

بهسازی لوزه ای پل ها



راه آهن جمهوری اسلامی ایران

مشاور همکار: مهندسین مشاور سازیان

ارایه: یونس عزیزی

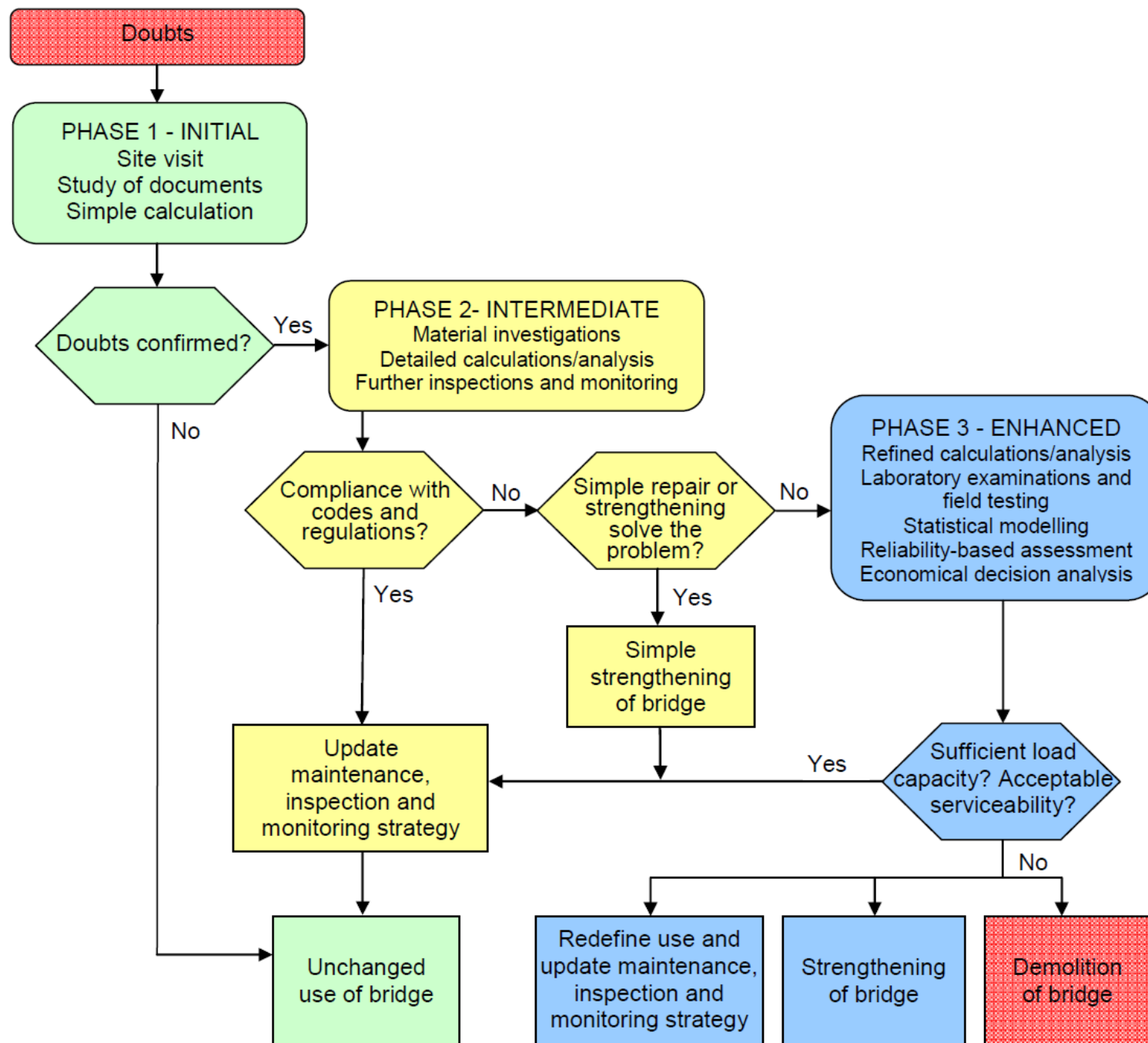
UIC Code 778-4 R

1st Edition, 01.07.1989. Revised Draft 10-09- 2008, 27-11-2008, 14-01-2009, 15-02-2009, **18-04-2009**

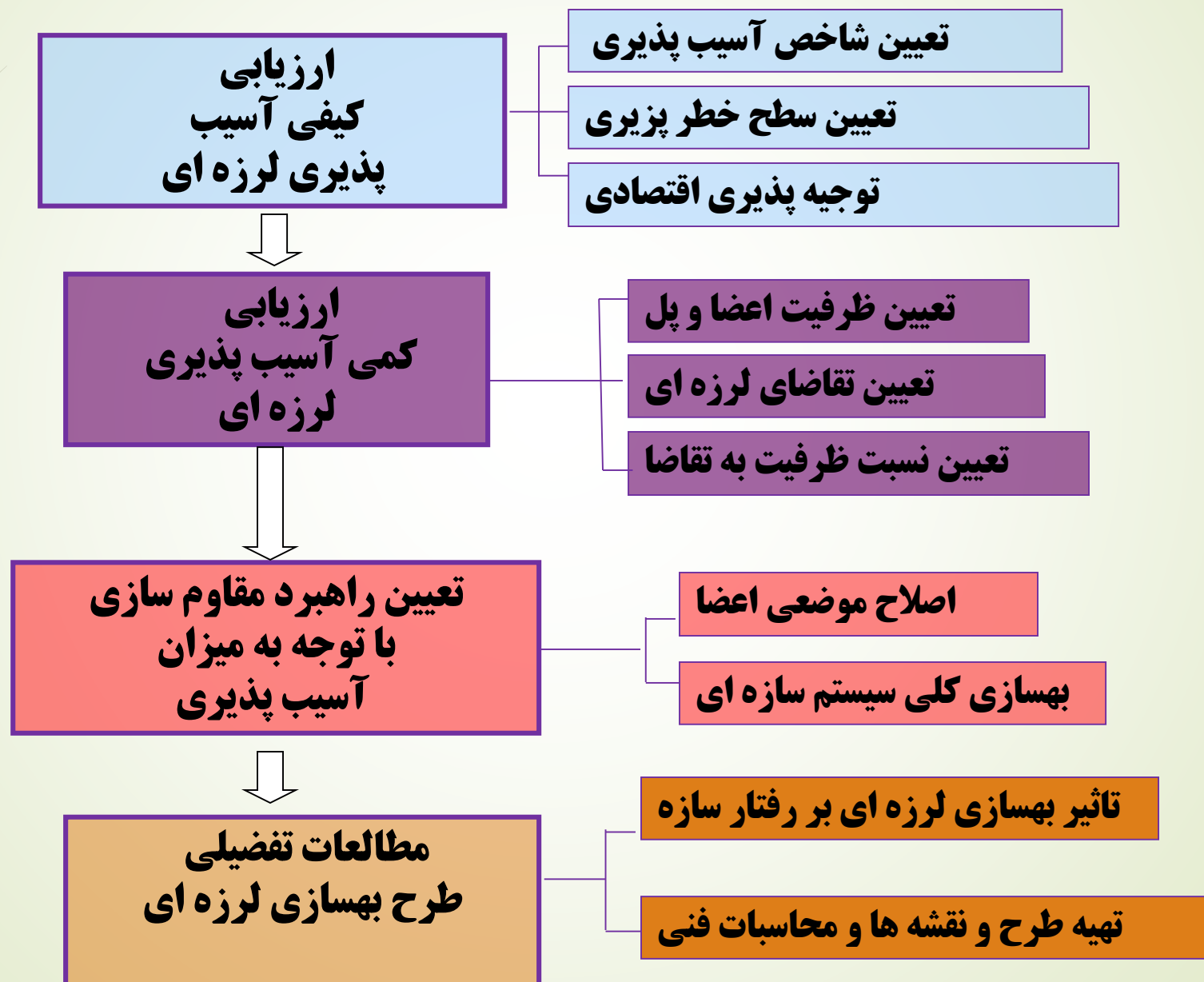
Reviewed by the Panel of Structural Experts 04-02-2009

Defects in railway bridges and procedures for maintenance

مسیر راه؟



مرحله بندی بهسازی پل ها



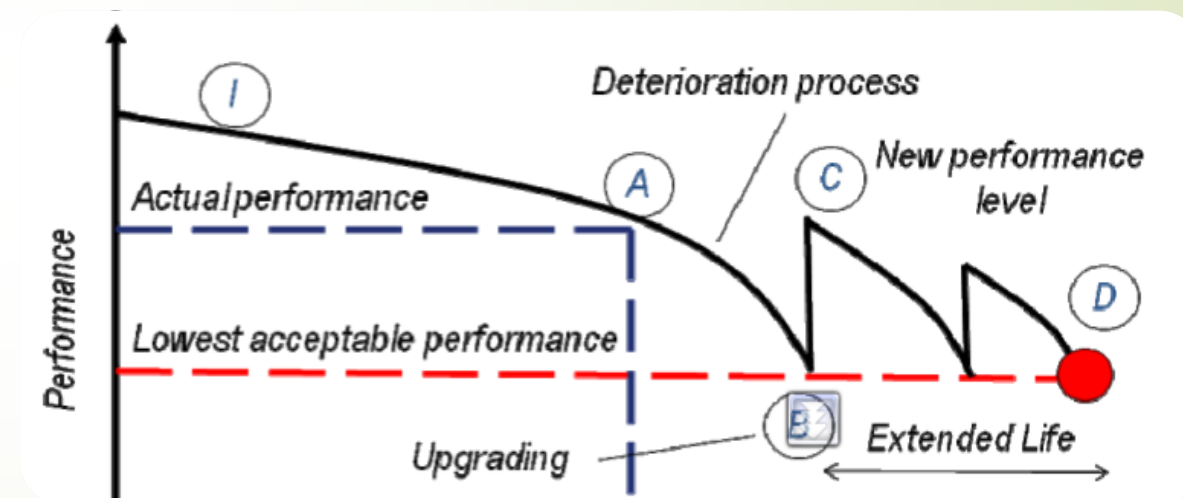
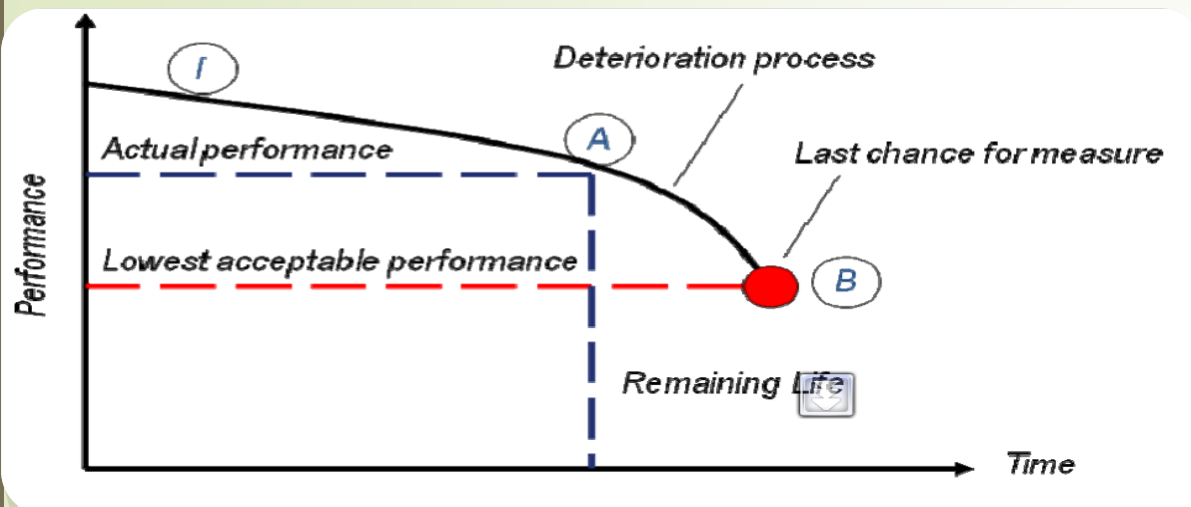
تفاوت بهسازی با ترمیم و مرمت چیست؟

➡ ترمیم و مرمت باز گرداندن ظرفیت سازه به ظرفیت اولیه و یا اقدامات لازم برای حفظ ظرفیت را

شامل می شود.

➡ بهسازی بهره برداری بهینه یا افزایش ظرفیت سازه را مورد توجه قرار می دهد.

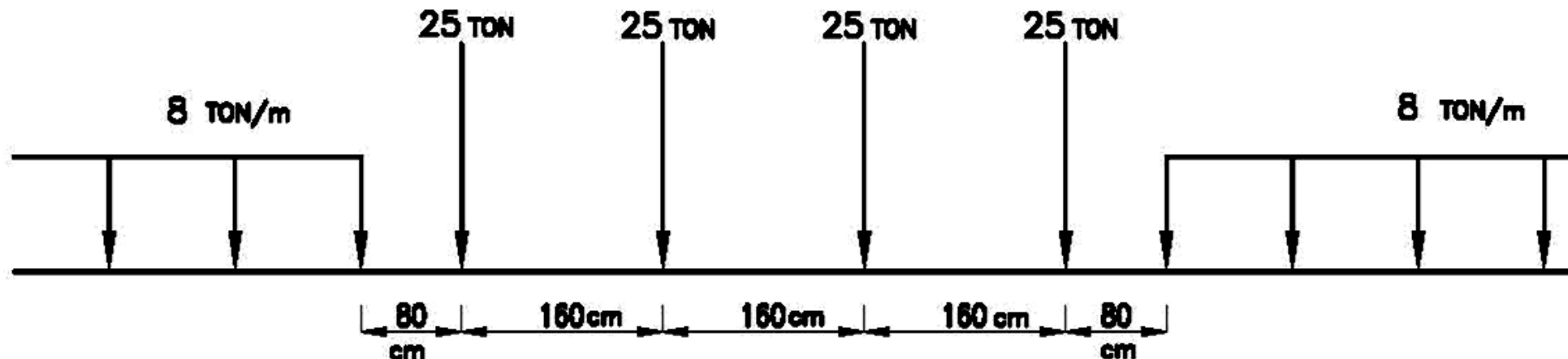
چرا بهسازی برای بار سرویس



چرا بهسازی برای بار سرویس

Length and axle load of Main Line and Diversion Iran Railway Track

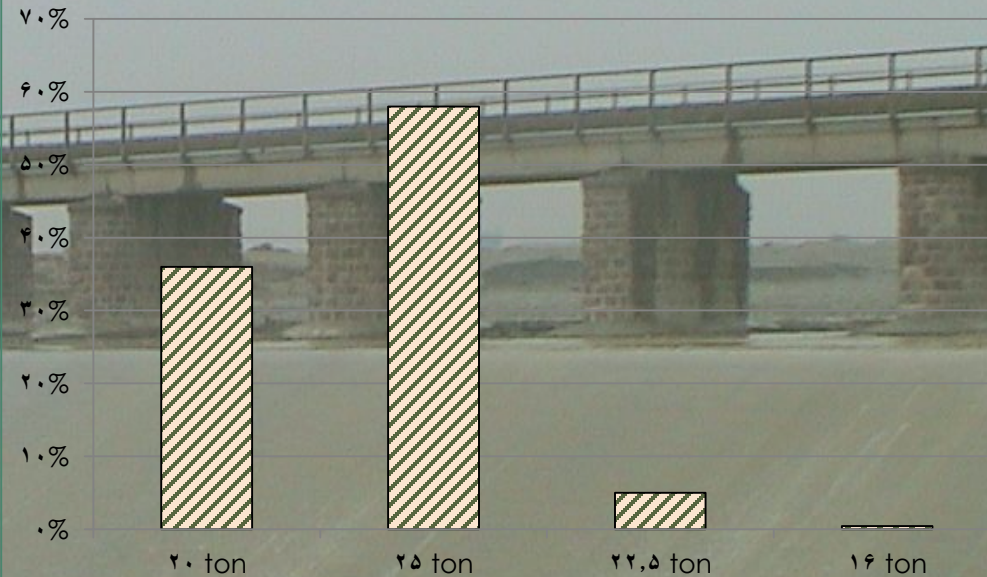
<i>Allowable Axle Load Description</i>	<i>۲۰ ton</i>	<i>۲۵ ton</i>	<i>۲۲,۵ ton</i>	<i>۱۶ ton</i>	<i>sum</i>
<i>Main Line (Km)</i>	۳۹۱۲	۶۲۵۶	۵۶۴	۴۸	۱۰۷۸۳
<i>Percentage of Main Line</i>	۳۶%	۵۸%	۵%	۰,۴%	
<i>Diversion Track(Km)</i>	۸۸۹	۳۴۷	۰		۱۲۳۶
<i>Percentage of Diversion Track(Km)</i>	۷۲%	۲۸%	۰%	۰%	
<i>Sum of Main and Diversion Line(Km)</i>	۴۸۰۱	۶۶۰۶	۵۶۴	۴۸	۱۲۰۱۹
<i>Percentage of Lines</i>	۴۰%	۵۵%	۵%	۰,۴%	



