第　1　回　現　場　見　学　会

平成 22 年　11 月　26 日

1.「兵庫県耐震工学研究所センター」の見学

2.「震災資料保管庫」の見学

東海構造研究グループ（SGST）H22 年度見学会　議事録

日時　：平成 22 年 11 月 26 日(金)　8：15～20：45
場所　：兵庫県耐震工学研究所センター（独立行政法人防災科学技術研究所）
　　震災資料保管庫（財団法人阪神高速道路管理技術センター）
出席者：李，右高，M.Assad Alamiri，渡辺，関，金井，中村，広中（名工大），Zhirong　LIN，細井，伊藤，森（名大），木下，荒川，今村，梅田，長屋（岐阜大），中野（愛知県），森下，米田（名公社），杉本（創建），加藤，小川，前田（中日本C），佐光（維持管理工房），吉嶺（日車），織田，高地，松村（瀧上）

29 名(敬称略)

東海構造研究グループ（SGST）H22 年度見学会
（土木学会 CPD プログラム認定番号　JSCE10-0751（3.0 単位））

1．兵庫県耐震工学研究所センター（独立行政法人防災科学技術研究所）（13:00～14:30）
講師：震動実験総合エンジニアリング株式会社　E-ディフェンス一般見学担当
　　桑原氏・杉本氏
講演内容
　1995 年兵庫県南部地震でビル、木造家屋、橋、道路、港湾など多くの構造物が未曾有の被害を被りました。これを契機に、今までの構造物の耐震性の評価方法を見直す必要が認識され、その方向性の一つに、構造物の破壊過程を調べることが重要とされました。そのためのデータを取得する必要がありますが、既存の施設にはそれを達成するだけの十分な性能を有した新たな施設建設が必要となりました。2005 年４月からの研究開始に向けて建設された実験施設が、本研究センターの実大三次元震動破壊実験施設（Ｅ－ディフェンス）です。

2．震災資料保管庫（財団法人阪神高速道路管理技術センター）（15:30～17:00）
講師:阪神高速道路株式会社　技術部 技術企画課　水野慎児　氏, 技術部技術開発課 新名勉　氏
講演内容
　震災資料保管庫は、阪神・淡路大震災での被災・復旧経験を風化させることなく次世代に語り継ぐため、阪神高速グループの社会貢献活動の一環として、平成 11 年 10 月に開設されました。被災した実物の構造物を中心として、説明パネル、構造物の模型などが展示されており、これまでに、国内外を問わず、行政関係者や専門技術者、小学校の地震防災学習の観点での見学など、多くの方々にご来場頂いております。

　本見学会については、震災から得た経験から耐震設計の基準を発展させるのに貢献した実物大試験の施設および震災の被害の記録を後世に残すための重要な実物資料の視察であることから、参加者の関心も高く、活発な質疑応答が行われた。

以上//

SGST 会員各位

平成 22 年　11 月

東海構造研究グループ代表　後藤芳顯
同　幹事長　織田博孝

見学会のご案内

拝啓　初秋の候、時下ますますご清祥の段、お慶び申し上げます。

さて、東海構造研究グループ（略称 SGST）では、土木構造に関連する技術についての知見を深めることを目的として、年 1 回の見学会を開催しております。

つきましては、下記の通り見学会を開催致しますので、ご参加の方をお願いします。なお、バスの手配上、会員様におかれましては先着 40 名とさせて頂きたく、ご容赦ください。

記

１．　日　時：平成 22 年　11 月　26 日（金），8:15～20：45

２．　主な工程（予定）：

8：15　名古屋大学集合・出発（昼食は SA で各自）
13：00　(1)兵庫県耐震工学研究所センター（独立行政法人防災科学技術研究所）
14：30　移動
15：30　(2)震災資料保管庫（財団法人阪神高速道路管理技術センター）
17：00　移動
20：30　名古屋大学到着・解散

３．　人数：約 40 名（会員 25 名+学生他 15 名）

ご多用中まことに恐縮に存じますが、ご協力をお願い致します。（応募者多数の場合、人数制限をする場合があります。）

敬具

SGST現場見学会

１．日時

平成22年11月26日（金）8:15～20:45

２．見学場所

兵庫耐震工学研究所センター：E-ディフェンス（独立行政法人防災科学技術研究所）

1995年兵庫県南部地震でビル、木造家屋、橋、道路、港湾など多くの構造物が未曾有の被害を被りました。これを契機に、今までの構造物の耐震性の評価方法を見直す必要が認識され、その方向性の一つに、構造物の破壊過程を調べることが重要とされました。そのためのデータを取得する必要がありますが、既存の施設にはそれを達成するだけの十分な性能を有した新たな施設建設が必要となりました。2005年４月からの研究開始に向けて建設された実験施設が、本研究センターの実大三次元震動破壊実験施設（Ｅ－ディフェンス）です。（ホームページより引用）

震災資料保管庫（財団法人阪神高速道路管理技術センター）

震災資料保管庫は、阪神・淡路大震災での被災・復旧経験を風化させることなく次世代に語り継ぐため、阪神高速グループの社会貢献活動の一環として、平成11年10月に開設されました。被災した実物の構造物を中心として、説明パネル、構造物の模型などが展示されており、これまでに、国内外を問わず、行政関係者や専門技術者、小学校の地震防災学習の観点での見学など、多くの方々にご来場頂いております。（ホームページより引用）

３．行程（予定）

名古屋大学集合　8:15

名古屋大学　8:30　発　→　E-ディフェンス　13:00　着

※途中，SAで昼食（1時間程度）

E-ディフェンス見学　所要時間：1時間半

E-ディフェンス　14:30　発　→　震災資料保管庫　15:30　着

震災資料保管庫見学　所要時間：1時間半

震災資料保管庫　17:00　発　→　名古屋大学　20:30　着

名古屋大学解散　20:45

※土木学会 CPD プログラム認定番号　JSCE10-0751（3.0 単位）

４．参加人数

40名程度（会員＋学生，他）

５．地図

兵庫耐震工学研究所センター：E-ディフェンス（独立行政法人防災科学技術研究所）

震災資料保管庫（財団法人阪神高速道路管理技術センター）

SGST 現場見学会参加者ﾘｽﾄ(敬称略)

参加者名		所　属	備　考
見学会：H22.11.26 兵庫県耐震工学研究所センター(独立行政法人防災科学技術研究所) 震災資料保管庫(財団法人阪神高速道路管理技術センター)			
1	織田 博孝	瀧上工業株式会社	SGST 幹事長
2	松村 寿男	瀧上工業株式会社	SGST 幹事
3	高地 夏樹	瀧上工業株式会社	
4	吉嶺 建史	日本車両製造株式会社	SGST 幹事
5	加藤 幸男	中日本建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社	SGST 幹事
6	小川 将樹	中日本建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社	
7	前田 春和	中日本建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社	
8	杉本 裕哉	株式会社 創建	SGST 幹事
9	佐光 浩継	株式会社 維持管理工房	
10	森下 宣明	名古屋高速道路公社	
11	米田 氏	名古屋高速道路公社	
12	中野 錦也	愛知県	
13	木下 幸治	岐阜大学	SGST 幹事
14	森下 宣明	名古屋高速道路公社	
15	李 国泰	名古屋工業大学大学院後期 3 年	学生
16	右高 裕二	名古屋工業大学大学院前期 2 年	学生
17	M.Assad Alamiri	名古屋工業大学大学院前期 2 年	学生
18	渡辺 泰成	名古屋工業大学大学院前期 2 年	学生
19	関　一優	名古屋工業大学大学院前期 2 年	学生
20	金井 宏英	名古屋工業大学 学部 4 年	学生
21	中村 信哉	名古屋工業大学 学部 4 年	学生
22	広中 渉太	名古屋工業大学 学部 4 年	学生
23	荒川 慎平	岐阜大学大学院前期 2 年	学生
24	今村 明登	岐阜大学大学院前期 1 年	学生
25	梅田 和幸	岐阜大学 学部 4 年	学生
26	長屋 誠祐	岐阜大学 学部 4 年	学生
27	Zhirong LIN	名古屋大学大学院後期 3 年	学生
28	細井 章浩	名古屋大学大学院前期 2 年	学生
29	伊藤 誠慈	名古屋大学 学部 4 年	学生
30	森　達也	名古屋大学 学部 4 年	学生

