

# 兵庫県南部地震による鉄道橋の被害

渡辺 忠朋<sup>\*1</sup>・佐藤 勉<sup>\*2</sup>・谷村 幸裕<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

去る1995年1月17日(火)午前5時46分兵庫県淡路島の北端付近を震源とするマグニチュード7.2の地震が発生し、関西地方を中心に西日本から東日本にかけての広い範囲で強い揺れを記録した。

気象庁による震度階では、神戸市および淡路島の一部は震度Ⅶ(激震)と発表された。震度Ⅶは1949年に設定されて以来今回が初めての適用となり、地震動の大きさおよび被害の甚大さを物語っている。

この地震では鉄道構造物のみならず、14万5千戸もの家屋、ビルの崩壊、道路および港湾構造物の損壊等膨大な数の構造物が壊滅的被災を受けた。

鉄道構造物では山陽新幹線で8橋が落橋し、西日本旅客鉄道の構造物をはじめとし、神戸を中心として多くの鉄道構造物が大きな被害を受けた。

本稿は、西日本旅客鉄道の構造物を中心に鉄道コンクリート橋梁の被害状況について報告するものである。

## 2. 被害の全体概要

鉄道路線では、山陽新幹線、東海道線、阪急神戸線・伊丹線、阪神本線などの高架橋や盛土等の構造物が多くの被害を受けた。図-1に鉄道のコンクリート橋梁の主な被害分布を示す。

鉄道構造物の被害は震央から北東に延び、その範囲は明石市～高槻市に及んでいる。

コンクリート橋梁の被害は、新幹線では山陽新幹線新大阪～姫路間で被害を受けており、特に六甲トンネルの新大阪方坑口から起点方へ数キロ間および長坂トンネルから西明石駅間に多くの被害が生じた。

東海道新幹線は、京都～新大阪間(高槻市付近)の高架橋が被害を受けた。

在来線では、東海道線住吉～東灘信号場間および三宮～元町間の高架橋、阪急電鉄神戸線西宮北口～夙川間および伊丹線伊丹駅付近、阪神電鉄本線御影～西灘間のコンクリート高架橋等に多くの被害を受けた。

