を掘削して観察した結果、南北のアンカーボルトが伸びていることが分かった。一方、そのすぐ西の同型式のP-353は、海側のウェブの基部で、中詰めコンクリートの直上で、パネル全体の局部座屈が見られる（写真-1.12）。

（17）神戸市中央区、弁天町付近、国道二号浜手バイパス、メリケンパーク東 （浜手B P P-34～P-41）

上下線で2層となったラーメン形式鋼製橋脚で、1層目の柱基部または柱の中間部に縦補剛材間を半波の変形モードとする局部座屈が発生している。メリケンパークの

東では桁の横ずれ（橋軸直角方向に）も発生している。しかし落橋には至っていない（写真-1.13）。

（18）神戸市中央区，弁天町付近，国道二号浜手バイパス，メリケンパーク西

（浜手B P P-49）

3径間連続I桁橋の固定支承があると思われる円形断面の鋼製橋脚のかなり高いところに全断面にきれいな提灯座屈が発生している。これは、断面変化した位置と考えられ、基部には中詰めコンクリートがあるため座屈できず、上の方で抵抗モーメントの小さな断面で、橋軸直角方向の水平地震動の繰り返しによって、局部座屈がつながったと考えられる。鉛直地震動も一部、この変形が発生するのを助けているかもしれない。ただし、前後の同形式の橋脚には局部座屈などの損傷は見られない（写真-1.14）。

（19）神戸市兵庫区，松原交差点西付近，阪神高速神戸線（神P-580～P-585）

阪神高速神戸線，JR兵庫駅南西，松原交差点から西のP-580～P-585の円形断面を柱とするT型鋼製橋脚に大きな被害が見られる。JR和田岬線が南北に通っており、東西に国道2号が横切るため立体交差となる。そのため国道2号にそって走る阪神高速が国道2号の南北の両側に上下線が分離する形となり、かなりハイピアーのパイプ断面を使用している。ほぼすべての橋脚で柱基部ではなく柱長さの中間点付近に局部座屈（提灯座屈を含む）が発生している。

P-580海側の橋脚は、小さな局部座屈が発生しており、その部分にクラックが発生している。P-584海側の橋脚は、局部座屈の部分で全断面に破断クラックは発生して、上部構造が連続形式であるため、落橋には至っていないが、破断面から山側に大きく傾いている。P-584山側の橋脚では、局部座屈部分の断面の半分ほどに潰れるような破断クラックが発生している（写真-1.15）。

（20）神戸市長田区，湊川交差点，阪神高速神戸線（神P-608付近）

湊川I.C.の曲線の2スパンの鋼箱桁が中央のRC橋脚の損傷により移動したため、桁が落ちた。河川に落ちたために、下の国道の交通の障害とはなっていない（写真-1.16）。

（21）神戸市長田区，大橋町2丁目付近，阪神高速神戸線（神P-617，P-618）

円形断面T型鋼製橋脚の基部に、橋軸直角方向の曲げにより、山側（北側）に局部座屈が発生している（写真-1.17）。

1.2 阪神高速道路湾岸線

(1) 阪神高速湾岸線，西宮港大橋

甲子園浜と西宮浜を接続している単スパンのニールセンアーチ橋（スパン252m）の甲子園浜側の隣りの単径間の橋が落橋，すぐ北側の単径間は落橋していない．なお，落橋しているのは，水平固定側であり，西宮港大橋に接続されていた6本の落橋防止装置は，落橋した桁のウェブが破断している．

西宮港大橋の1本のケーブルにゆるみが発生している．また，西宮港大橋の水平固定側の上シューが完全に半分に破断して，下に落下している（写真-1.18）．

(2) 阪神高速湾岸線，東神戸大橋アプローチ

鋼製の二層ラーメン橋脚の上下の梁部の中間にせん断座屈が発生している．これは，設計において曲げモーメントが小さくなる部位であるので，板厚が小さくなっているため，この部分が弱点になったものと考えられる．しかし，変形は典型的な斜張力場が繰り返し荷重によってクロスの形で発生しており，耐荷力的にみると大きな損傷とは考えられなく，補修も簡単と考えられる．梁部にせん断座屈が発生していない橋脚には，梁と柱の隅角部に大きな塑性ひずみが発生した痕跡（ペンキがはがれており，最悪クラックがあるかもしれない）がある．はり部のせん断座屈は，柱に局部座屈が発生したり，隅角部にクラックが発生したりする崩壊モードに比べれば，設計荷重を越えた場合の余剰耐荷力や補修を考えると望ましいモードともいえる（写真-1.19）．

(3) 阪神高速湾岸線，東神戸大橋

側径間の端のペンデル支承のある橋脚の柱の中詰めコンクリートのすぐ上の部分に縦補剛材を節とする局部座屈が橋軸方向の片面のみに発生している．これは，すぐ横の鋼桁が橋軸方向に地震動によって引っ張られ，水平固定支承を壊すほどの水平力を橋脚に作用させたからと思われる．