地震に強い社会を目指して

—兵庫から世界へ研究成果を発信—

なぜ壊れるか

実大規模の構造物を3次元地震動で加振し、構造物の破壊メカニズムを究明します。

どこまで壊れるか

どう壊れるか

E−Defenseとは?

施設の愛称「E−Defense」のEはEarthを表し、地球規模で災害を未然に防ぎ、住民の生命と財産を守る研究開発への期待を示しています。シンボルマークは、大地の割れと地震の波、およびこれに対応する三次元震動破壊実験の三次元の動きを三色で表現しています。

独立行政法人
防災科学技術研究所
〒305-0006
茨城県つくば市天王台3−1
TEL 029-851-1611(代) FAX 029-851-1622
URL http://www.bosai.go.jp/

兵庫耐震工学研究センター
〒673-0515
兵庫県三木市志染町三津田字西亀屋15C1−21
TEL 0794-85-8211 FAX 0794-85-1994
URL http://www.bosai.go.jp/hyogo/

実大三次元震動破壊実験施設

E−Defense

独立行政法人 防災科学技術研究所
兵庫耐震工学研究センター

こんな実験を行っています

実大三次元震動破壊実験施設の主要部分は、実際の地震と同じ複雑な三次元の揺れをつくり出す15m×20mの震動台です。その上に最大1,200トンの構造物を載せ、阪神・淡路大震災クラス（震度7）の地震を再現できます。これらの能力を最大限に利用した震動実験により、様々な構造の破壊過程と新しい耐震技術を検証することができます。

木造建物実験

各種木造住宅の居住環境としての総合的な安全性の検討や新しい耐震補強技術の開発に役立てます。（平成17年11月21日実施）

長周期地震動に備える実験

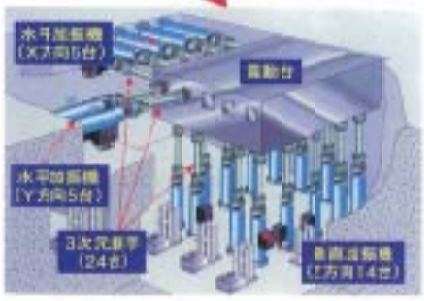
長周期地震動に備える高層建物の揺れを再現するもので天井や壁の損傷および家具什器の転倒・ガラスの飛散など室内外で起こりうる現象を把握する実験です。社会一般に密接した内容であるため、速やかな社会還元が必要です。公共機関、学校、自治会などの活動を通じて行われる、草の根防災対策に資する開発されます。（平成20年1月24日実施）

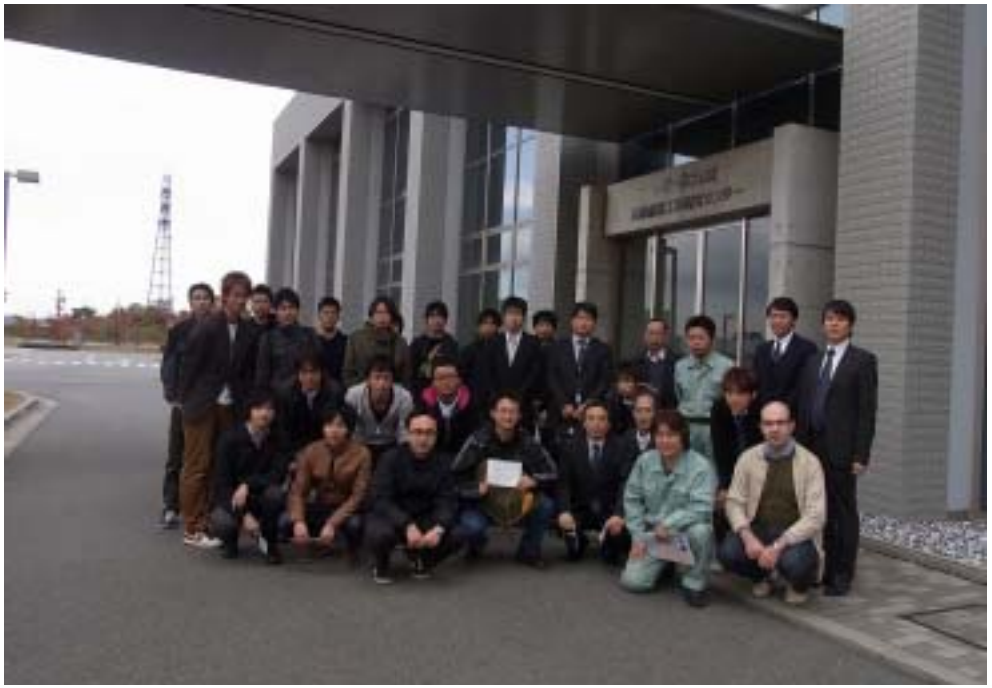
実大三次元震動破壊実験施設の概要

国内の主要な震動台の基本性能比較

試験機関	最大搭載(t)	面積(m²)	加振方向	最大速度(cm/s)	最大変位(cm)	最大加速度(Gal)
E−Defense（兵庫県）	1200	300	3方向(X,Y,Z)	±500	±200	±100
防災科学技術研究所（旧国立研究所）	100	220	3方向(X,Z)	±1900	±75	±30
土木研究所（つくば）	30t	64	3方向(X,Y,Z)	±1000	±100	±40
防災科学技術研究所（つくば）	60t	217	1方向(X)	±500	±75	±12

※2009年1月現在(廃棄を除く)





E-DEFENSE

地震で失ったもの、伝えるべきもの、そして活かさなければならないもの

1995年1月17日5時46分に発生した兵庫県南部地震は多くの犠牲なものを奪いました。経験したことのないほどの破壊力型の地震によって阪神高速道路も甚大な被害を被り、通行をさせる状況さえの当たりにすることになったのです。悲しみと混乱の中、人命救助、緊急対応、早期復旧が私たちの使命となりました。

同時にこの被災を後世に伝えるべき教訓として、その一環として被災した構造物を体系的に抽出し保管する決断をしました。ここに保管されている構造物は、地震の激しいエネルギーを吸収しきれなかったものであり、これまで伝聞でしかなかった対象の壊れ方を証明するものです。

自然の猛威に太刀打ちすることはできませんでしたがその後の人間の英知と力により防は防ぐことになります。この施設では、地震の話しを伝えるだけではなく、地震発生から全線復旧までの62日間の関係した時間と関係者の対応を伝えようとしました。さらにはこの教訓を教訓にした、新たな技術、災害支援や防災教育の取り組みを紹介しています。