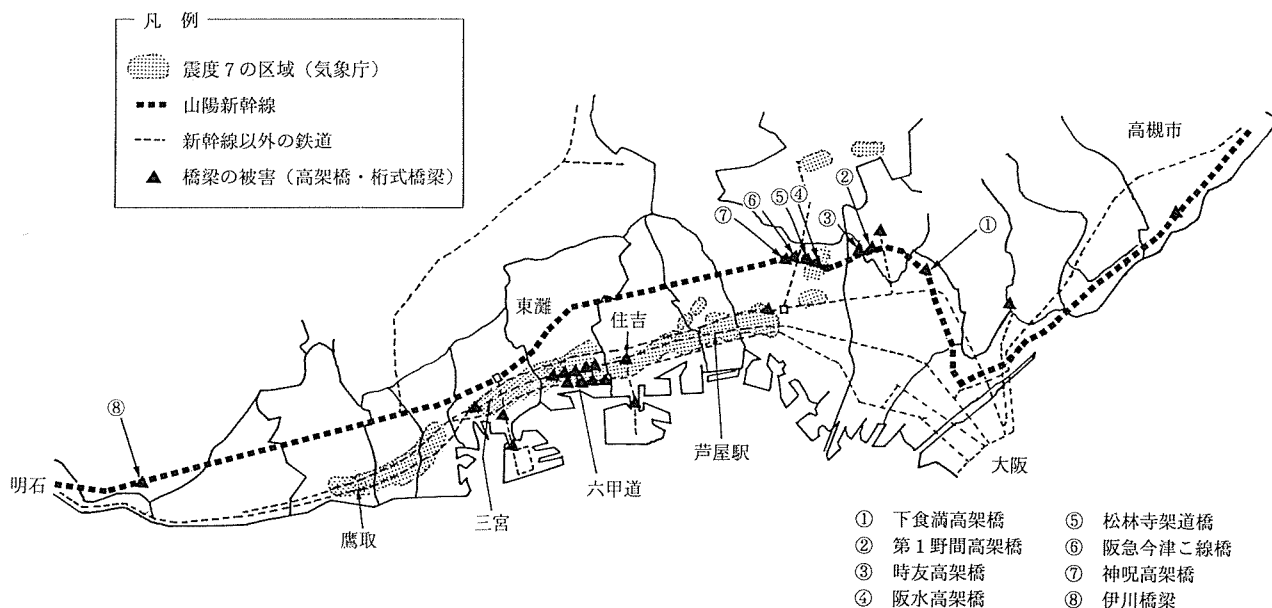


図-1 鉄道の主な被害分布

<sup>\*1</sup> Tadatomo WATANABE : (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部橋梁担当

<sup>\*2</sup> Tsutomu SATO : (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部橋梁担当

<sup>\*3</sup> Yukihiro TANIMURA : (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部橋梁担当

# ◇調査報告◇

コンクリート橋梁の被害は、鉄筋コンクリートラーメン高架橋あるいはラーメン橋台の柱部の破壊により、床スラブの落下や桁の落橋（以下、これらをまとめて落橋という）に至る例が多く発生した。

高架橋の柱の損壊数は、破壊約 1 200 本、破損 1 200 本、損傷約 1 000 本、合計約 3 400 本に及ぶ（運輸省鉄道施設耐震構造検討委員会報告書より。破壊：高架橋柱が崩壊したもの。破損：高架橋柱の一部で、コンクリートが剥落したものの崩壊には至らなかったもの。損傷：高架橋柱の一部にひび割れが生じたもの）。

以上のように鉄道構造物では、ラーメン高架橋の柱の損壊による被害が数多く生じ、柱の損壊が約 3 400 本にも及んだ

これらの被害状況のパターンと損傷の程度を分類すると以下のように整理することができる（表-1）。

なお、この分類の中で最初の S はせん断、M は曲げに起因して被災したと推定されることを示す。A, B, C, D は、それぞれの損傷の程度を表している。

SA：柱のせん断破壊パターンで、落橋等の損傷を受けた高架橋。

SB：せん断により柱に斜め方向のひび割れが生じ、かぶりコンクリートの剥落、内部コンクリートにもかなりの亀裂が生じたと推定される損傷パターン。崩壊には至らなかったもののかなりの損傷のレベルである。

SC：せん断により柱に比較的ひび割れ幅の大きい斜め方向のひび割れが生じたと推定される損傷パターン。中程度の損傷レベルである。

SD：せん断により柱に比較的ひび割れ幅の小さい斜

め方向のひび割れが生じたと推定される損傷パターン。比較的軽微な損傷レベルである。

MA：曲げにより柱の上部または下部に曲げひび割れが生じ、その後の繰返しによりかぶりコンクリートが、剥落、軸方向鉄筋が変形し、内部コンクリートが損傷し、スラブ・はりの沈下が生じているパターン。

MB：曲げにより柱上部または下部に曲げひび割れが生じ、その後の繰返しによりかぶりコンクリートが剥落し、軸方向鉄筋の一部が変形したと推定される損傷パターンで、かなりの損傷レベルである。