この橋脚の一層目の梁部にもせん断座屈が発生している．この変形は橋軸直角方向に繰り返し水平力を受けたことになる．柱部の局部座屈と梁部のせん断座屈変形を考えると，この橋脚の位置では橋軸とは斜めの方向に地震動が作用したとも考えられる．

この橋脚で水平反力をとるためのウィンドシューの取付ボルトが破断して，ペンデル支承の両側のカバーが変形して，片側のペンデル支承のピンが抜け落ちている．側径間と取り付け道路のジョイントに大きな段差が生じている（図-1.12，写真-1.20）．

(4) 阪神高速湾岸線，六甲アイランド大橋

ダブルデッキ形式のローゼ桁の南端（六甲アイランド側）の支承が破壊され，東側に橋梁自体が大きくずれ（約3m），端横桁が2つのジャッキアップ用架台にめりこみ，かろうじて落橋をまぬがれている．また，アーチの上横構がほぼスパンの半分に渡って座屈している（写真-1.21）．

東神戸大橋橋脚

2層ラーメン、柱基部の局部座屈、梁部のせん断座屈

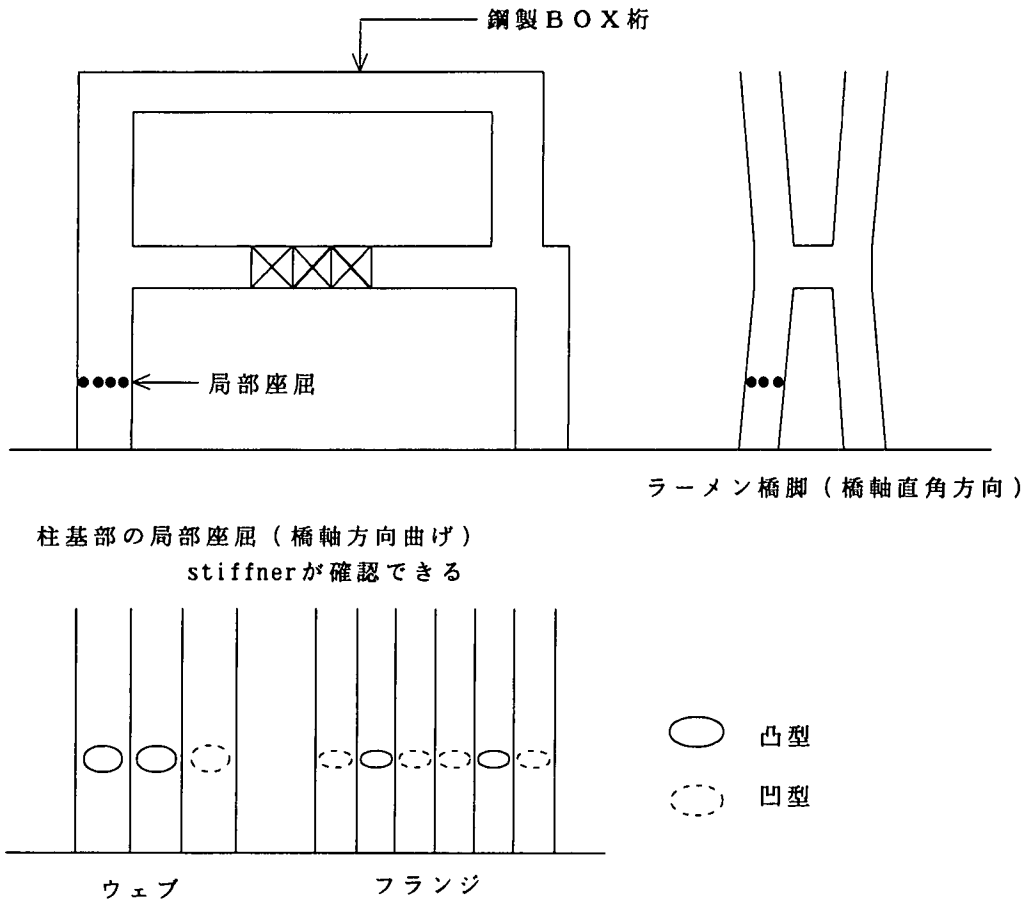


図-1.12 東神戸大橋橋脚の基部に局部座屈および梁にせん断座屈

1.3 ハーバーハイウェイ

(1) 神戸市灘区，摩耶第一突堤，ハーバーハイウェイ

鋼製ラーメン橋脚の，はりと柱の隅角部にき裂が発生し，ほぼ破断している．はりの中心部にも変形が見えるが，これは柱隅角部が切れ，水平力が分担できなくなりはりに負担がかかったものと考えられる．また，柱部の基部にも局部座屈変形が見られる．付近の突堤はほぼ全壊しているが，摩耶埠頭の耐震埠頭は健全である（写真-1.22）．