Project Introduction

Iran Railway Axle Load

Percentage of Main Line

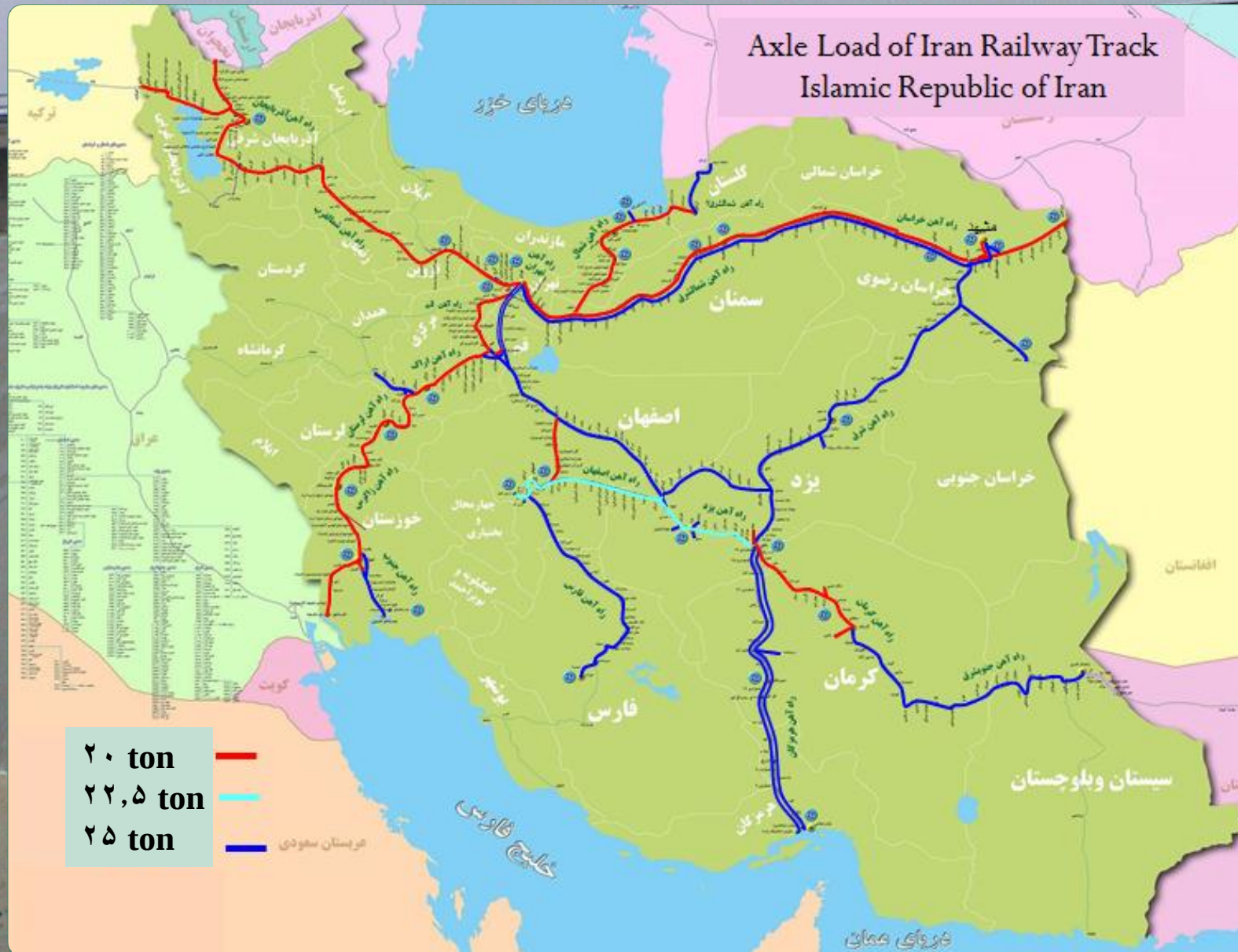


Length and axle load of Main Line and Diversion Iran Railway Track

Allowable Axle Load Description	20 ton	25 ton	22,5 ton	16 ton	sum
Main Line (Km)	3912	6256	564	48	10780
Percentage of Main Line	36%	58%	5%	0,4%	
Diversion Track(Km)	119	347	0		1236
Percentage of Diversion Track(Km)	12%	28%	0%	0%	
Sum of Main and Diversion Line(Km)	4101	6606	564	48	12019
Percentage of Lines	40%	55%	5%	0,4%	

Iran Railway Axle Load Map

Project Introduction



گروه بندی اهمیت پل ها

➤ متعارف در ناحیه غیر شریان حیاتی

➤ مهم در ناحیه شریان حیاتی

➤ استراتژی پل هایی که بهسازی آنها مستلزم هزینه و زمان زیاد است و معمولاً یک شریان را

بطور کامل تا اتصال مجدد از کار می اندازند مانند پلهای رودخانه ای دره ای بلند و پل

های راه آهن و مترو و ...

چرا بهسازی لرزه ای؟

- عدم وجود سیستم لرزه بر برای برخی پل ها و طرح لرزه ای پل ها .
- عدم طرح صحیح لرزه ای پل ها و یا تغییر آیین نامه ها ۲۳۵ -- ۴۶۳
- عدم اجرای درست صحیح نقشه ها و جزییات لرزه ای پل ها
- تغییر در خواسته های کارفرما از پل و تغییر در اهمیت پل
- افزایش ظرفیت پل

تفاوت بهسازی لرزه ای و بارهای سرویس؟

➤ در بهسازی برای بارهای سرویس باید سازه با ضرایب اطمینان کافی قابلیت باربری را حفظ

نماید و در روشهای حد نهایی و مقاومت نهایی ضرایب بار اعمال می گردد و تمام ضرایب

اطمینان نیز لحاظ می شود.

Group	Item
I	$1.4 (D + 5/3 (L + I) + CF + E + B + SF)$
IA	$1.8 (D + L + I + CF + E + B + SF)$
II	$1.4 (D + E + B + SF + W)$
III	$1.4 (D + L + I + CF + E + B + SF + 0.5W + WL + LF + F)$
IV	$1.4 (D + L + I + CF + E + B + SF + OF)$
V	Group II + $1.4 (OF)$
VI	Group III + $1.4 (OF)$
VII	$1.0 (D + E + B + EQ)$
VIII	$1.4 (D + L + I + E + B + SF + ICE)$
IX	$1.2 (D + E + B + SF + W + ICE)$

تفاوت بهسازی لرزه ای و بارهای سرویس؟

➡ در بهسازی برای بارهای سرویس باید سازه با ضرایب اطمینان کافی قابلیت باربری را حفظ نماید و در روشهای حد نهایی و مقاومت نهایی ضرایب بار اعمال می گردد و تمام ضرایب اطمینان، نه لحاظ می شود.

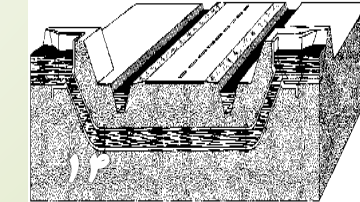
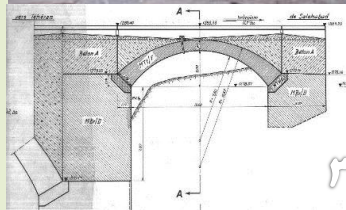
Group	Item
I	$1.4 (D + 5/3 (L + I) + CF + E + B + SF)$
IA	$1.8 (D + L + I + CF + E + B + SF)$
II	$1.4 (D + E + B + SF + W)$
III	$1.4 (D + L + I + CF + E + B + SF + 0.5W + WL + LF + F)$
IV	$1.4 (D + L + I + CF + E + B + SF + OF)$
V	Group II + 1.4 (OF)
VI	Group III + 1.4 (OF)
VII	$1.0 (D + E + B + EQ)$
VIII	$1.4 (D + L + I + E + B + SF + ICE)$
IX	$1.2 (D + E + B + SF + W + ICE)$

➡ بهسازی لرزه ای براساس زلزله در سطح خطر معین و با عملکرد مورد درخواست بدون ضریب بار و اهمیت و رفتار ارزیابی می گردد.

انواع پل

The Most Types of Railway Bridges in Iran May- ۲۰۱۷

No	Symbol	Type of Bridge	Count	Percentage
۱	VIADOC	Viadoc	۳۲۳۶	۱۱,۵۰%
۲	AV	Aqueduc voute		
۳	AVs	Aqueduc Voute Surbaisses		
۴	PV	Poly Voute	۱۹۵	۰,۱%
۵	PVs	Poly Voute Surbaisses		
۶	FB	Fer Beton	۱۵۷۷۴	۵۵,۸%
۷	COM	Composite	۳۵	۰,۱%
۸	PM	Pont Metallique	۳۰۹	۱,۱%
۹	BOX	Box	۲۲۳	۰,۸%
۱۰	COM	Composite	۳۵	۰,۱%
۱۱	D	Dalot	۴۸۹۶	۱۷,۳%
۱۲	B	Bouses	۳۵۰۲	۱۲,۴%
۱۳	SB	Semi- Bouses		
۱۴	SI	Siphon	۸۹	۰,۳%
Sum			۲۸۲۵۹	۱۰۰%



Variety of Bridges

Increasement of Axle Load

Earthquake Retrofitting

Increasement of Speed

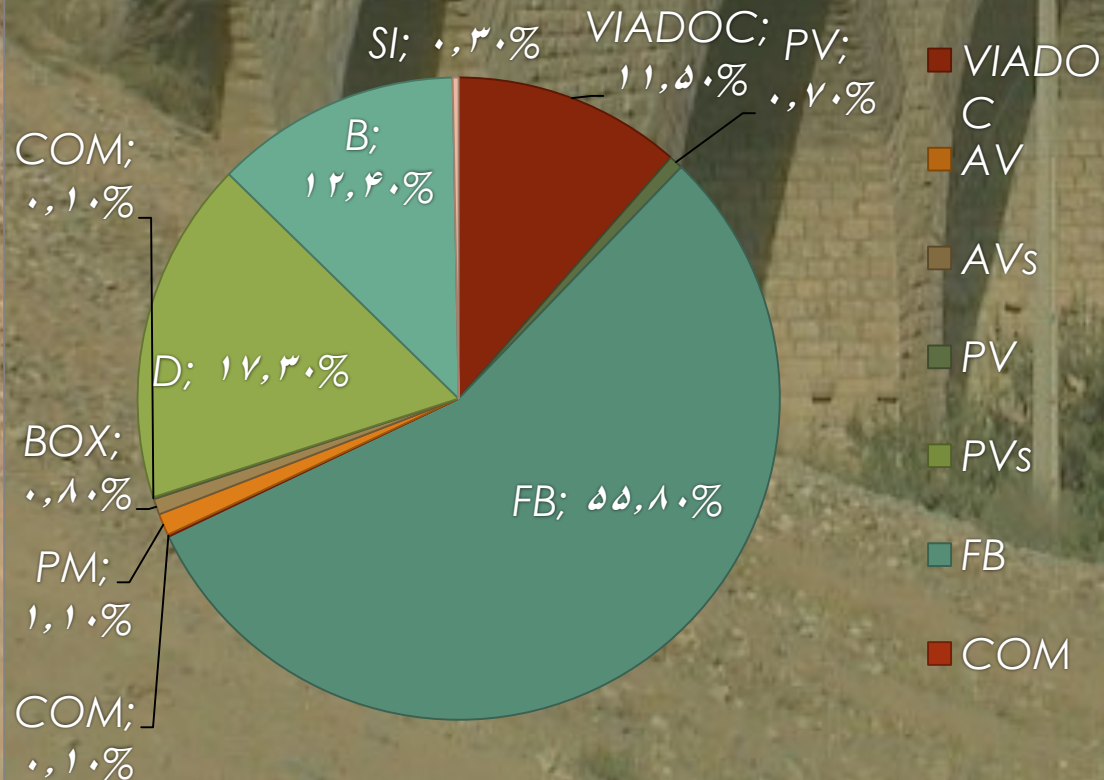
OLD RW Bridges No.:

۲۸۰۰۰

Deck Area:

۱,۷۰۰۰۰۰ m^۲

Percentage of Bridges Type



مراحل بهسازی؟

- جمع آوری اطلاعات شامل نقشه های طراحی و چون ساخت و آزمایش های مقاومت مصالح
- تعیین هدف بهسازی
- ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای و غیر لرزه ای بصورت کیفی
- ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای و غیر لرزه ای بصورت کیفی
- ارائه راهکارهای بهسازی و تصویب در تعیین راهکار اصلی و ارزیابی تحلیلی راهکار اصلی
- ارائه نقشه ها و برآورد راهکار اصلی

روش های ساخت پل ها

- طول دهانه ها و نوع روسازه؟
- اتصال روسازه با زیر سازه بصورت قاب است و زیر سازه با عرشه پیوسته شده است.
- پل ایزوله و بر بالشتک الاستومری قرار گرفته؟
- پل دارای کلید برشی است؟
- عرشه دهانه ساده است؟
- عرشه دهانه پیوسته است؟
- پایه ها تک هستند؟
- پایه ها قاب هستند؟

شناسایی شرایط تکیه گاهی

- تکیه گاه غلطکی و یا مفصلی فلزی
- تکیه گاه ورق محدب فلزی
- تکیه گاههای لرزه ای نظیر slider ها و ...
- تکیه گاههای الاستومری
- تیپ ۱: آزاد و فقط سختی نیوپرن درگیر است
- تیپ ۲: قائم آن دارای میل مهار است و ورق زیر و روی بالشتک به آن متصل است
- تیپ ۳: یک جهت (طولی یا عرضی برش انتقال می یابد
- تیپ ۴: هر دو جهت برش انتقال می یابد و بالشتک تامین کننده دوران است.

ارزیابی کیفی شناسایی انواع آسیب پل قوسی سنگی

2.2.3 – Methods for Masonry Bridges

A UIC project on Masonry Arch Bridges, UIC Masonry (2008), has produced recommendations for inspection, assessment and maintenance of masonry arch bridges, UIC Code 778-3R (2009).

Standard methods used involve:

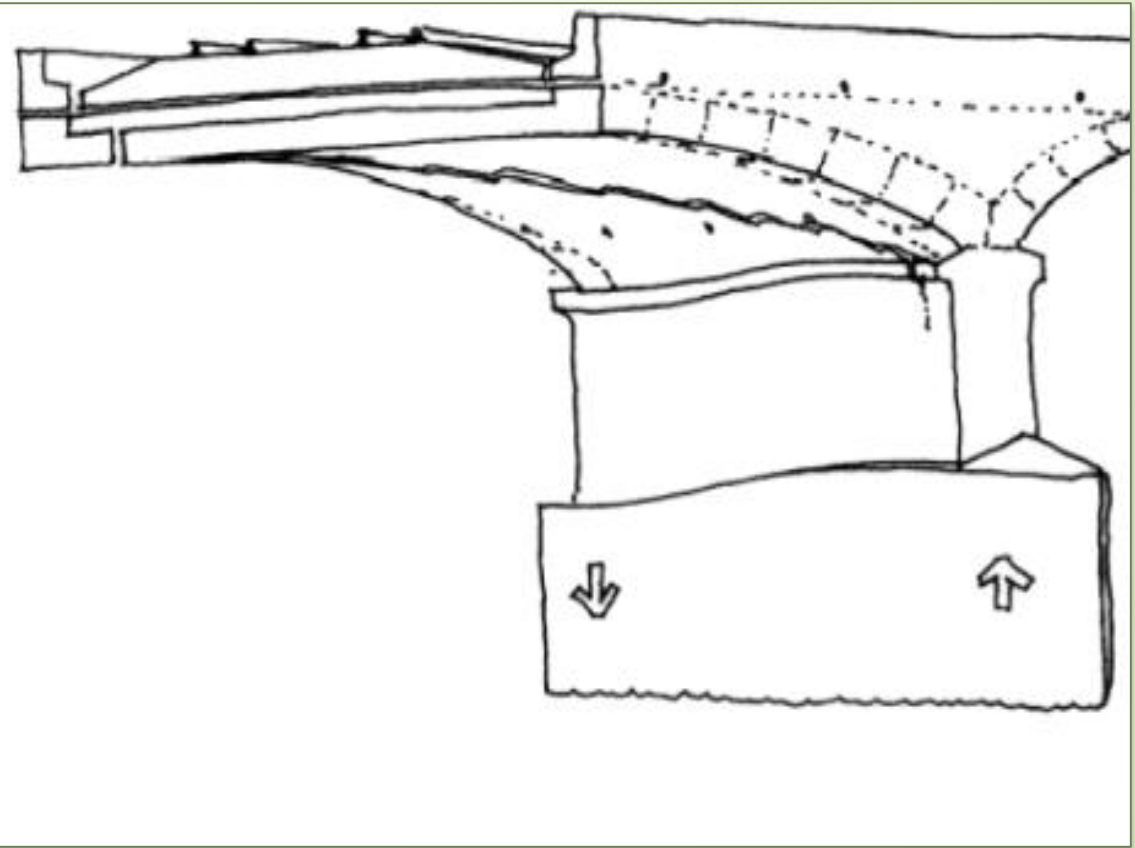
- In-situ visual examination (if necessary with the aid of an endoscope);
- Sampling, and laboratory tests to determine porosity, density, frost sensitivity, composition, weathering.