MC：曲げにより柱上部または下部に比較的ひび割れ幅の大きいひび割れが生じ、かぶりコンクリートも一部剥離したと推定される損傷パターンで、中程度の損傷レベルである。

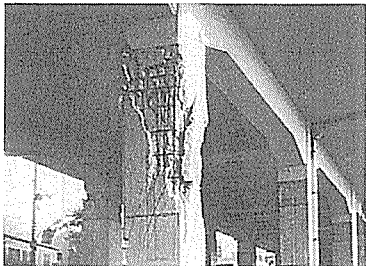
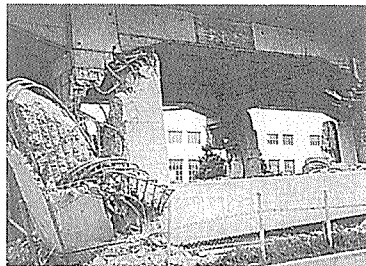
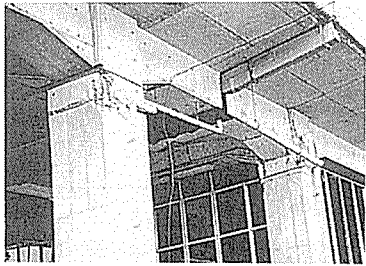
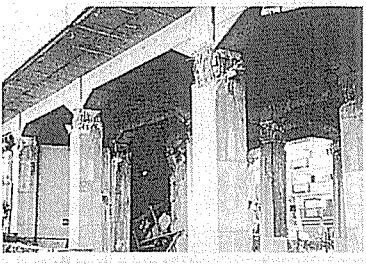
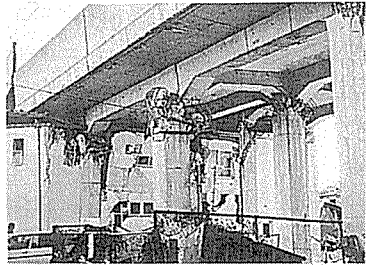
MD：曲げにより柱上部または下部に比較的ひび割れ幅の小さいひび割れが生じたと推定される損傷パターンで、比較的軽微な損傷レベルである。

現地調査の結果、落橋したほとんどの高架橋は、被害パターンはせん断に起因した損傷（S）が観察された。

曲げに起因した損傷（M）は、比較的背の高い 1 層高架橋に多く観察された。

また、今回の地震で被災したコンクリート橋梁は、その多くが昭和 43～51 年に完成したものであった。比較的新しい高架橋で、昭和 58 年の「国鉄建造物設計鉄道構造物等設計標準」を適用して設計された構造物は、地震による被害は軽微な損傷が一部観察される程度であった。

表-1 被害状況のパターンと損傷の程度

| 被害<br>ランク  | C                                                                                   | B                                                                                    | A                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| せん断<br>(S) |  |  |  |
| 曲 げ<br>(M) |  |  |  |

### 3. 山陽新幹線の被害概要

#### (1) 構造物の被害概要

兵庫県南部地震で被災したコンクリート高架橋および橋梁のうち、倒壊・落橋したものは図-1に示す8箇所であった。このうち高架橋はRCラーメン(2線2柱式)高架構造で、すべて柱部の破壊が倒壊の原因であった。

また、架道橋、跨線橋、橋梁についても、落橋した桁を支持する下部構造はRCラーメン構造の橋台で、同様に橋台柱部の破壊が桁の落橋原因であった。

今回の地震による山陽新幹線のコンクリート構造物の被害は、RCラーメン高架橋およびRCラーメン式橋台の柱に集中しており、倒壊に至った高架橋等は、大きな水平力を受け、柱の上部または下部に斜め方向のせん断ひび割れを生じ、これが貫通し、せん断破壊に至ったものと推定される。

#### (2) 構造物の被害例

山陽新幹線で落橋等の大きな被害を受けた8橋の構造を分類すると、表-2に示すようになる。

表-2 落橋等の大きな被害を受けた高架橋(山陽新幹線)

| 高架橋の構造        | 高架橋名称                |
|---------------|----------------------|
| RCラーメン高架橋(1層) | 第1野間高架橋、神呪高架橋        |
| RCラーメン高架橋(2層) | 下食満高架橋、時友高架橋、阪水高架橋   |
| RCラーメン橋台      | 松林寺架道橋、阪急今津線跨線橋、伊川橋梁 |

