

震災復興特集号

HORIZON

明日を築く

未来 FRONT

大震災から立ち上がる街、そして港

HORIZON DISCUSSION

被災調査事例から構造物基礎の将来を展望する

REPORT FROM KOBE

阪神・淡路大震災の鋼管杭基礎調査報告2



63



钢管杭協会

未 来 FRONT

大震災から立ち上がる街、そして港。

がんばれ神戸

平成7年1月17日午前5時46分。この時刻は神戸の人々にとって、また日本に住むすべての人々にとって、忘却がたいものとなった。夜明けとともに襲った震度7の激震は、現代日本が誇る都市の脆弱さをえぐり出す結果となつた。横倒しになった高速道路、崩れ落ちたビル、液状化で砂を吹き沈下した人工島、そしてバラバラにつぶれた木造家屋……。大地震は一瞬にして都市機能の息の根を止めた。あの惨状から1年余。神戸は復興へ向けて、1歩ずつ着実な歩みを続けている。街中には建設用クレーンが立ち並び、工事中のカバーが掛けられた建物が目に付くなど、まだまだ今後の復旧作業も残っている。その一方で、市街地ではテニスコートやプールなどで余暇を過ごす人々やティールームでお茶を飲む主婦、夜の町に集う若者たちやビジネスマンなどの姿が、市民生活の再生を思わせる。今回はそうした震災から立ち上がる神戸の現状をルポルタージュしてみた。

復旧が進む阪神高速道路3号線。震災時には、この一帯635mが倒壊した。

6,308本の白菊に込めた復興への誓い

平成8年1月17日朝、新神戸駅周辺は警備のための警察官や関係車両が往来し、車線規制が行われるなど、いささかあわただしい様相を呈していた。ポートアイランドで行われる阪神・淡路大震災1周年追悼式典に皇太子ご夫妻と橋本総理をはじめとする三権の長、関西在住の総領事といった参加者を迎えるためである。悪夢の震災から1年、神戸の町も、ようやく生活基盤の復旧が一段落し、市民生活も落ち着きを取り戻してきた。しかしながらお約9万の人々が仮設住宅住まいを続けている。

式典では、6,308本の白菊の花が飾られ、命を落とした方々への慰靈とともに、悲しみから立上がり震災からの復興を決意する人々の誓いが交わされた。菊の本数は、震災で命を落とした人々の数分である。阪神・淡路大震災による被害者は、9割が木造家屋の倒壊による圧死、そして約半数が高齢者だった。この他に2人の不明とストレスなどによる789人の関連死者が出た。物的損害も大きかった。震災による全家屋倒壊数236,617件、被害総額約9兆6,000億円。

この日、県の式典以外にも、市が中心に行なった行事が行われ、随所で花を手に思い出の染みた住居跡に佇む人々の姿も目立った。

復旧までもう一步、阪神高速3号線

「ほら、新しい屋根の家が並んでいるでしょう。あの屋根のところはみんな瓦が落ちてもうて葺きかえたところだね」。そういうわれて周囲を見渡すと黒っぽい屋根材で葺かれた真新しい屋根がここそこに並んでいる。阪神高速道路が倒壊した東灘区深江あたりで被災後の事情を聞いてみた時の声である。震災直後、瓦屋根が崩壊てしまい、ブルーのビニールシートで屋根を覆っていた家屋がテレビなどで報じられたが、このあたりでも事情は同じだったようだ。それらの家々では修復時に瓦葺きをやめて軽量の屋根材で補修を行ったところが多かった。それが散在する真新しい葺いの屋根の正体である。「うちは何とか補修で済んだけど、まわりは潰れて立直しをしたところが多かったね」。新築されたと思われる住宅も多い。

海沿いの国道43号上を走る阪神高速道路3号神戸線は、芦屋からこの深江にかけての約635mに渡って倒壊した。災害時には救援の交通を確保するために高速道路が活躍するはずだった。警察や消防をはじめ救援用の緊急車両は、高速道路を通じて被災地へ駆け付ける段取りが組まれていたのである。その交通手段が崩壊し、道をふさいでしまったことは深刻な事態だった。

阪神鉄道の梅田駅から神戸方面へ向かっていくと、左手の方に線路と寄り添うようにして3号神戸線が走っているのが見える。その



建て直された阪神高速道路の橋脚。曲線を生かした新しいフォルムに生まれ変わった。

ほぼ全線にわたり所々がベニヤとネットで覆われ、修復作業が進んでいる。2月19日の摩耶一京橋間の開通を皮切りに9月30日には全線が開通の見通しだという。その目標へ向けて、昼夜作業が続いているのだろう。

阪神高速のほかにも、いたるところで高速道路が落下したり、外れたりしている。各報道が伝えたとおり、山陽新幹線の高架も大阪一姫路間の8カ所で崩れた。これもまた日本の安全神話崩壊を感じさせる事件だった。落下地点のひとつである尼崎市近辺の高架下を歩いてみると、コンクリート部分に鋼板を被せて補強を施した橋脚が目立つ。高架落下部分では修復された箇所の新しいコンクリートが、あわただしく行われたであろう必死の復旧作業を思わせる。

いまやその上を何ごともなかったかのごとく上り下りの便が通り過ぎていく。周囲の水田沿いの道をバスがのどかに走り抜け、学生服姿の少年たちが賑やかに談笑しながら通り過ぎる。

破局を超えて復旧へ向かう市民生活

震災前は造り酒屋が並んでいた東灘区・御影あたり。瓦礫が除かれた跡には空き地も目立つ。



山陽新幹線架橋ではコンクリート製橋脚の多くにこうした鉄板による補強策が講じられた。



震災時阪急伊丹駅では駅舎が全壊し、犠牲者も出た。震災後は別の場所に仮駅舎を置いて対処している。

復活にかける灘の酒処

阪神間の海岸沿いには、江戸時代中期以降から続いてきた酒処があった。六甲の水と、丹波・但馬の杜氏によって全国の清酒生産の30%を支えてきた灘。この古くからの清酒の里も、甚大な被害を受けた。灘五郷のひとつである御影でも、多くの造り酒屋が倒壊した。「廃業したところも多いねえ。体力のあるところは場所を移して震災前よりも立派な設備を立て直したところもあるけど」。

造り酒屋が軒を連ねていた阪神電車・御影駅南側の一帯でも、空き地が目だっている。あちこちに残る欠け崩れた土台跡をぬうように、酒屋の跡地には大きな集合住宅や新築家屋なども建っている。建設中のマンションも目に付く。御影は、今や震災後の住宅不足に悩む人々の需要に応えている。市の東部復興プロジェクトには、酒造関連業施設の再整備