In Table 2.3 NDT methods are given. A combination of methods is often useful.

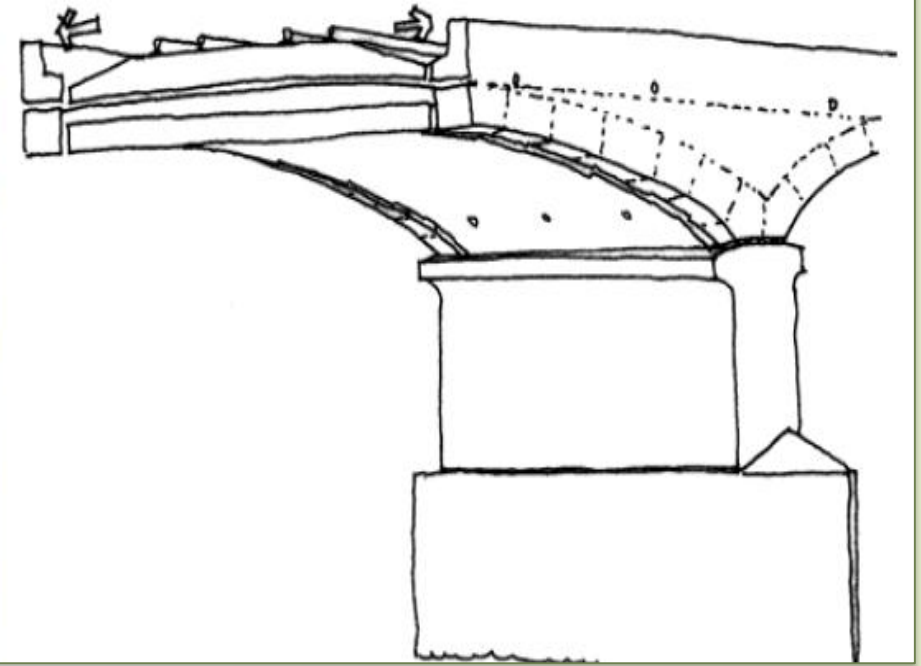
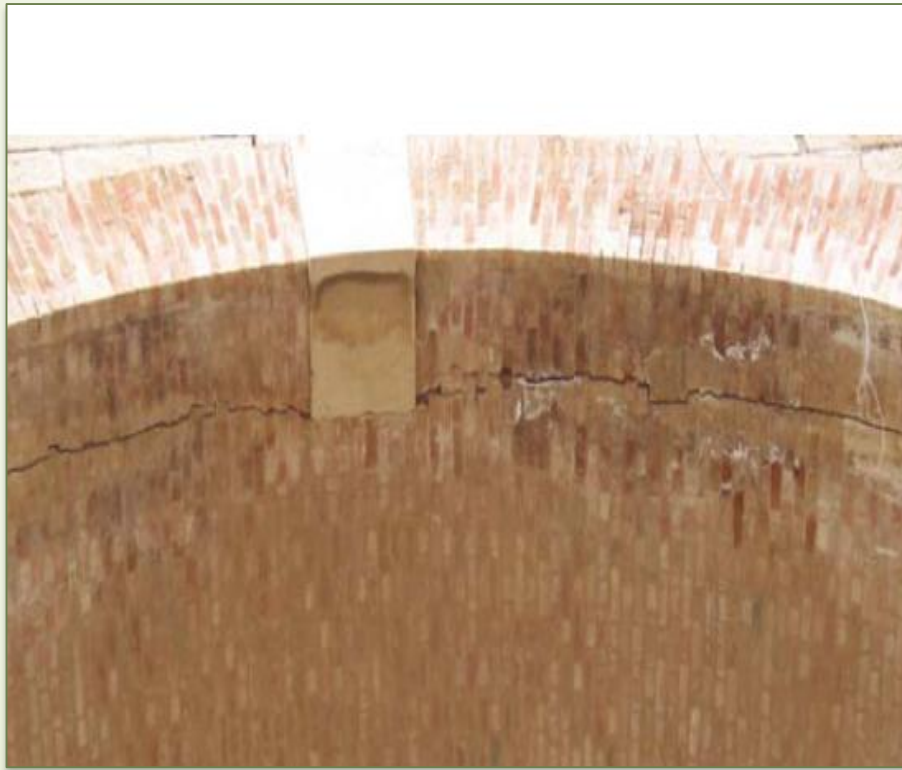
Table 2.3. Non Destructive Testing (NDT) Methods for Masonry Bridges

The following table gives information about restrictions and limitation of NDT-methods, SB-ICA (2007), Table 5.4. Information is also given in UIC Code 778-3R (2009) Tables 3.1- 3.6

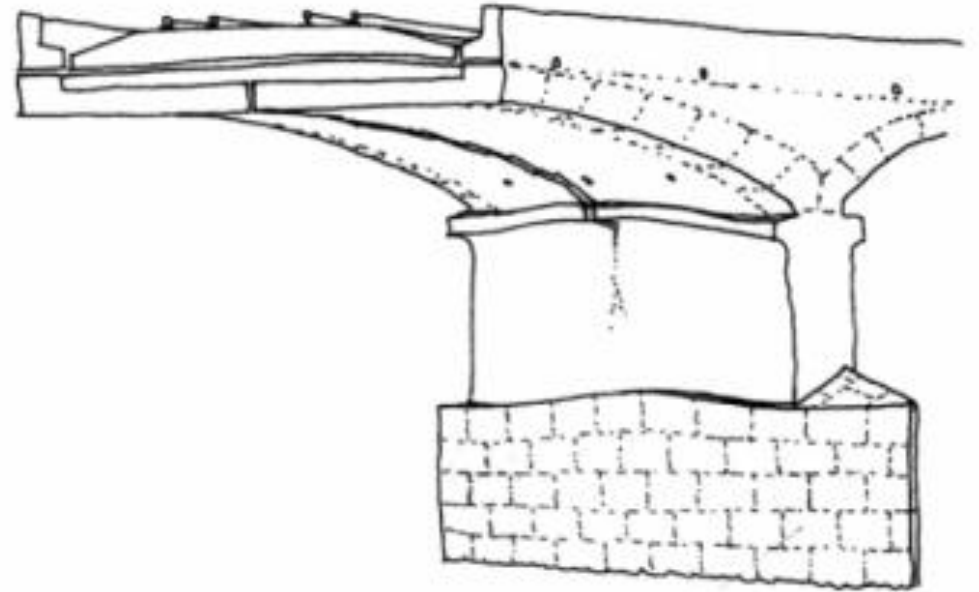
Damage Types For Railway Masonry Bridges



Damage Types For Railway Masonry Bridges

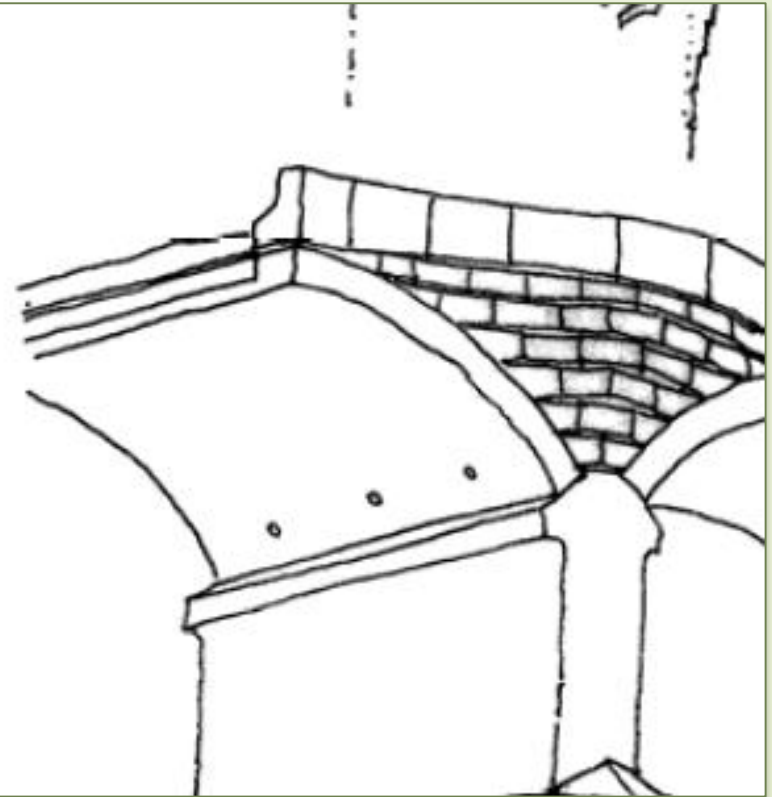


Damage Types For Railway Masonry Bridges

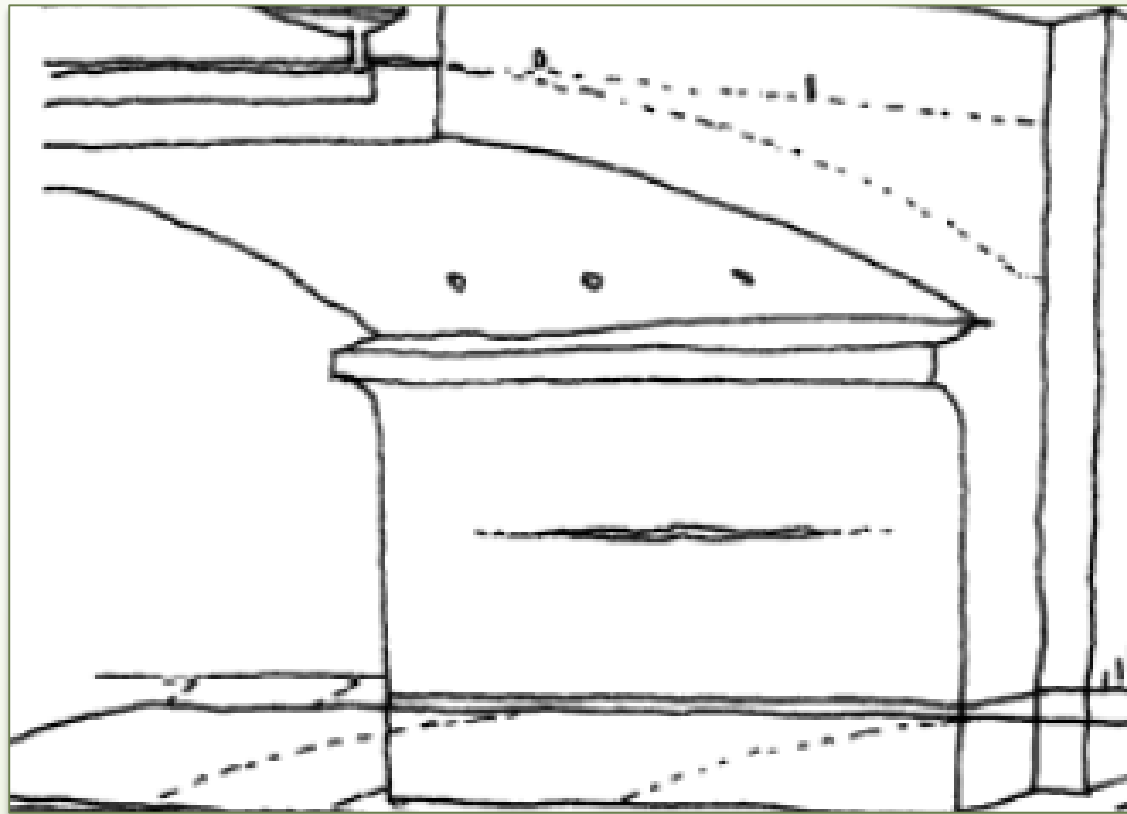




Damage Types For Railway Masonry Bridges



Damage Types For Railway Masonry Bridges



Damage Types For Railway Masonry Bridges

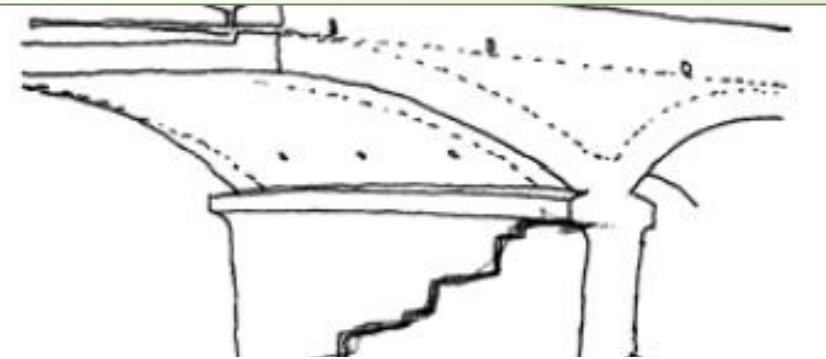
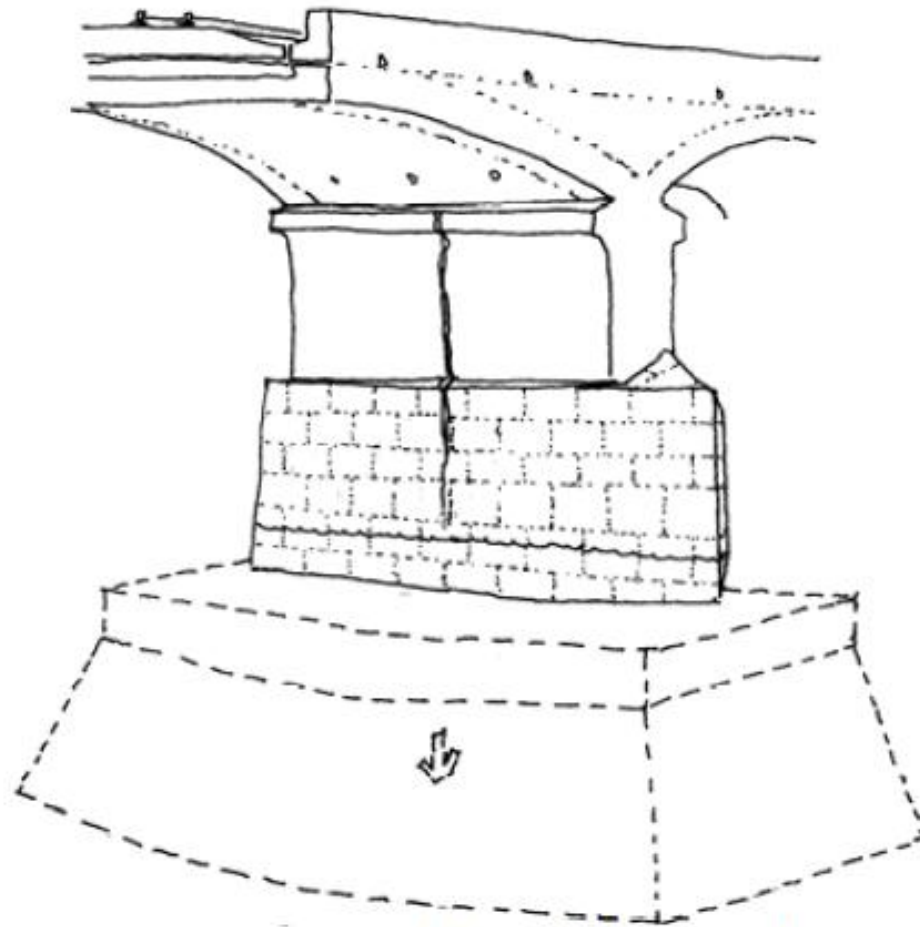
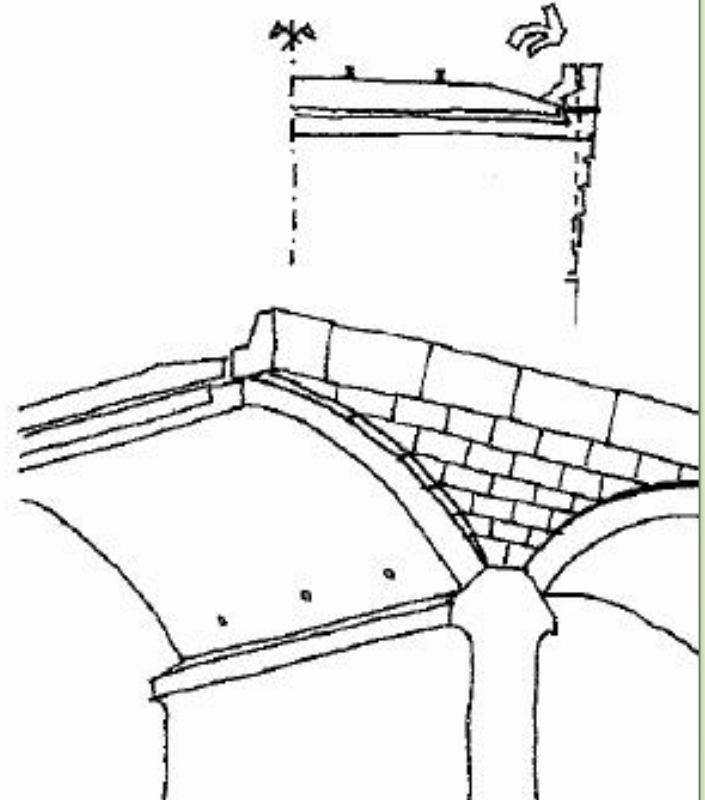


Fig. 1. Collapse of the Trigno river bridge (Italy) during the January 25, 2003 Basso Molise flooding event.

