@Seismicisolation

robinson
seismic limited

جداسازی لرزه ای سازه ها و سطح عملکرد

خدمت رسانی بی وقفه

ارائه توسط کیاوش پورصدر

مشاور فنی شرکت های رابینسون سایزمیک و پال داینامیک در ایران

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

فهرست مطالب

۱. یادی از دکتر بیل رابینسون.

۲. معرفی اجمالی روش جداسازی لرزه ای.

۳. معرفی برخی از تجهیزات جداساز لرزه ای.

۴. آیین نامه ها و دستور العمل ها.

۵. بررسی اجمالی عملکرد دو بیمارستان جداسازی شده تحت زمین لرزه.

۶. آزمایش های صحت سنجی عملکردی.

۷. مباحث تکمیلی.

۸. جداسازی لرزه ای و ساختمان های بلند مرتبه.

۹. گزیده ای از سازه های جداسازی لرزه ای شده در ایران.

۱۰. گزیده ای از پروژه های شرکت رابینسون سایزمیک در خارج از ایران.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

یادی از دکتر بیل رابینسون

@Seismicisolation

@Seismicisolation

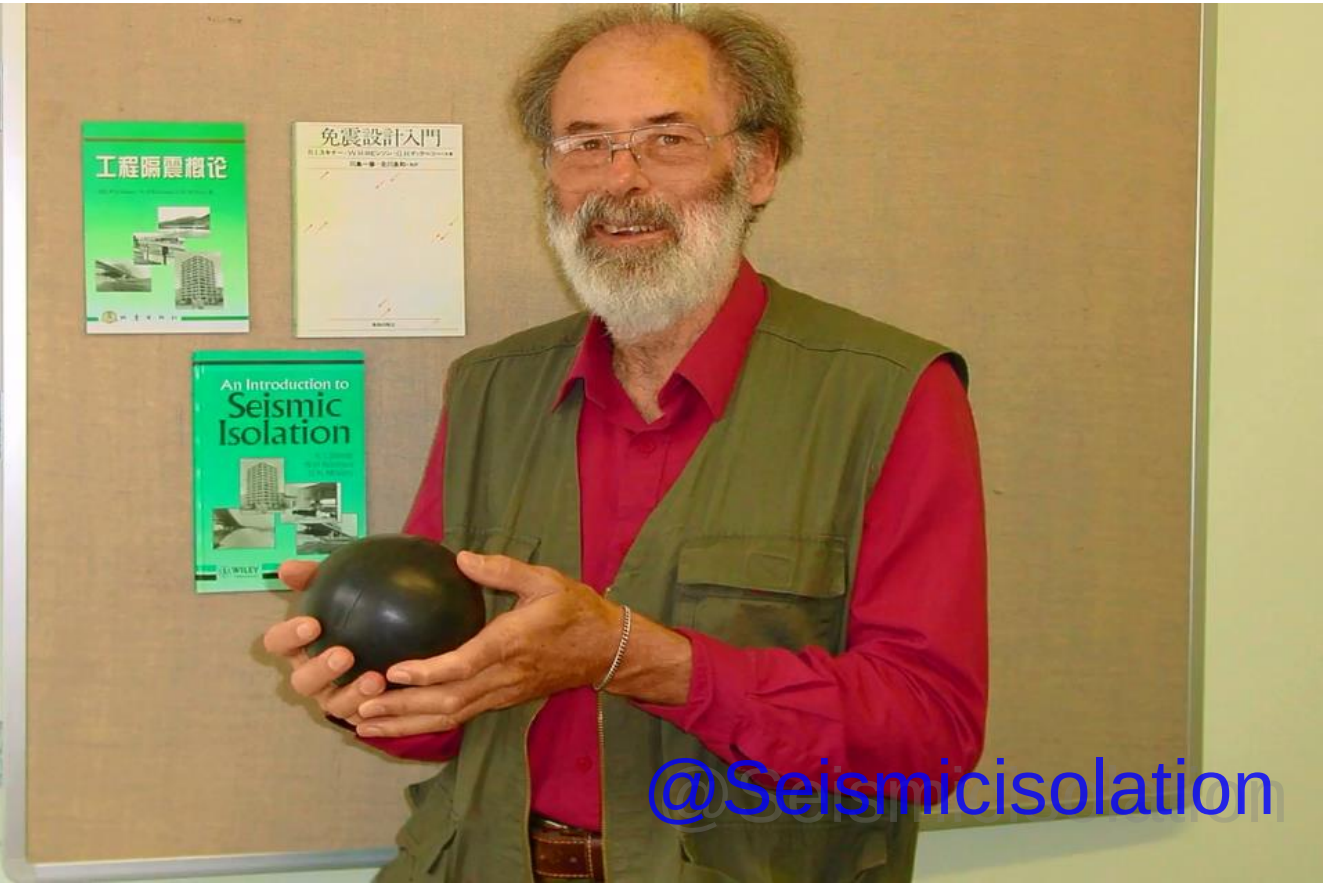
اختراع میراگر سربی تزریقی (Lead Extrusion Damper) در سال ۱۹۷۱

اختراع تکیه گاه سربی لاستیکی (Lead Rubber Bearing) در سال ۱۹۷۴

اختراع میراگر سربی تسلیمی PVD در سال ۱۹۹۷

اختراع تکیه گاه RoGlider در سال ۲۰۰۵

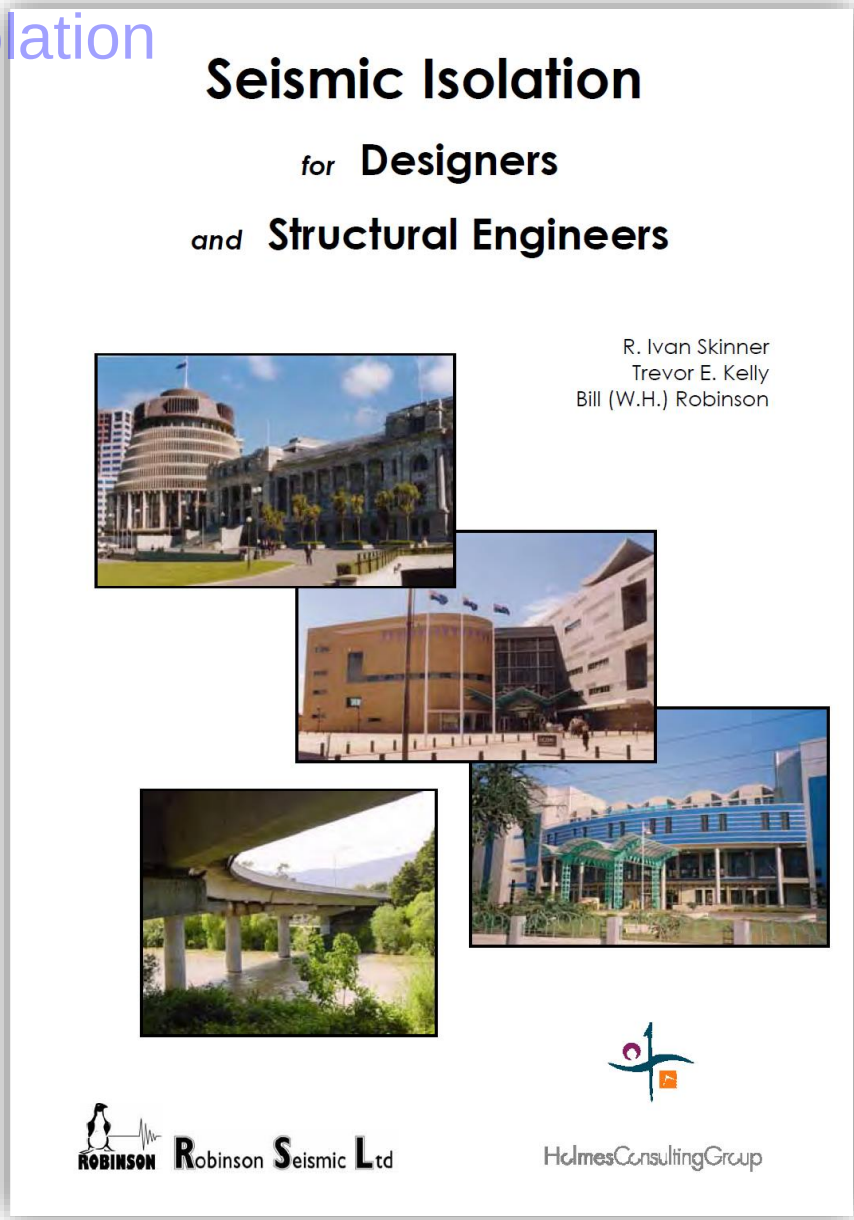
دکتر بیل رابینسون (۲۰۱۱-۱۹۳۸)، بنیانگذار
شرکت نیوزیلندی رابینسون سایزمیک