(2) 神戸市中央区，小野浜町，第六突堤付近，ハーバーハイウェイ，

第三港湾建設局神戸港工事事務所付近

二層ラーメン鋼製橋脚の柱のマンホール付近の位置に局部座屈が発生している．この付近の橋脚には同様の局部座屈が見られ，マンホールが弱点になった可能性がある．

ただし、損傷は軽微である。

また、この近辺のコンクリート製橋脚は、二層のつけ根付近で曲げ破壊をしている。昭和60年代に建設された橋脚であるが、損傷は著しい（写真-1.23）。

（３）神戸市中央区，第四突堤付近，ハーバーハイウェイ

二層スパンの異形鋼製ラーメンの丸型柱に曲げの局部座屈が発生している。円柱の橋軸方向に典型的な局部座屈が発生している。同様に、箱型断面二層異形ラーメンの基部にも局部座屈が発生している（写真-1.24）。

（４）神戸市中央区，神戸大橋

ポートアイランドの連絡橋として機能している神戸大橋の中間支承（可動支承）の置かれている部分の基礎が海側に移動したため、支承のローラーが飛び出す寸前まで移動した。応急処置のためH型钢で周囲を固めている。このすぐ上のブレースのボルトは2カ所で折れている（写真-1.25）。

1.4 六甲ライナー

（１）神戸市東灘区，六甲ライナー魚崎駅北付近

景観に配慮したと思われる角にRのある断面形の鋼製橋脚が用いられている。鋼製橋脚のマンホール付近でマンホールの高さによらず局部座屈が見られる。これはマンホールの裏側で縦リブが貫通していないことが原因と考えられる（写真-1.26）。

1.5 神戸港

神戸港における橋梁関係の主要施設としては、ポートアイランド、六甲アイランドへの連絡橋と、ポートアイランドと六甲アイランドとを結ぶ海岸に沿う運輸省管轄の港湾幹線道路の橋梁がある。ここでは、今回調査を行ったポートアイランドへの連絡橋（神戸大橋、ポートピア大橋）、新港突堤を経て摩耶埠頭へ至る部分の港湾幹線道路について報告する。

（１）ポートアイランドへの連絡橋

連絡橋としては神戸大橋（1970年，アーチ橋，中央径間217m）と新交通システムのポートピア大橋（1979年，アーチ橋，中央径間250m）がある。神戸大橋自体では目視によると構造的な大きな被害は認められないが、北側の可動支承部が南側へ30～40cm程度移動し（写真-1.27）、それに伴い支承直上の数本の斜材（2次部材）が引張り力により、定結ボルトがせん断破壊している。また、ポートアイランド側の伸縮継手も若干損傷している。さらに、新港第四突堤からの神戸大橋へのループ橋は基礎の移動により落

橋している（写真-1.28）。ポートピア大橋も目立つ被害はないが、支点が移動し、支承が損傷している。一方、三宮側からの神戸大橋へのアプローチ部では被害が大きく、鉄筋コンクリート製の2層ラーメン橋脚の柱部分に曲げ破壊が目立つ（写真-1.29）。ここでは脚柱自体の損傷は認められないが、基礎部分の変形により鋼脚柱が傾斜している。（写真-1.30）なお、新交通システム（ポートライナー）の高架橋は三宮市街でも鉄筋コンクリート製脚柱（1本柱脚）基部の曲げ破壊、ならびに支点直下破壊が目立ち、落橋している所（写真-1.31）もあるが、鋼脚柱の被害は認められなかった（写真-1.32）。ただ鋼製橋脚から2径間の桁端部が逸脱し、負の曲げにより下フランジが座屈している被害がある（写真-1.33）。

これらの被害の要因として次のことが考えられる。ポートアイランドへの連絡橋の北側部分は新港第4突堤部分に位置しており、地盤の沈下、移動等の変形が著しい。神戸大橋の支点移動、ループ橋の落橋、ポートピア大橋アプローチ部の鋼脚柱の傾斜等は地震動に加え、上記の地盤変形による橋脚基礎の移動によるものと思われる。なお、三宮市内のポートライナー高架橋の被害は地震動によるものと考えられる。

（2）港湾幹線道路

港湾幹線道路の新港突堤付近の合流部では、中空円形断面鋼脚柱を持つ2層2径間の鋼製ラーメン橋脚が数基用いられているが、脚柱部での塑性座屈による鋼管局部変形が認められる（写真-1.34）。新港突堤から摩耶埠頭へ至る高架部では鉄筋コンクリート製脚（1本柱脚）への被害が多く、脚の断面変化部で曲げ破壊が生じている（写真-1.35）。一方、鋼製橋脚でも点検用マンホール部分が弱点となった局部座屈が2ヶ所（ラーメン橋脚、1本柱脚）で認められた（写真-1.36）。付近では地盤の液状化も認められるが、中低層の建物やブロック塀の外見上の損傷は認められず、被害は高架橋の脚柱に集中している。