以下に、各橋梁の構造形式ごとに被害状況を示す。

なお、各高架橋の構造全体図の図中に、参考として本稿2.で示した観察による被害の分類を合わせて示した。

##### (a) RCラーメン高架橋(1層)の被害

1層RCラーメン高架橋の例として、第1野間高架橋の状況を示す。



写真-1 山陽新幹線 第1野間高架橋

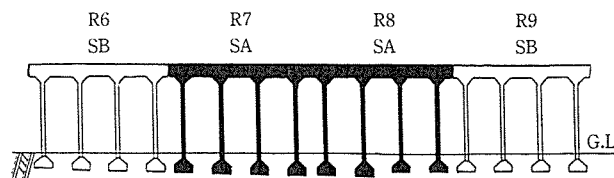


図-2 第1野間高架橋の構造

第1野間高架橋の被害状況を写真-1に、当該高架橋地区の高架橋の構造を図-2に示す。当該高架橋区間は、1層構造のRCラーメン高架橋が連続している。落橋した高架橋は1層3径間(直接基礎)で、高さ $H=8.0$  mであった。ラーメン高架橋の柱が、せん断破壊し、崩壊している。当該高架橋区間で倒壊した高架橋と隣接した高架橋も落橋した高架橋とほぼ同一の構造であり、これらも倒壊には至らなかったが、せん断によるかなりの損傷も観察された。

##### (b) RCラーメン高架橋(2層)の被害

2層RCラーメン高架橋の例として、阪水高架橋および下食満高架橋の状況を示す。

阪水高架橋の被害状況を写真-2および3に、また高架橋の構造を図-3に示す。阪水高架橋は2層3径間(杭基礎)が連続しており、高さ $H=10.9$  m～ $11.6$  mであ