を促す「酒を生かすまちづくり」が謳われており、灘の酒処を復活させようという気運は残っている。今後どんな形で、酒処が復活をとげるかに期待をしたい。

活気をとりもどしつつある大火災跡地

大火災があったJR新長田駅北側あたりは、住宅が密集していた地域である。建物が焼失した跡地には、御影のマンションと空き地の風景とは違って、多数のプレハブ住宅が立ち並んでいる。プレハブの仮店舗に、のれんをかけた店もちらほらと見受けられる。ポツポツとある空き地には、焼け焦げた家の土台やこなごなの炭化物、モルタルのかけらなど、大火の記憶が刻まれ、火の勢いを感じさせる。この長田区をはじめ、震災では約70haにわたる市街地が焼失した。1年を経て、長田区の火災跡地近辺の飲食店では、お昼時にもなるとランチを食べにくる近隣の主婦で賑わっている。そこには災厄をこえて生きる人々のバイタリティが息づいていた。



三宮周辺の市街地でも、未だ道路の至るところにヒビ割れが残っている。白ペイントはヒビ割れの位置を示すためのもの。



三宮駅では9階建ての駅ビルが崩壊。地階と1階を補強して残し、2~3階を暫定的に再建した。現在は鉄骨10階建ての本格再建へ向け準備が進む。



崩壊した新幹線の架橋部分。補修された部分のコンクリートが新しい。



修復された神戸市役所と花時計。ヒビ割れた歩道も補修が進む。

阪神大震災の教訓をかみしめて

傷の痛みに学ぶ

今年、神戸では毎年恒例となっている「神戸まつり」のメインフェスティバルの日程を従来の5月第3日曜日から、7月20日へと変更した。まつりは7月17日から21日の5日間にわたり行われるが、そのもっとも華やかなハイライトが20日、つまり今年から国民の祝日となった「海の日」に行われる。まつりのメインテーマにはこれまでの「緑と海そして愛」に加え、「祈り・感謝一生きる歓び」が付け加えられた。自然の猛威に翻弄される中で、苦難と戦う術や周囲の人々との連帯を求めた神戸の人々の思いが、新たな神戸まつりのテーマフレーズにこめられているようである。



焼け跡に建てられたプレハブ式の住宅群。飲食店の看板を掲げるプレハブ家屋も少なくない。



大火災をしおせる家屋跡。あたりには炭化した細片が散らばる。



ズにこめられているようである。

神戸の復興は1年半を経た今も、なお現在進行形である。だが、そこには快癒へと向かう創造的なエネルギーが渦巻いていた。しかし今振り返ってみて、神戸の苦悩は、けっして特定の地域に限定されるものではなく、日本人全体のものだったといえるのではないか。たとえば、明日東京に、あるいはその他の都市に、同様の地震が起こらないという保証はない。その時、社会のシステムは、コミュニティーは、インフラは、その巨大な力にどう対処することができるだろうか。それは復興する神戸と心を同じくして私たちすべてが取り組まねばならない課題である。

防災の視点から、期待が集まる鋼管杭・鋼管矢板

阪神・淡路大震災で港湾が壊滅的打撃を受けたことは各メディアでも取り上げられた。震災直後の神戸港の貨物取扱い高は91.7%（95年2月前年同月比）も落ち込み、1年以上を経た現在も約25%もの減収が続いている。港湾以外の地場産業などの落ち込みも含め、俗に「8割経済」という言葉も生まれた。港町神戸にとって、港湾の復興は神戸の産業復興という点でもきわめて重要な位置を占めている。

今回の震災では、多くの岸壁、護岸、桟橋が崩れたが、そうした被害例を調査していく中で、鋼管杭・鋼管矢板を用いた構造物がきわめて地震に強いことが実証される結果となった。顕著な例では、外見上は同じ構造に見える護岸で、鋼管杭を用いた箇所だけが崩れずに残っているという例もあった。

これまでコスト面などから使用範囲が限定されがちだった鋼管杭だが、今回の震災を機に、その耐震性が改めて注目されている。工期短縮のメリットも評価され、崩れた岸壁の復旧に際しても、多くの箇所で鋼管杭・鋼管矢板が多用されるようになった。当協会の推定によれば、神戸周辺の港湾では震災以前には10%程度だった鋼管杭を使用した公共岸壁長が、40%台にまで大幅に伸びているほどである。

都市や港湾の機能が高度化すればするほど、壊れてはいけない重要ポイントをしっかりと守る必要性が高まる。今回の震災でも、高速道路が崩れ、港湾が使用不能になり、また中央市民病院のあるポートアイランドと市内とをつなぐ橋の支承部がずれてしまうなどの事態が一斉に起り、いざという時のライフラインの確保が問題視された。

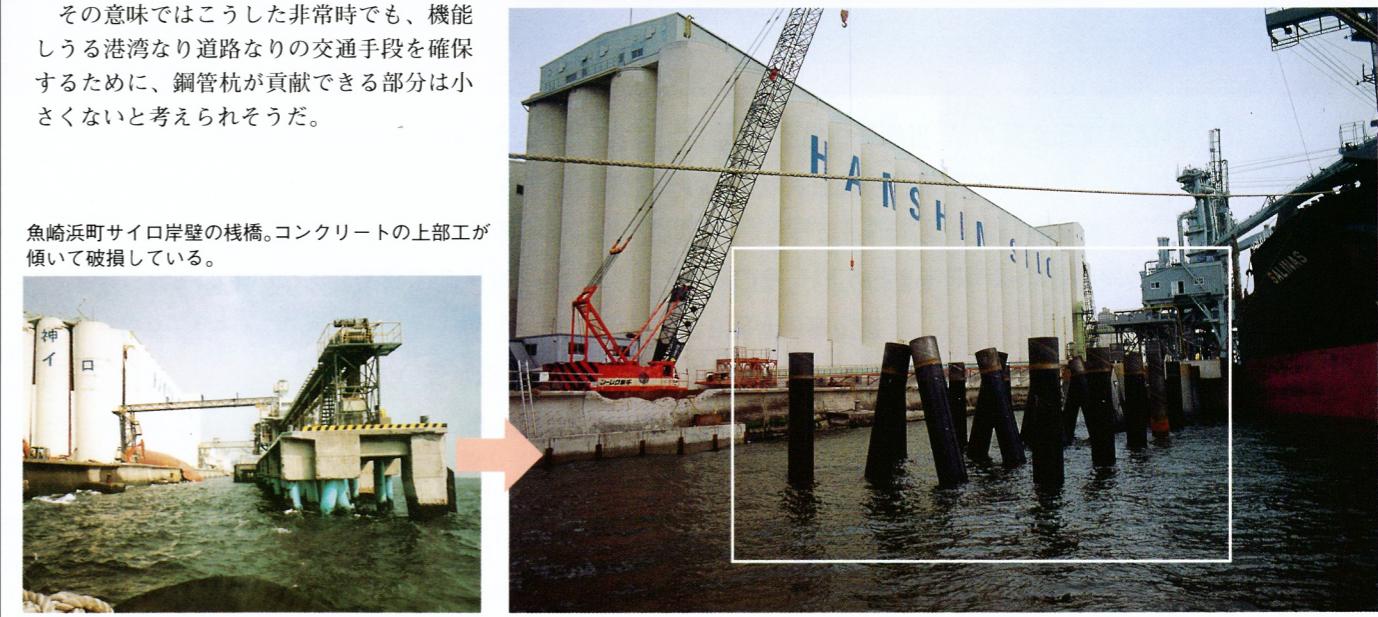
その意味ではこうした非常時でも、機能しうる港湾なり道路なりの交通手段を確保するために、鋼管杭が貢献できる部分は小さくないと考えられそうだ。