新港突堤と摩耶埠頭間の第2摩耶大橋（1975年、箱桁橋、中央径間210m）では東西のコンクリート製橋脚が損傷しているが、特に東側の橋脚の被害が著しい（写真-1.37）。なお、第2摩耶大橋に平行した摩耶大橋（1966年、斜張橋、中央径間139m）は主塔が傾斜しているが橋脚に対する被害は少なく対照的である。摩耶埠頭内でも高架橋の鉄筋コンクリート製脚の被害は多い。ここでは、鋼製ラーメン橋脚1基の横ばりと柱接合部（隅角部）がぜい性破壊し、柱下部のみならず、はり中央が局部座屈している（写真-1.38）。はり中央部の局部座屈は隅角部がぜい性破壊したことにより、地震による水平力が直接はりに圧縮力として作用したことで発生したものと考えられる。このような鋼製ラーメン橋脚のぜい性破壊は他では認められなかった。

被害の主要因として次のことが考えられる。港湾幹線道路では、地震動によると思われる被害が主である。円形断面鋼製ラーメン橋脚の柱部分に生じた塑性座屈によるふくらみは、横ゆれに加え縦ゆれも大きかったことを示唆するものといえよう。構造的には、上部質量の大きい2層の鉄筋コンクリート製橋脚に被害が集中する傾向にあり、断面変化部において破壊している。鋼製橋脚においては、点検用のマンホールが弱点となり局部座屈が生じているものが目立った。

(3) 港湾荷役機械

六甲アイランドの岸壁上に建造されているコンテナクレーンは2層1スパンの立体ラーメン構造の上にクレーンが設置されているが、これらの多くがほぼ同じパターンで被害を受けている。すなわちラーメンの一層目の隅角部近傍で脚注、梁の板要素が局部座屈し、塑性ヒンジが形成されている(写真-1.39, 図-1.13)。極端な場合にはメカニズムが形成され倒壊に至ったクレーンもある(写真-1.40)。神戸市港湾局の地震直後の報告では、使用可能なコンテナクレーンは1基も無いとのことである。特に六甲アイランド南側岸壁の被害が大きい。

これらの被害の主要因として次のことが考えられる。岸壁が海側に大きくせり出したことにより岸壁側のコンテナクレーンの一方の脚基部が水平方向の強制変位を受け股裂き状態となり、はり、柱部材に先に述べたような塑性ヒンジが発生したと考えられる。損傷のほとんどがこのパターンである。今回のコンテナクレーンはスレンダーな構造であったため、脚基部がレールから外れる前に上部構造が損傷を受けた。