@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation



@Seismicisolation

@Seismicisolation

معرفی اجمالی روش جداسازی لرزه ای

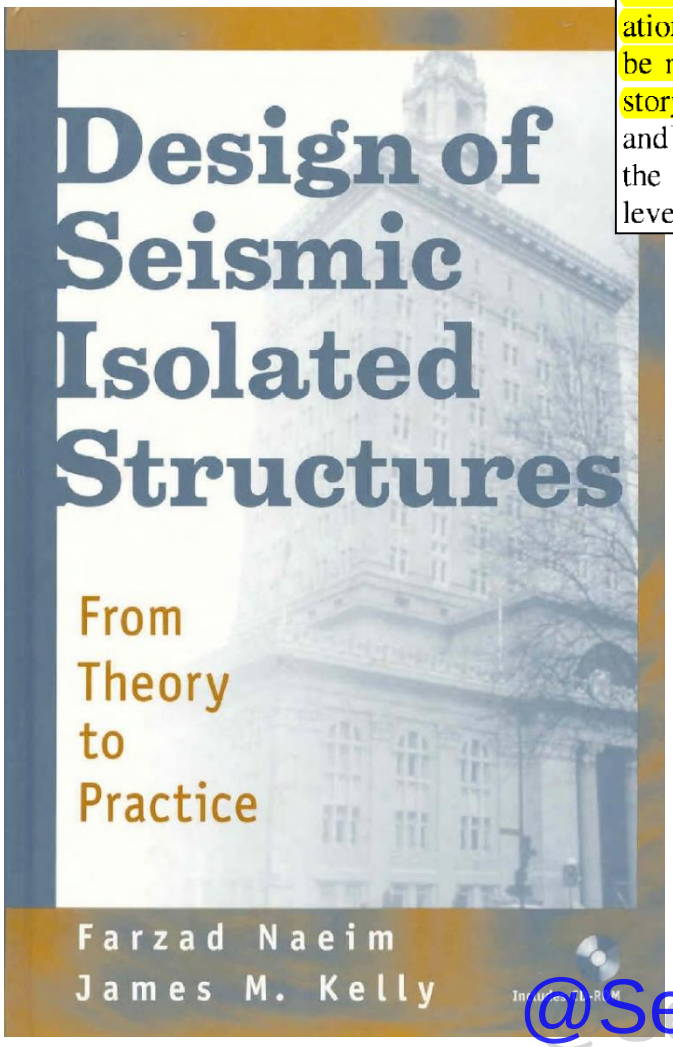
@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

1.1 INTRODUCTION

It is not surprising that most applications are for important buildings that house sensitive internal equipment. The basic dilemma facing a structural engineer charged with providing superior seismic resistance of a building is how to minimize interstory drift and floor accelerations. Large interstory drifts cause damage to nonstructural components and to equipment that interconnects stories. Interstory drifts can be minimized by stiffening the structure, but this leads to amplification of the ground motion, which leads to high floor accelerations, which can damage sensitive internal equipment. Floor accelerations can be reduced by making the system more flexible, but this leads to large interstory drifts. The only practical way of reducing simultaneously interstory drift and floor accelerations is to use base isolation; the isolation system provides the necessary flexibility, with the displacements concentrated at the isolation level.



چالش اصلی در طراحی لرزه ای سازه ها:

کنترل توأمان تغییرمکان جانبی و شتاب وارد بر طبقات

کنترل تغییر مکان جانبی ← افزایش سختی ← افزایش شتاب وارده

کنترل شتاب ← افزایش نرمی ← افزایش تغییر مکان جانبی

↓

جداساز لرزه ای: تنها راه حل عملی جهت کنترل همزمان تغییرمکان جانبی و شتاب

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

مجموعه
استانداردها و آیین‌نامه‌های
ساختمانی ایران

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

شماره نشر: ض-۵۵۰

دستورالعمل طراحی ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای

زیر نظر کمیته تخصصی

@Seismicisolation

robinson
seismic limited
@Seismicisolation

تاکنون پژوهش‌های فراوانی در باب تاثیر زلزله بر سازه ها در ایران و جهان انجام شده است. نتیجه کاربردی این پژوهش ها در آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله و از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ایران آمده است. روال کلی این آیین‌نامه-ها بر تامین مقاومت و شکل پذیری کافی در سازه برای دستیابی به پاسخ غیرارتجاعی مطمئن در برابر زلزله استوار است. پذیرش پاسخ غیرارتجاعی در سازه به معنی بروز رفتار چرخه‌ای همراه با تجمیع تغییرشکل‌های غیرخطی در سازه و به ویژه در سیستم باربر جانبی است. از مزایای این روش طراحی، کاهش شتاب وارد بر سازه و به دنبال آن، کاهش ابعاد و هزینه اجرای سازه است. از پیامدهای روش طراحی غیرارتجاعی سازه در برابر زلزله، بروز تغییرشکل‌های بزرگ پس از وقوع زلزله‌های ویرانگر است که تخریب و نوسازی این سازه‌ها را برای استفاده مجدد الزامی می‌سازد.

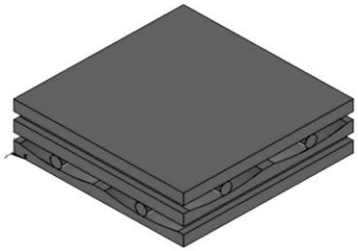
روش دیگری که تاکنون کمتر در آیین‌نامه‌های ایران به آن پرداخته شده است، تنظیم رفتار دینامیکی ساختمان به منظور کاهش انرژی ورودی زلزله به ساختمان است. این روش به نام جداسازی لرزه‌ای شناخته می‌شود و ...
ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای جزو سازه‌های با ایمنی زیاد محسوب می‌شوند که در صورت طراحی و اجرای مناسب، پس از زلزله نیز قادر به خدمت‌رسانی بدون وقفه می‌باشند و از این نظر برای ساختمان‌های ضروری مانند بیمارستان‌ها ومراکز امداد و مدیریت بحران قابل توصیه هستند.

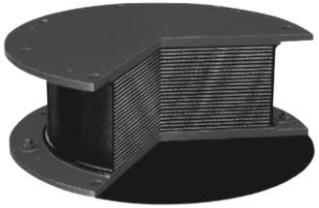
@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