鋼管矢板基礎が用いられた摩耶埠頭西側岸壁。多くの岸壁が被害を受けた中で、機能上の支障が出なかった。



震災後、鋼管杭の耐震性が改めて認識され、護岸部分に多数採用されている。

上部工が取り除かれた魚崎浜町サイロ岸壁の桟橋。現在は復旧作業中。



魚崎浜町サイロ岸壁の桟橋。コンクリートの上部工が傾いて破損している。

巨大地震との遭遇から一年余、 被災調査事例から構造物基礎の 将来を展望する



兵庫県南部地震の後、当鋼管杭協会では、(社)鋼材倶楽部と杭基礎合同調査団を結成し、各種構造物の被災状況について調査を進めてきました。

被災直後の平成7年3月に行った第1次調査報告書に続き、平成8年3月には、第2次の調査報告書をまとめ上げ、その結果として、さまざまな杭基礎構造物についての被災事例が明らかになってきました。

今回はそれらの報告を踏まえて、構造物基礎にご造詣が深い先生方に自由にご意見を交換していただきました。

●出席者

岸田英明 氏 東京理科大学教授／工学博士

土田 肇 氏 (財)沿岸開発技術研究センター理事長／工学博士

塩井幸武 氏 八戸工業大学教授／工学博士

司会：嶋津晃臣 鋼管杭協会専務理事

被災例から鋼管杭を見直す

●司会(嶋津) 今回は「震災復興特集号」ということでそれに絡めたお話をうかがいしていきたいと思います。土田先生から、いかがですか。

●土田 兵庫県南部地震では港湾もずいぶん被害を受けました。神戸港にはコンクリートケーソンを用いた岸壁が多く、大きな被害を受けたものが多数ありました。鋼管杭を用いた施設は全体の中では数が限られていきましたね。その中でも被害は全般的に少なくて、高浜埠頭、ポートアイランドの水深6mの桟橋、その他若干の規模の小さな桟橋が被害を受けた程度です。

鋼管杭を用いた桟橋は、古くは昭和43年の十勝沖地震で釧路港、その後は昭和53年の宮城県沖地震の仙台港などで激しい地震動を受けていますが、被害に結びついた事例はなく、その意味で今回は鋼管杭が被害を受けた最初の事例ということになります。

●塩井 鋼管矢板基礎についての事例をいくつか承知していますが、被害についてはあまり聞いておりません。もともとあの辺の橋梁整備が進んできた時代は、場所打ち(コンクリート)杭が盛んに使われた時期と一致していますね。大型基礎では第一にケーソン基礎、それから鋼管矢板基礎という並びになっています。

このうち場所打ち杭についての調査では一部に杭頭部下に亀裂が観測されていますが、杭の機能を損なうまではいっていません。鋼管杭は強い延性があるため強地震でも壊れないのだという印象を持ちました。

●司会 塩井先生は八戸の地震も直接経験されましたね。

●塩井 兵庫県南部地震と三陸はるか沖地震は対照的ですね。阪神のほうが少し大きい程度でそれほど差がないにもかかわらず、被害が大きかった。それに対し、三陸はるか沖地震は八戸地域では過去最大だったにもかかわらず、被害が限られていました。

●土田 港湾に設置した強震計のデータを見ると、三陸はるか沖地震の八戸港のほうが最大加速度は大きいんですね。だから何が地震動の破壊力の指標になるのかについては、今後いろいろ勉強する必要があるんじゃないかなと思っています。

●岸田 建築のほうでは最近ほとんど鋼管杭を使っていないのですが、今度の地震はもう一度、鋼管杭を見直すいい機会だと思います。

過去に私が調査したのは宮城県沖地震と浦河沖地震です。鋼管杭協会では日本海中部地震を調査されていますね。宮城県沖地震の時はコンクリート杭の被害が大きかつ

た。それを反省して既成コンクリート杭の設計を変えましたが、あの時には鋼管杭は全く無被害だったんです。

浦河の地震の時は浦河高校で鋼管杭を使っておりこれは(今回の第二次調査にある)東灘高校と同じ壊れ方をしています。杭が強すぎて杭の上のフーチングというか、パイルキャップの部分にヒビが入ってしまい、そのためにつなぎ梁などにクラックが入っている。建物は基本的に全く無被害なんです。

鋼管杭はダクティリティがあるから耐震性が強い。液状化した地盤で杭が少し傾斜したり、港湾構造物で杭が傾斜することがあります。これは側方流動で傾斜したもので、地滑り防止杭ならまだしも、普通の耐震設計では側方流動は考えていないわけですから、曲がっても仕方がない。液状化した地盤で地盤反力がなくなつて自由長が出た場合に、慣性力で杭が壊れるものか、その種の調査はあまりされていないと思います。側方流動と区別して調査すると面白いのではないか。

パイルキャップのズレとか建物が傾斜しているなどといった報告にしても、問題はそれが長年のネガティブ・フレイクションとか地盤変動によるものなのかどうか分からぬことです。さらにいえば引き渡しの時点で建物や杭が本当に真っ直ぐだったのかどうか誰も分からぬわけですね。地震が起きた後で行ってみても分からぬことがたくさんありますから、引き渡し時に測量をして保証をするといったことは、考えていくべきかもしれませんね。

上部・下部構造一体の発想とヒューズの考え方

●司会 地震に限定せず、杭基礎についての展望などお話をいただければと思います。

●塩井 今回の報告書でショックを受けています。鋼管矢板基礎の西宮大橋で転倒した車体の鉄筋コンクリートがちょうど偏心荷重をかけたような状態で剪断破壊しています。しかも強軸方向です。ケーソン基礎では過去にも出ていますが、鋼管杭基礎では今までひとつもなかったと思います。