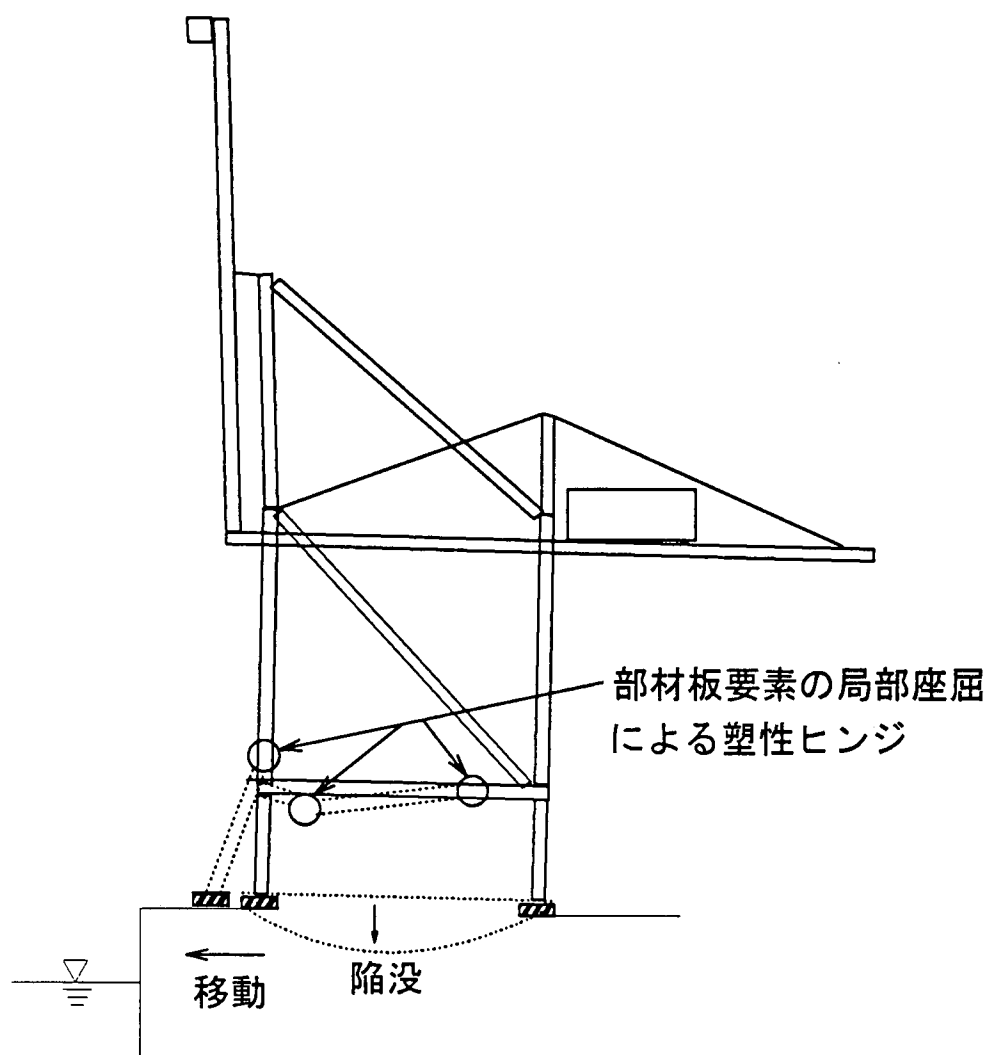


図-1.13 コンテナクレーンの被害[1]