ابداع و توسعه‌ی روش‌ها و تجهیزات گوناگون جداسازی لرزه ای برای نیل به این ایده آل

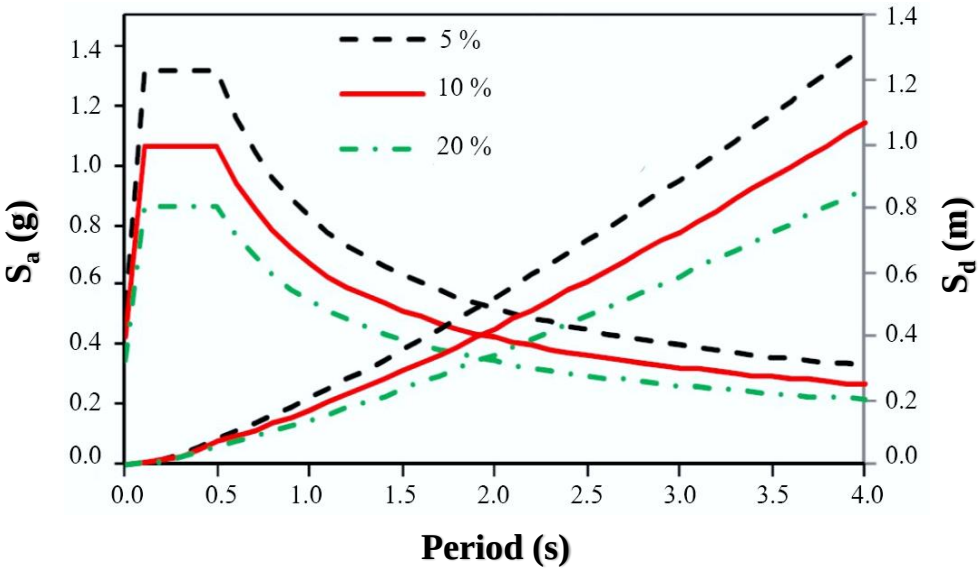




@Seismicisolation

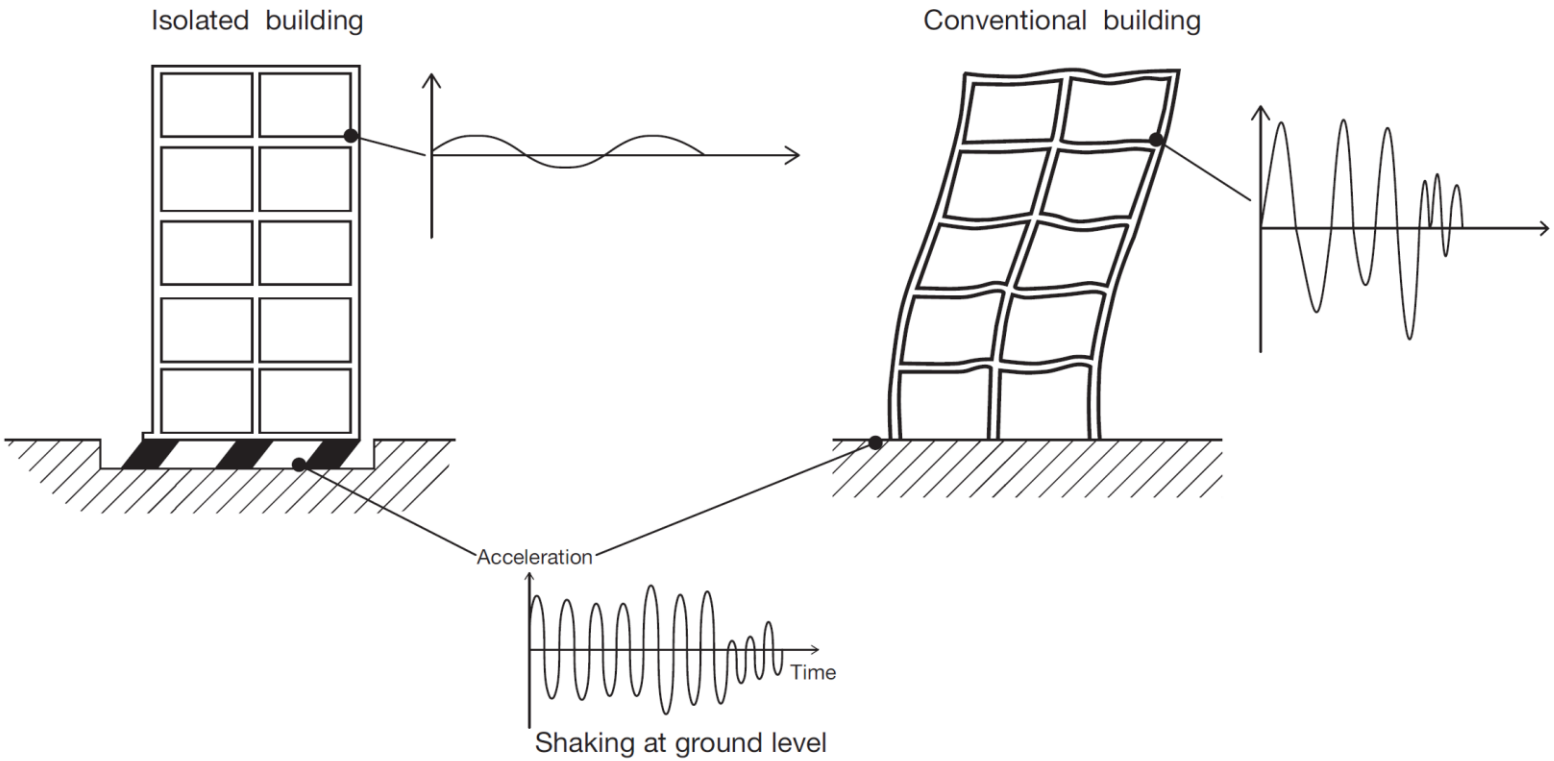
@Seismicisolation

هسته سرب + لاستیک



@Seismicisolation

@Seismicisolation



@Seismicisolation

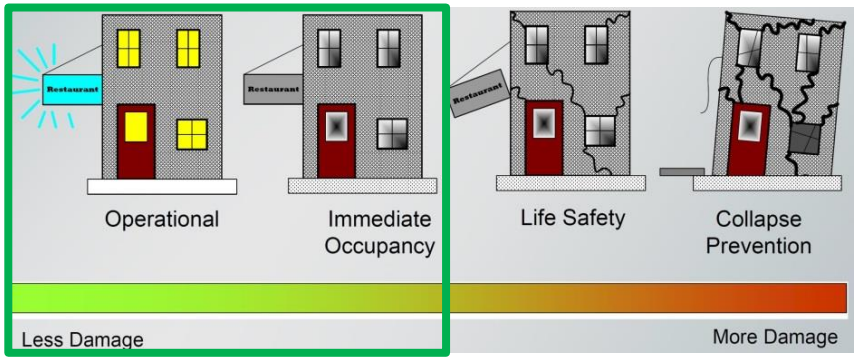
@Seismicisolation

robinson seismic limited

هدف از به کارگیری سیستم های کنترل لرزه ای

افزایش سطح عملکرد اعضاء سازه ای و اجزاء غیرسازه ای:

- کاهش تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در اعضاء سازه ای.
- کاهش میزان دوران ایجاد شده در مفاصل پلاستیک تشکیل شده در اعضاء سازه ای.
- کاهش تغییرمکان جانبی نسبی طبقات.
- کاهش شتاب وارد بر طبقات ساختمان.



@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

From: "Michael C. Constantinou" <constan1@buffalo.edu>
To: "'Pezhman Namiranian'" <namiranian@iust.ac.ir>
Date: 01/26/2016 07:18 PM
Subject: RE: A Fundamental question about Ductility Demand of Isolated Building

To ensure a performance level of "functional" I would have limited accelerations to 0.3g and drift to 0.5% (average of several analyses) and design for RI=1 for the MCE and would have designed the isolation system to function beyond the MCE. You will then to brace the structural system to limit drift and then deal with the tension or uplift problems in the isolators.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

دلایلی که ساختمان ها جداسازی می شوند:

۱. امر مدیریت بحران و خدمت رسانی اورژانسی.

۲. استمرار کارکردهای تجاری و شغلی.

۳. محافظت از محتویات.

۴. کاهش هزینه های ترمیم خسارات.

۵. محافظت از معماری.

۶. آرامش خاطر ساکنین.