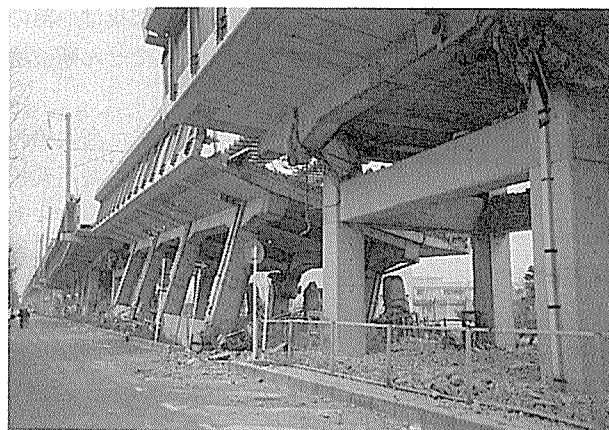


写真-2 山陽新幹線 阪水高架橋

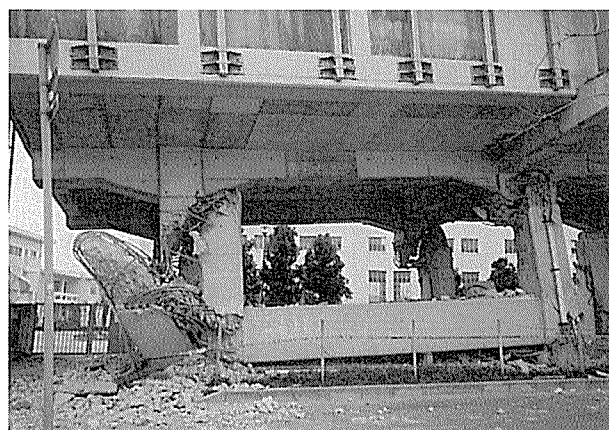


写真-3 山陽新幹線 阪水高架橋

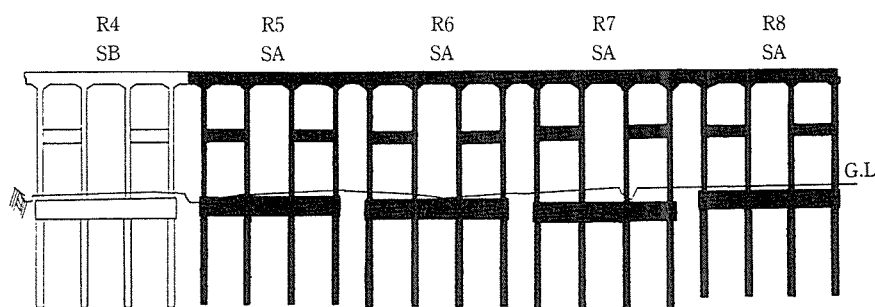


図-3 阪水高架橋の構造

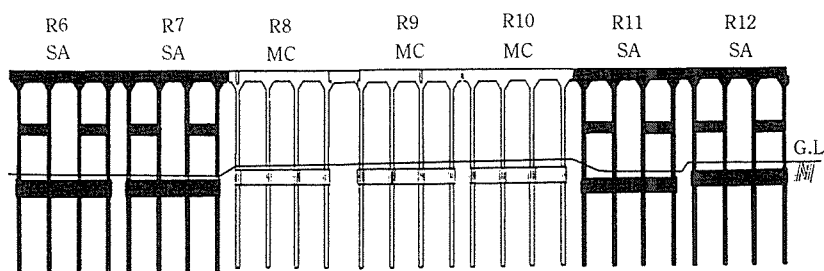


図-4 下食満高架橋の構造

る。写真-2に示すように4ブロックの高架橋が連続して崩壊している。これらの4ブロックの高架橋は一部の柱が中層梁下部で、一部の柱が中層梁上部でせん断破壊した。

下食満高架橋の被害状況を写真-4に、また高架橋の構造を図-4に示す。落橋したブロックの下食満高架橋も阪水高架橋と同様に2層3径間（杭基礎）の構造であり、高さ $H=10.1\text{ m}\sim 10.5\text{ m}$ である。当該高架橋区間では、1層3径間高架橋と2層3径間高架橋が組み合わされて供用されていた。そのうち、2層3径間の高架橋のみが落橋等の大きな損傷を受けていた。しかし、隣接の1層3径間の高架橋は比較的軽微な損傷でとどまっていた。

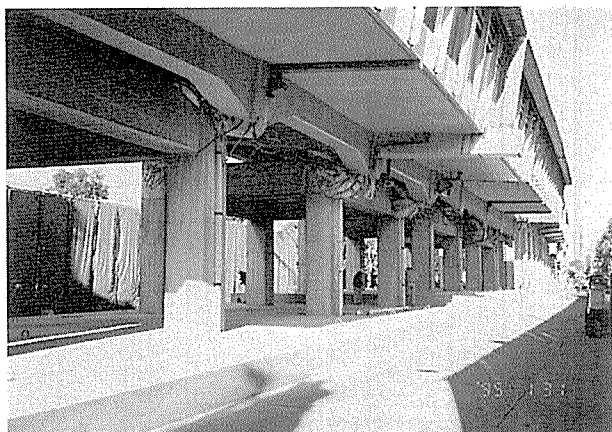


写真-4 山陽新幹線 下食満高架橋

#### (c) RC ラーメン橋台の被害

RC ラーメン橋台の例として、阪急今津線跨線橋および伊川橋梁の状況を示す。

阪急今津線跨線橋の被害状況を写真-5に、橋梁の構



写真-5 山陽新幹線 阪急今津線跨線橋

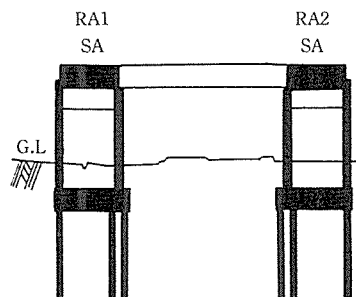


図-5 阪急今津線跨線橋の構造

造全体図を図-5に示す。阪急今津線跨線橋は、1層1径間のラーメン橋台（杭基礎）で、高さ $H=9.1$  mである。このラーメン橋台も柱がせん断破壊し橋軸方向に傾斜して崩壊に至り、PC桁（スパン30 m）が落橋した（写真-1）。なお、ここは、阪急今津線を越える橋梁で、桁が今津線の線路上に落ち、支障をきたした。