地震を避けることができません。しかし、この施設によって情報の伝達と共有が行われ、そしてそこから生まれる人間の英知によって、今後災害が少しでも軽減されればと私たちは切に願っています。また、私たち自身が、この施設を、安全・安心の原点を見つめ続けるための場にしたいと強く考えています。活かされなければならないことは限りないと思っています。

震災・復旧と施設のあゆみ

1995.1.17 兵庫県南部地震発生
3号神戸線4km崩壊。
6号湾岸線1km崩壊。
1995.2.7 3号神戸線広台橋橋脚補強設置
1995.4.1 神戸線深江橋設置設置
阪神間主構造物14号(西宮線
高架下(兵庫県警跡地)に移設
1995.8.1 6号湾岸線開通
1996.2.19 神戸線須磨・塩屋間開通
1996.7.17 神戸線摩耶・住吉間開通
1996.8.10 神戸線塩屋・東垂水間開通
1996.8.31 神戸線月見山・箕面間開通
1996.9.30 神戸線深江・武庫川間開通
1998.10 神戸市東灘区深江浜に
震災資料保管庫完成
2004.12.10 震災資料保管庫リニューアル

施設概要

【面積】
1212m²

【展示構造物】
鋼上部構造物3ヶ所分、
RC橋脚6ヶ所分、
鋼製橋脚2ヶ所分、
支承一式

【パネル数】
エントランス3枚、
展示コーナー14枚、
プレゼンテーションルーム2枚

【模型】
7ヶ所

〒541-0036 神戸市東灘区深江浜町1-1
阪神高速ホームページ http://www.hanshin-exp.co.jp/

震災資料保管庫

Hanshin Expressway Earthquake Museum

－1995.1.17 そして－

阪神高速　阪神高速道路管理技術センター

震災資料保管庫 展示の概要

A 鋼上部構造物

B RC橋脚

C 鋼製橋脚

D 支承

被災構造物を、鋼上部構造、RC橋脚、鋼製橋脚、支承ごとに展示しています。

エンドコーナー

震災で得た教訓をもとに開発された技術、施工法、さらに災害支援、体験教育を紹介しています。

展示構造物の被災概要図

被災構造物の震災当時の様子を大型パネルで展示しています。

模型

構造物の被災状況をよりわかりやすくするため、模型も展示しています。

プレゼンテーションルーム

プロジェクターによる地震被害の概要と復旧の取組を紹介。さらに当時に携わった技術者の声を、ドキュメンタリータッチで紹介しています。

エントランス

阪神間構造物群の概要を紹介しています。

被害の概要

被害のランクや状態を紹介しています。

子供コーナー

総合学習などで役立つように地図のことや、高速道路の地震対策について説明しています。

大型パネル

被災状況を視覚するため、スケール感のある大型写真パネルで実感的な情報を示しています。

〒658-0032 神戸市東灘区東正面1-1-5
1-1-5 Tokiwacho, Higashinada-ku, Kobe 658-0032

震災・復旧と施設のあゆみ

施設概要

Chronological record from earthquake to reconstruction of Hanshin Expressway

Summary of Earthquake Museum

震災資料保管庫

Hanshin Expressway Earthquake Museum

地震で失ったもの、伝えるべきもの、そして活かさなければならないもの

What Was Lost in the Earthquake, What Need To be Passed On, and What We Should Create From

阪神高速 | 阪神高速道路管理技術センター

地震で失ったもの、伝えるべきもの、そして活かさなければならないもの

What Was Lost in the Earthquake, What Need To Be Passed On, and What We Should Create From

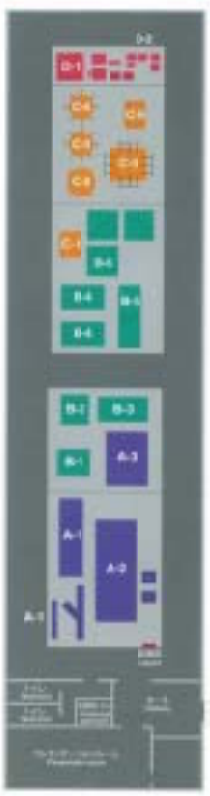
大都市を襲った直下型地震M7.3 兵庫県南部地震

阪神高速道路の被害

Damage to the Hanshin Expressway

The Hanshin Expressway suffered enormous damage from the Hyogo-ken Nanbu Earthquake. Major damage included a complete collapse of a 635 m stretch of viaduct structure and four fallen girders in the Kobe Route (R5) and one fallen girder in its Wangan Route (R9). Forty four items with typical damage are exhibited at this museum for the purposes of calming the apparents of disaster down the generations as well expressing future research of disaster prevention.

被災構造物の配置図 Layout of Exhibits



A 鋼上部構造物 Steel Superstructure

A-1 アーチ橋の上横構ぎ材の座屈と端横桁の変形

Buckling of upper lateral braces and deformation of end cross beam in long arch bridge

Damage descriptions. / Fifty-one upper lateral bracing members and one end cross beam in the Kobe-bound side (R5-1) were damaged. (The bridge with about 6,000 tons in weight moved about 1 m toward the east horizontally. It pushed up support plates on the pier beam dented into the end cross beam.) The pier-to support together with two fixed bearings formed a three-point support for the arch, causing the upper lateral braces to buckle.

Location. / Kobe Island Bridge (R5-1-1) on the Wangan Route (R9) Fast (Southbound) Lane in Kobe Island, Kobe

Structural configuration. / Steel arch bridge (through bridge with double deck)

Completion. / 1967

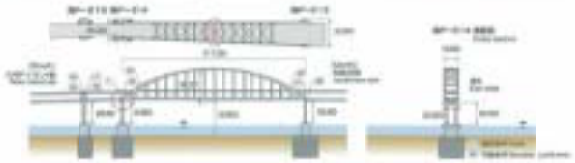
Major standards applied. / Specifications for Highway Bridges (1964)

Restoration. / The entire bridge was lifted and replaced to its original position using new bearing mortars. In addition, the damaged members were replaced with by new ones.

Descriptions of the exhibits. / Arch cross beam line which the pier-to support dented / Upper lateral braces of the arch bridge

Specifications of the exhibits

End cross beam	Bottom flange (material: SM570, thickness: 9 mm) Web (material: SM570, thickness: 28 mm)
Upper lateral braces	Top and bottom flanges (material: SS400, thickness: 16 mm) Web (material: SS400, thickness: 9 mm)



A-2 鋼連続箱桁橋の中間支点部の変形

Deformation of central support members of continuous steel box girder bridge

Damage descriptions. / Upper stays are pins damaged from the bearings (pin bearings on the inside plate (P-120)). (The box girders in the superstructure moved about 80 mm toward the east (Kobe side) and about 110 mm toward the south due to its horizontal force.) The lower stays of the damaged pin bearing broke through a bottom flange of the box girder where the pin carrying reinforcement was not provided.

Location. / R-1 to 1-120 in the Kobe Route (R5) (Inbound)

Structural configuration. / 3-span continuous steel box girder bridge and reinforced concrete works

Completion. / 1969

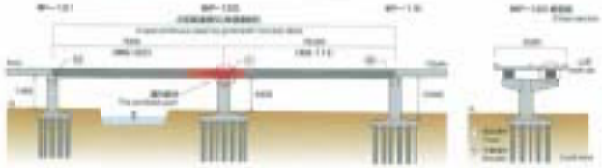
Major standards applied. / Design and Fabrication Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Restoration. / Initially, excessive impact in consideration the bridge falling-into amount. The damaged members were cut out and removed, and subsequently new members were installed.