●司会 それは例えば基礎が強すぎるから……？

●塩井 そうだと思います。今回初めてという点で新しい基礎形式だからかもしれません、鋼管矢板基礎が、相当の地震力を吸収してしまっている。鋼管杭ではフーチング下面で反射されるのでしょうか。鋼管矢板では相当の剛性で地震力を上部構造に伝達してしまっているということですね。

●司会 最近よくヒューズということもい

われますが、その意味では鋼管矢板基礎が強いというのはいいことなのでしょうか。

●塩井 一応いいことなのでしょうが、それなりに橋脚や上部構造の設計で大きな地震荷重を考慮しなくてはいけないということでしょうね。

●司会 建設省の総プロとして建築研究所でやられているものがありますね。上下一体の設計の話題などもあって、そういう話になってくるのでしょうか。

●岸田 今まで上部構造は上部構造、杭は杭と分けて設計していたわけですね。上部構造の慣性力を1本の場所打ちコンクリート杭にかけるわけで、柱、つなぎ梁、杭といったものがクロスしているところはかなり複雑な応力条件になる。それを完全に切ってしまったのです。建築でいう柱梁接合部(ペネルゾーン)ですよね。そこが壊れるわけです。上部構造でもっとも神経を使うところに、杭はかなり無神経だった。

今回の兵庫県南部地震でもその部分に被害が多かったことを反省して、上部構造と基礎構造(杭)を一体化して計算しようということになってきました。特に1本杭のように他に支えがない場合は絶対に一体化して計算しなければいけないだろうと。

液状化の問題と地盤との共存という発想

●岸田 今度の地震で私がもっとも関心を持ったのは、芦屋浜の高層住宅です。あれは上部構造が派手に壊れましたね。コンペティションで提案されて鋼管杭を基礎に使っていますが、埋め立て地盤でしたから液状化が起こるだろうということで、鋼管杭を打ち込んで地盤改良をしました。新潟地震の後でしたからものすごく神経を使っていましたね。

あそこは掘り出しはしませんでしたが、



岸田英明氏



全部調査しました。徹底的につなぎ梁にヒビが入っていないかどうかを見たのですが、それが全く入っていない。結論として芦屋浜の基礎は無被害だったと私は考えています。

ご承知のようにあそこはものすごい液状化が起こっていて、鋼管杭を打って地盤改良をしたところと、液状化しているところでは30~40cmほど段差がありますね。だからあそこの基礎は杭の周りは液状化していなかったと確信できるんです。

あれができた頃は、新潟地震の後の手探り状態の中で、設計者が一生懸命に勉強をして大丈夫かどうかを自分の頭で考えて設計していた。最近は液状化に対する基準や耐震性に対する指針が整備されていて、基準さえ満たしていればという発想になっている部分もあるのではないでしょうか。神戸の市街地では最近の新しいもので、基準は満たしているが杭は壊れたというのがあるようです。入力が大きかったからと免罪符を与えられているけれど、それでは同じような入力の芦屋浜あたりで、なぜ鋼管杭が壊れていなかったのか。これは材料としての鋼管のよさと同時に、地盤改良をしっかり行って打ち込んだからではないかと思うんです。また振動と騒音の関係で鋼管杭が打ち込めなくなりましたよね。あれも杭を悪くしているんじゃないかなと。杭を打てば地盤がします。穴を掘って入れれば、地盤は緩んだままです。

●司会 杭構造物を地盤改良と比較するということがあると思いますが、杭というの上部構造を地盤に伝えるばかりでなく、地盤と仲よく共存共栄するという側面もあるのでしょうか。先端支持杭だけというのではなく、摩擦が効いていて、程よく配置されていてというように……。

●塩井 今、嶋津さんがおっしゃったように、地盤と杭が一体化した設計というのは重要なファクターじゃないでしょうか。サイロのような高い断面のところで液状化と

沈下が起こって突出杭の状態になったら、おそらく持たないように思うのです。

●岸田 この10年くらいに建築のほうでは地中応力を一様にするために杭を使おうという発想が出てきています。パイルド・ラフト・ファウンデーションといって、ベタ基礎に杭をたくさん打って地中応力を一様にする。建物がある程度下がっても一樣沈下なら怖くないわけです。

●塩井 その場合は地杭になるわけですね。

●岸田 そうですね。杭自体も支持力は持っていますが、短いのとか長いのとか、いろいろ使って、建物の応力を下の方に下げていって、かつ一様にしようと。

●塩井 そういう点では、側方流動防止にも有効なんですね。

●岸田 そうですね。地滑り防止杭というのは昔から使っていますね。ただ建築のほうでは鋼管杭は高い、高いといって使わないのですがね。安全性はコストに比例する部分もありますから、コストは高いがこれだけ全体としての安全性があるよということをもっと定量的に出せるといつと思いま

魅羅定食にも松・竹・梅があるじゃないか。杭にも松・竹・梅があつていいはずだ、とね。

●土田 話は飛びますが、上部構造とのつなぎ目で大きな応力が発生して塑性領域に入った杭ですが、地震後に荷重が除かれれば、ある程度の性能や耐力を期待していいのではないか、そんなことを神戸の地震の後考えていたんです。かなり乱暴な話ですがね。

●塩井 去年、鋼材俱楽部から助成金をいたで鋼管杭協会と一緒に載荷試験をやったのですが、塑性領域をこえても、 $3 \delta_y$ (δ_y : 弾性域を越えた時の変位) でほとんど弾性領域と変わらないですね。8 δ_y くらいから局部座屈の兆候が出てきます。塑性座屈は跡が残って見た目が悪いですが、その場合でも能力は変わらないんです。見た目を考えれば3~5 δ_y くらいまでにとどめておけばそのまま使えるんじゃないでしょうか。

●司会 現状、杭の設計は許容応力ですが、将来は塑性領域を評価するような方法も展望があるということですね。

●塩井 使用限界をこえてどこまで許すかが議論の対象になるでしょうね。

●岸田 西宮大橋のような鋼管矢板構法を建築の基礎に使いたいと以前から思っていたんです。これだけ強ければね。1本の杭ではなくて、集合体として上手に使っていけばいいわけです。ただ建築にはスケールが合わないかもしれません。

●司会 港湾分野でも大水深など新しい構法を模索されていますね。それら新技術で鋼材の特徴をうまく活かせるものはあるのでしょうか。

●土田 地震との関連事例でいえば、ジャケット工法を岸壁に使って工期短縮や現場での作業日数を減らす工夫をしましたね。ジャケット式の護岸はコスト高で実現しなかったのですが、今回は工期との絡みが重要でしたから。