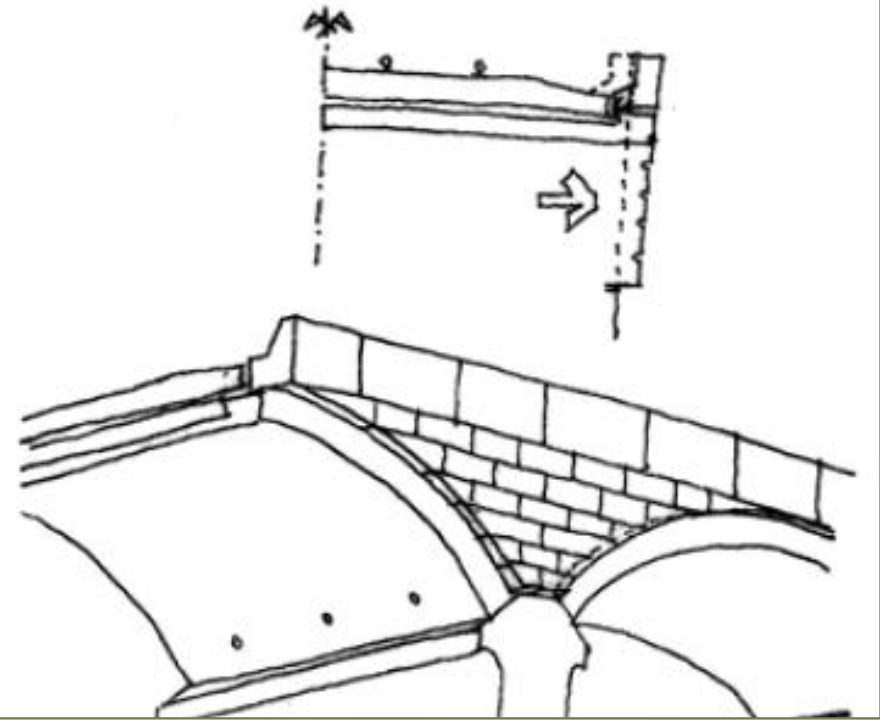
Damage Types For Railway Masonry Bridges



Damage Types For Railway Masonry Bridges



Damage Types For Railway Masonry Bridges



اهمیت عیب چقدر است؟

2.3 - Classification of defects

A distinction is made between four groups of defects:

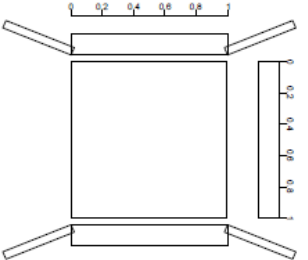
- 1 – **Minor defects**, rectification of which may be postponed until they can be conveniently treated.
- 2 - **Serious defects without short-term effects** on the stability of the structure, but which may lead to increasingly costly maintenance work if not rectified swiftly. Short-term may here mean a period of a couple of months.
- 3 - **Serious defects with short-term effects** on the carrying capacity of the structure, thus leading to traffic restrictions.
- 4 - **Defects requiring immediate action.**

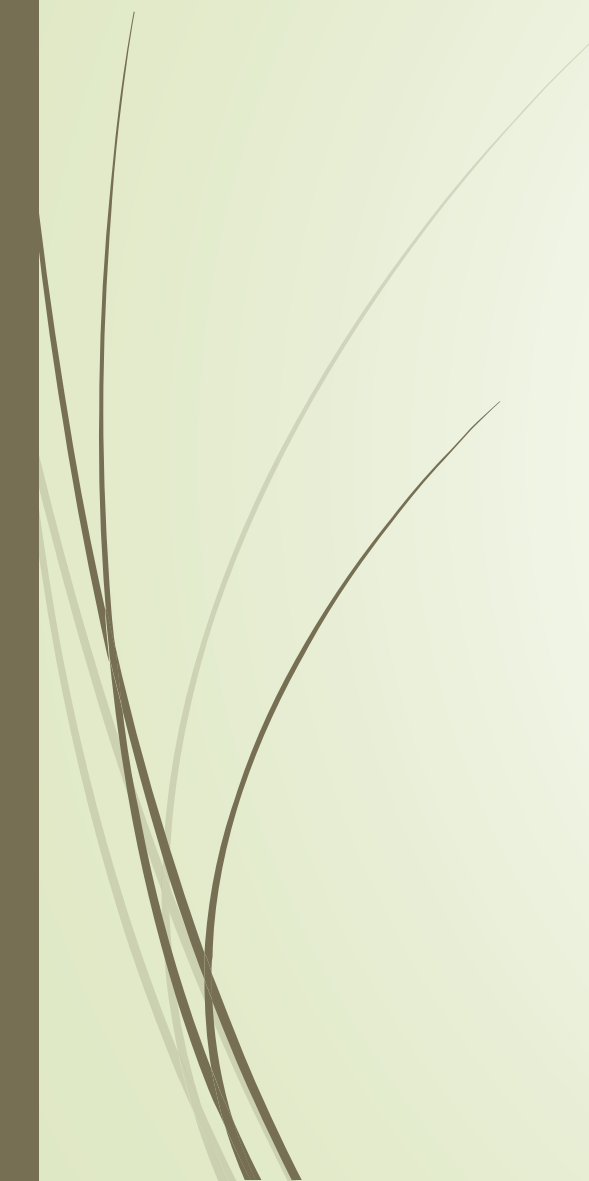
The classification can also be based directly on safety levels (where severity could be clarified) or on the cost of repair.

One example of a system to classify defects is given in SB-ICA(2007). In chapters 3 (Defects and degradation processes) and 4(Condition rating) and in Appendix 2 (defect catalogue), defects are described according to their position L (geometrical data as input to the FEM-model), their intensity I (for example as a relation between designed and current cross section) and defect extend R (relation between damaged and integer element).

For masonry bridges examples are given in UIC Code 778-3R (2009).

چک لیست ارزیابی کیفی پلها

	مطالعات مفهومی به منظور شناخت اولیه پلها مستور ریلی سپیددشت - تنگ هفت قراودادهای طرح - تهیه مصالح - ساخت	وزارت راه و ترابری راه آهن جمهوری اسلامی ایران																																							
شماره: سید دشت تنگ هفت کیلومتر: ارتفاع روی عرشه تا زیر تراورس: زیر خاکی: ارتفاع پایه: تعداد دهانه: شماره دهانه: طول آزاد دهانه: عرض پل: پشت تا پشت عرشه:																																									
مصالح عرشه: بتن ☐ فولاد ☐ سنگ ☐ مصالح پایه: بتن ☐ فولاد ☐ سنگ ☐ شکل پایه: ☐ دیواری ☐ ستونی ☐ دایره ☐ مربع ☐ سایر ☐																																									
عرشه بتنی: دال ساده توپر ☐ دال مجوف ☐ دال پیش تنیده ☐ تیر و دال درجا ☐ به هم چسبیده ☐ باز ☐ جرعه ای ☐ پیش ساخته ☐ درجا ☐ تیر پیش ساخته و دال درجا ☐ به هم چسبیده ☐ باز ☐ روش ساخت: ☐ تیر پیش تنیده دال درجا ☐ به هم چسبیده ☐ باز ☐																																									
عرشه فولادی: تیر شکل فلزی: با دال بتنی ☐ با تیر زیر ریلی و تراورس چوبی ☐ فواصل تیر های عرضی: ضخامت دال + تیر: باکس فلزی: با دال بتنی ☐ با تیر زیر ریلی و تراورس چوبی ☐ فواصل دیافراگم عرضی: ضخامت دال + تیر: خرپای فلزی ☐ ارتفاع خرپا: تعداد المان های قائم فاصله المان های قائم عرشه دال بتنی ☐ عرشه تراورس چوبی ☐																																									
عرشه قوسی سنگی: ضخامت سنگ در راس قوس: ضخامت سنگ در پای طاق: ضخامت پایه: ارتفاع سنگ دیواره روی تاج قوس: ارتفاع راس قوس تا پای طاق: ارتفاع راس قوس تا روی زمین:																																									
A نشت آب از درز: دارد ☐ ندارد ☐ B زهکش: دارد ☐ ندارد ☐ مسدود است ☐ سالم است ☐ C نوع تکیه گاه: C1 شکستگی: C2 خوردگی: C3 تغییر شکل: C4 پارگی لاستیک: C5 گسیختگی پیچ ها: D1 شوره زدگی عرشه: D2 نمایان بودن میلگرد D3 اشکال در پوشش بتن D4 خوردگی میلگرد D5 قلوه کن شدن بتن D6 تآثر برخورد وسائل نقلیه D7 کلر آسبون D8 کرنباتاسیون D9 سولفاتاسیون D10 تآثر ترمیم و تقویت قبلی D11 ترک																																									
E1 بریدگی پیچ: E2 بریدگی جوش: E3 کماتش عضو: E4 گسیختگی اتصال: E5 اضمحلال رنگ: E6 تورق: F1 اضمحلال بند کشی: F2 واکنش شیمیایی سنگ: F3 ترک در سنگ: F4 ترک در بند های افقی: F5 ترک در بند های قائم: F6 یخ زدگی سنگ: F7 در رفتن سنگ: F8 لقی سنگ:																																									
 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>D3</td><td></td> <td>D2</td><td></td> <td>B</td><td></td> <td>A</td><td></td> </tr> <tr> <td>D5</td><td></td> <td>D4</td><td></td> <td>C2</td><td></td> <td>C1</td><td></td> </tr> <tr> <td>D7</td><td></td> <td>D6</td><td></td> <td>C4</td><td></td> <td>C3</td><td></td> </tr> <tr> <td>D9</td><td></td> <td>D8</td><td></td> <td>D1</td><td></td> <td>C5</td><td></td> </tr> <tr> <td>D11</td><td></td> <td>D10</td><td></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>			D3		D2		B		A		D5		D4		C2		C1		D7		D6		C4		C3		D9		D8		D1		C5		D11		D10				
D3		D2		B		A																																			
D5		D4		C2		C1																																			
D7		D6		C4		C3																																			
D9		D8		D1		C5																																			
D11		D10																																							



ارزیابی کمی

جمع آوری اطلاعات- آیا مدارک موجود است ؟

- رجوع به آرشیو برای پیدا کردن نقشه ها و صورتجلسات و آزمایشات و سوابق ترمیم
- تحقیق در خصوص نام طراح و پیمانکار سازنده پل و رجوع به آنها برای تهیه مدارک فوق
- حداقل رساندن آزمایشات خدمات جنبی و تعیین مقاومت مصالح از روی نقشه ها و مدارک
- ❖ تحقیق در خصوص روش ساخت پل و مقایسه با پل های مشابه و بررسی ابعاد پل و مهندسی معکوس
- ❖ تنظیم برنامه آزمایشات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح و سونداژ و شناسایی
- ❖ عملیات میدانی و برداشت نقشه ها و اطلاعات.

شاخص های اهمیت پل (مدیریت بحران)

➤ تاثیر در شریان حمل و نقل هنگام بحران (زلزله)

➤ ارزش اقتصادی و عمر پل (ارزش ذاتی و یا ارزش عبوری و زیست محیطی)

➤ اثرات پل بر امداد رسانی (دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی و نهاد های امداد رسان)

➤ آثار اجتماعی فرهنگی و

➤ پهنه بندی درجه اهمیت پل ها و شریان ها

خدمات جنبی

- سونداژ و شناسایی میلگرد های هر تپ به میزان ۱۰ درصد اعضای مشابه در دهانه ها و ارتفاع مشابه.
- سونداژ و شناسایی ابعاد شمع، پی، کوله، ستون
- تعیین مقاومت کششی میلگرد به تعداد حداقل ۵ نمونه از اعضای لرزه بر از هر سائز
- مغزه گیری به تعداد هر تپ عضو ۳ مغزه
- انتخاب حداقل دو گمانه ژئوتکنیک و انجام آزمایش سرعت موج برشی

آزمایشات مخرب مورد نیاز شناسایی حداقل

- سونداژ و شناسایی میلگرد های هر تپ به میزان ۱۰ درصد اعضای مشابه در دهانه ها و ارتفاع مشابه.
- سونداژ و شناسایی ابعاد شمع، پی، کوله، ستون
- تعیین مقاومت کششی میلگرد به تعداد حداقل ۵ نمونه از اعضای لرزه بر از هر سائز
- مغزه گیری به تعداد هر تپ عضو ۳ مغزه
- انتخاب حداقل دو گمانه ژئوتکنیک و انجام آزمایش سرعت موج برشی

آزمایشات غیر مخرب مورد نیاز شناسایی حداقل

- آزمایش چکش اشمیت برای تعیین مقاومت بتن
- آزمایش مقاومت الکتریکی برای تعیین مقاومت بتن
- آزمایش فراصوت برای تعیین مقاومت بتن و عمق شمع و ...
- آزمایش نیم پیل برای تعیین وضعیت خوردگی (کلر) در مناطق حساس مانند محل درز ها و یا تماس با آب و خاک
- آزمایش فنل فتالین برای تعیین نفوذ کربن و کربناتاسیون
- آزمایش فرو اسکن برای تطابق میلگرد بندی حداقل ۲۰ درصد اعضای تیپ
- آزمایش ژئورادار برای تعیین عمق شمع ها
- آزمایش های دیگر NDT

نمونه تجهیزات آزمایشات غیر مخرب

انجام تست های غیر مخرب بتن در سازه (NDT)



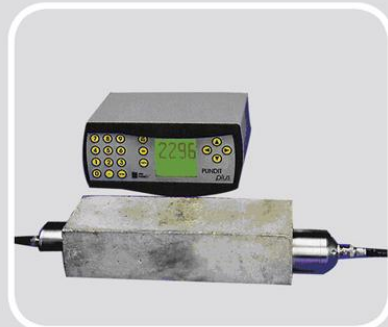
▲ مشاهده حفرات بتن و زمین



▲ تعیین ضخامت بتن روی آرماتور



تعیین قطر آرماتور در داخل بتن
▲ تعیین شبکه آرماتور



تعیین مشخصات ترک شامل عرض ،
عمق و مسیر آن
تعیین محل حفره های داخل بتن
تعیین ضریب پواسون
▲ مدول الاستیسیته

▼ تعیین درجه حرارت و رطوبت داخل بتن



▼ تعیین مقاومت فشاری ، کششی
و سختی بتن همراه با کرگیری



▼ تعیین نقاط دارای پتانسیل خوردگی
آرماتور در حال و آینده
ضریب هدایت الکتریکی
تعیین نفوذ پذیری بتن



▼ تعیین نقاطی که آرماتور خورده شده
است



Modeling Methods and Verification and Damage Detection

Evaluation (Tests)

Bridge	Coring	Half cell	Electrical Resistance	Reinforcement Test	Tension of Mortar in bending	Soil Tests	Shear Wave	Plates Test	Bolts Test
FB	*	*	*	*	*	*	*	—	—
BOOZ	*	—	*	*	—	*	*	—	—
AV	*	—	—	—	*	*	*	—	—
PCB	*	*	*	*	*	*	*	—	—
TB	—	—	—	—	—	*	*	*	*
SBB	—	—	—	—	*	*	*	*	*
ACB	*	*	*	—	—	*	*	—	—

گروه بندی اهمیت پل ها

➤ متعارف در ناحیه غیر شریان حیاتی

➤ مهم در ناحیه شریان حیاتی

➤ استراتژی پل هایی که بهسازی آنها مستلزم هزینه و زمان زیاد است و معمولاً یک شریان را

بطور کامل تا اتصال مجدد از کار می اندازند مانند پلهای رودخانه ای دره ای بلند و پل

های راه آهن و مترو و ...