Roland Mayes

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

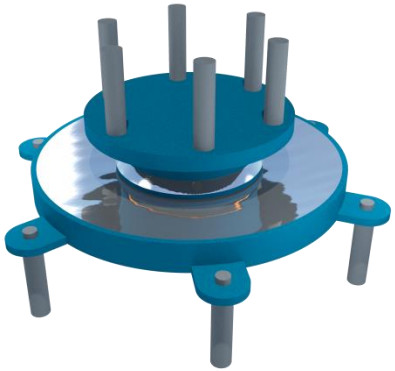
معرفی برخی از تجهیزات جداساز لرزه ای

@Seismicisolation

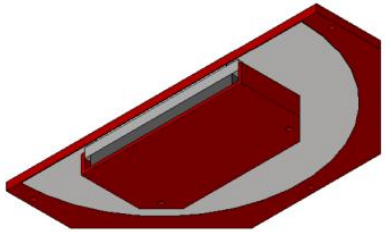
@Seismicisolation

robinson
seismic limited

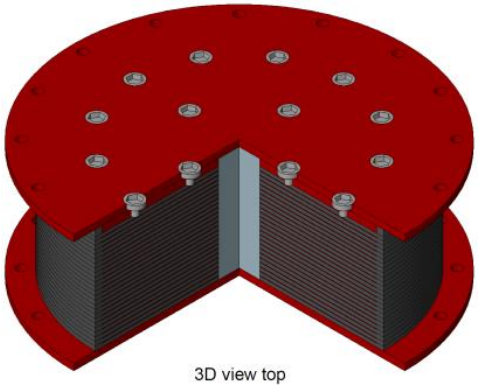
رایجترین جداسازهای لرزه ای



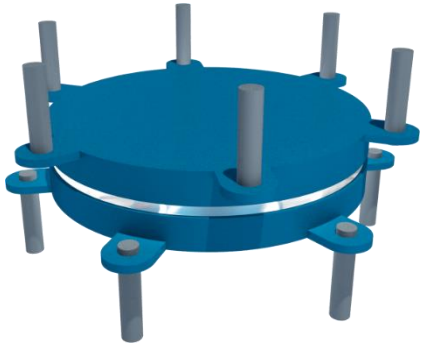
3D puck housing

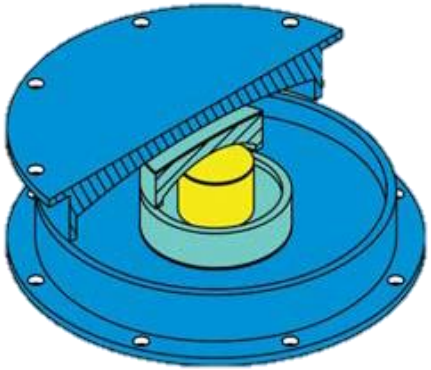


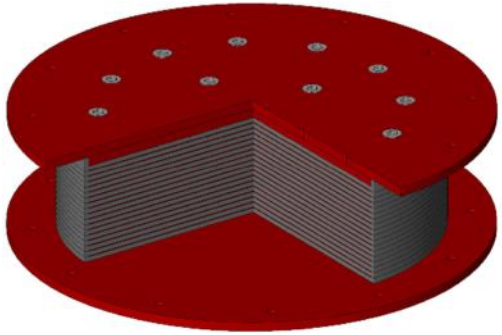
3D bottom view



3D view top







@Seismicisolation

@Seismicisolation

Friction Bearings	Rubber Bearings
PTFE Slider	LRB
Single FPS	HDRB
Double FPS	LDRB
Triple FPS	

@Seismicisolation

@Seismicisolation

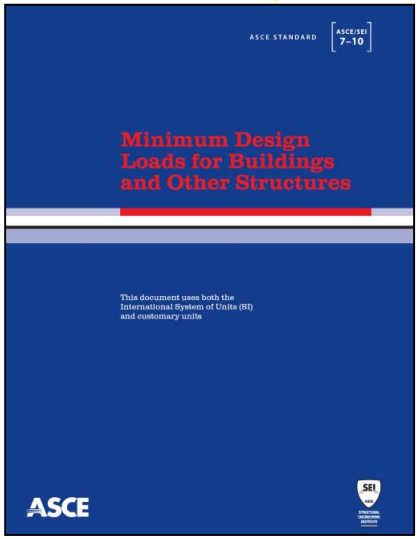
آیین نامه ها و دستورالعمل ها

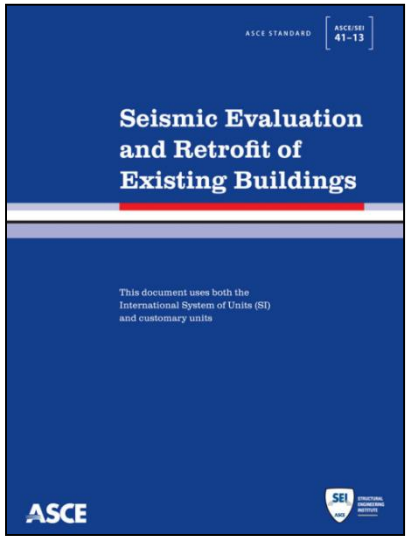
@Seismicisolation

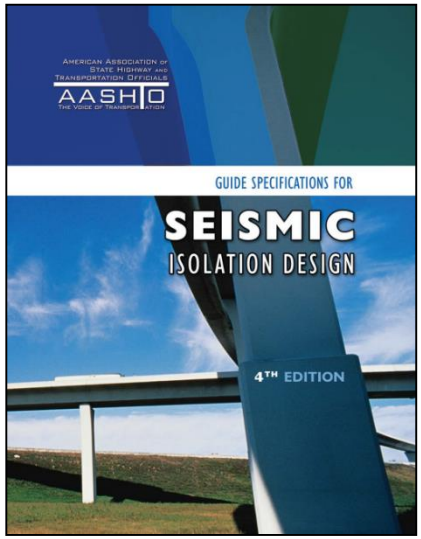
robinson seismic limited

@Seismicisolation

آیین نامه و دستورالعمل های بین المللی







EUROPEAN STANDARD EN 15129
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
November 2009

ICS 91.120.25

English Version

Anti-seismic devices

Dispositifs anti-sismiques — Erdbebensicherungen

This European Standard was approved by CEN on 19 September 2009.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2009 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 15129:2009: E

UNI EN 15129:2009

EUROPEAN STANDARD EN 1998-1
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
December 2004

ICS 91.120.25

Supersedes ENV 1998-1-1:1994, ENV 1998-1-2:1994, ENV 1998-1-3:1995

English version

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges

Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments

Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbauten

This European Standard was approved by CEN on 23 April 2004.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

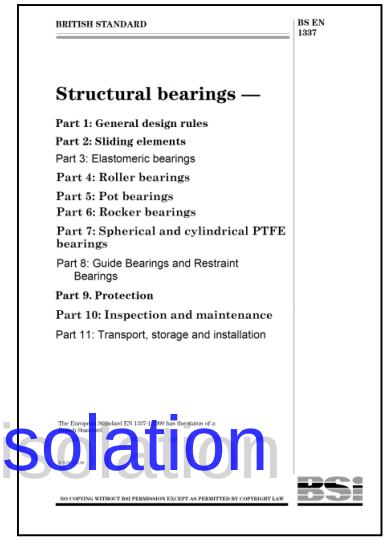
CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2004 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 1998-1:2004: E



BRITISH STANDARD BS EN 1337

Structural bearings —

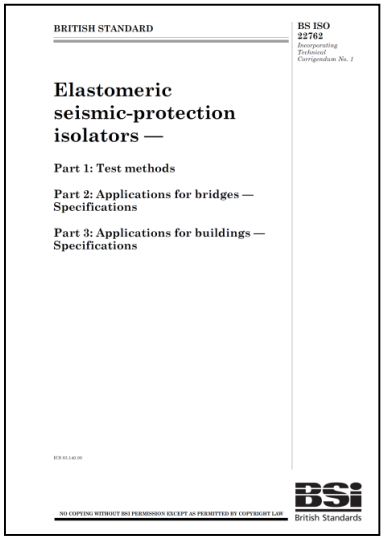
Part 1: General design rules
Part 2: Sliding elements
Part 3: Elastomeric bearings
Part 4: Roller bearings
Part 5: Pot bearings
Part 6: Rocker bearings
Part 7: Spherical and cylindrical PTFE bearings
Part 8: Guide Bearings and Restraint Bearings
Part 9. Protection
Part 10: Inspection and maintenance
Part 11: Transport, storage and installation

The European Standard EN 1337-1:2000 has the status of a British Standard

ICS 91.140.00

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI



BRITISH STANDARD BS ISO 22762
Incorporating Technical Corrigendum No. 1

Elastomeric seismic-protection isolators —

Part 1: Test methods
Part 2: Applications for bridges — Specifications
Part 3: Applications for buildings — Specifications

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI British Standards

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

آیین نامه و دستورالعمل های داخلی

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزئیات اجرایی

نشریه شماره ۵۲۴

معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

۱۳۸۹

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود

نشریه شماره ۳۶۰
(تجدید نظر اول)