伊川橋梁の被害状況を写真-6に、橋梁の構造全体図を図-6に示す。伊川橋梁は、新神戸～西明石間に位置し、1層1径間のラーメン橋台（杭基礎）で、高さ $H=9.0$  mである。写真-6に示すようにラーメン橋台柱部がせん断破壊して、PC桁（スパン40 m）が落橋したものである。なお、河川内の橋脚も軽微な損傷を受けていた。



写真-6 山陽新幹線 伊川橋梁

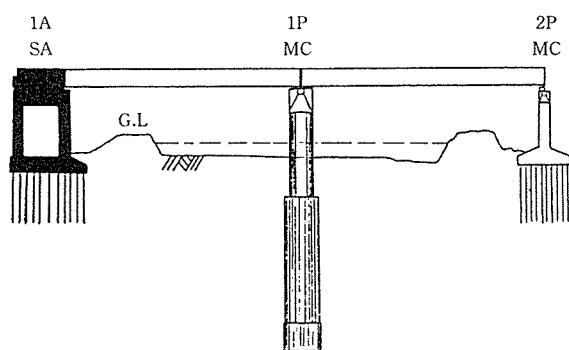


図-6 伊川橋梁の構造

#### (d) RC 橋脚

RC 橋脚の被害例として、武庫川橋梁の状況を示す。

武庫川橋梁の被害状況を写真-7に、構造全体図の一部を図-7に示す。武庫川橋梁は、11径間の単純桁橋梁（PC I 桁スパン=42.55 m×7+35.0 m×2, RC 箱形桁スパン=17.5 m×2）で、下部構造は、高さ $H=11.7$  m～13.1 mの小判形断面 RC 橋脚（ケーソン基礎）である。これらの橋脚の損傷は、橋脚躯体の高さ方向の中間部でかぶりコンクリートの剥落および軸方向鉄筋の若干



写真-7 山陽新幹線 武庫川橋梁

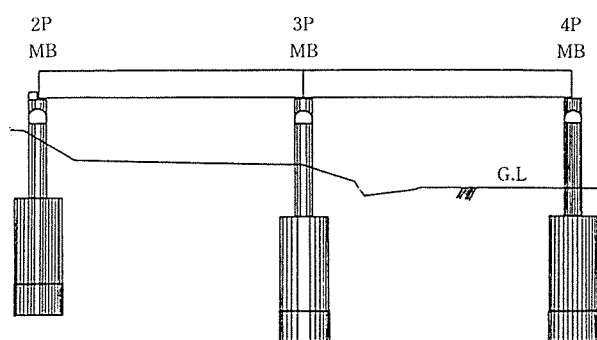


図-7 武庫川橋梁の構造

の座屈が観察された。損傷を受けた断面は、軸方向鉄筋の段落とし位置とほぼ一致していた。

#### (e) 支承部

支承には、支承の移動、破損等の被害が生じており、その被害は、比較的広範囲にわたっていた。

落橋した桁式橋梁以外で最も被害が大きかった谷八木橋梁の被害状況を写真-8に、構造全体図を図-8に示す。当該橋梁の支承部は、鋼製支承であったが、桁端部の支承を支持している部分が破壊し、桁が桁座面に落下していた。これは、本支承が橋軸方向に固定機能を有す