تعریف سطح خطر لرزه ای

- سطح خطر ۱: زلزله سطح بهره برداری (۱۰۰ ساله) با احتمال وقوع ۳۳ درصد در ۵۰ سال و یا ۵۰ درصد در ۷۵ سال
- سطح خطر طراحی ۲: زلزله سطح خطر ۴۷۵ ساله با دوره بازگشت ۱۰ درصد در ۵۰ سال یا ۱۵ درصد در ۷۵ سال
- سطح خطر ۳: زلزله با دوره بازگشت (۱۰۰۰ ساله) با احتمال وقوع ۵ درصد در ۵۰ سال یا ۷ درصد در ۷۵ سال
- سطح خطر ۴: زلزله بسیار بزرگ با دوره بازگشت (۲۵۰۰) ساله و احتمال وقوع ۲ درصد در ۵۰ سال یا ۳ درصد در ۷۵ سال

تعاریف عملکرد پل

➡ PL^۳: بدون هیچگونه تعمیر و ترمیمی قابلیت استفاده باشد. به عبارت دیگر اعضای سازه ای خطی بمانند و وارد ناحیه غیر خطی نشوند.

➡ PL^۲: خسارت ها جزئی باشند و پل باید برای وسایل نقلیه امداد بعد از بازدید قابل استفاده باشد و بدون اختلال در ترافیک قابل تعمیر باشد. به عبارتی اندکی شکل پذیری در حد خورد شدن پوشش بتنی قابل پذیرش در اعضای جابجایی کنترل هست.

➡ PL^۱: خسارت ها پذیرفته می شود و بعد از زلزله بزرگ باید پل جایگزین شود ولی نباید فرو بریزد.

➡ PL^۰: صرفا تعمیر و نگهداری شود.

تعیین روش ارزیابی با توجه به سطح خطر و سطح عملکرد

بر اساس FHWA ۲۰۰۶

HAZARD LEVEL	PERFORMANCE LEVEL				
	During Upper Level Earthquake			During Lower Level Earthquake	
	PL0: No Minimum Level	PL1: Life Safety	PL2: Operational	PL0: No Minimum Level	PL3: Fully Operational
I	A	A	B	A	C
II	A	B	B	A	C
III	A	B	C	A	C
IV	A	C	D	A	D

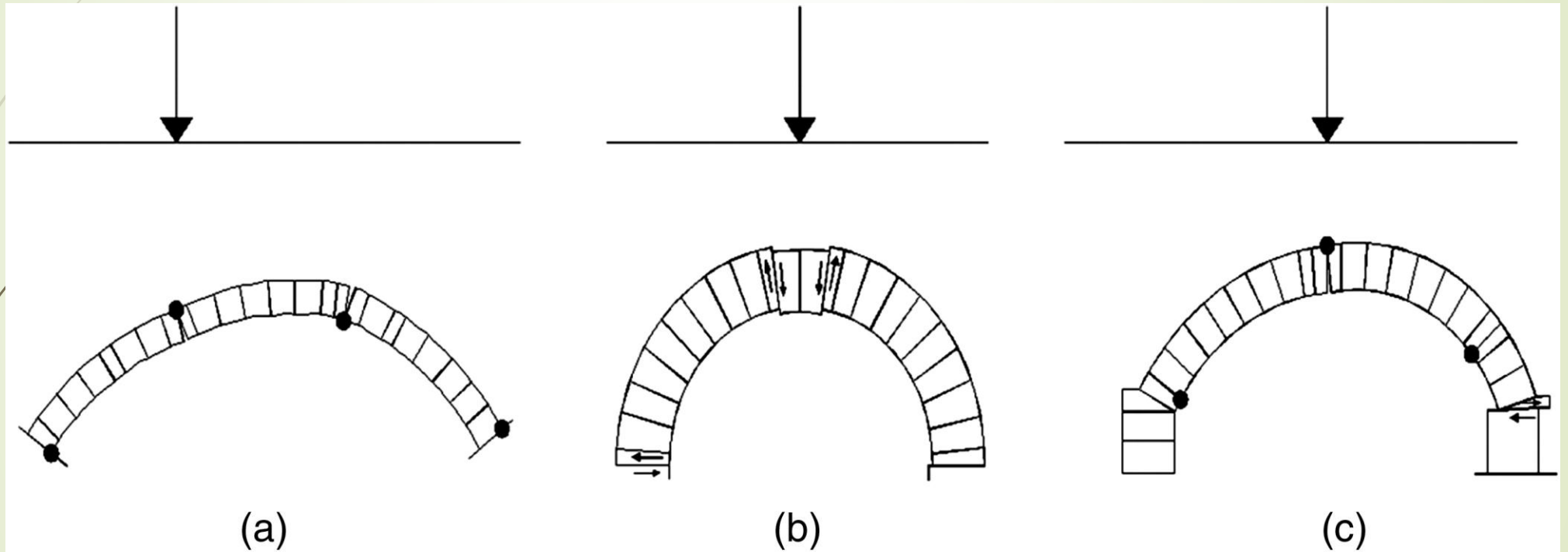
تعیین روش تحلیل و بررسی با توجه به نوع ارزیابی

ACTION		SEISMIC RETROFIT CATEGORY FOR THE LOWER LEVEL EARTHQUAKE				SEISMIC RETROFIT CATEGORY FOR THE UPPER LEVEL EARTHQUAKE			
		A	B ¹	C	D	A	B	C	D
Screening Components to be screened:		NR ²	-	seat widths, connections, columns, walls, footings and liquefaction	seat widths, connections, columns, walls, footings, abutments and liquefaction	NR	seat widths, connections and liquefaction	seat widths, connections, columns, walls, footings and liquefaction	seat widths, connections, columns, walls, footings, abutments and liquefaction
Evaluation Evaluation methods to be used ^{3,4} . See table 1-9.		NR	-	C	C	NR	A1/A2	B/C/D1/D2	C/D1/D2/E
Retrofitting Components to be retrofitted, if deficient:	Seats and Connections	NR	-	Yes	Yes	NR	Yes	Yes	Yes
	Columns, walls, footings	NR	-	Yes	Yes	NR	NR	Yes	Yes
	Abutments	NR	-	NR	Yes	NR	NR	NR	Yes
	Liquefaction	NR	-	Yes	Yes	NR	Yes	Yes	Yes

Notes:

1. Seismic Retrofit Category B is not used when evaluating and/or retrofitting bridges for lower level ground motions.
2. NR = Not Required.
3. A1/A2 = No analysis; minimum capacity checks
B = No analysis; component capacity checks
C = Component C/D method using elastic dynamic analysis methods
D1 = Capacity spectrum method.
D2 = Structure C/D method; also called Nonlinear Static Procedure, or Displacement Capacity Evaluation
E = Nonlinear dynamic method using inelastic time history analysis
4. Selection of evaluation method also depends on bridge geometry: for irregular (complex) bridges, use Methods A, C, D2 and E as appropriate.

رفتار سنجی بارهای سرویس:



رفتار سنجی بارهای سرویس:

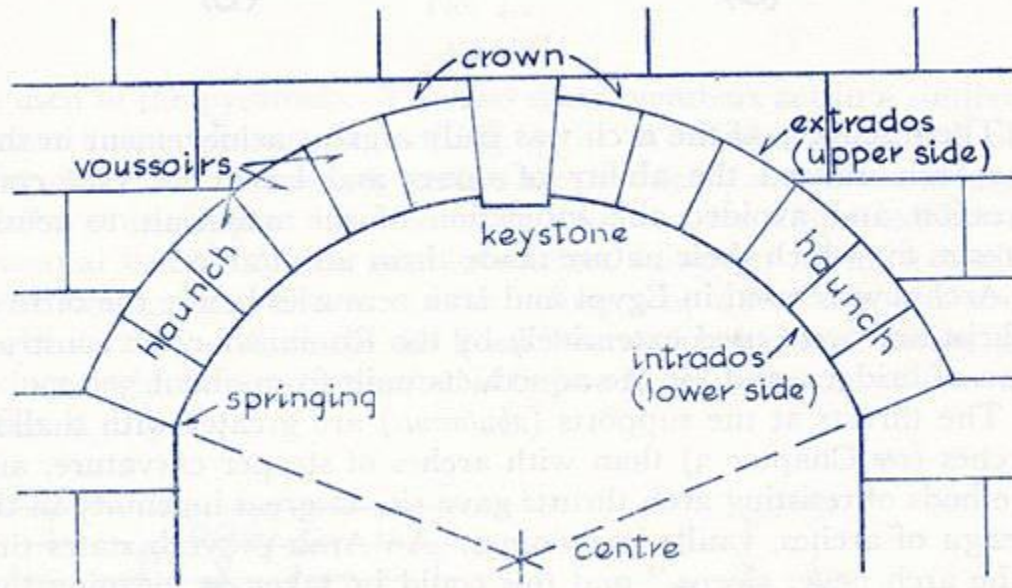
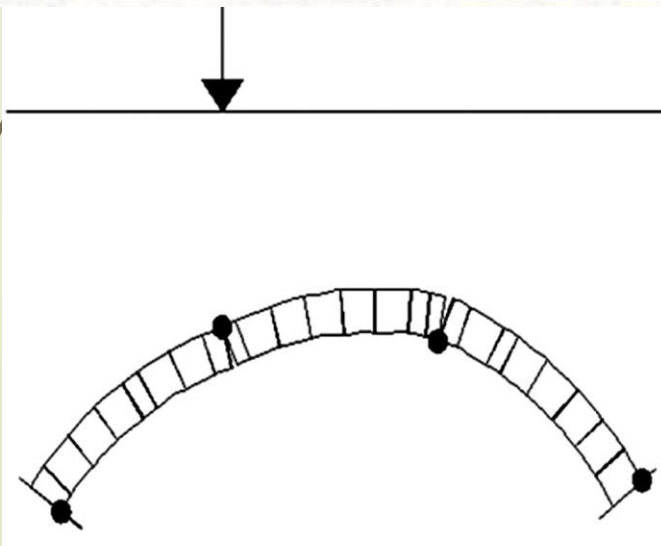
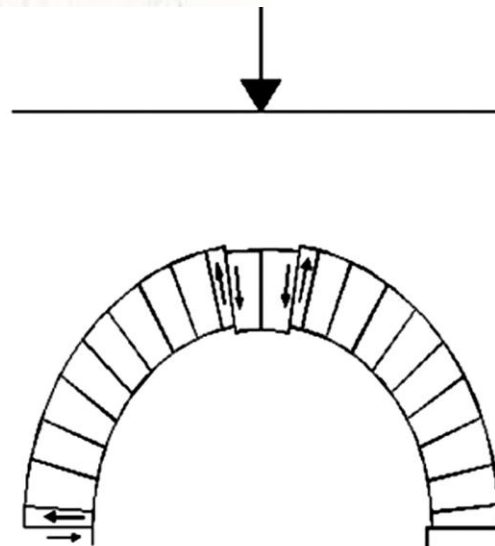


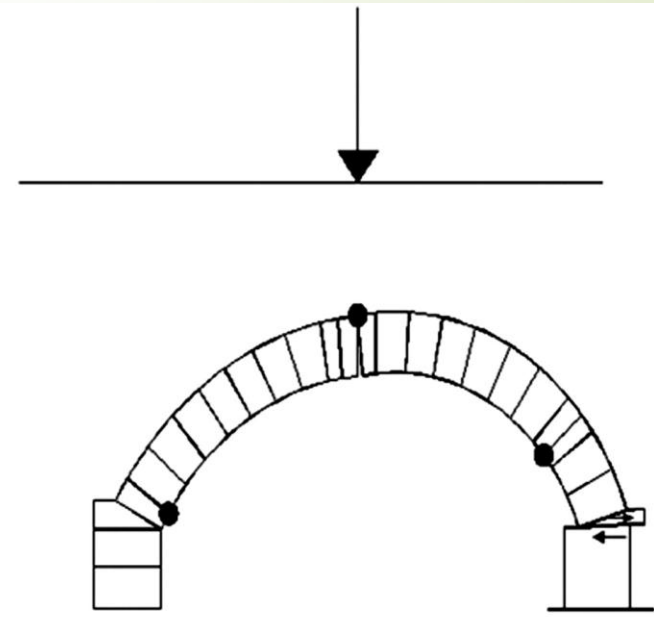
FIG. 4.6



(a)

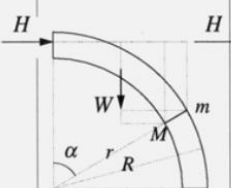
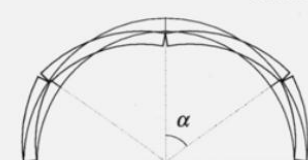
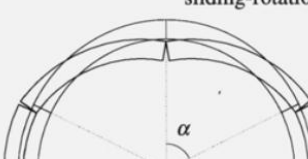
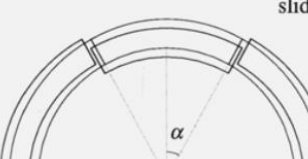


(b)



(c)

فشار سنجی بارهای سرویس:

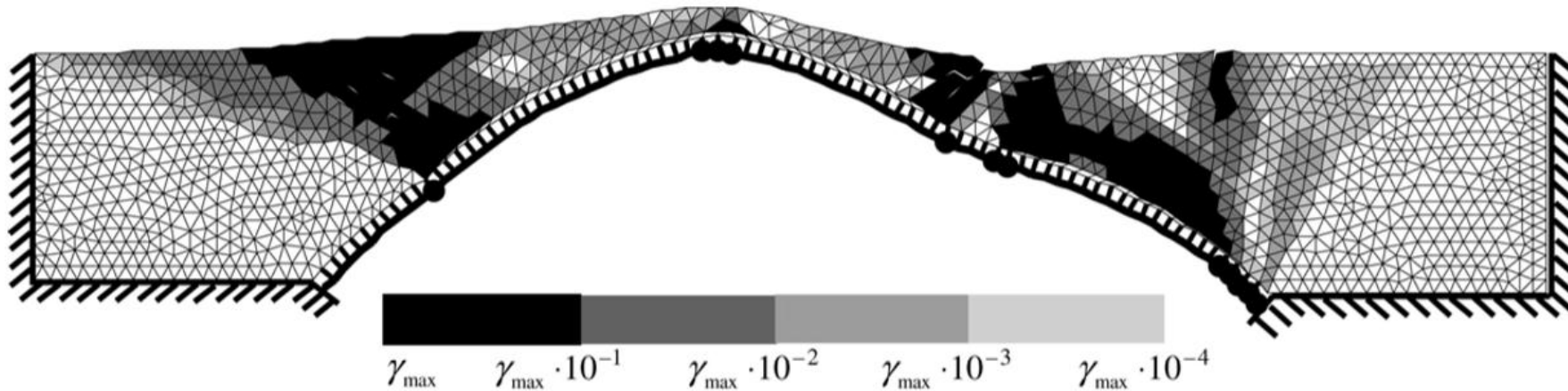
mechanisms of collapse		R = extrados radius r = intrados radius K_{crit} = critical value of R/r μ = dry friction coefficient α = rupture joint (degree) H = thrust at the crown joint W = dead weight	without backing 
	rotational		$\mu \geq 0,395$ $K_{crit} = 1,1136$ $\alpha = 54^\circ$
	sliding-rotational		$0,309 \leq \mu < 0,395$ $1,2205 \leq K \leq 1,1136$ $29^\circ \leq \alpha \leq 54^\circ$
	sliding		$\mu < 0,309$ $K_{crit} = 1,2205$ $\alpha = 29^\circ$



رفتار سنجی بار های سرویس:



Fig. 7. The Prestwood bridge: the collapse mechanism.