●司会 やはりランクという考え方もあるんでしょうね、今は一樣ですが。日本も橋梁は重要度係数があって、ランクがあることはあるんですが、運用となると難しいですね。

●塩井 橋梁の場合は不特定多数を対象に

しているから難しいんですが、アメリカの

ように特定少数のものなら割り切りもしや

すいんじゃないでしょうか。

●岸田 建築のほうでは、この地震の前から「性能設計」を真剣に考えています。性能にはコストがともなうというようだ。建築基準法は最低基準ですね。それを社会一般では、「あれで作っておけば大丈夫」だと思い込んでいる。兵庫県南部地震の後で、専門家と普通の人の間にものすごいギャップがあることが分かった。そこで、もっと性能設計を前面に出してやろうと考えているんです。ある人がうまい譬えを使っていて、天

塩井 幸武氏

塩井 幸武氏

小さな杭を見直す——摩擦杭の再評価

●岸田 建築の杭のほうでは今度の地震を契機にちょっとと考え直すかという気運があります。もっと摩擦杭を見直そうと。摩擦杭は支持杭に対してなんとなく信頼性がないと考えられてきたところがあるが、荷重をちゃんと地盤に伝えればいいということでは、決して悪い工法ではないと。鋼管杭協会もコンクリートパイル協会も大艦巨砲主義みたいに、大径、大径といってきたのを、少しこの辺で反省しようという気運が生じたことはいいと思います。

●司会 思い切って小さくするほうへ……。

●岸田 前にその話をしたら、鋼管杭はJISで決まっているからあまり小さな杭を打つたら協会の収入にならん、あんなのはガス管だとおこられたんですよ(笑)。JISではφ300まででしたか。φ300の鋼管杭なんてほとんど使ってないですよね。

●塩井 この間あるコンクリート杭業界の方と話していたら、一般住宅で杭基礎を使っているとか……

●岸田 小さな鋼管杭を使っていますよね。

●塩井 今度の地震を機にそのニーズがすごいぶん出てきているのだそうです。小径杭をいかに安く施工できるかで大きなマーケットが開発できるのではないかと。鋼管杭協会にとてもチャンスですね。

●司会 小さければ打ち込みもしやすい。

●岸田 直径1.0m、長さ10mもある大きな杭を持っていて頭をひっぱたくと周辺住民に不安感をもたせる。そこで鋼管杭の中に砂を入れて叩く方法を鋼管杭協会さんと私とで考えて特許を出しましたね。あれはおそらくφ300とかφ400の杭なら実用化可能だと思います。長さ5~6mの杭の内部をランマーみたいなもので叩けば外からは見えませんしね。そんなふうにもう少し小さな杭を上手に使うことも考えていけるといいですね。

●塩井 フランキー杭なんかそうですね。

●岸田 そうですね、あれはケーシングに



使うわけですが。コンクリート杭にはできないものですね。引っ張り強度がないから。鋼管だから引っ張り込める。

●司会 時間も残り少くなりましたか。鋼管杭協会に対する注文など、交えてお話をいただければと思いますが。

●塩井 基本的には、設計上も施工上も鋼管杭の持っている特性、長所を最大限に引き出す研究を進めていって欲しいですね。岸田先生がおっしゃったようにダクトリティを活かし、騒音、振動の少ない施工法で、安く仕上げるというように。

●司会 スティールというのは構造材料としてはひじょうに素直だと思うんです。全体が均一で圧縮と曲げに対してほぼ同等の性能を持っている。あとはコストですよね。それから錆を必要以上に心配している人もいます。

●司会 錆の問題はやはりデータの蓄積でしょうか。

●岸田 そうですよね。確かにスプラッシュ・ゾーン(飛沫帶)なんかでは錆びるんですが、地盤に打ち込まれた鉄がどのくらい錆びるかという話になると、腐食速度はひじょうに遅い。自然堆積の地盤へいくと酸素の供給がなくなるからほとんど錆びないという論文もあります。そのあたりのデータをできるだけ集めていただけると建築の基礎などは楽ですね。

●土田 岸田先生のおっしゃるようにスプラッシュ・ゾーン(飛沫帶)などは厳しい条件ですが、対策もとられています。それから、防食の専門家が杭の腐食について調査する場合、もっとも腐食の進んでいるところに注目するわけですね。構造物の安全という観点からは全体でどのくらい断面積が減少するのか断面二次モーメントがどのくらい減少するかということが大事なことなんですね。今までの調査ではそうした視点が薄いのではないかという印象を持って

います。腐食が貫通してしまうと鋼管の中には酸素が供給されてしまうので問題ですが、それまでは断面剛性の性能がどうなっているのかが大切だと思うんです。

●岸田 ユーザーでも知識のない人たちだとスプラッシュ・ゾーンのあれを見せられて普通の鋼管はこんなに錆びますよといわれたら二の足を踏んじゃいますよね。地面の中ではそんなことはないわけで。その辺は明確に分けてPRしなければ。

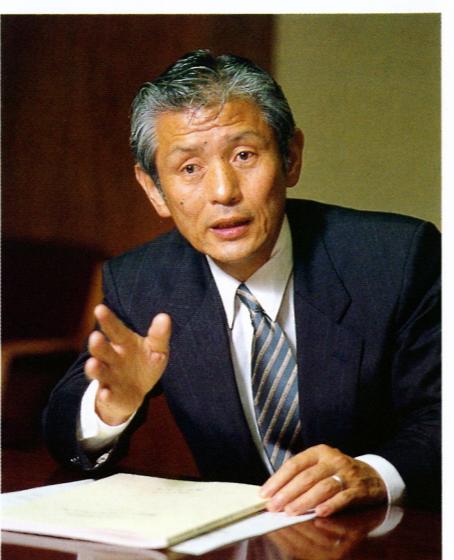
●土田 アルミニウム合金を陽極として構造的に溶接する電気防食法が一般化してからずいぶんメンテナンスはよくなっていますね。スプラッシュ・ゾーンは厳しい条件ですが、港湾関係でも最近はかなり気を配って対策をやっています。

●塩井 水中なら電防ではほぼ完璧にカバーできますが、スプラッシュ・ゾーンはどうにもならないですね。スプラッシュ・ゾーンが問題になる場合は、だいたいジャケット式になるわけでしょう。外のさや管はある程度捨てる 것을觉悟して将来申詰めが出てきた時に補修をするという考え方があってもいいんじゃないでしょうか。

●司会 協会の仕事として文献を継続して作っていますが、将来は載荷試験データなどのデータベースがいるのかなと思っています。

●岸田 最近外から見ていると、各社さんが競争されていてそれはいいんですが、基本的なところでは鋼管杭協会仕様の継続(JAS-Pジョイント)みたいなものを共同で開発できないかなと思う。載荷試験の方法とか引き摺り込む施工方法とか、鋼管杭協会として鋼管杭の特色を生かした新しい技術をいろいろお考えいただくとまた新しい発展があるのでないでしょうか。