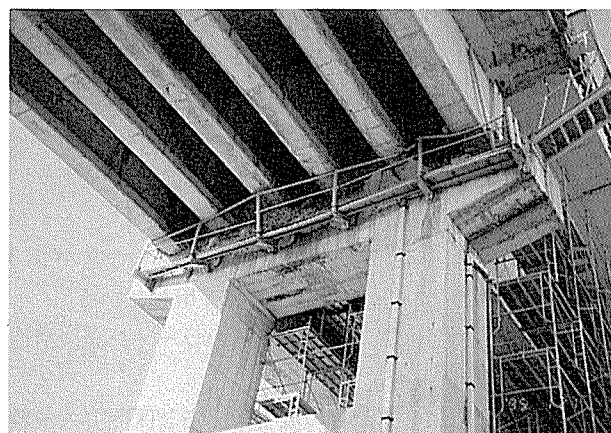


写真-8 山陽新幹線 谷八木橋梁

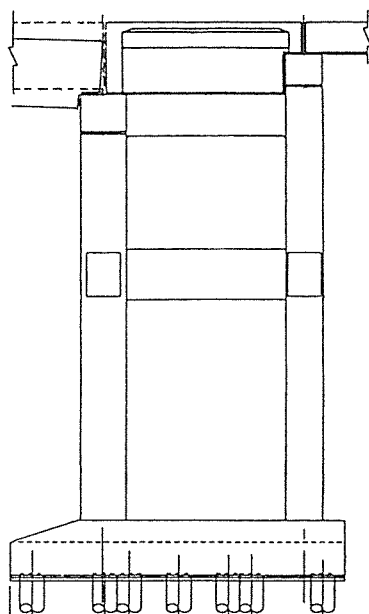


図-8 谷八木橋梁の構造

る支承であったために、地震動や下部構造の変位等により大きな水平力が支承に作用し、桁端部がそれに耐えきれなくなり支承のアンカーボルト付近のコンクリートを破壊させたと推定される損傷状況であった。

#### 4. 在来鉄道線の被害概要

##### (1) 構造物の被害概要

在来鉄道線でも、新幹線と同様に大きな被害を受けた。

ここでは、そのうちコンクリート構造物の被害が最も集中して生じた東海道線（住吉～東灘間）の被害状況について示す。

東海道線（住吉～東灘間）は、複々線区間で、上り線（山）側は昭和48年に、下り線（海）側は昭和51年に高架化され供用された。当高架化区間は、震度7を記録した地域で、コンクリート橋梁の被害も非常に多かった地域である。

東海道線（住吉～東灘間）は、図-1に示す延長約3.3kmのうち、RCラーメン高架橋（2線2柱式）2205m（78ブロック）×2列、架道橋11箇所のコンクリート高架橋で構成されていた。

当該地域における構造物は、六甲道駅部2層RCラーメン高架橋を除いて、1層ビームスラブ式RCラーメン高架橋であり、両端に3mの張出し部をもつスパン8mの3スパンラーメンが標準として採用している。

なお、架道橋部はゲルバー桁形式のラーメン高架構造となっている。

今回の地震による構造物の被害は、当該区間で大多数を示すRCラーメン高架橋の柱部に集中しており、被

災した高架橋は、大きな水平力を受け、柱の上部または下部に曲げによるひび割れ、繰返しによるかぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋がかなり変形したものやせん断ひび割れが貫通しせん断破壊に至ったものなど種々の損傷パターンが見られた。