رفتار سنجی بار های سرویس:



Figure 3. Arch 1 (unreinforced control) showing the 4-hinge collapse mechanism.



Figure 4. A reinforced arch (arch 2) without shear reinforcement showing premature

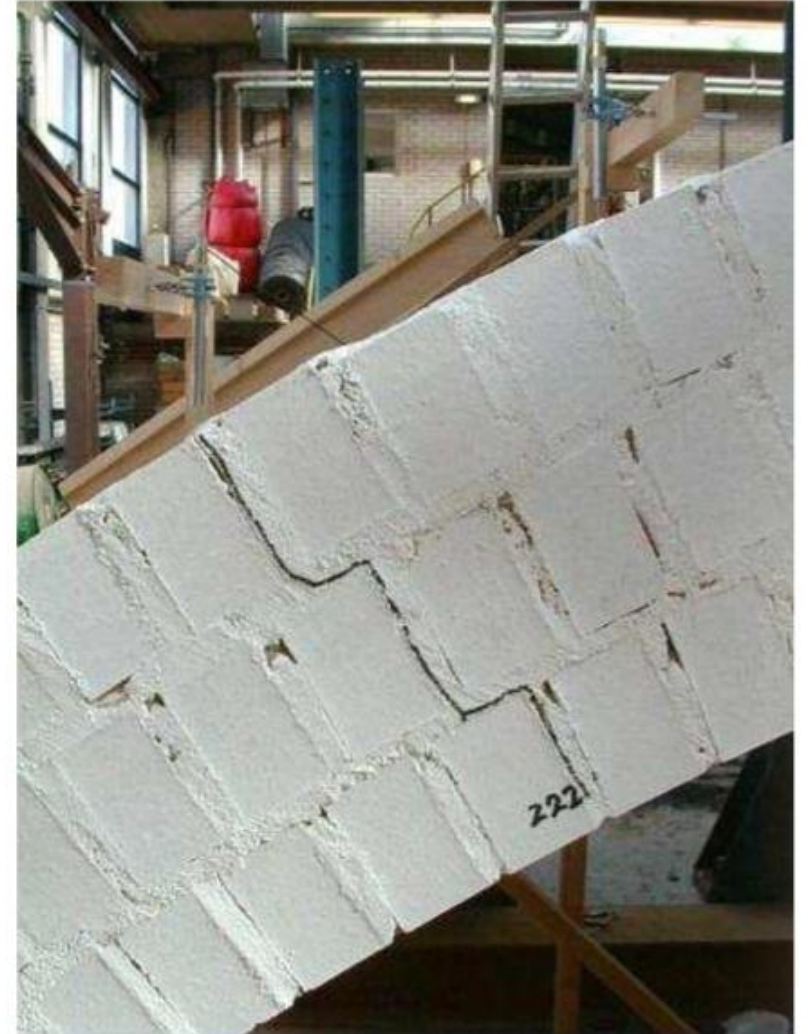


Figure 5. Hinges forming in the arch barrel at $\frac{1}{4}$ span (left) and $\frac{3}{4}$ span (right).

رفتار سنجی بارهای لرزه ای:

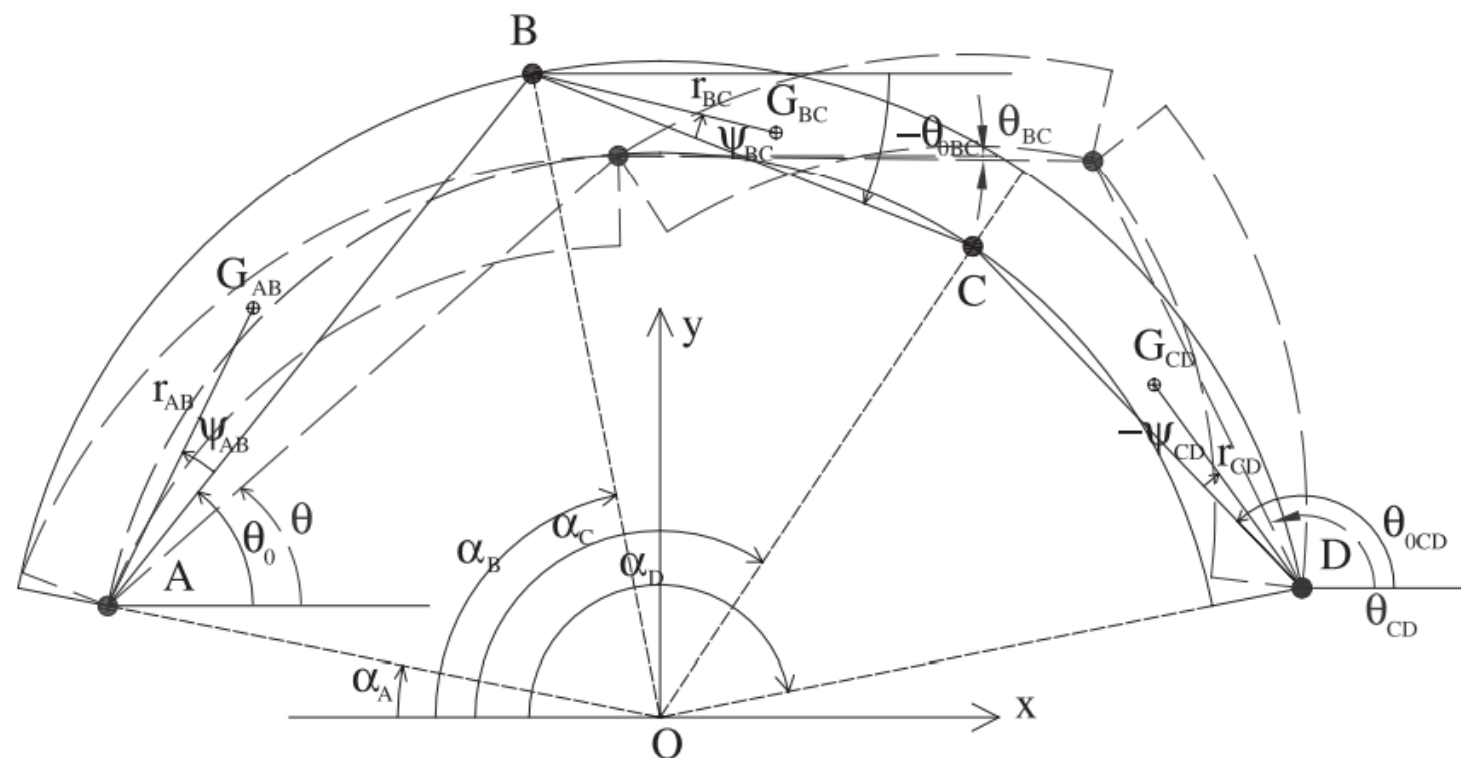
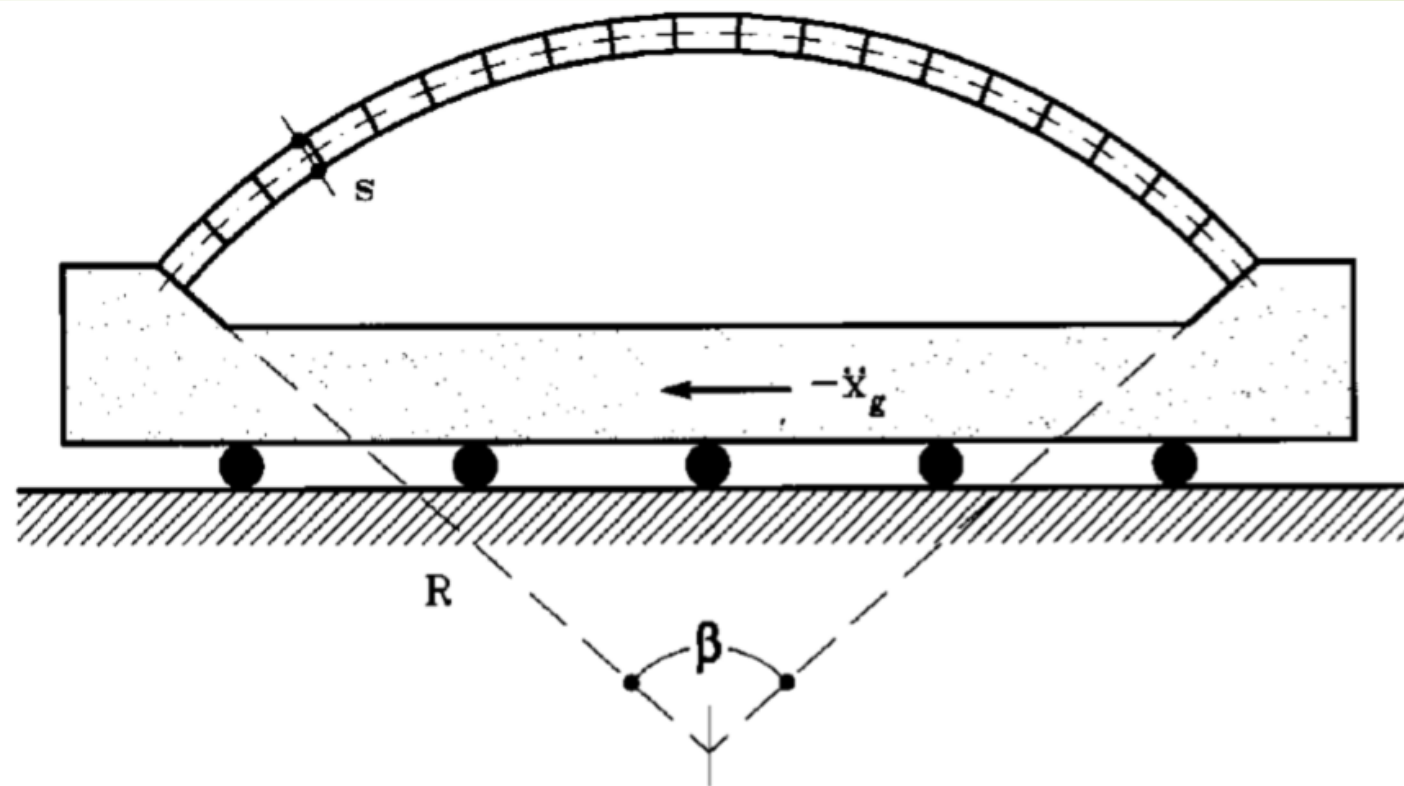
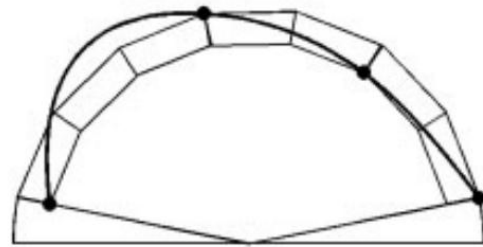


Figure 1. The arch as a four-link mechanism during the first half cycle of motion.

رفتار سنجی بار های لرزه ای:



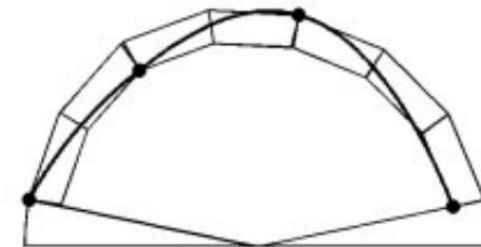
رفتار سنجی بارهای لرزه ای:



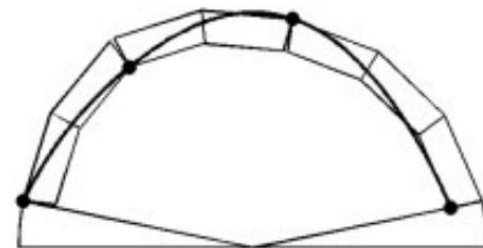
(a)



(b)



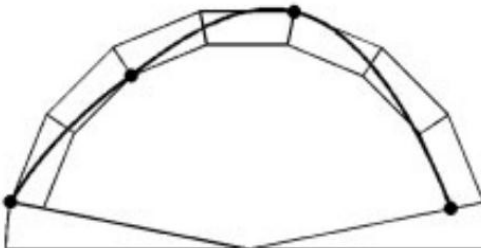
(c)



(d)



(e)



(f)

رفتار سنجی بارهای لرزه ای:

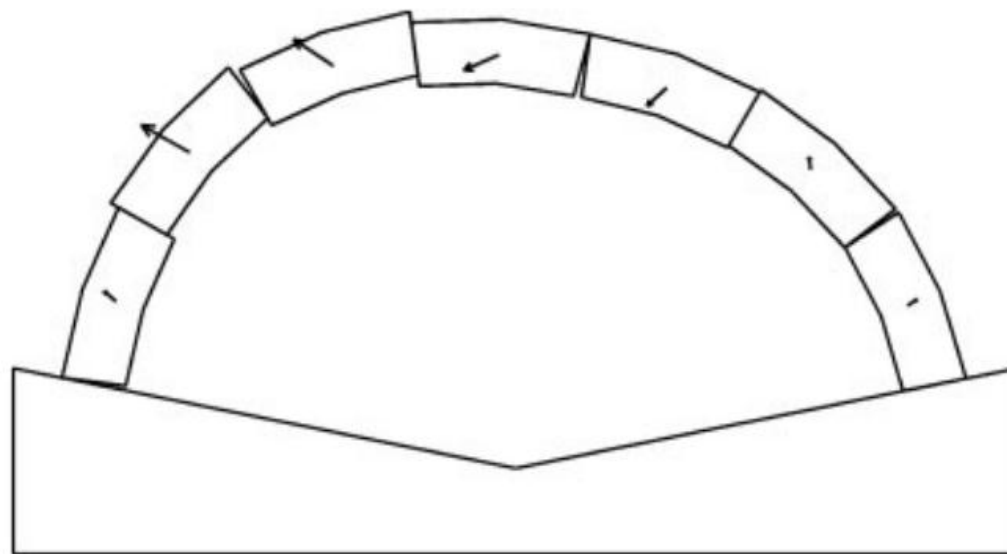


Figure 10. UDEC snapshot of Oppenheim's arch subjected to an impulse of magnitude $a = 1.0g$ and duration $t_p = 0.22$ s at time 1.29 s, with reduced Rayleigh damping ($f_{\min} = 0.05$ Hz and $\xi_{\min} = 0.001\%$).

رفتار سنجی بار های لرزه ای:



Table 1

Geometrical data of the S. Marcello Pistoiese Bridge.

S. Marcello Pistoiese Bridge		
Total length		72.50 m
Width		5.80 m
Height over the mean water level		23.25 m
Parapets height		1.00 m
Arches number		3
Piers		
Width		5.80 m
Length		7.20 m
Height		10.00 m
Main arch		
Span		21.50 m
Rise at midspan		10.75 m
Brick vault thickness	At the springing	2.20 m
	At the key	0.90 m
Stone cornice thickness		0.30 m
Total arch thickness	At the springing	2.50 m
	At the key	1.20 m
Depth of the fill at the crown		1.30 m
Lateral arches		
Span		8.00 m
Rise at midspan		4.00 m
Brick vault thickness		0.40 m
Stone cornice thickness		0.20 m
Total arch thickness		0.60 m
Depth of the fill at the crown		1.90 m

Table 2

Geometrical data of the Cutigliano Bridge.