Descriptions of the exhibits. / Damaged and removed portions of the box girder and fixed bearings (pin bearings)

Specifications of the exhibits

Box girder (in-out side and intermediate)	Bottom flange (material: SM50, thickness: 25 mm) Web (material: SM50, thickness: 19 mm)
Fixed bearing (pin bearing)	Lower stays (material: SS50, mass: 1,010 kg) Pins (material: S50C, mass: 48 kg)



A-3 鋼連続箱桁橋の主桁の座屈

Buckling of continuous steel box girder

Damage descriptions. / The pier P-60 with a steel bearing bolster shear among the five reinforced concrete piers which were supported the superstructure of the spans L-P38 to R-P41 (3-span continuous box girders with reinforced concrete deck). The pier P-60 moved and went into its original position. A significant buckling occurred in the main girders at the end spans as the regions close to the intermediate pier (P-59 and P-61).

Location. / 5-33 to 1-200 on the Inter Route 10 (Bikage Hommachi, Higashinada-ku, Kobe)

Structural configuration. / 3-span continuous box girder bridge with reinforced concrete deck

Completion. / 1965

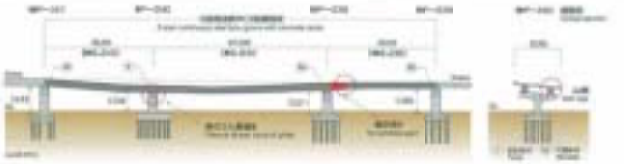
Major standards applied. / Design and Fabrication Specifications for Highway Bridges (1964)

Restoration. / A new 2-span continuous box girder bridge was built with steel decks in order to reduce the weight of the superstructure.

Descriptions of the exhibits. / Damaged buckling portion of the main girder P-59

Specifications of the exhibits

Bottom flange (material: SM50, thickness: 9 mm and 25 mm)
Web (material: SM50, thickness: 12 mm)
Top flange (material: SM50, thickness: 12 mm and 9 mm)



B-1 RC橋脚基部付近での曲げせん断破壊

Flexural shear failure around the base of reinforced concrete pier

Damage descriptions. / Flexural shear failure was occurred in the column at a height slightly above its base and resulted in a residual inclination toward the sea or which direction the seawall was overturning.

Location. / P-73 on the Inter Route 43 (Rokkomichi-dori, Nishinomiya City)

Structural configuration. / Reinforced concrete single rectangular column with a cross section of 3.0 m × 2.1 m

Completion. / 1969

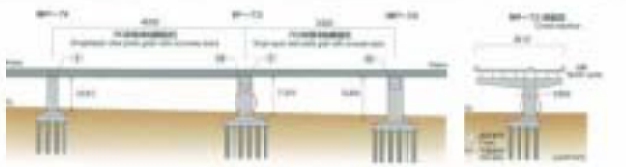
Major standards applied. / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1968)

Restoration. / The damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete rectangular column (3.0 m × 2.0 m) was built on site. Finally, a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits. / The damaged portion of the column around which had been originally packed with 3% concrete for secondary disaster prevention is exhibited. The column was divided into two blocks to remove from the site, as shown here.

Specifications of the exhibits

Designed concrete strength: 270 kg/cm²
Longitudinal reinforcements: D32 (SD30) in double arrangement
Lateral ties: D16 (SD30) at 300 mm intervals



B-2 RC橋脚基部付近での曲げせん断破壊

Flexural shear failure around the base of reinforced concrete pier

Damage descriptions. / Flexural shear failure was occurred at the column base with the buckling of longitudinal reinforcements, and resulted in a residual inclination toward the west (Rokko side) and also toward the north in which direction the seawall has large overhang.

Location. / P-84 on the Inter Route 43 (Sumiyoshi, Nishinomiya City)

Structural configuration. / Reinforced concrete single rectangular column with a cross section of 3.0 m × 2.0 m

Completion. / 1969

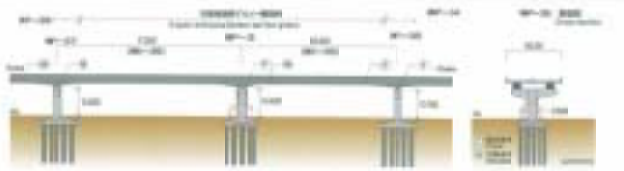
Major standards applied. / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1968)

Restoration. / The damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete rectangular column (3.0 m × 2.0 m) was built on site. Finally, a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits. / The damaged portion of the column around which had temporarily packed with the contractor secondary disaster prevention is exhibited. The column was divided into two blocks to remove from the site, as shown here.

Specifications of the exhibits

Designed concrete strength: 270 kg/cm²
Longitudinal reinforcements: D32 (SD30) in double arrangement
Lateral ties: D16 (SD30) at 300 mm intervals



B-3 RC橋脚基部付近での曲げ破壊

Flexural failure around the base of reinforced concrete pier

Damage descriptions. / Serious flexural failure was occurred at the column base with the buckling of longitudinal reinforcements.

Location. / P-136 on the Inter Route 43 (Bikage Hommachi, Higashinada-ku, Kobe)

Structural configuration. / Reinforced concrete single cylindrical column with a diameter of 1.5 m

Completion. / 1969

Major standards applied. / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1968)

Restoration. / The damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete cylindrical column (diameter: 1.4 m) was built on site. Finally, a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits. / The damaged portion of the column around which had temporarily packed with 3% concrete for secondary disaster prevention is exhibited. The column was divided into two blocks to remove from the site, as shown here.

Specifications of the exhibits

Designed concrete strength: 240 kg/cm²
Longitudinal reinforcements: D32 (SD30) in double arrangement
Lateral ties: D16 (SD30) at 300 mm intervals

B-4 RC橋脚主鉄筋段落とし位置での曲げせん断破壊

Flexural shear failure of reinforced concrete pier at cut off position of the main reinforcements

Damage description / Serious flexural shear failure was occurred at the column base height of the column where the longitudinal reinforcements had been cut off, causing the buckling of longitudinal reinforcement.

Location / P-63 on the Kobe Route 43 (Nagata-ku, Kobe)

Structural configuration / Reinforced concrete single cylindrical column with a diameter of 2.0m

Completion / 1967

Major standards applied / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1966)

Restoration / The damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete column (diameter: 2.0 m) was built in situ. Finally a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits / The damaged portion of the column around which had been temporarily packed with concrete for secondary disaster prevention is exhibited. The column was divided into four blocks to remove from the site, as shown here.

Specifications of the exhibits
Designed concrete strength: 24N/mm²
Longitudinal reinforcements: D25 (D32) in single arrangement taking no cut off
Lateral ties: D16 (D22) at 300 mm intervals

B-5 RC橋脚のせん断損傷

Shear damage of reinforced concrete pier

Damage description / Shear failure was occurred in the column at a height slightly above the base. Although the column was determined as a minor damage during an approximate observation for the structure, it was found from a detailed inspection that cracks had reached the inner concrete of the column.