参考文献

1. 土木学会：阪神大震災震害調査緊急報告会資料，平成7年2月

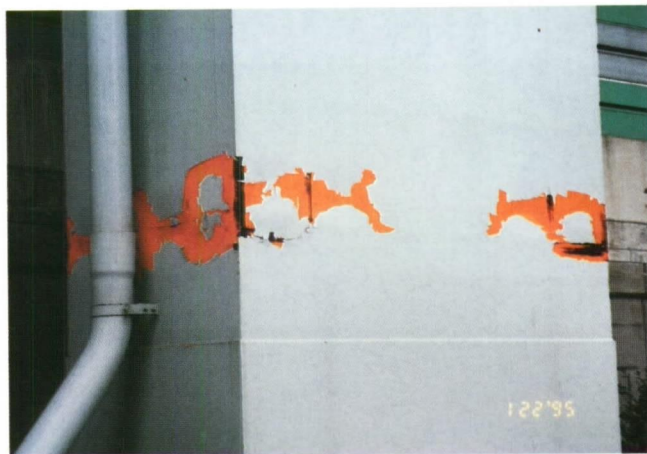


写真-1.1. 西宮市, 甲子園付近



写真-1.2. 西宮市, 名神西宮I.C. 東 新川(今津)左岸橋脚



写真-1.3. 西宮市今津，名神西宮I.C. 西



写真-1.4. 名神西宮I.C. 北

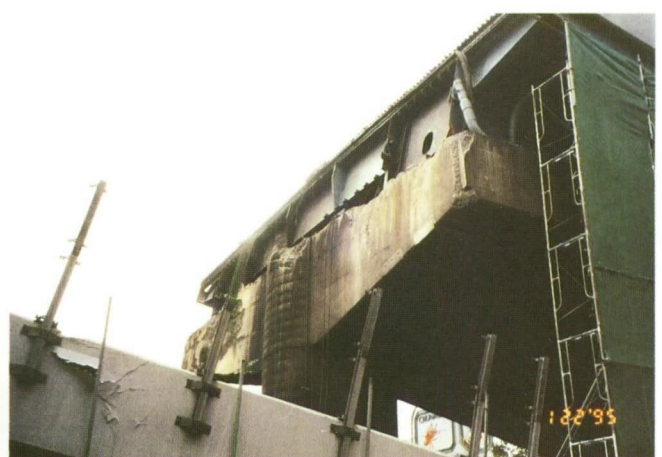


写真-1.5. 西宮市，西宮本町交差点西



写真-1.6. 西宮市，阪神高速西宮出入口西，建石交差点

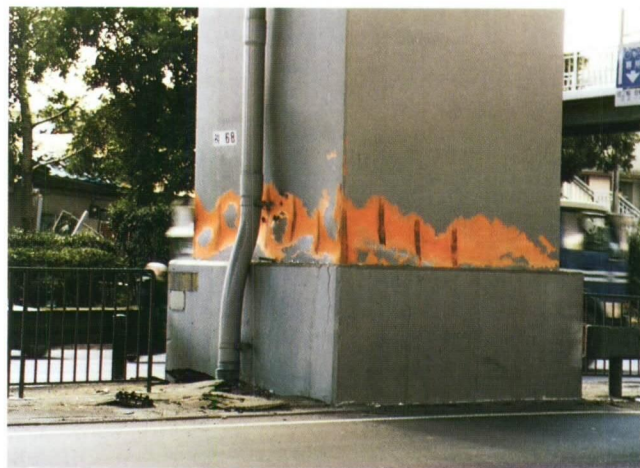


写真-1.7. 西宮市川西町，阪高芦屋出入口東（芦屋市との市境付近）

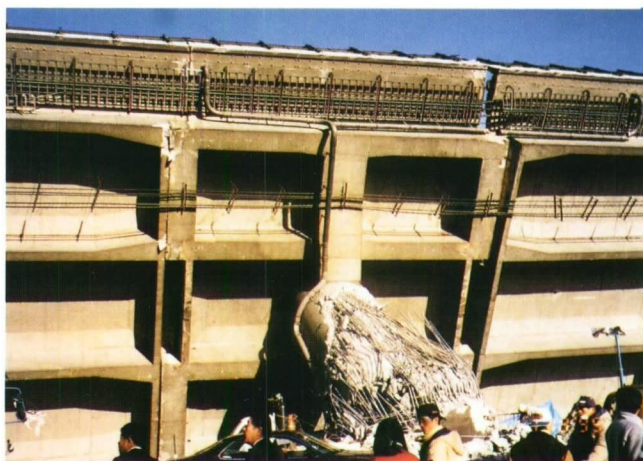


写真-1.8. 神戸市東灘区，大日交差点（芦屋市と神戸市の市境，深江地区）

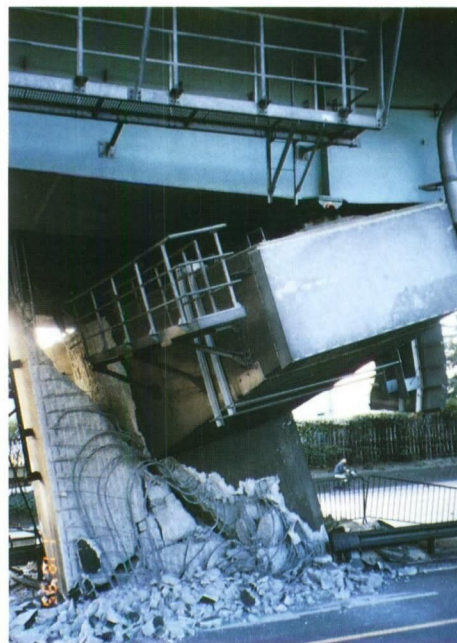


写真-1.9. 神戸市東灘区，深江交差点西

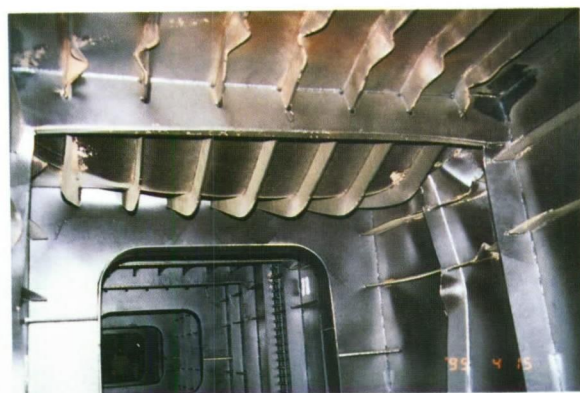


写真-1.10. 神戸市東灘区，浜中交差点



写真-1.11. 神戸市灘区，岩屋交差点（国道43号と2号の合流点の高架橋）

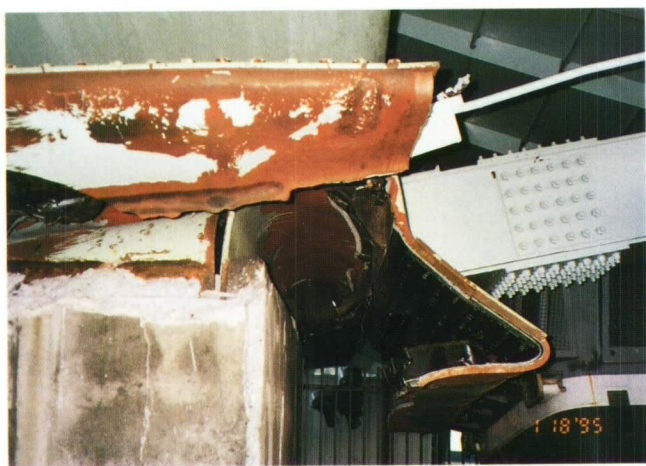