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

۱۳۹۲

مجموعه
استانداردها و آیین‌نامه‌های
ساختمانی ایران

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
شماره نشریه ص-۵۵۰

دستورالعمل طراحی ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای

زیر نظر کمیته تخصصی

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای طراحی و اجرای سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها

نشریه شماره ۵۲۳

معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

۱۳۸۹

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای
تأسیسات و سازه‌های صنعت نفت
(ویرایش ۳)

معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری

نشریه شماره ۰۳۸
۱۳۹۵

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

مقایسه استانداردهای بین المللی

Table 3. Summary of the equivalent linear method in the five different building codes

Structure	Symbol	Japan	China	USA	Italy	Taiwan
Isolation system	D_D	$\frac{M F_h(\xi) Z Gs S_0(T_e)}{K_e}$	Q_{ISO}/K_e	$\frac{g}{4\pi^2}\frac{S_{D1}T_D}{B_D}$	$\frac{M S_a(T_e,\xi_e)}{K_{e,\min}}$	$\frac{g}{4\pi^2}\frac{S_{aD}T_{eD}^2}{B}$
	D_{TD}	1.1	$(1+y_i\frac{12e}{b^2+d^2})$	$(1+y_i\frac{12e}{b^2+d^2})$	$(1+y_i\frac{12e}{b^2+d^2})$	$(1+y_i\frac{12e}{b^2+d^2})$
	Q_{ISO}	$D_D K_e$	$S_a(T_e)\,\beta M$	$K_{e,\max} D_D$	$K_{e,\max} D_D$	$K_e D_D$
	D_M	γD_{TD}	$\lambda_S D_{TD}$	D_M	— !?	$1.5\,D_{TD}$
Super-structure	Q_s	Q_{ISO}	Q_{ISO}	Q_{ISO}/R_I	Q_{ISO}/R_I	Q_{ISO}/R_I
	Q_j	$\gamma(A_i Q_\xi + Q_e)$	$Q_S M_i H_i \Big/ \sum_{j=1}^{n} M_j H_j$	$Q_S M_i H_i \Big/ \sum_{j=1}^{n} M_j H_j$	$M_j S_a(T_e,\xi_e)$	$Q_S M_i H_i \Big/ \sum_{j=1}^{n} M_j H_j$
Sub-structure	Q_b	γQ_{ISO}	Q_{ISO}	$K_{e,\max} D_D$	Q_{ISO}	$K_e D_D / 0.8 R_I$
Isolation system period	T_e	$2\pi\sqrt{M/K_e}$	$2\pi\sqrt{M/K_e}$	$2\pi\sqrt{M/K_{e,\min}}$	$2\pi\sqrt{M/K_e}$	$2\pi\sqrt{M/K_e}$

Where D_D is the design displacement, M is the total weight of the building, $B(\xi,T_e)$ is the response reduction factor, ξ is the effective damping, $S_a(T_e)$ is the site response acceleration considering site class, K_e is the effective stiffness, D_M is the maximum design displacement used to determine isolation system clearance, α is the coefficient related to eccentricity of the isolation system, γ is the safety factor, Q_s is the shear force at the base of the superstructure, and R_I is the reduction factor considering the ductility of the superstructure.

4th International Conference on Earthquake Engineering
Taipei, Taiwan
October 12-13, 2006
Paper No. 224

RESPONSE ANALYSIS STUDY OF A BASE-ISOLATED BUILDING BASED ON SEISMIC CODES WORLDWIDE

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

بررسی اجمالی عملکرد دو بیمارستان جداسازی شده تحت زمین لرزه

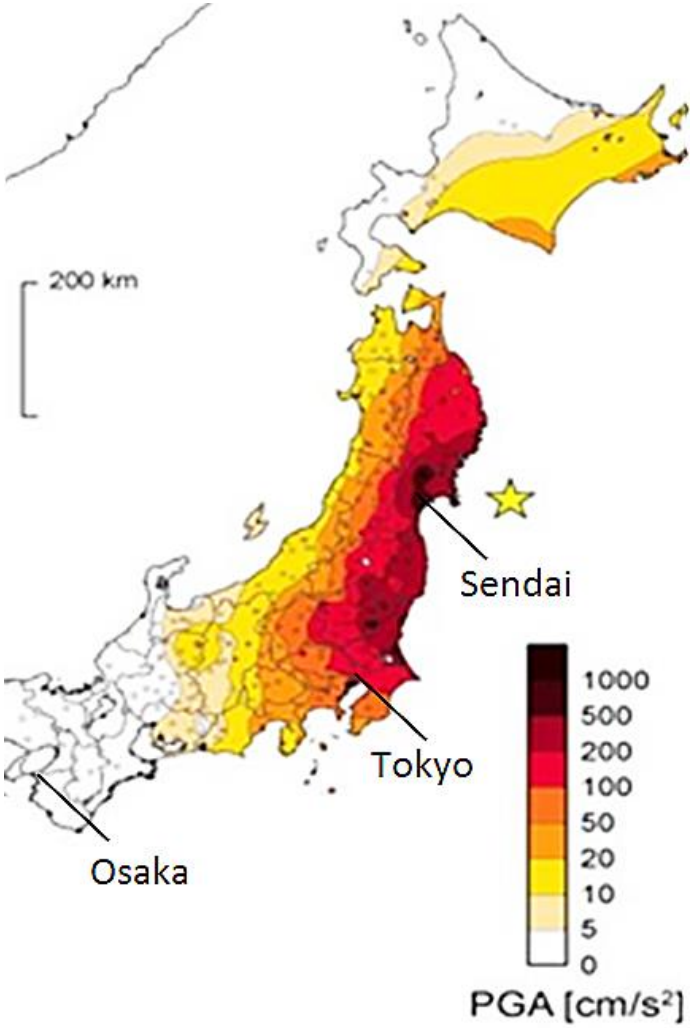
@Seismicisolation

@Seismicisolation

زمین لرزه ۹ ریشتری توهوکو، مارچ ۲۰۱۱
بزرگترین زلزله تاریخ کشور ژاپن

@Seismicisolation

@Seismicisolation



- شدت زمین لرزه توهوکو **بیش از مقادیر پیش بینی شده آیین نامه ای**.
- تلفات جانی ناشی از زمین لرزه بیش از ۹۰ نفر (مرگ ۱۸۳۰۰ نفر در اثر سونامی).
- بررسی **۳۲۷** ساختمان جداسازی شده پس از زلزله توسط JSSI:

۱. عدم خسارت در روسازه.

۲. وقوع آسیب هایی به میراگرهای مکمل در تراز جداسازی و درزهای انقطاع (T. Saito et al.).

- قابل توجه بودن شدت مواجهه با زلزله در ۱۱۸ عدد از این ساختمان ها (Eisenberg et al., 2011).

@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

انجام مطالعات پژوهشی بر ساختمان های جداسازی شده دارای تجهیزات ثبت شتاب و جابجایی

	Site	Usage	Structure Type	Floor	Δ (km)	Main isolator and damper	Location of Sensors	ACC. (CM/S^2)			Disp. of SI (cm)
								X	Y	Z	
KA	Sendai	Office	SRC	B2F 9F	172	HRB	*under SI* *above SI* *top floor*	289 121 142	251 144 170	235 374 524	15.7
KB	Fukushima	Office	RC	2F	178	NRB, LRB, OD	*under SI* *above SI* *top floor*	582 176 155	756 213 185	446 516 621	24.6
KC	Fukushima	Office	RC	3F	184	unknown	*under SI* *above SI* *top floor*	411 184 154	334 226 157	324 463 581	5.8
KD	Tsukuba	Office	PcaPC	7F	334	NPB, LRB, SD	*under SI* *above SI* *top floor*	327 92 126	233 76 91	122 198 243	6.8
KE	Tokyo	Musium	RC	B1F 3F	382	HRB	*under SI* *above SI* *top floor*	100 76 100	79 89 77	84 87 90	4.2
KF	Tokyo	Office	RC	B2F 12F	386	NRB, LRB	*under SI* *above SI* *top floor*	104 55 94	91 41 82	58 62 104	5.1
KG	Kawasaki	Residence	PcaPC	6F	401	NRB, LRB	*under SI* *above SI* *top floor*	86 58 63	104 65 68	34 49 55	5.22
KH	Odawara	Office	RC	6F	457	NRB, LRB	*under SI* *above SI* *top floor*	136 58 63	120 134 67	47 47 48	25.2