Location / P-52 on the Kobe Route 43 (Suma-ku, Kobe)

Structural configuration / Reinforced concrete single rectangular column with a cross section of 2.0 m × 4.5 m

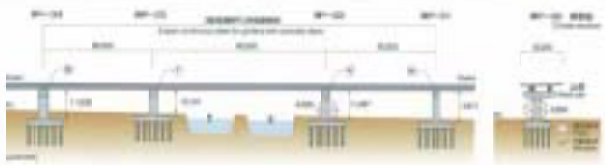
Completion / 1969

Major standards applied / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1966)

Restoration / The damage column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete rectangular column (3.1 m × 5.1 m) was built on site. Finally a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits / Four pieces of the column with the significant shear cracking which extend from top to right stated.

Specifications of the exhibits
Designed concrete strength: 24N/mm²
Longitudinal reinforcements: D25 (D32) in triple or double arrangement taking cut off
Lateral ties: D16 (D22) at 300 mm intervals



B-6 RC橋脚基部付近での曲げせん断破壊

Flexural shear failure around the base of reinforced concrete pier

Damage description / Serious flexural shear failure was occurred at the column base with the buckling of longitudinal reinforcement.

Location / P-64 on the Kobe Route 43 (Nagata-ku, Kobe) (Tip)

Structure configuration / Reinforced concrete single cylindrical column with a diameter of 2.0 m

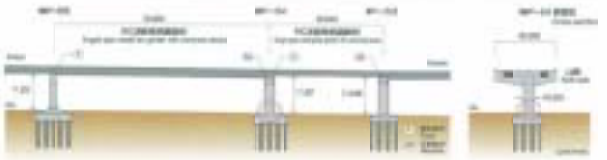
Completion / 1967

Major standards applied / Design Guidelines for Highway Bridge Substructures (1966)

Restoration / The damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new reinforced concrete cylindrical column (diameter: 2.0 m) was built in situ. Finally a factory-fabricated steel beam was connected on it to complete the pier.

Descriptions of the exhibits / The damaged portion of the column around which had been temporarily packed with the concrete for secondary disaster prevention is exhibited. The column was divided into four blocks to remove from the site, as shown here. Three of them are here, and the another is exhibited at the Disaster Reduction and Human Renovation Institution.

Specifications of the exhibits
Designed concrete strength: 24N/mm²
Longitudinal reinforcements: D25 (D32) in double arrangement
Lateral ties: D16 (D22) at 300 mm intervals



C-1 板パネルの局部座屈

Local buckling of stiffened plate of steel pier

Damage description / Local buckling of the stiffened plate occurred between the concrete filling portion of the pouring type and the lateral diaphragm (stiffener here), and resulted in a significant residual inclination toward the south in west direction for lower leg footing.

Location / P-501 on the Hyogo Route 43 (Chuo-ku, Kobe)

Structural configuration / Steel rectangular pier with a cross section of 1.3 m × 3.0 m

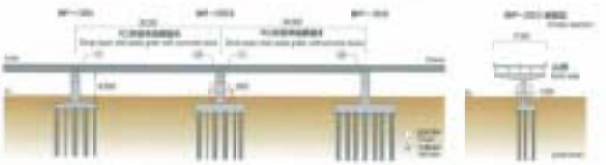
Completion / 1968

Major standards applied / Design Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Restoration / After conducting the superstructure and pier back-fitting, the damaged column was cut at the base and removed, and subsequently a new member (thickness: 30 mm; material: SM490B) was installed. The level of the concrete filling the pier was raised from the previous setting.

Descriptions of the exhibits / Removed portion (The attached stiffeners were an temporary reinforcements against secondary disasters until the complete restoration.)

Specifications of the exhibits
Steel pier: 1.3 m × 3.0 m
Thickness: 30 mm (SM490)



C-2 鋼製橋脚（円形）のわれ

Cracks in circular steel pier

鋼製外殻／中詰コンクリートに接しかつ隔壁材等に固定されず、隔壁材等の周囲部全周にわたり発生していた

位置／[illegible]

構造形式／円形鋼製橋脚 直径2m

竣工年時／昭和42年度

適用基準／鋼道路橋設計示方書（昭和39年）ほか

補修方法／上部工をジャッキし、橋脚躯体を基部から切断・撤去し、鋼製橋脚（直径2.2m 板厚40mm、材質SM570）で再構築した

補修時期／
わかりやすくしかも部分（第1ロット）から補強材の設置ができ、二次災害防止できるものから

展示物概要
橋脚規模 直径2.2m
板厚 28mm（SM51）

Damage descriptions／Although almost no bulging was visible from the appearance, cracks were found in the welds between lateral diaphragms of around the pier.

Location／P-600 on the Kobe Route #3 (Hagashi, Kobe)

Structural configuration／Steel cylindrical pier with a diameter of 2.0 m

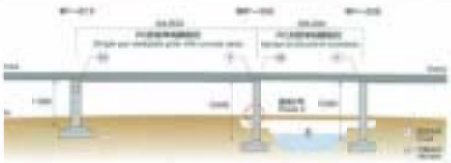
Completion／1967

Major standards applied／Steel Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Restoration／After underpinning the superstructure the entire pier was cut at its base and removed out, and subsequently a new steel pier (Diameter: 2.0 m Thickness: 40 mm material: SM570) was built.

Descriptions of the exhibits／Number with cracks (The attached stiffeners were of temporary reinforcement against secondary disasters until the complete restoration.)

Specifications of the exhibits
Steel pier diameter: 2.2 m
Thickness: 28 mm (SM51)



C-3 鋼製橋脚（円形）の局部座屈・われ

Local buckling and cracks in circular steel pier

鋼製外殻／中詰コンクリートに接しかつ隔壁材等に固定されず、隔壁材等の周囲部全周にわたり、局部座屈が発生していた

位置／[illegible]

構造形式／円形鋼製橋脚 直径1.8m

竣工年時／昭和42年度

適用基準／鋼道路橋設計示方書（昭和39年）ほか

補修方法／上部工およびその橋脚躯体を撤去のうえ、基部から切断・撤去し、新しい鋼材（板厚40mm、材質SM570）に取り替え、中詰コンクリートで補強した

展示物概要／
撤去した部分は（第1ロットから）補強材の設置ができ、二次災害防止できるものから

展示物概要
鋼製橋脚 直径1.8m
板厚 上部27mm（SM490Y）／下部24mm（SM490）

Damage descriptions／Local buckling occurred between the concrete filling parts and the lateral diaphragm just alone in Grade concreted in the walls on the column.

Location／P-600 ultra Kobe Route #3 (Hagashi, Kobe)

Structural configuration／Steel cylindrical pier with a diameter of 1.8 m

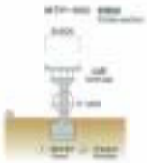
Completion／1967

Major standards applied／Design Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Restoration／After underpinning the superstructure and pier base members, the column was cut at the base and removed out, and subsequently a new member (Thickness: 40 mm material: SM570) was installed and reinforced with the filling of concrete.

Descriptions of the exhibits／Damaged and removed portion (The attached stiffeners were of temporary reinforcement against secondary disasters until the complete restoration.)