●司会 それでは貴重なお話をいただきまして、どうもありがとうございました。



鳴津晃臣氏

阪神・淡路大震災の 鋼管杭基礎調査報告 2

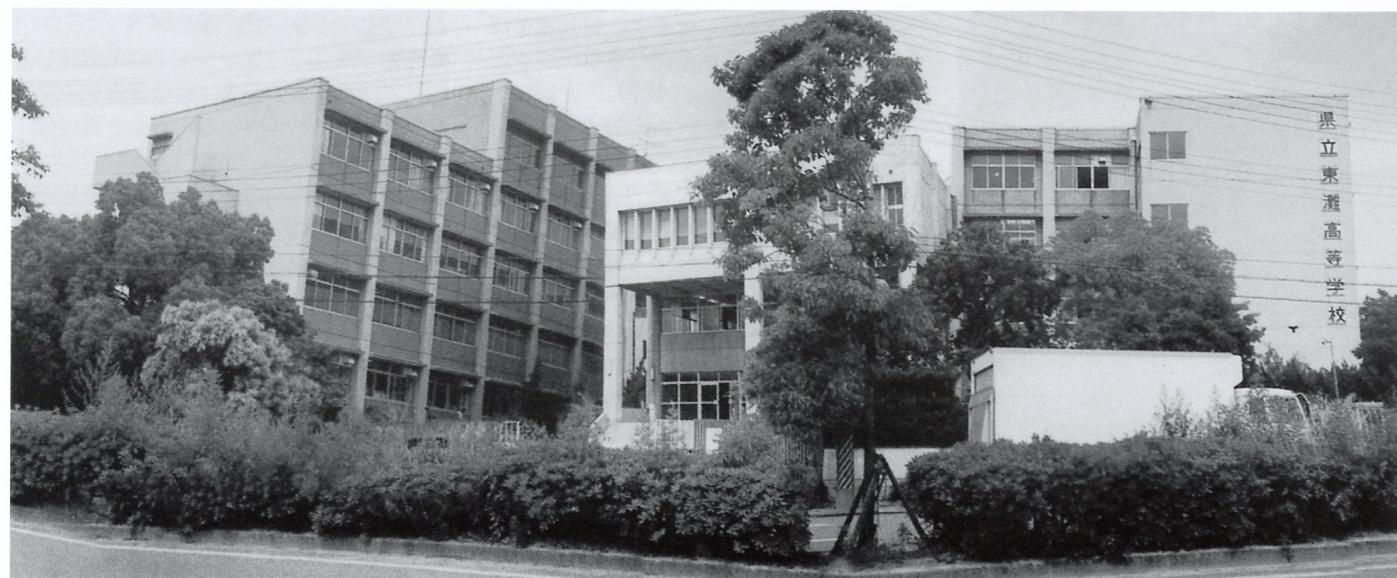
钢管杭協会は震災後、各関係機関と協力しながら钢管杭・钢管矢板の被害について実態調査を行い、その耐震性能の評価を実施。その成果として平成8年3月、第2次調査報告書をまとめた。それら調査の結果、钢管杭・钢管矢板の高い耐震性が立証されるとともに、钢管杭・钢管矢板のもつ「ねばり強さ」(ダクティリティ)が強さの鍵になっていることも再確認された。第2次報告書のおおまかなアウトラインを以下にご紹介する。

1. 兵庫県立東灘高等学校 鋼管杭基礎調査

■調査対象と被害状況について

東灘高等学校は神戸市の初期の臨海埋立て事業のひとつである東部第4工区のほぼ中央付近に昭和50~51年にかけて建設された。震災では液状化現象が顕著だった場所であり、兵庫県教育委員会が管理する施設中大きな被害があった建物のひとつである。

被害としては、周辺地盤の沈下による建物の抜け上がりが特徴的で、それに伴う埋設配管類への被害が生じていた。外観上は建物に大きなクラックも見られず、軸体への被害は軽微なものだったが、エキスパンションジョイント部では、建物間にずれや開きが見られ、内部的にも損傷があった。



東灘高等学校外観

■調査内容

調査では地盤の掘削を行い、杭頭部の外観、腐食状況、内部状況、傾斜測定と建屋基礎沈下状況を調べた。

■結果

フーチングの一部に若干のひび割れが見られたものの、杭基礎には傾斜、座屈、フーチングとの肌離れ、杭頭部の崩壊など明らかに地震による被害と確認できる目立った現象はほとんど観測されず、杭基礎の健全性は十分に確保されていることが分かった。また一部で見られた杭頭部のずれは、建設された昭和50年当時の設計思想では杭は鉛直力のみを

支持し、水平方向には特に考慮していないかったためだとみられ、鉛直力の支持機能は地震後も十分に保持されていると考えられる。



杭頭部のずれ

2. 斜め組杭式桟橋 鋼管杭調査

■調査対象と被害状況について

調査対象となった桟橋が位置しているのは、昭和38年から43年かけて埋立てが行われた神戸市東灘区の東部第2工区の護岸前面。規模は長さ160m、幅12.5m前面水深KP-12.5m、護岸法線に11.7m離れて、護岸に平行に配置されている。钢管杭が地震によって明らかに大きな被害を受けた施設である。

「港湾構造物設計基準」(日本港湾協会)に準拠して設計されているとみられ、構造は上部工が鉄筋コンクリートのスラブ形式、基礎杭としては $\phi 558.8 \times 9.5$ (直杭)、 $\phi 609.6 \times 9.5$ 、 $\phi 711.2 \times 9.5$ の3種類の钢管杭が法線に直角と平行方向に組杭形式で配置されている。

桟橋周辺の被害状況としては、北側のケーソン式護岸が海側に約1.6m程度移動するとともに前面に傾斜が生じていた。桟橋では多くの钢管杭で座屈がみられ、桟橋天端は全体に陸側に傾斜していた。



引き抜き钢管杭の変状

■調査内容

桟橋は被害が著しく、撤去・新設されることになったが、それに際して設計施工者である建設会社により各種調査が行われた。調査項目は、護岸・桟橋の各測量と深浅測量、地震後の土質柱状図、钢管杭破損・変形調査、護岸法線の変位量、钢管杭の肉厚測定など。