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

انجام مطالعات پژوهشی بر ساختمان های جداسازی شده دارای تجهیزات ثبت شتاب و جابجایی

Table 2. List of SI buildings investigated on July 2nd and 3rd in 2011

	Usage	Structural type and number of floors	Existence of scratch board	Existence of earthquake record	JMA Seismic Intensity near the building
D	Office	SRC, 9F+B2F	○	○	6 minus
E	Warehouse	S, 1F	○		6 minus
F	Condominium	RC, 14F			6 minus
G	Condominium	RC, 12F			6 minus
H	Condominium	RC, 15F	○		6 minus
I	Condominium	RC, 10F			6 minus
J	Hospital	RC, 6F			6 minus
K	Office	RC, 18F +B2F	○	○	6 minus
L	Hotel	RC,12F			6 plus
M	Firehouse	S, 3F			6 plus
N	Hospital	RC, 5F			6 plus
O	Firehouse	RC, 3F	○		6 minus – 6 plus
P	Hospital	S, 6F	○		5 plus
Q	Firehouse	RC, 3F	○		5 plus - 6 minus
R	Hospital	RC, 4F			6 minus
S	Hospital	RC, 10F		○	4
T	Hospital	SRC, 4F			5 plus

(SRC: steel reinforced concrete, RC: reinforced concrete, S: steel)

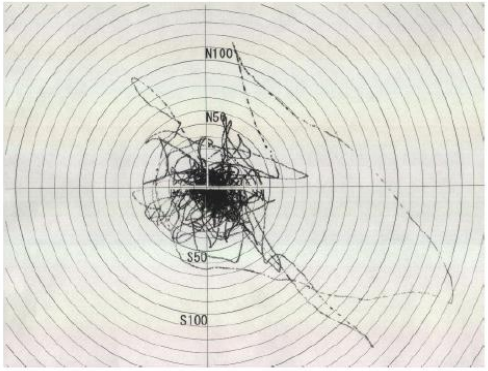
@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

(a) Around 18cm (Building D)

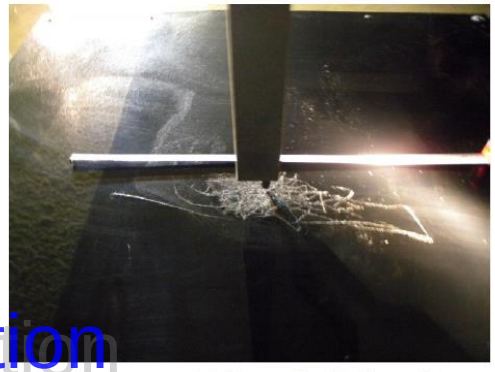
(b) Around 21cm (Building E)



(c) Around 21cm (Building J)

(d) Around 40cm (Building O)

(e) Around 25cm (Building P)



(f) Around 25cm (Building Q)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

بیمارستان صلیب سرخ ایشینوماکی
واقع در کشور ژاپن

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

مشخصات عمومی ساختمان

- سال ساخت ۲۰۰۶.
- ۶ طبقه و ۴۲۰ تخت خوابه.
- واقع در ۴/۵ کیلومتری ساحل شرقی ژاپن.
- سطح اشغال بال شرقی: ۴۵ ×۳۰ متر مربع.
- اسکلت فولادی.
- استفاده از نوعی جداساز الاستومری

@Seismicisolation

@Seismicisolation

- حرکت **۲۶۰ میلیمتری** ساختمان بر روی جداسازها.
- عملکرد لرزه ای عالی و مولد برق پشتیبان قابل اطمینان.
- عملکرد و **خدمت رسانی بی وقفه** بیمارستان.
- تنها ساختمان شهر که عملکردش پس از زلزله حفظ شد.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

بیمارستان زنان کریستچرچ
واقع در کشور نیوزیلند

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

مشخصات عمومی ساختمان

- سال افتتاح ۲۰۰۵.
- ۷ طبقه و ۱ طبقه زیرزمین، ۴۵ تخت خوابی.
- زیربنا ۲۰.۰۰۰ متر مربع.
- قاب خمشی بتن مسلح در جهت طولی.
- ترکیب قاب های فولادی مهاربندی شده شورونی در جهت عرضی با قاب های خمشی بتنی.
- به کارگیری ۴۱ عدد LRB با تحمل ۴۲۰ ± میلیمتر در حین زلزله طرح

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

پشت سر گذاشتن زمین لرزه ۷/۱ ریشتری دارفیلد

سپتامبر ۲۰۱۰

- شدت زمین لرزه متوسط
- خسارت کمی به ساختمان های اطراف
- خسارت شدید به ساختمان های آجری غیر مسلح
- عملکرد بیمارستان:

۱. حین زلزله چرخ دستی ها روی زمین به حرکت افتادند.

۲. اشیایی از قفسه ها افتاده بود.

۳. مصالح پوشاننده درز انقطاع های لرزه ای تخریب شدند.

۴. جداسازها تنها ۴۰ میلیمتر جابجا شدند.

(A.Charleson & Guisasola, 2016)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

عملکرد عالی در زمین لرزه ۶/۳ ریشتری کریستچرچ فوریه ۲۰۱۱

- شدت زمین لرزه بسیار شدیدتر از زلزله دارفیلد (به علت نزدیک بودن گسل).
- ثبت خسارات سازه ای متوسط تا شدید برای ۵۰ درصد ساختمان های منطقه.
- تخریب بیش از ۱۰۰۰ ساختمان اداری و تجاری بلافاصله بعد از زلزله.
- کشته شدن ۱۳۵ نفر در اثر فروریزش دو ساختمان بتنی با ارتفاع متوسط.
- شدت ارتعاشات زلزله تقریباً دو برابر پیش بینی آیین نامه نیوزیلند (A.Charleson & Guisasola, 2016).

@Seismicisolation

@Seismicisolation

- عملکرد بیمارستان:

۱. جداسازهای بیمارستان ۲۰۰ میلیمتر جابجا شدند.

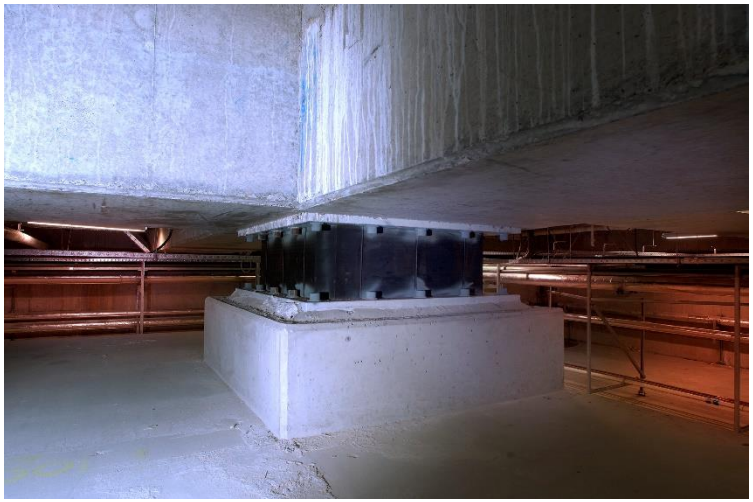
۲. ساختمان از خسارات عمده حفظ شد: خسارات سازه ای در حد صفر.

۳. ترک هایی در پارتیشن ها و نماپوش های اطراف برخی پنجره ها.

۴. جابجایی چیلرها در طبقه بام و تخریب چند لوله کندانسور.

۵. بروز برخی خسارات ناچیز (مثلاً درز انقطاع) در اثر روانگرایی.