Specifications of the exhibits
Steel pier diameter: 1.8 m
Thickness: 27 mm (SM490Y) for the upper part and 24 mm (SM490) in the lower part



C-4 鋼製橋脚（円形）の局部座屈・破断われ

Local buckling and tension cracks in circular steel pier

鋼製外殻／中詰コンクリートに接しかつ隔壁材等に固定されず、隔壁材等の周囲部全周にわたり、局部座屈が発生し、破断した部分は脱落のうえ、また、周囲部が変形していた

位置／[illegible]

構造形式／円形鋼製橋脚 直径2m

竣工年時／昭和42年度

適用基準／鋼道路橋設計示方書（昭和39年）ほか

補修方法／上部工およびその橋脚躯体を撤去のうえ、基部から切断・撤去し、新しい鋼材（板厚32mm、材質SM490Y）に取り替え、中詰コンクリートで補強した

展示物概要／
撤去した部分は（第1ロットから）補強材の設置ができ、二次災害防止できるものから

展示物概要
鋼製橋脚 直径2m
板厚 上部27mm（SM490Y）／下部24mm（SM490）

Damage descriptions／Local buckling occurred between the filling concrete portion and the lateral diaphragm just above, resulting in elephant foot buckling and the rupture of the welds.

Location／P-600 on the Kobe Route #3 (Hagashi, Kobe)

Structural configuration／Steel cylindrical pier with a diameter of 2.0 m

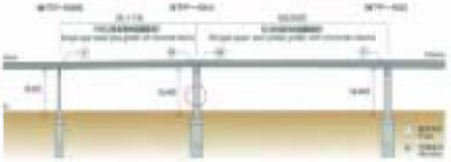
Completion／1967

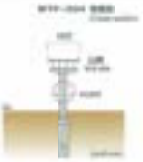
Major standards applied／Design Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Restoration／After underpinning the superstructure and pier base members, the column was cut at its base and removed out, and subsequently a new member (Thickness: 32 mm material: SM490Y) was installed and reinforced with the filling of concrete.

Descriptions of the exhibits／Damaged and removed portion (The attached stiffeners were of temporary reinforcement against secondary disasters until the complete restoration.)

Specifications of the exhibits
Steel pier with a diameter of 2.0 m
Thickness: 27 mm (SM490Y) for the upper part and 24 mm (SM490) in the lower part





C-5 縦補剛材の座屈

Buckling of stiffeners in steel pier

鋼製外殻／[illegible]

位置／[illegible]

構造形式／[illegible]

竣工年時／[illegible]

適用基準／[illegible]

補修方法／[illegible]

展示物概要／[illegible]

展示物概要
[illegible]

Damage descriptions／[illegible]

Location／[illegible]

Structural configuration／[illegible]

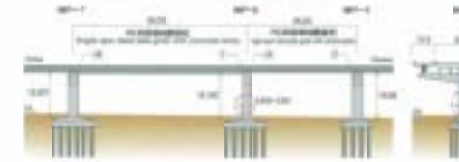
Completion／[illegible]

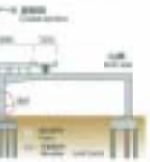
Major standards applied／[illegible]

Restoration／[illegible]

Descriptions of the exhibits／[illegible]

Specifications of the exhibits
[illegible]





C 鋼製橋脚 Steel Pier

C-6 鋼製橋脚基部の亀裂

Cracking at the base of steel pier

Damage descriptions / Cracks occurred in the top end of the stiffeners at the base of the bridge pier which is located below the ground level. The cracks are spreaded almost all around the column.

Location / P-371 on the Kobe Route #3 (Suma-ku, Kobe)

Structural configuration / Single column, 1-span steel rigid frame rectangular pier with a clear section of 1.0m x 1.5m

Completion / 1969

Major standards applied / Design Specifications for Highway Steel Bridges (1964)

Reasonable / The portion is above the weight containing the cracks was removed out, and subsequently new members were installed.

Description of the articles / Column base containing cracks (The divided different sets of temporary shroff against secondary disasters with the complete restoration.)

Specifications of the articles
Steel pipe: t 9.0 x L 1.0
Web thickness in the column: 20 mm (SM41)
Flange thickness in the column: 28 mm (SM41)
Rib thickness in the column: 16 mm (SS41)

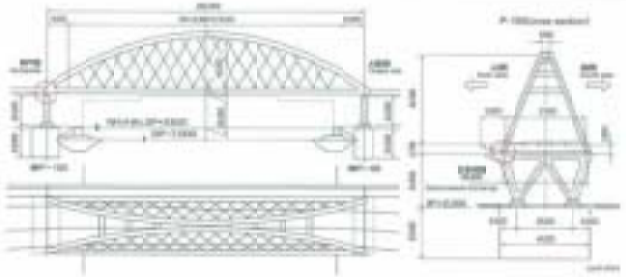
D ピボット支承［西宮港大橋］Pivot Bearing in Nishinomiya-ko Bridge

D-1 西宮港大橋におけるピボット支承の破損

Fracture of pivot bearing supporting large arch bridge

西宮港大橋は、1.5km沖合の人工島ポートアイランドと陸地を結ぶ、全長1,000mの長大橋です。ポートアイランドに上陸するアーチ橋（第P-1～P-3）は、ピボット支承（写真）を介して基礎に支持されています。1995年の阪神・淡路大震災の際、ピボット支承の下部および上部ロッドに、橋軸方向に大きな変形が生じました。

Nishinomiya-ko Bridge connecting Rokko Island (Port Island) to the East Kobe Area (Suma-ku) is a 1,000 meters long Steel Tied Arch Bridge with seven spans. Pivot bearings are installed under the Arch Ribs. The bridge is supported by fixed bearings on the east pier (Kobe side), and by movable bearings on the west pier (Rokko side). The bearings are all pivot type. Of the six fixed bearings, the one in the north mountain side suffered the brittle fracture on the upper shoe due to transverse lateral seismic force. The upper shoe was fractured in half and the fractured part was displaced from the pier.
The lower shoe that was left on the pier and the remained half of the upper shoe displaced later. The anchor (Pivot Bearing supporting the adjacent span which was collapsed due to the excessive displacement of the Nishinomiya-ko Bridge is also shown here.



D 支承 Bearing

D-2 支承の損傷

Damage of Bearing

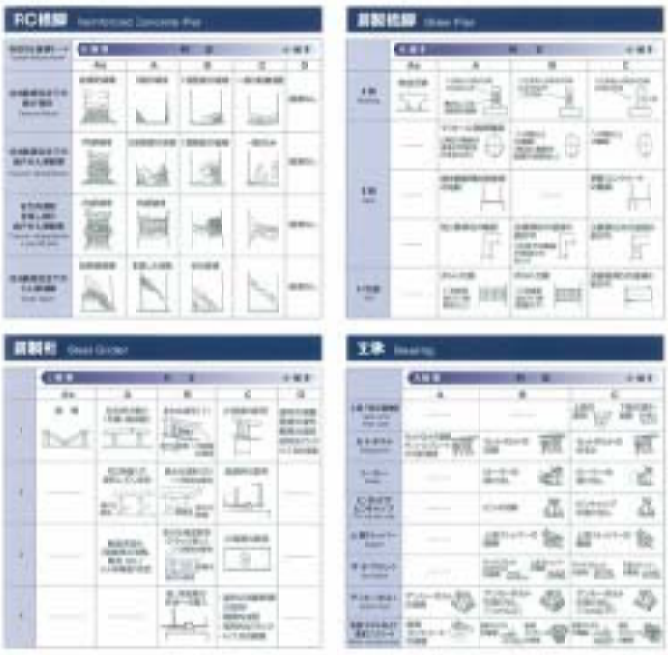
橋梁上部構造は温度や活荷重によって変形します。変形による余分な力が橋脚に与えられないようにする必要があります。

主要なこの目的のために支承類（ローラー支承、ピン支承、ローラー支承を組み合わせたもの）があります。ただし支承部に大地震が働くとアウトになったり、活荷重でもよく不具合が頻発しました。

Bridge structures are subjected to deformation by temperature change and live loads. Bearings are primarily designed not only to absorb these regular deformations but also to prevent excessive lateral force from being transmitted from pier to superstructure in case of big earthquake. During the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, most of conventional bearings could not sustain the force and were damaged severely. Learned from this experience, they are now considered a primary component of the bridge structure, and in the new construction they are based on the ductility design method to ensure that they can keep the function even in a desperate earthquake.