今回の調査ではそれらのデータをもとに桟橋の破壊に至るメカニズムをシミュレートした。

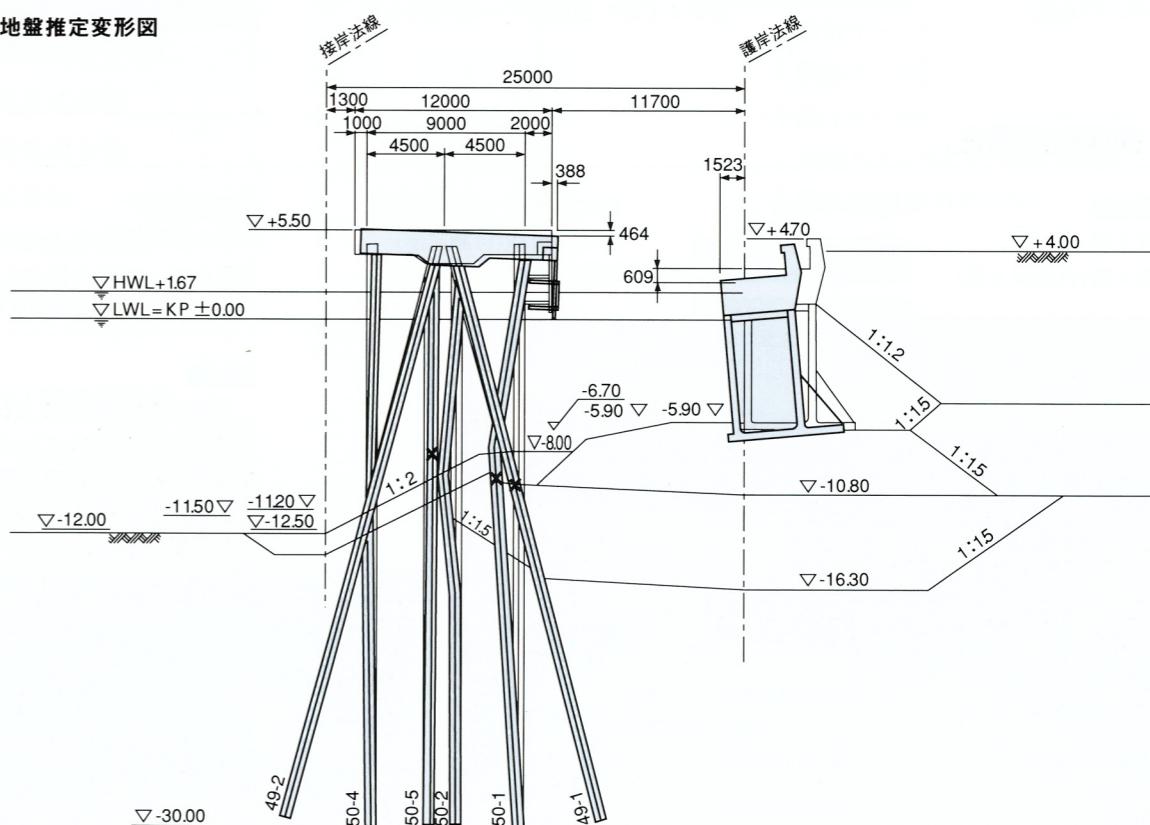
■結果

钢管杭は海底面の捨て石マウンド付近で顕著に“く”の字に屈折していたが、解析の結果、この変形は桟橋軸体に作用する地震慣性力だけでは説明できず、背面のケーソ

ン護岸の移動・変形による流動圧を想定しなければならないことが明らかになった。

こうした考察から、護岸前面に設置された桟橋で地震時の安全性を確保するには、桟橋自体の耐震性のみならず背面護岸の安定性がきわめて重要な意味を持つことが確認された。この検証は今回の調査の大きな成果だった。

●護岸-桟橋-地盤推定変形図



3. 西宮大橋 鋼管矢板基礎調査

■調査対象と被害状況について

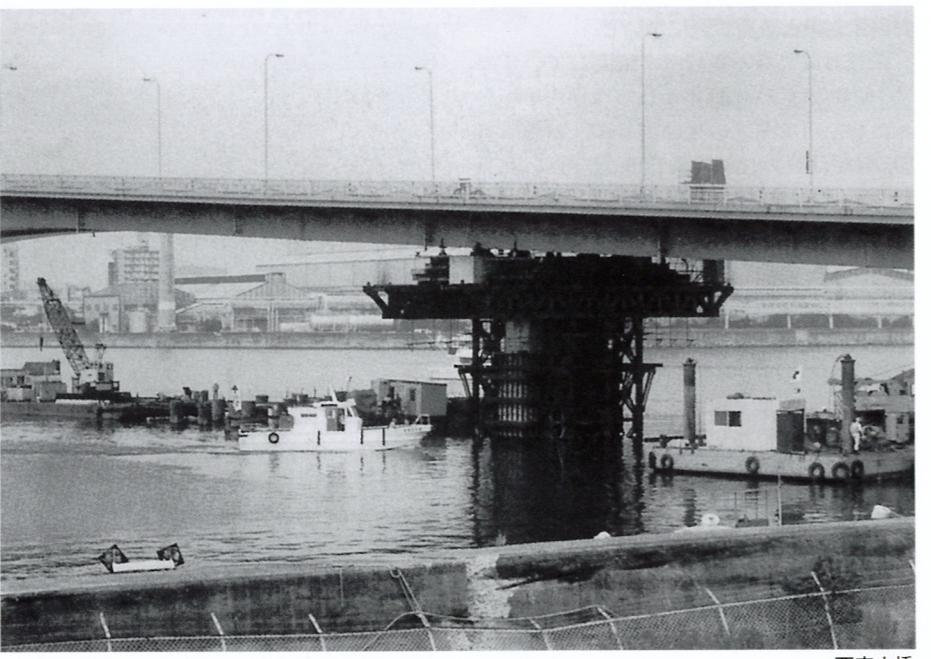
西宮大橋は、臨海埋め立て地の西宮浜(約150ha)と西宮市街地を結ぶ連絡橋として昭和47年度～58年度にかけて建設された橋梁である。主橋梁部の上部構造は2支点固定、5径間連続鋼床版箱桁(橋長440m・中央スパン140m)。下部工には根入れ深さが水面下約50mの仮締切兼用鋼管矢板基礎が採用されている。

钢管矢板基礎は昭和44年に初めて道路基礎に採用され、現在までに1000基以上の実績があるものの、これまで大きな地震を受けた事例がなかった。西宮大橋は今回の地震で上部構造が西側に約1mずれ、橋脚の一部が破損するなど大きな被害が出ていたこともあり、钢管矢板基礎の被害実態についても各方面から注目されていた。