(A.Charleson & Guisasola, 2016)



@Seismicisolation

@Seismicisolation

آزمایش های صحت سنجی عملکردی

@Seismicisolation

@Seismicisolation

آزمایش های صحت سنجی عملکردی

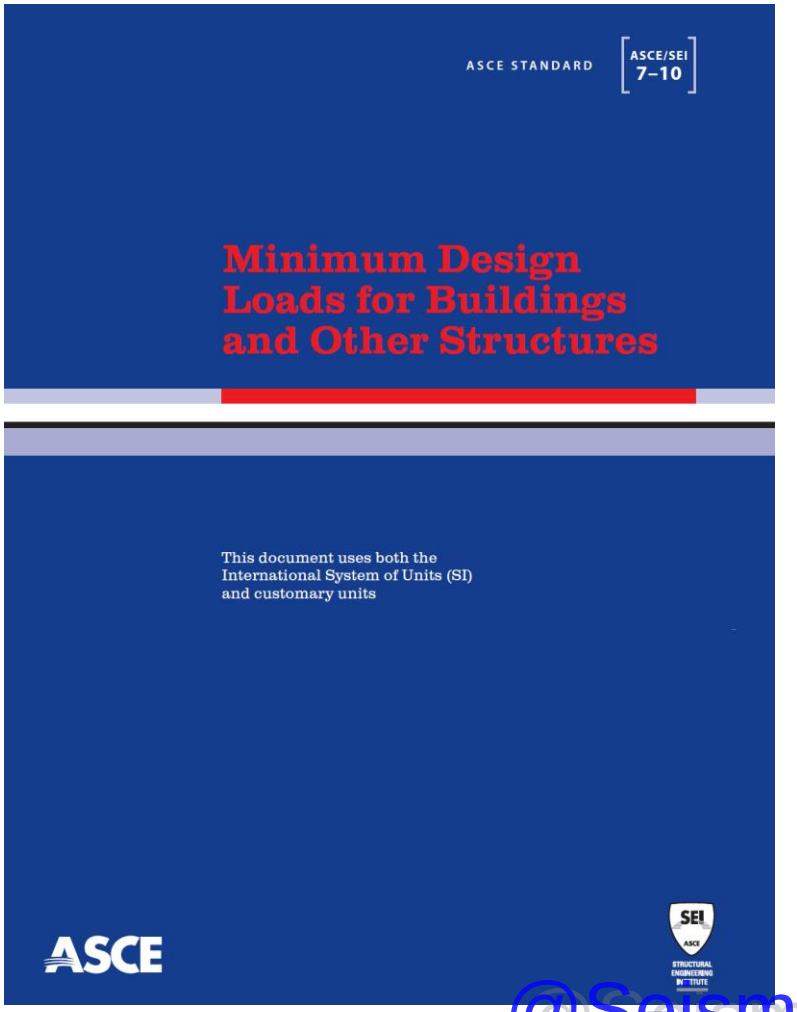
- انجام تست کیفیت مصالح
- انجام تست های نمونه اولیه (Prototype tests)
- انجام تست های محصولات (Production Tests)

بر اساس ضوابط آیین نامه های معتبر بین المللی

@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation



@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

آزمایشات مورد نیاز

- **Material Tests.**
- **Prototype Tests:**
  - Prototype tests shall be performed separately on two full-size specimens (or sets of specimens, as appropriate) of each predominant type and size of isolator unit of the isolation system
  - MCE Level
- **Production Testing:**
  - Quality control
  - Testing 100% (5~20%) of the isolators in combined compression and shear.
  - 2/3 MCE Level (~DBE).

@Seismicisolation

@Seismicisolation

آزمایشات مصالح مصرفی در جداساز لاستیکی

- **ASTM D395: Test for Rubber Property – Compression Set.**
- **ASTM D412: Test for Rubber Properties in Tension.**
- **ASTM D429: Determination of Rubber-to-Metal Bond Strength.**
- **ASTM D518: Test for Rubber Deterioration – Surface Cracking.**
- **ASTM D573: Test for Rubber Deterioration – in Air Oven.**
- **ASTM D1149: Test for Rubber Deterioration – Surface Ozone.**
- **ASTM D1229: Test for Rubber Property – Compression Set at Low Temperatures.**
- **ASTM D2137: Test for Rubber Property – Brittleness Point.**
- **ASTM D2240: Test for Rubber Property – Durometer Hardness.**
- **ASTM D3183: Recommended Practice for Rubber – Preparation of Pieces for Test Purposes From Products.**

- **ASTM D4014: Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges**
- **EN 1337-2: Structural bearings - Part 3: Elastomeric bearings**

- **ASTM B29: Specification for Refined Lead.**
- **ASTM E37: Chemical Methods for the Analysis of Lead.**

@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

Hardnes

Compressio n

Tension

MIN INDUSTRIES SDN. BHD.

Hardness Test Report (MIN-F08 Rev 0)

Compound Code: 10/18 Tolerance: 42±5 Shora A

Mixing Date	Batch No.	Hardness (Shore A)	Judgement	Remarks
12/07/2010	1	43	Pass	Prototype #2
	2	43	Pass	
	3	43	Pass	
	4	43	Pass	
	5	43	Pass	
	6	44	Pass	
	7	43	Pass	
	8	43	Pass	
	9	43	Pass	
	10	43	Pass	
	11	43	Pass	

PROPERTY	OBSERVED QA/2010/0816/1	REQUIREMENT PROVIDED BY CUSTOMER
Tensile Strength, MPa	20.8	17 minimum
Elongation at Break, %	660	550 minimum
Stress at 100% Elongation, MPa	1.0	-
Stress at 200% Elongation, MPa	2.0	-
Stress at 300% Elongation, MPa	3.7	-
Stress at 400% Elongation, MPa	6.5	-
Stress at 500% Elongation, MPa	11.0	-
Hardness, Shore 'A'	42	-
Change after 22hours/-10°C, Shore'A'	4	+10 maximum
Compression Set, (22hours/70°C), %	19	50 maximum
(7 days/10°C), %	18	40 maximum
Low Temperature Brittleness Test,	Lowest temperature of non- failure -57°C	Lowest temperature of non- failure -10°C
Bond Strength,* lbf/in	64.3R ; 68.1R 63.7R ; 74.4R	40 minimum
Ozone Resistance, (50 pphm/100hours/38°C/20% strain)	No Crack	No Crack
Properties after accelerated ageing in air oven, 7days at 70°C		
Change in Tensile Strength, %	-5	-40 maximum
Change in Elongation at Break, %	-7	-30 maximum
Change in Hardness, Shore 'A'	3	+5 maximum

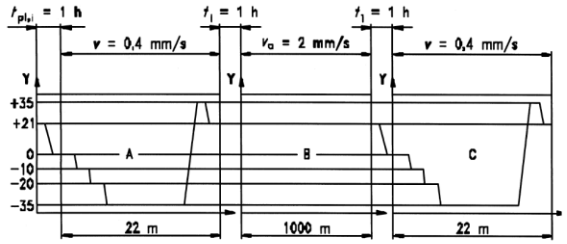
@Seismicisolation

@Seismicisolation

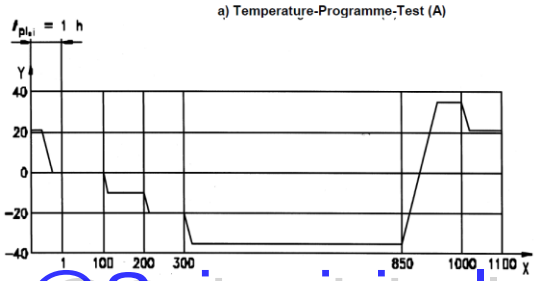
آزمایشات مصالح مصرفی در جداساز اصطکاکی

- **ASTM A240: Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications**
- **EN 10025: Hot rolled products of non-alloy structural steels**
- **EN 10088: Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes**

- **EN 1337-2: Structural bearings - Part 2: Sliding elements**



a) Temperature-Programme-Test (A)