高速道路の被害分類

Classification of Expressway Damage



	被害状況
A4	破壊、損傷、応力集中、変形等により既存機能が失われたもの Collapse or buckling, or equivalent damage
4	破壊に至るまでの大変形（破壊寸前）であり、復旧時に二次的な問題が発生するもの Damage affecting the load carrying capacity significantly and causing risk of potential secondary damage (almost broken)
3	破壊には至らないが大変形（大ひび割れ、大変形）により、当面の使用には問題ないものの、今後の使用が制限されるもの Damage affecting the load carrying capacity not allowing it remains as we long as it was not repaired as some during aftershocks or after revised
2	変形はあるが使用には影響がないもの Damage with no serious effects in the short term but causing capacity
1	変形や小規模な亀裂に留まり、機能や耐荷力に影響のないもの Damage with no specific effects in the load carrying capacity

橋脚	A	B	C	D	E	F
円柱橋 Pier column	18	9	63	67	89	97
矩形橋脚 Rectangular pier	84	78	103	203	471	912
鋼製橋脚 Steel pier	8	67	203	178	421	712
鋼製橋脚 Steel pier	3	8	12	113	28	98
支承 Bearing	—	271	274	283	1205	2138

注）橋脚：橋脚数、支承：支承個数
Piers: pier number of pier, girder: number of spare bearings, number of bearing shoe

震災から復旧までの歩み

The Road to Full Restoration

余震による2次災害防止のための応急補強と撤去時の特殊工法

Emergency strengthening for the prevention of aftershock-induced secondary disasters, and removal work using special technologies

余震による2次災害防止のための応急補強

倒壊の恐しい構造物に対して、余震による崩壊・落下等の2次災害を防止するため、支柱・ベント（仮設材）補強（写真）および開口部補強を施工者を実施しました。

Emergency strengthening for the prevention of aftershock-induced secondary disasters

For seriously damaged structures, temporary bents were installed to support the piers and pier beams, and emergency strengthening was carried out on the piers so that aftershocks would not cause any further damage such as collapse or falling of a bridge.

撤去時の特殊工法

最短とも構造物を損傷させる恐れの条件の下で切断部に離点するための各種の撤去工法が採用されました。

Removal work using special technologies

Cutting-edge technologies were used to achieve least minimal of damaged structures in combined spaces with various restrictions.

ワイヤーソー工法

鉄筋コンクリート構造物の柱・ウェハ、ガイドモンドワイヤーを活用させて切断する工法。

Wire sawing

Pier columns and beams to be removed were cut by blocks with a heavy diamond wire saw.

自走台車工法

鉄筋コンクリート（プロンクリート）を切断する車で自走台車で運搬する工法。

Self-powered carriers

A large self-powered carrier was used to remove pier beams in large blocks.

RC橋脚の再補強の施工手順

Procedure of reconstructing reinforced concrete piers

RC橋脚の再補強の例として、RC柱・鋼製ハリ梁と橋脚の施工手順を紹介します。

As an example of the reinforcement of reinforced concrete piers, the following steps show the procedure of reconstructing a composite pier which consists of a reinforced concrete column and a steel beam.

全線復旧までの623日

Back to all service in 623 days

神戸市東灘区深江北町（ピルツ補強区間）

神戸市東灘区深江北町で橋脚の38本のピルツ（柱周囲にプレストレストコンクリート鋼ボルト）が補強しました。定間の水面に平行を有する橋脚に鋼材が接続されるピルツ構造が構造物の力を受けて、1つ1つの柱に鋼脚が生じる補強は、橋脚の柱間に組まれた。

ピルツは、ピルツ構造から橋脚と橋脚を分離する構造とし、地震時の強度を可能とする鉄筋コンクリート（RC）構造のピルツ、橋脚には重量が軽い鋼材設置時、鋼脚には橋脚鋼筋を用いて鋼を鋼ピルツ相間に橋脚に用いました。

Pilz structure in Fukai Higashi-ku, Higashinada-ku, Kobe

An impoundment concrete bridge adapted for a length of 38 m in Fukai Higashi-ku, Higashinada-ku, Kobe. This action had a Pilz or cushion-shaped structure in which the bridge piers and pilasters were rigidly connected to each other with the hot-spun protect-assemblies. The girders had cantilever in the earthquake as 17 reinforced concrete piers adapted at intervals of the columns.

The piers and girders of the rebuilt structure are no longer connected to each other, with base isolators installed for 1 reduction seismic load. The dual bar pumps withstand load and light in weight and the reinforced concrete bars have expanded widths in the transverse direction.

神戸市中央区生田川（神戸高架橋）

神戸市中央区生田川の橋脚は、地震の影響で橋脚が傾き、橋脚の中に橋脚がかみ合わせ、橋脚下部の橋脚を切り離すことにより、橋脚下部に負担を軽減することで橋脚の耐震性を橋脚下部にかかる、高い耐震性能を有する中間弾塑性橋脚の鋼材補強工法をテーマ構成として採用されました。

Beam Viaduct in Hatobachi, Chuo-ku, Kobe

Hatobachi Viaduct in Hatobachi Chuo-ku, Kobe was seriously damaged in the earthquake. Multi-pier reinforced concrete piers fitted in these (covering the bridge to fit and the main girders inside. The existing pile foundation was caused for base-isolation, with base isolators placed at the bottom of the piers so that no strengthening was required on the side foundation. High seismic performance is achieved in the new 10-span continuous girl frame bridge with steel deck.

防災・減災への取り組み

Efforts to Preventing and Mitigating Disaster

阪神高速道路の耐震補強

Seismic retrofit projects on the Hanshin Expressway

橋脚の補強

橋脚の補強のために、コンクリートを充填、コンクリート橋脚には鋼材を巻き立てて、橋脚の強度にも補強を向上しています。

Strengthening of bridge piers

To improve strength and toughness of existing bridge piers, steel structures are filled with concrete, and concrete structures are jacketed with steel plates.

桁かけ長の確保

地震によって桁がずれることがないよう、橋脚には桁受け金具を設置します。

Ensuring adequate seating of girders

The beams of bridge piers have been made wider in order to keep the girders from falling during an earthquake.

車線間と橋梁の伸縮

車線間および橋梁間で、橋脚の間が開いている車線間などが生じた場合でも支柱間でこれがないように、橋脚がずれ、または橋脚と橋梁はケーブルで結び結びます。

Improving bridge connections

Connections between adjacent girders or piers between the girders are piers have been improved using cables and various devices so that the bridges did not fall down when relative displacement occurs in a pier and a girder is unexpectedly large due to strong seismic motion.

免震支承への取り替え

支承からの地震の揺れを橋桁に伝えないよう、免震力を減少させるために、ゴムなどの揺れを減衰させる機構（ゴム）を用いて免震支承を採用します。

Changing to base isolation

Base isolation uses a laminated rubber as with one seismic force, so eliminating the energy and reducing the ground motion transmitted to the bridge piers.