■調査内容

西宮大橋の下部工の復旧工事では被災したP3、P6橋脚で钢管矢板による仮締切後、頂版コンクリート上面までドライアップして、頂版の一部撤去と橋脚の復旧工事が行われた。その工事途上で管理者である兵庫県尼崎港管理事務所からデータをご提供いただき、すでに解析的には検証済みである钢管矢板基礎の健全性を実地検証した。

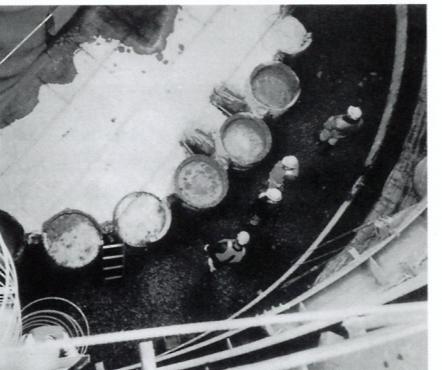
調査事項としては、頂版コンクリートクラック調査、钢管矢板継ぎ手部調査、基礎平面形状測定、钢管矢板傾斜測定、钢管矢板腐食調査、钢管矢板浸透探傷試験、コンクリート強度試験(コアボーリング)など。



西宮大橋

■結果

今回の掘削調査の結果、上部工の被害が著しかったにもかかわらず、钢管矢板基礎には全く被害が見られず、構造上の健全性が十分保たれていることが分かった。各調査でもほとんど異常はみられず、溶接部でも孔食による割れなども生じていなかった。いわば钢管矢板基礎の耐震性が極めて高いレベルにあることが示されたといえる。また钢管矢板基礎で建設後に頂版コンクリート面が確認されたのは今回の調査が初めてであり、貴重なデータが得られた。



P3 橋脚クラック調査写真

4. 橋梁基礎調査

■調査対象

- ポートライナー
- 六甲ライナー魚崎南駅舎
- 西宮大橋
- ハーバーハイウェイ
- 高松橋(取付護岸部)
- 浜風大橋(打出浜大橋)
- 六甲ライナー
- 深江大橋



浜風大橋橋脚付近。岸壁の側方移動が見られる

■調査内容

今回の震災で被災した橋梁のうち、钢管杭が採用されている8件の橋梁を調査対象とし、基礎周囲の状況の目視調査を行った。

■結果

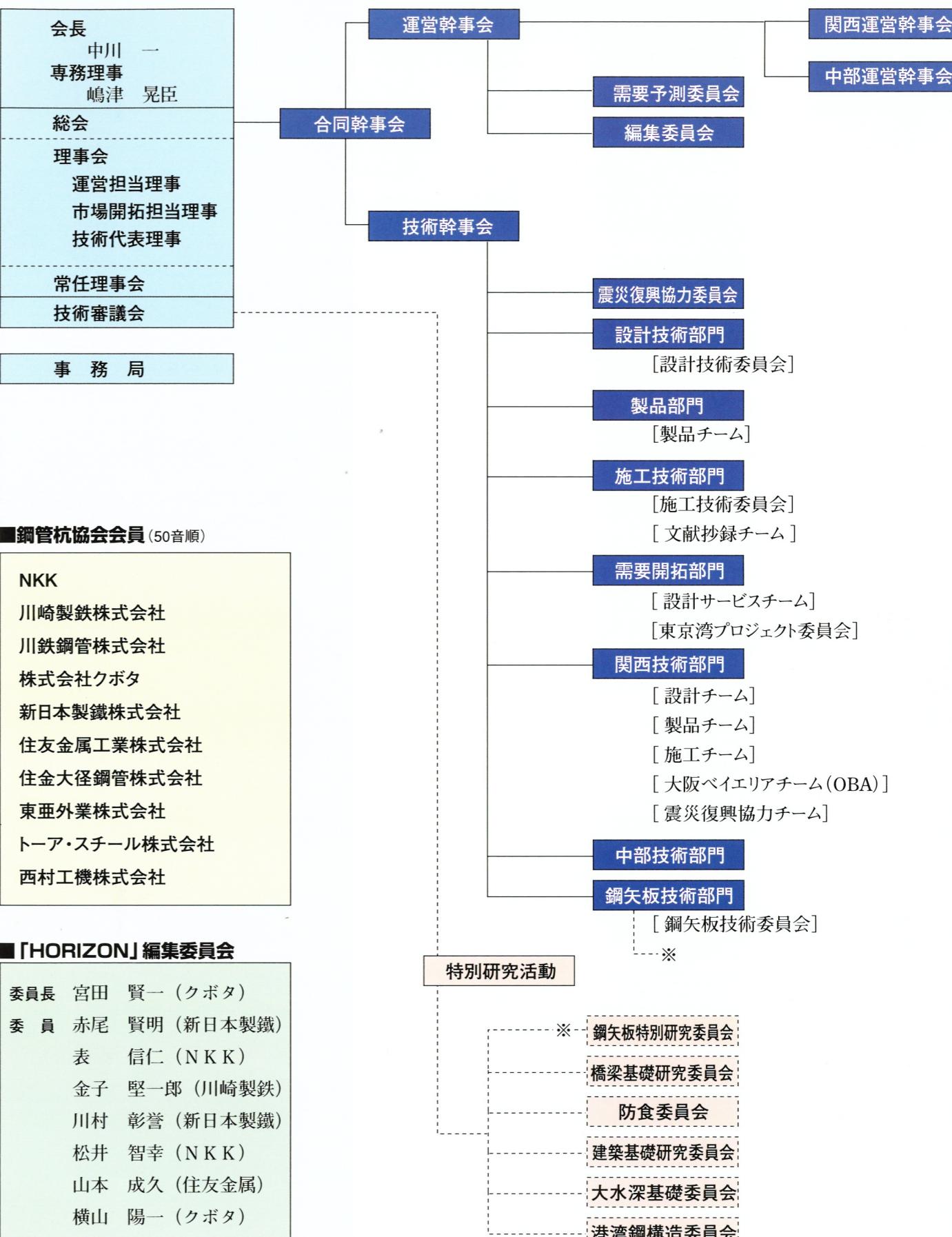
橋梁の被災状況としては、上部工や橋脚では被害例が報告されているものの、基礎である钢管杭そのものの被害は現在のところ報告されておらず、钢管杭基礎の耐震性の高さが証明される結果となった。



高松橋／钢管矢板自立壁の上。橋と縁が切れて地割が見られる

钢管杭協会組織図

(平成8年6月)



HORIZON

明日在築< No. 63

1996年6月30日発行 禁無断転載
発行■鋼管杭協会 〒103東京都中央区日本橋茅場町3-2-10(鉄鋼会館) ■(03)3669-2437
製作■株式会社ニューマーケット 〒160東京都新宿区三栄町20-3(新光オフィソーム) ■(03)3357-5888