Cutigliano Bridge		
Total length		82.50 m
Width		7.40 m
Height over the mean water level		16 m
Deck gradient		5%
Arches number		3
Piers		
Width		3.50 m
Length		7.00 m
Height	Upper pier	3.50 m
	Lower pier	2.50 m
Dossierets above the piers		
Width		3.50 m
Length		7.00 m
Height		1.50 m
Structural arches		
Span		16.50 m
Rise at midspan		8.25 m
Concrete vault thickness	At the springing	1.00 m
	At the key	0.70 m
Depth of the fill at the crown		0.65 m

1. View of the two structures: (a) S. Marcello Pistoiese Bridge; (b) Cutigliano

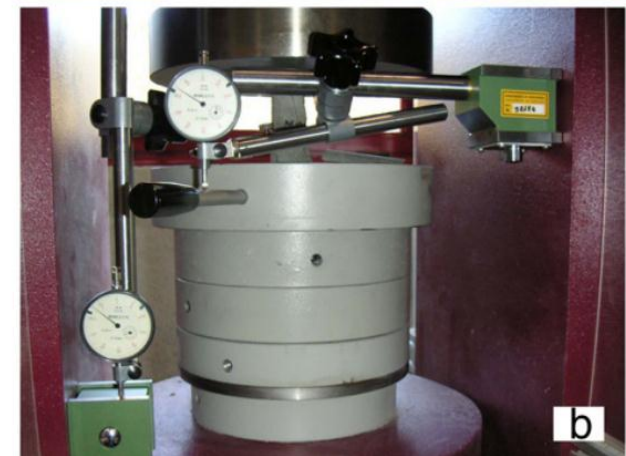
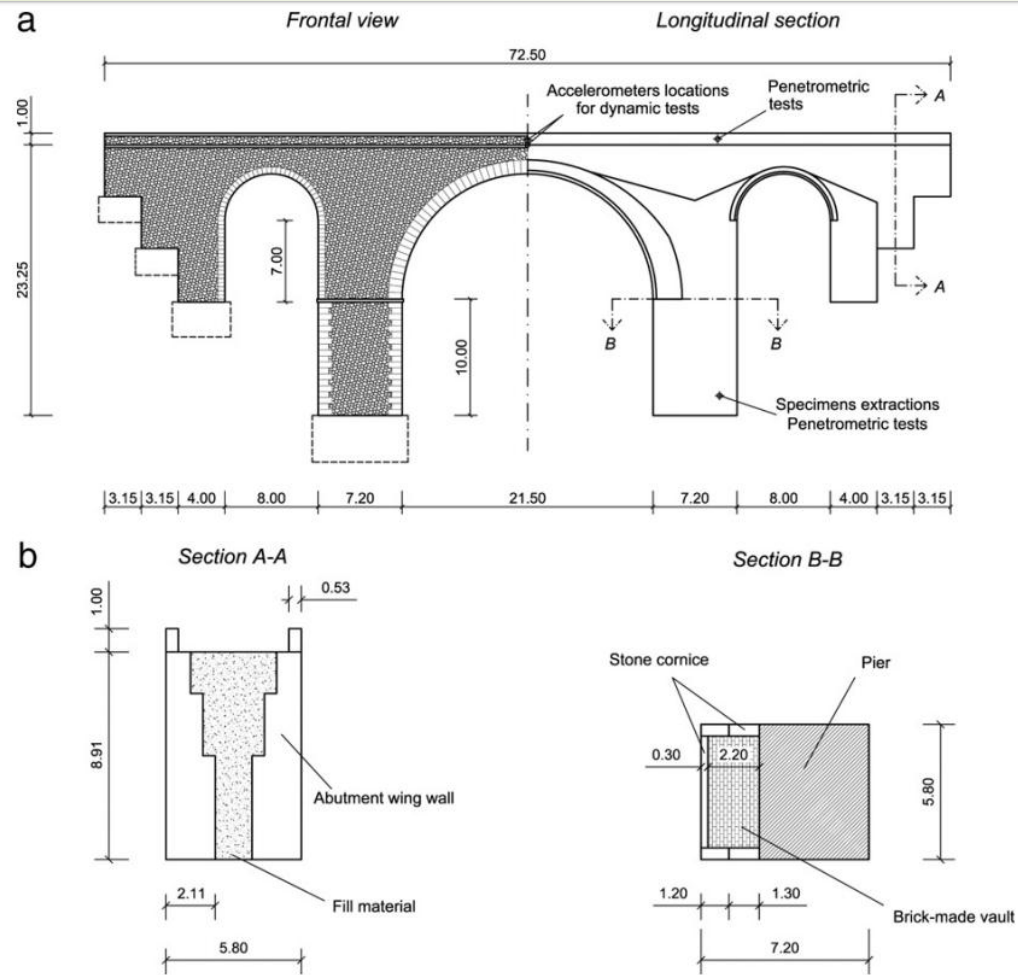


Fig. 2. S.

Table 4

Structural parameters adopted in the numerical models of the bridges: material density (γ), Young's modulus (E), and Poisson ratio (ν).

Bridge	Material	γ (kg/m ³)	E (MPa)	ν (—)
S. Marcello Pistoiese	Masonry of stone and lime mortar (<i>piers, spandrel walls, abutments, parapets</i>)	2200	5000	0.2
	Masonry of stone and concrete mortar (<i>arch cornice</i>)	2200	6000	0.2
	Masonry of bricks and concrete mortar (<i>vaults</i>)	1800	5000	0.2
	Backfill	1800	500	0.2
Cutigliano	Masonry of stone and lime mortar (<i>piers, spandrel walls, abutments, parapets</i>)	2200	5000	0.2
	Concrete (<i>dosserets and vaults</i>)	2400	12000	0.2
	Backfill	1800	500	0.2

رفتار سنجی بارهای لرزه ای:

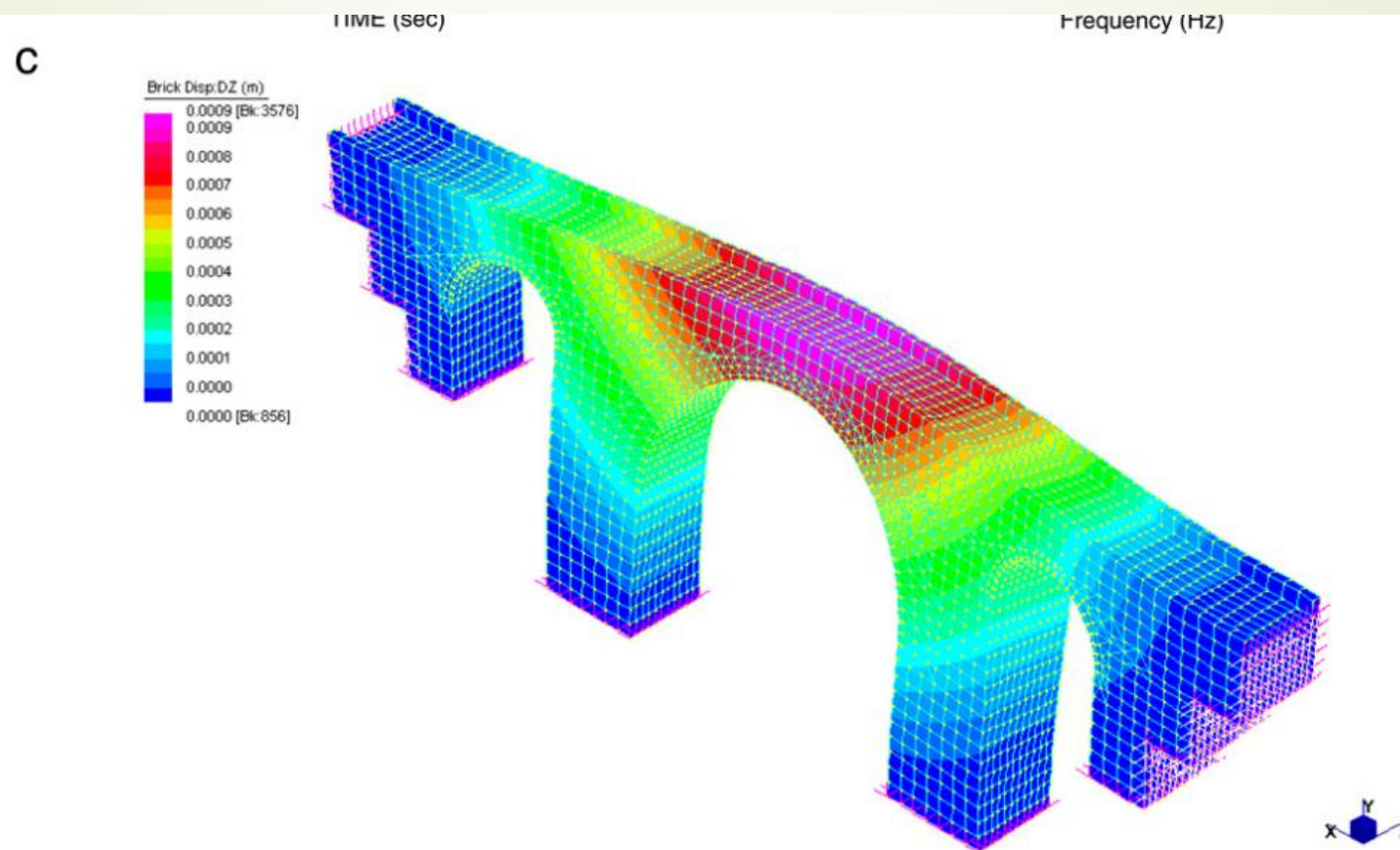


Fig. 5. Dynamic on-site test of the S. Marcello Pistoiese Bridge: (a) registered horizontal acceleration; (b) power spectral density of the dynamic response; (c) Mode 1: Frequency = 3.998 Hz.

Tensile strength f_t (MPa)	Strengths ratio f_t/f_c (—)	Compressive strength f_c (MPa)	Friction angle ϕ (deg)	Cohesion c (MPa)
0.2	1/10	2	55	0.32
	1/15	3	61	0.39
	1/20	4	65	0.45
0.3	1/10	3	55	0.47
	1/15	4.5	61	0.58
	1/20	6	65	0.67
0.4	1/10	4	55	0.63
	1/15	6	61	0.77
	1/20	8	65	0.89

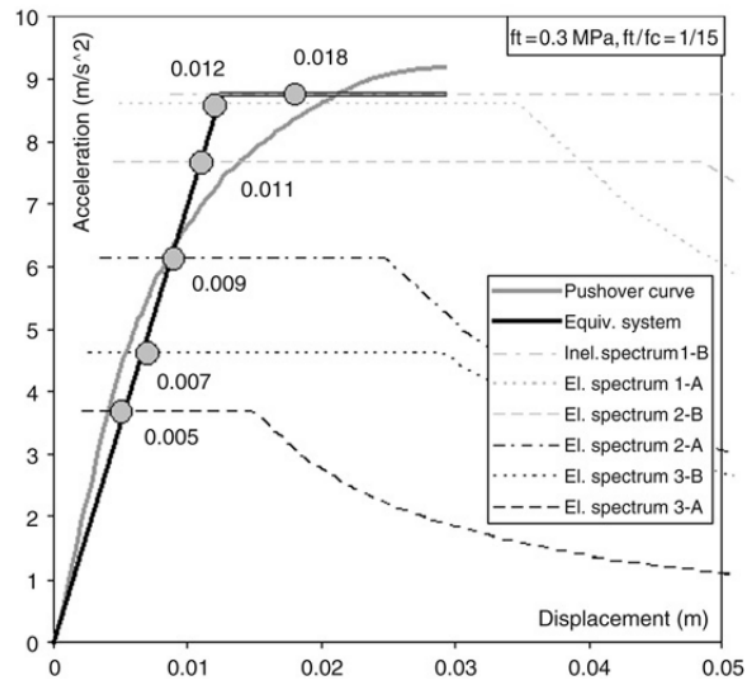


Fig. 10. Cutigliano Bridge performance points for different seismic levels and ground types ($f_c = 0.3$ MPa, $f_t/f_c = 1/15$)

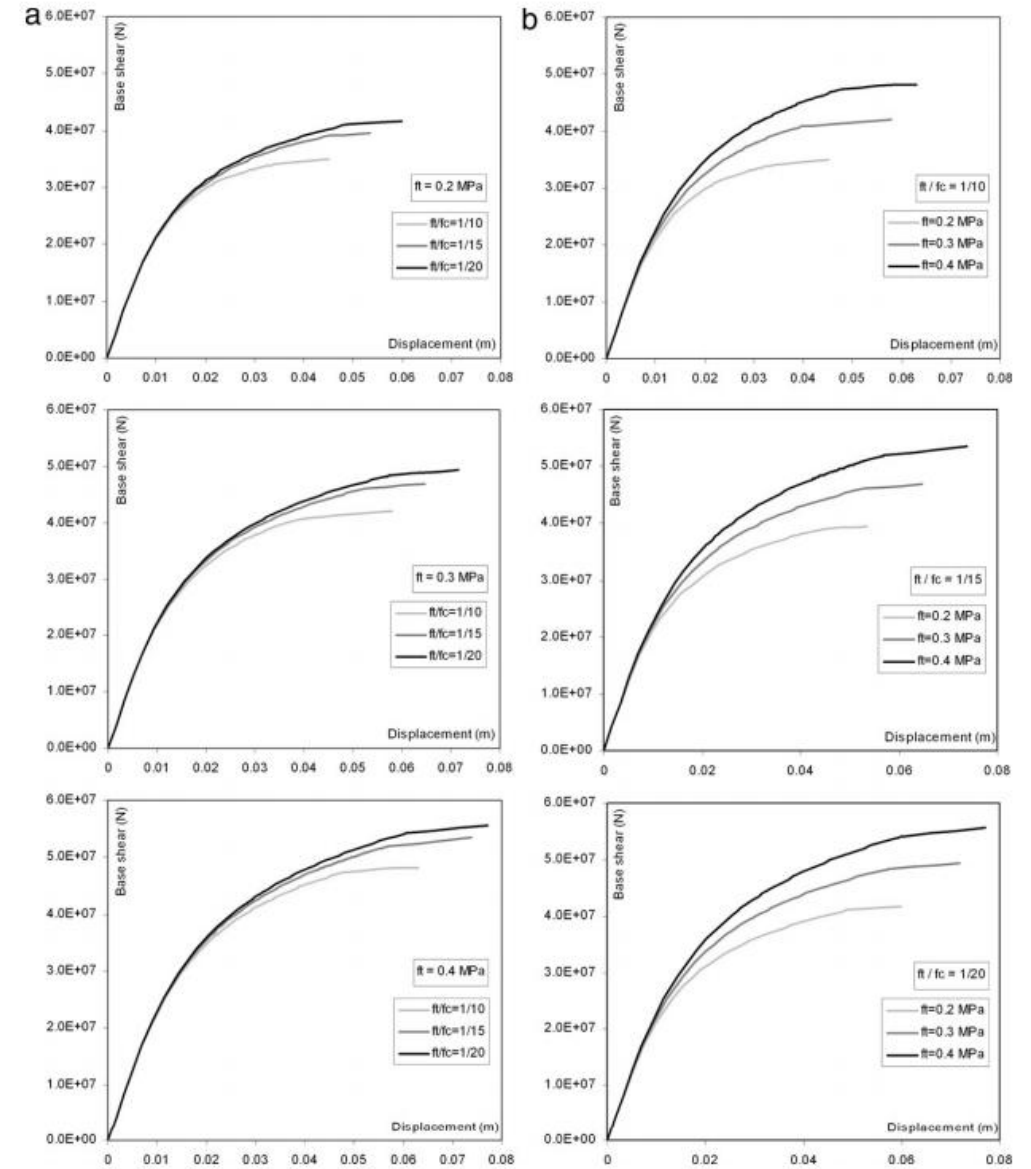


Fig. 7. Pushover curves for the S. Marcello Pistoiese Bridge: (a) influence of the compressive strength f_c ; (b) influence of the tensile strength f_t .

روش های تحلیل

- **خطی: مصالح و المان ها رفتار خطی دارند و وارد ناحیه غیر خطی نمی شوند.**
- **غیر خطی: مصالح دارای رفتار غیر خطی هستند و المان ها نیز وارد ناحیه غیر خطی می شوند.**
- **غیر خطی هندسی: رفتار مصالح در کشش و یا فشار متفاوت است مانند خاک – کابل-مهارکننده ها- استاپر ها**
- **استاتیکی: روش C که مبتنی بر C/D می باشد.**
- **طیفی**
- **شتابنگاشتی**

روش های تحلیل

➡ روش C: که مبتنی بر C/D اعضا می باشد و تحلیل ها یا استاتیک است و یا دینامیکی طیفی

ولی خطی.

➡ روش D^۱: روش طیف ظرفیت برای تک عضو است که رفتار یک عضو را بصورت غیر خطی و تک دنبای می کند.

➡ روش D^۲: که مبتنی بر C/D سازه است و تحلیل غیر خطی کل سازه و المانها با هم هست این روش استاتیکی غیر خطی یا پوش آور هم می گویند.