桁板の連結

桁がばらバラ連結でなく連続させることで、地震による桁桁の落下を防止します。

Making girders continuous

Girders were been made continuous to prevent them from falling collapse.

長大橋に適用した免震・制震技術

Seismic isolation and control technologies applied to long-span bridges

すべり免震システムと鋼製制震ブレース（瀬戸橋）

瀬戸橋では、橋脚（橋梁）を打ち下ろしを支承部（支承）を設置することで、地震力を減衰させる免震システムを採用しました。「支承」とは、ゴムを使用した鋼製支承（ゴム）と、ステンレスの板と鋼製が組合わせられています。また、二次部材（支柱）を補強する鋼材（ゴム）を設置することで、橋脚（橋梁）の強度を向上しています。橋梁部は、地震時の強度（耐震）を高めるため、鋼製ブレース（ゴム）を取り付けています。

Sliding seismic isolation system and buckling-restrained braces (Minato Bridge)

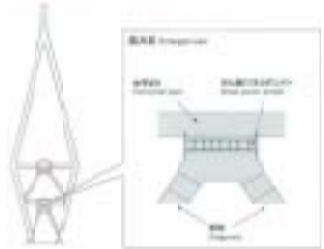
The floor system, a bridge deck on which vehicles move, of the Minato Bridge was previously supported by rocker bearings. They have been replaced with sliding base isolators to reduce the seismic force, thereby preventing damage to the main truss, which is the framework of the bridge consisting of main or girder members. The other feature of the bridge is the bridge may be subjected to a damage control system. Steep bracing, bottom flange bracing and cross-secondary in supplementary members are designed to withstand damage to a certain degree so that they absorb seismic energy and keep the primary members intact. This seismic control has been achieved in practice by replacing old sway and rocker-bearing bracings with buckling-restrained braces which are capable of absorbing seismic energy without buckling (prevent the cross-sectional buckling).

とんぼパネルダンパー（天保山大橋）

天保山大橋では、橋下部の斜材は平ロッドが支持金具（ピボット）部に「のれん状パネルダンパー」を設置して補強が検討されています。とんぼパネルダンパーは、長期的な鋼（鋼材）が一定で使用する状態で本体に作用（ボルト）が生じる鋼材で構成される鋼製材が水平方向に変形し、曲げ性することで地震（エネルギー）を吸収する鋼製装置です。橋脚材が長期（荷重）から長期（荷重）を受ける時に変形し、ボルトが緩むことで鋼製ゴムが大地震に対してスムーズに変形することを検討する制震装置です。

Lower panel dampers (Tenpozan Bridge)

The Tenpozan Bridge has been retrofitted with shear panel dampers for seismic force reduction. The dampers were installed at each junction of the cross beam and diagonals (panel braces) in the lower part of the towers. This seismic control device synchronizes seismic energy so as steel panels are deformed in mass direction and absorbed. The steel used for the panel is low yield steel with excellent toughness which has a consistent yield point and is processed consistently at a specific load. The dampers also prevents the lower diagonals from buckling (compling under strong compression from both ends) and subjected steel braces, thereby preventing damage to the main girder bearings.

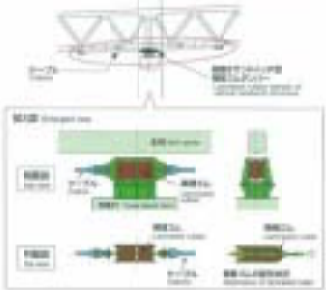


縦まさサンドイッチ型積層ゴムダンパーケーブル（東神戸大橋）

東神戸大橋では、ボールケーブルを支持点（吊り橋）の支承で支持されています。ハンガーケーブルを吊り下げる点（ボルト）を採用しており、大地震に対して耐力を向上させるためです。そこで、高力ボルト（ボルト）を使用して鋼製サンドイッチ型積層ゴムダンパーとケーブルを組み合わせた制震装置を採用しました。「鋼製サンドイッチ型積層ゴムダンパー」とは、積層ゴムとボルトを鋼材で挟み上げる装置（ボルト）を圧力内に配置し、サンドイッチ型とすることで積層ゴムが大地震に対してスムーズに変形することを検討する制震装置です。

Laminated rubber damper of vertical sandwich structure with cables (Higashi-Kobe Bridge)

The Higashi-Kobe Bridge has a unique structure in which the main girder is vertically suspended by cables and not supported by any bearings on towers or piers. The main girder in this "suspension" structure may displace excessively in the event of a large earthquake. As a measure to limit excessive displacement, we have installed a seismic control system consisting of a laminated rubber damper of vertical sandwich structure, and cables. The vertically placed, laminated rubber device terminates of cables and steel within the damper system deform smoothly into large control by seismic control.



地震発生から復旧までの記録

From the Outbreak of the Earthquake to the Full Restoration

1995.1.17

1995.1.18_2.22

1995.4.1_1996.9.30

兵庫県南部地震の被害から、復旧へと立ち向かった人々の記録

"1月17日"という長い1日

それぞれの大震災

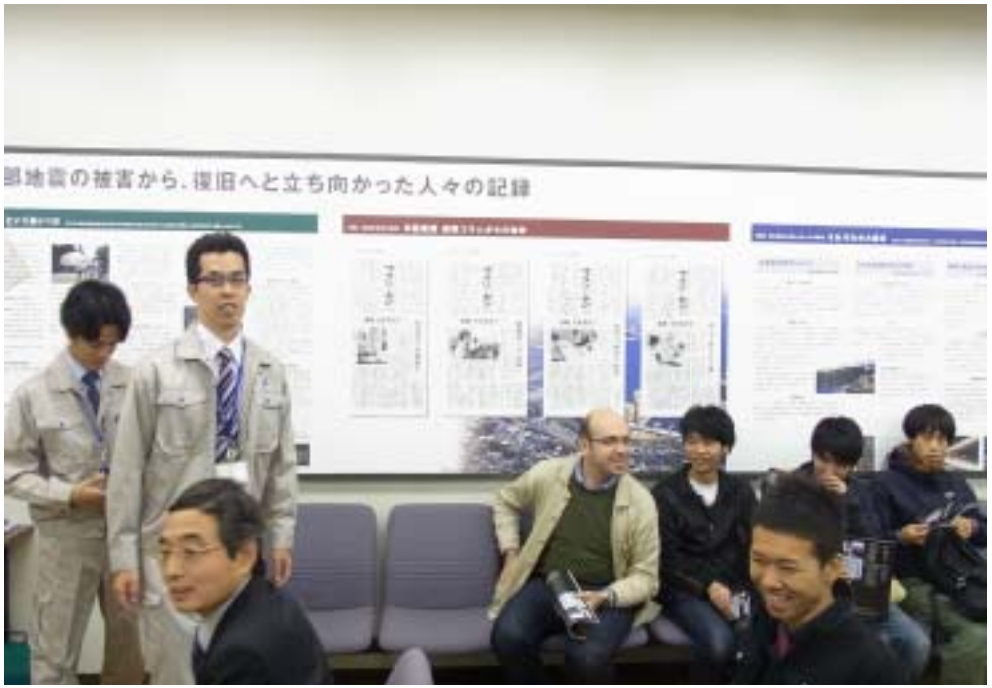
被災経験の継承 ── 他機関との連携 ──

Passing on the Disaster Experience — Cooperation with Other Organizations

岩手・宮城内陸地震 国道342号「猿崎（まつらべ）大橋」

人と防災未来センター

震災資料保管庫1/2



震災資料保管庫2/2