##### (2) 構造物の被害例

各構造物の被害状況を以下に示す。

##### (a) 第2稗原町高架橋

被害状況を写真-9に示す。

第2稗原町高架橋は、高さ $H=4.7\text{ m}\sim 7.7\text{ m}$ の1層RCラーメン高架橋（直接基礎）が連続している。

被害状況は、柱がせん断破壊し崩壊に至っており、観察による被害の分類としてはSAであり、当該地区の高架橋は連続して同様の被災状況であった。



写真-9 東海道線 第2稗原町高架橋

##### (b) 弓ノ木高架橋

被害状況を写真-10に示す。

弓ノ木高架橋は、高さ $H=8.0\text{ m}\sim 12.0\text{ m}$ の1層RCラーメン高架橋（直接基礎）が連続している。

この区間の高架橋は、ほとんどの柱でかぶりコンクリートの剥落および軸方向鉄筋の変形が観察されたもの

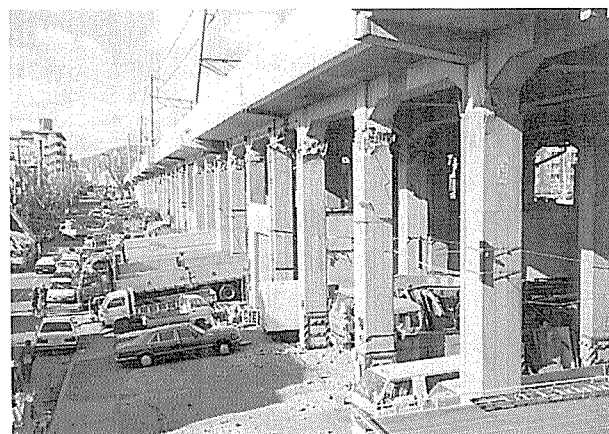


写真-10 東海道線 弓ノ木高架橋

の、大崩壊には至っていなかった。被害の分類としては、MB 程度であった。

(c) 弓場架道橋

被害状況を写真-11 に、構造全体図を図-9 に示す。



写真-11 東海道線 弓場架道橋

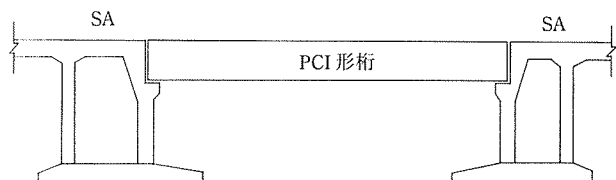


図-9 弓場架道橋の構造

弓場架道橋は、ゲルバー式のラーメン高架橋で、PC 桁（スパン 29.23 m）がゲルバー桁として設置された。

この高架橋は、ゲルバー桁が設置されている柱がせん断破壊し、落橋したと推定される。被害の分類としては、SA であった。

当該地区には、架道橋としては同様な構造形式が多いのが特徴であり、落橋した架道橋は、すべてゲルバー桁が設置されている側の柱が、観察上はせん断破壊等の損傷を受けていた。

なお、落橋した桁は、ラーメン高架橋の桁受け部の柱が破壊したため、上載荷重を支えられず、桁の落橋に至ったものと推定される。桁受け部の柱はせん断スパン比が小さくかつ軸力の大きい部位であり、地震時にかなり厳しい荷重条件であったと推定される。

(d) 第3永手町高架橋

被害状況を写真-12 および 13 に示す。



写真-12 東海道線 第3永手町高架橋

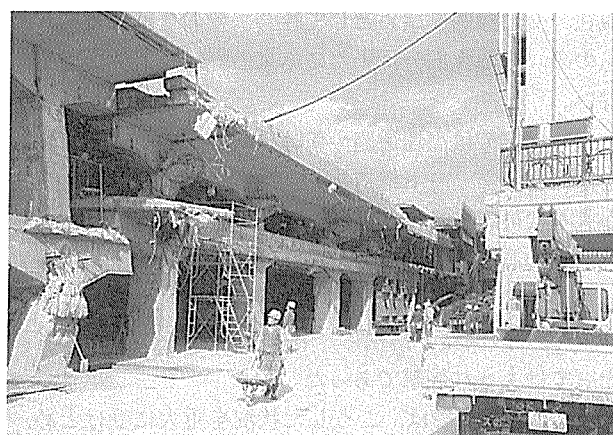


写真-13 東海道線 第3永手町高架橋

第3永手町高架橋は、駅として供用されている2層構造のラーメン高架橋である。当該高架橋の崩壊は、1層部の柱または2層部の柱の崩壊によるものであった。

## 5. おわりに

兵庫県南部地震による鉄道橋の被害状況の概要について示した。被災直後の調査結果からは、落橋等の大きな被害が生じた構造物の殆どがせん断破壊に観察される結果となり、かつその大多数が昭和40年代に設計されていた構造物であったことが象徴的である。

これらの、今回被災した構造物の被害の原因等については、今後明らかにされていくものと考えられる。

【1995年8月4日受付】