➡ روش E: تحلیل غیر خطی با شتابنگاشت ها می باشد.

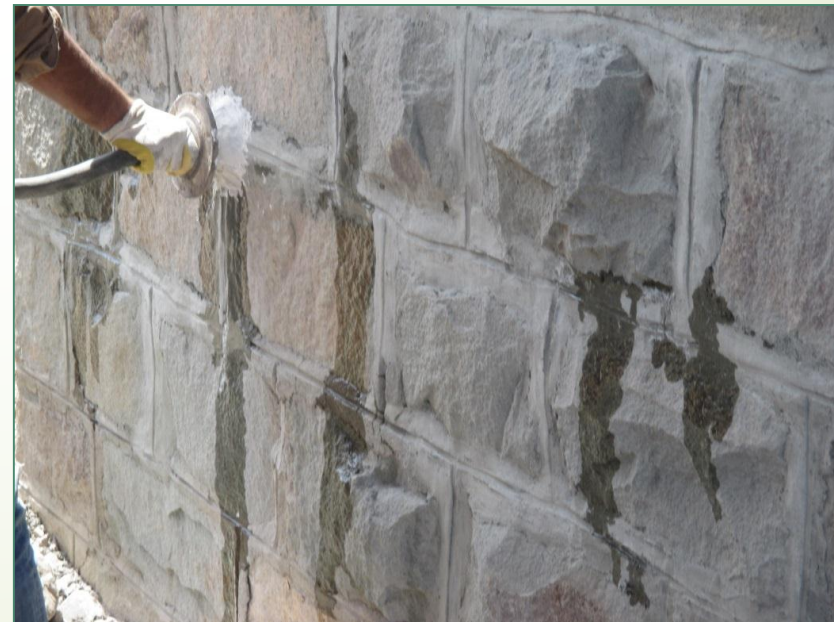
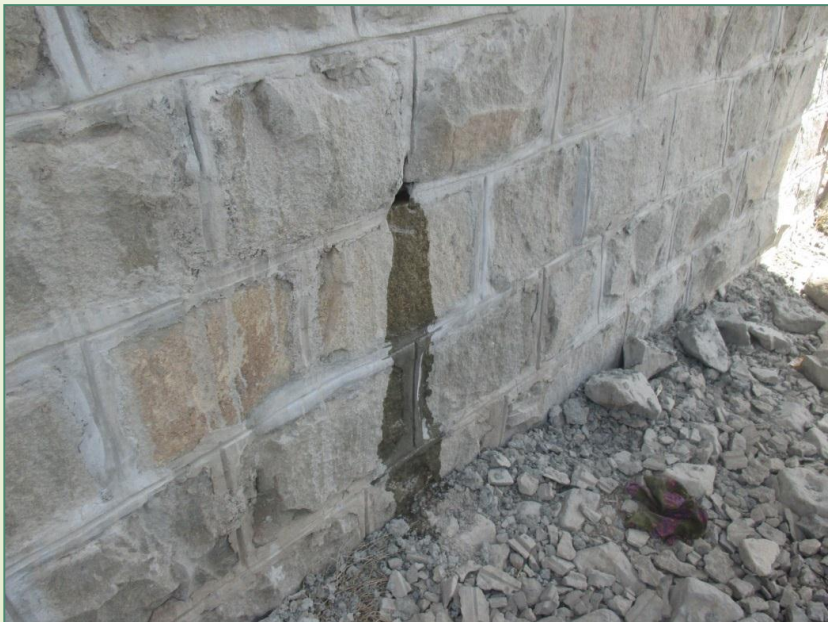
Modeling Methods and Verification and Damage Detection

Modeling and Analysis of Bridges For Evaluation

Bridge	2D BEAM	2D- Shell	2D solide	Soil Interaction	Soft Ware	Model Verification Method
FB	-	*	-	*	SAP 2000	Deflection Control In site
BOOZ	*	-		*	Plaxis	Deflection Control In site
AV	*	*	*	*	SAP 2000 & Abaqus & Ring	Health monitoring and vibration mode control
PCB	*	*	*	*	sap 2000-plaxis	Deflection Control In site
TB	-	-	-	-	sap 2000	Deflection Control In site
SBB	-	-	-	-	Sap 2000	Deflection Control In site
ACB	*	*	*	-	sap 2000	Health monitoring and Strain Control

Water & Grout Injection for Masonry Bridges

Repairing



تعمیر و تقویت پل های سنگی به روش تسلیح داخلی

مزایا:

✓ ظاهر سازه تغییر نمی کند

مصالح مورد نیاز:

❖ ملات درزبندی به نام

❖ ژل تزریقی

❖ آرماتورهای ویژه با مقاومت کششی 11000 kg/cm به همراه چسب

هیبریدی

❖ Pad ارتعاش گیر

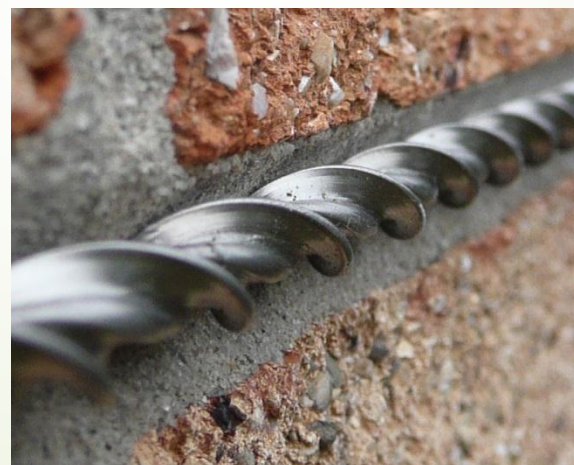
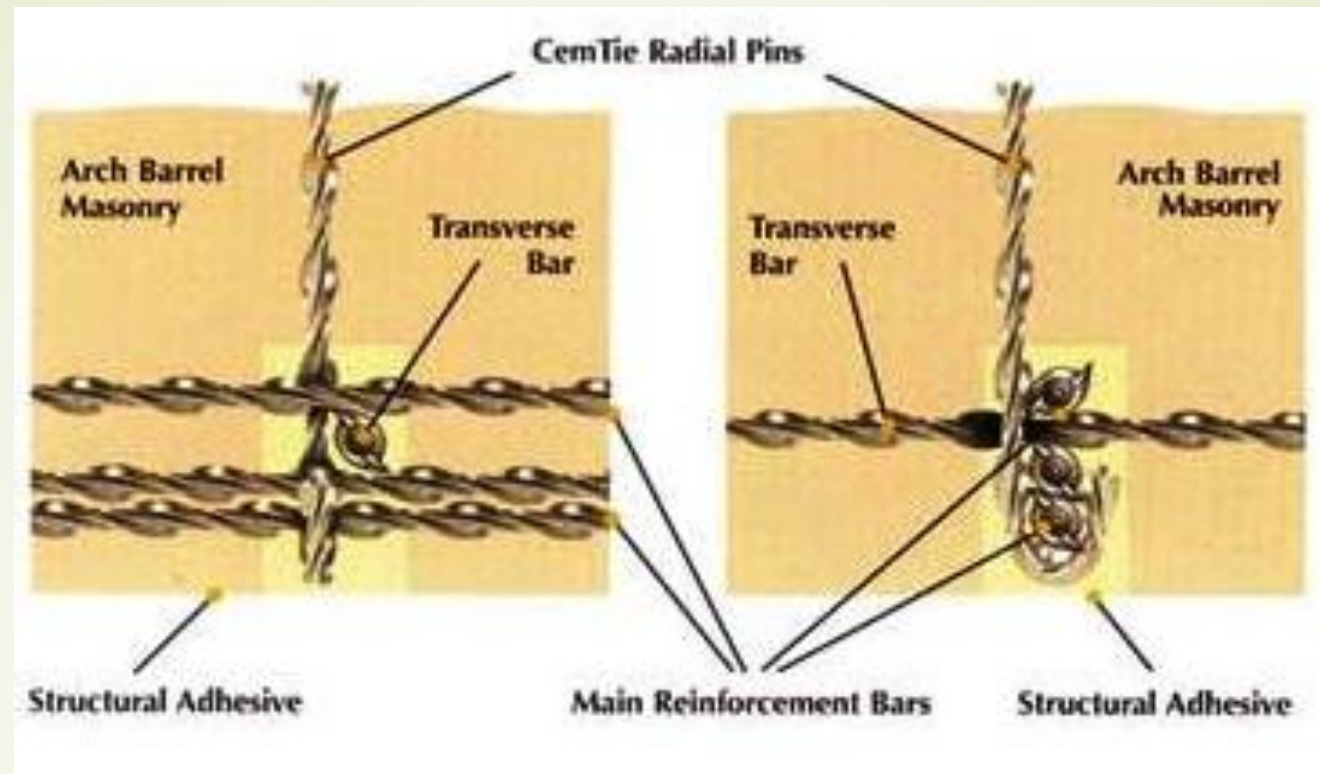
* تقویت

۱- ایجاد شبکه شیار بصورت متقاطع در طول ، عرض و عمق

به فواصل محاسبه شده

۲- نصب آرماتورهای با مقاومت کششی 11000 kg/cm^2

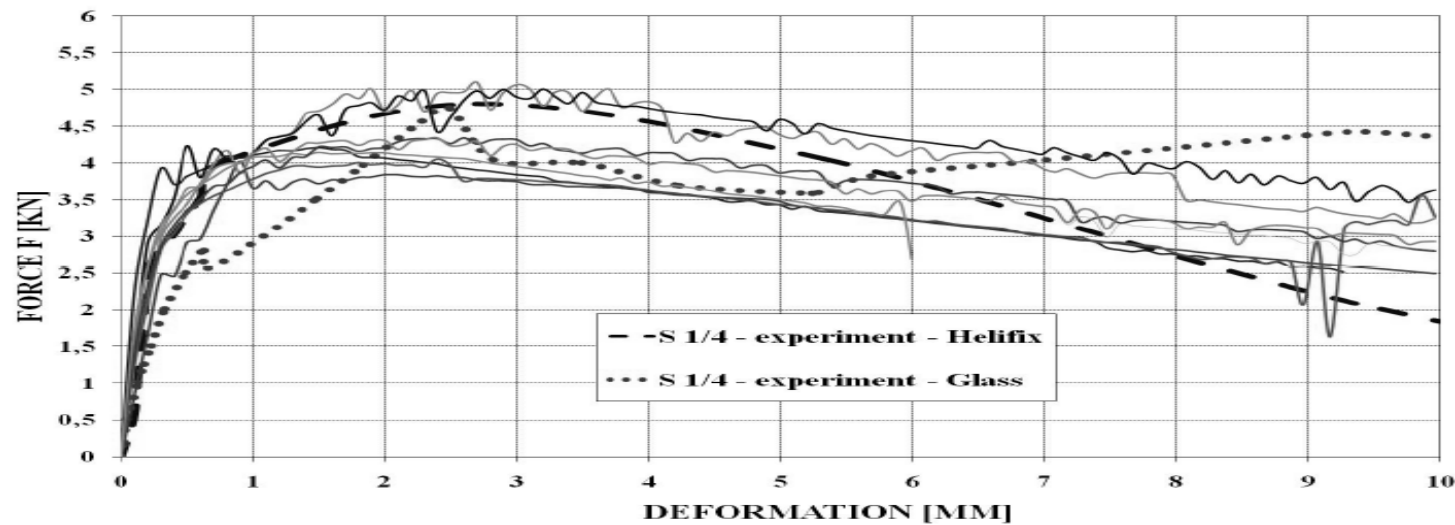
۳- تزریق چسب هیبریدی دور آن



Near Face Cold Formed Reinforcement Effect



GFRP و HelixBar



GFRP & Helix bar

Retrofitting Methods

Near face reinforcement by using Cold formed reinforcement (Hili bar)

Grooving of O-S-B (Δ



Qaflankoooh Bridge



۲- روش فروسیمان برای تسلیح دال پل های بویژه مرطوب با گسیختگی زیاد

ملات مسلح به مفتول های مقاوم و نازک به استناد ACI ۵۴۹R-۹۷ که به نام فروسیمان معروف است

مصلح مورد نیاز :

✓ لتیس پانل

✓ آرماتور

✓ VpCI

✓ ملات اصلاح شده با پلیمر

✓ بتن RPC (دوغاب سیمان + ماسه ریز + افزودنی ADVA Gel)

با مقاومت مورد نیاز

توضیح ۱: در دهانه های بزرگ و پایه ها می توان کلیه ضخامت لتیس پانل را

(حدود ۱۲ سانتیمتر) با شات کريت اجرا نمود.

توضیح ۲: در صورت خرابی بیش از حد دال می توان از ظرفیت دال موجود

در باربری صرفنظر کرد.



Retrofitting Methods

ARC Concrete Bridges



RD Truss Panel + Grout injection



Near Face Reinforcement

۳- روش تسلیح سطحی با شاتکریت و تسلیح داخلی با مهار ها

مصالح مورد نیاز :

✓ سیمان و ماسه و افزودنی های بتن

✓ آرماتور

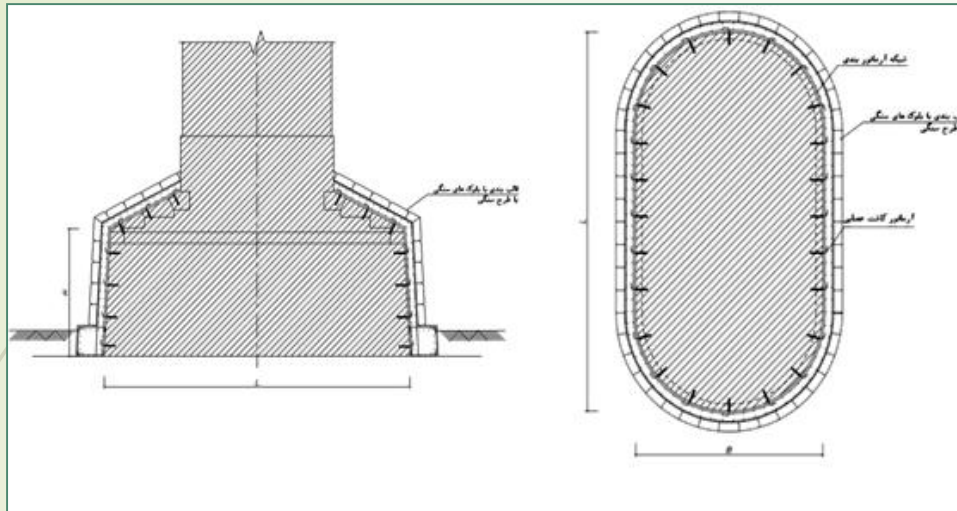
✓ آزمایشگاه ویژه

✓ طرح اختلاط

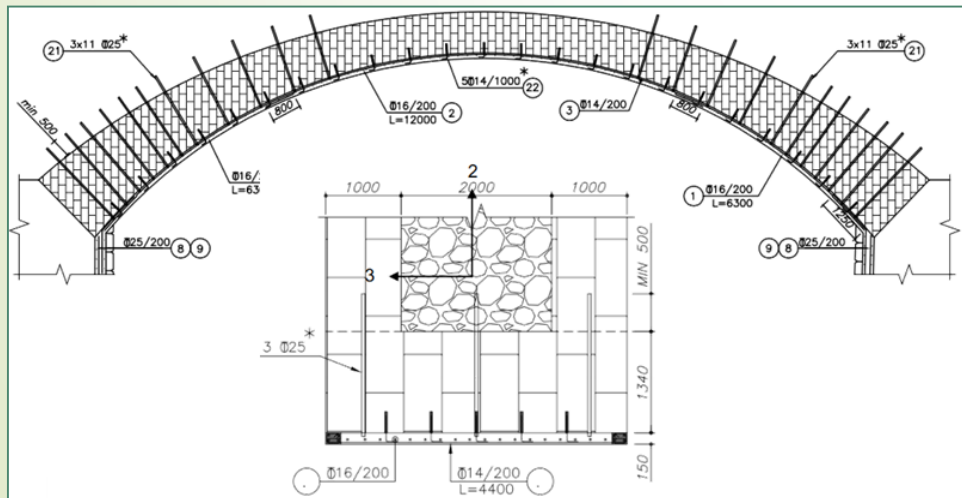
✓ افراد ماهر

Retrofitting Methods

Concrete Jacket For Pier



Shotcrete And Deep Nailing For S-S bridges



افزایش مقاومت با تسلیح سطحی خمشی با فولاد



Retrofitting Methods

shotcrete Definition And Deep Nailing For S-S bridges