写真-1.11. 神戸市灘区，岩屋交差点（国道43号と2号の合流点の高架橋）（続き）



写真-1.11. 神戸市灘区，岩屋交差点（国道43号と2号の合流点の高架橋）（続き）



写真-1.11. 神戸市灘区，岩屋交差点（国道43号と2号の合流点の高架橋）（続き）



写真-1.12. 神戸市中央区，脇浜町付近



写真-1.13. 神戸市中央区，弁天町付近，
国道二号浜手バイパス，メリケンパーク東



写真-1.14. 神戸市中央区，弁天町付近，
国道二号浜手バイパス，メリケンパーク西



写真-1.15. 神戸市兵庫区，松原交差点西付近，阪神高速神戸線P. 580～p. 585

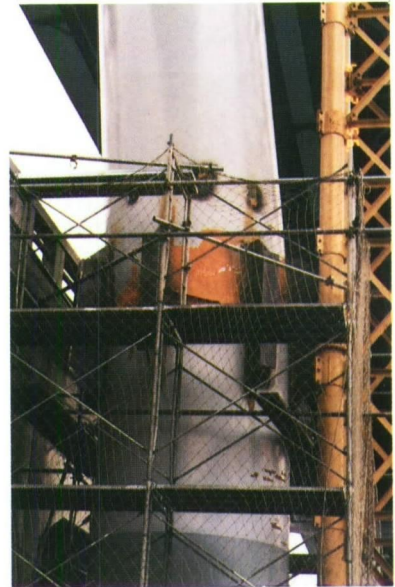


写真-1.15. 神戸市兵庫区，松原交差点西付近，
阪神高速神戸線P. 580～p. 585（続き）



写真-1.15. 神戸市兵庫区，松原交差点西付近，
阪神高速神戸線P. 580～p. 585（続き）



写真-1.16. 神戸市長田区，湊川交差点，阪神高速神戸線



写真-1.17. 神戸市長田区，大橋町2丁目付近，阪神高速神戸線P-617, 618



写真-1.18. 西宮港大橋

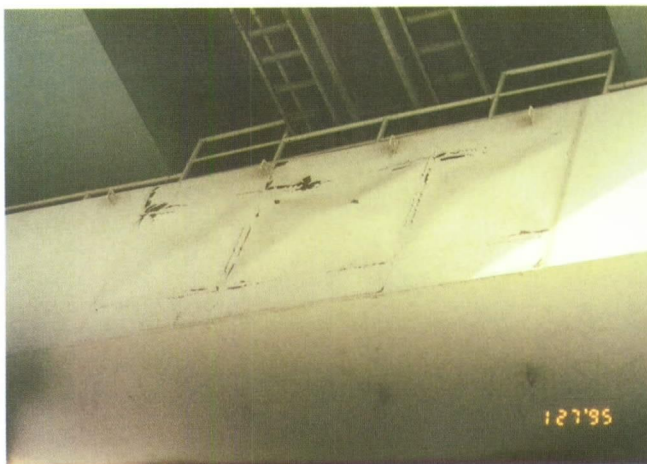
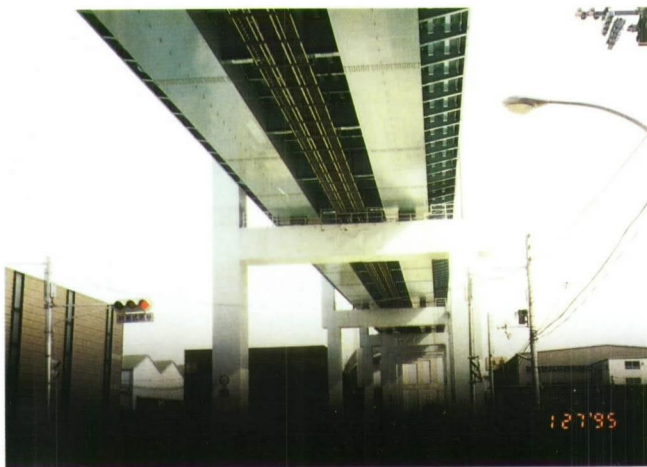


写真-1.19. 東神戸大橋アプローチ

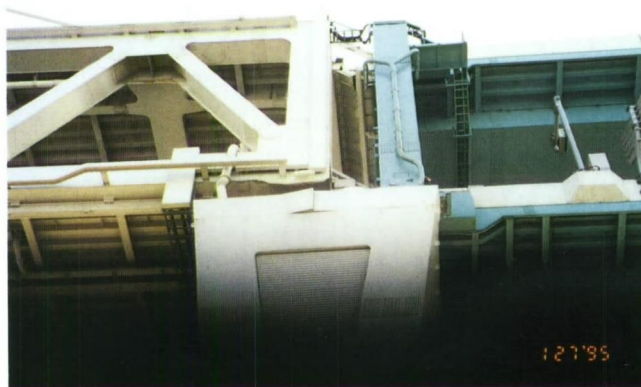
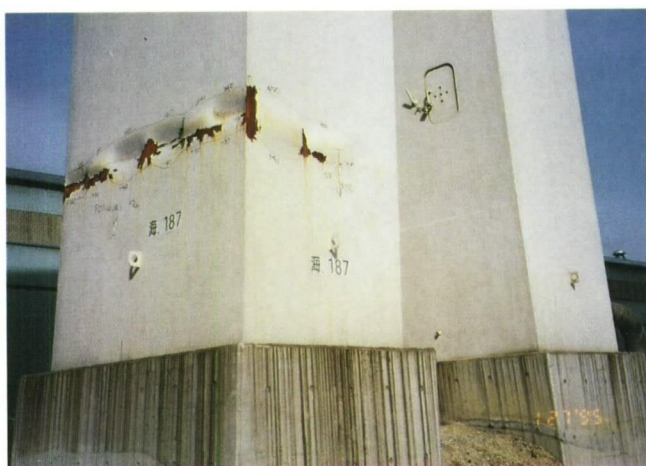


写真-1.20. 東神戸大橋

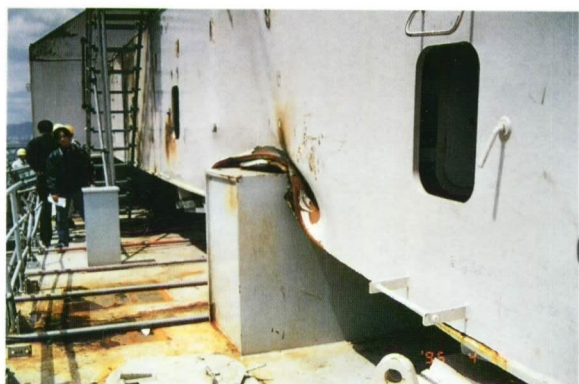


写真-1.21. 六甲アイランド大橋

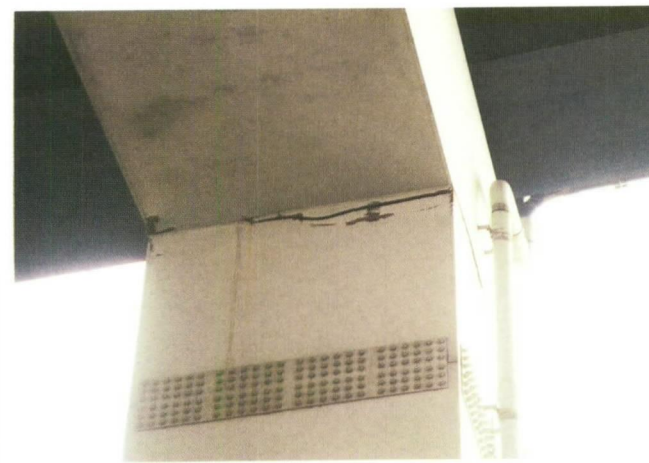
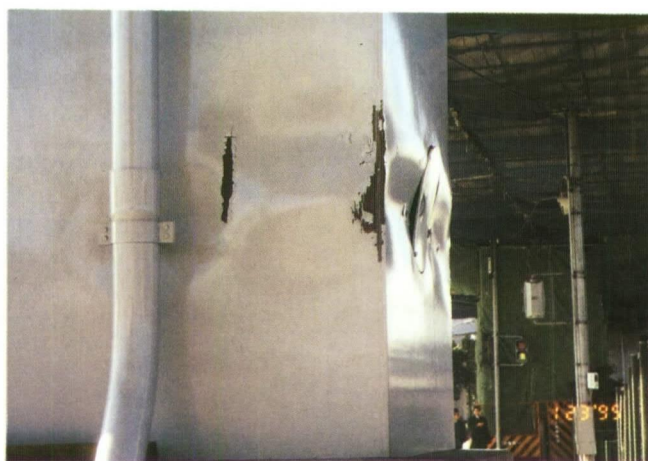


写真-1.22. 神戸市灘区，摩耶第一突堤



写真－1. 22. 神戸市灘区，摩耶第一突堤（続き）



写真－1. 23. 神戸市中央区，小野浜町，第六突堤付近，
第三港湾建設局神戸港工事事務所付近



写真-1.24. 神戸市中央区，第四突堤付近



写真-1.25. 神戸市中央区，ポートアイランド連絡橋，神戸大橋



写真-1.26. 神戸市東灘区，六甲ライナー魚崎駅北付近



写真-1.27.



写真-1.28.



写真-1.29.



写真-1.30.



写真-1.31.



写真-1.32.



写真-1. 33.



写真-1. 34.



写真-1. 35.



写真-1. 36.



写真-1. 37.



写真-1. 38.



写真-1.39.



写真-1.40.