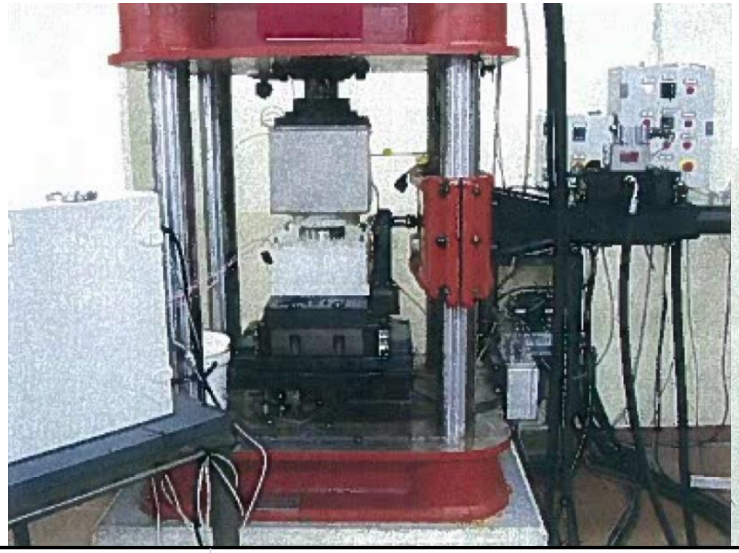


b) Total slide path

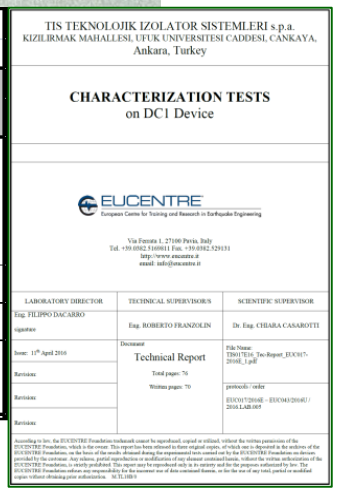
@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited



devices	DC1 - TIS253E14-3 refurbished with aged pad, S/N: TIS017E16-1 DC1 - TIS253E14-4 refurbished with aged pad, S/N: TIS017E16-2									
test #	test name	label	main dof	Ampl. [m]	max vel [m/s]	freq [Hz]	load shape	vert load [kN]	cycles [#]	notes
1	Pre-test	PT	vert	-	-	-	constant	6000	-	Before the test the sliding material shall be exposed for 14 days to a temperature of 70°C in anaerobic conditions. 10 mins loading time. Before unloading, measure the thickness of the sliding material (benchmark measures) at 8 positions with 0.05mm accuracy
2	Benchmark	P1	long	±0.430	0.050	0.019	sine	6000	3	
3	Ageing	P3	long	±0.430	0.050	0.019	sine	6000	3	
4	Post-test	PT	vert	-	-	-	constant	6000	-	10 mins loading time. Retake the benchmark measures under loading After the tests, disassemble and inspect the bearing



TIS TEKNOLOJIK IZOLATOR SISTEMLERI s.p.a.
KIZILIRMAK MAHALLESI, UFUK UNIVERSITESI CADDESI, CANKAYA,
Ankara, Turkey

CHARACTERIZATION TESTS
on DC1 Device

EUCENTRE
European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering

Via Ferrata 1, 27100 Pavia, Italy
Tel. +39.0382.5169811 Fax. +39.0382.529131
http://www.eucentre.it
email: info@eucentre.it

LABORATORY DIRECTOR	TECHNICAL SUPERVISORS	SCIENTIFIC SUPERVISOR
Eng. FILIPPO IACARRO Signature	Eng. ROBERTO FRANZOLIN	Dr. Eng. CHIARA CASAROTTI
Issue: 11th April 2016 Revision: Revision: Revision:	Document Technical Report Total pages: 76 Written pages: 70	File Name: TIS017E16_Tec-Report_EUC017-2016R_1.pdf protocolo / order EUC017/2016R – EUC043/2016U / 2016.LAB.065

@Seismicisolation

@Seismicisolation

آزمایش نمونه اولیه

- **ASCE 7-10, 17.8.2 Prototype Tests**
- **AASTHO GSID-4, 13.2-Prototype Tests**
- **EN15129:2009**
  - **Rubber Type: 8.2.4.1.2 Type Testing**
  - **Sliding: 8.3.4.1 Type Testing**

@Seismicisolation

@Seismicisolation

- حداقل دو نمونه از هر تیپ.
- کنترل شکل منحنی هیسترزیس جداساز.
- کنترل سختی موثر، اولیه و ثانویه جداساز با مقدار منظور شده در طراحی.
- کنترل میرایی موثر، نیروی جاری شدن جداساز با مقدار منظور شده در طراحی.
- کنترل پایداری جداسازها.
- آزمایش تحت اثر نیازهای وارده ناشی از زلزله DBE و MCE.
- به طور کلی صحت سنجی فرضیات طراحی با مقادیر واقعی و در صورت نیاز اصلاح طراحی سازه و یا جداساز.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

آزمایش جداسازهای تولیدی

- **ASCE 7-16, 17.8.5 Production Tests: 100% of the isolators**

- **AASTHO GSID-4, Rubber Type: 15.2-Quality Control Tests**

All bearings shall be tested

Sliding Type: 17.2-Quality Control Tests

at least 20 % of the production isolators of each type

- **EN15129:2009, Rubber Type: 8.2.4.1.3 Factory production control testing**

Sliding Type: 8.3.4.2 Factory production control tests

a production lot shall be a set of no more than 20 identical units = 5% of bearings

@Seismicisolation

@Seismicisolation

- تعداد نمونه ها بر اساس استاندارد و نوع جداساز می تواند متفاوت باشد.
- آزمایش نمونه ها تحت اثر همزمان نیروی فشاری و برشی.
- نیازهای وارده تا سطح زلزله DBE و یا 2/3MCE اعمال می شود.
- اطمینان از کیفیت ساخت تولید کننده.

@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

8. For each specimen there is no greater than a 20 percent decrease in the initial effective damping over the cycles of test specified in item 4 of Section 17.8.2.2.
9. All specimens of vertical-load-carrying elements of the isolation system remain stable where tested in accordance with Section 17.8.2.5.

Effective Damping, βM (percentage of critical)	BM Factor
≤2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥50	2.0

EXCEPTION: The registered design professional is permitted to adjust the limits of items 2, 3 and 4 to account for the property variation factors of Section 17.2.8 used for design of the isolation system.

17.8.5 Production Tests

A test program for the isolator units used in the construction shall be established by the registered design professional. The test program shall evaluate the consistency of measured values of nominal isolator unit properties by testing 100% of the isolators in combined compression and shear at not less than two-thirds of the maximum displacement, D_M, determined using lower bound properties.

The mean results of all tests shall fall within the range of values defined by the $\lambda_{(spec,\ max)}$ and $\lambda_{(spec,\ min)}$ values established in Section 17.2.8.4. A different range of values is permitted to be used for individual isolator units and for the average value across all isolators of a given unit type provided that differences in the ranges of values are accounted for in the design of the each element of the isolation system, as prescribed in Section 17.2.8.4.

NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures

Volume I: Part 1 Provisions, Part 2 Commentary

FEMA P-1050-1/2015 Edition

FEMA

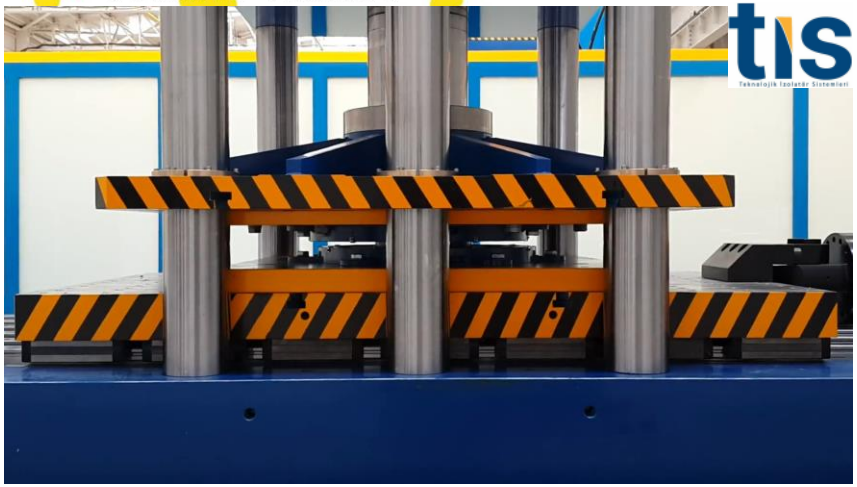
nehrp

@Seismicisolation

@Seismicisolation

انجام آزمایش در محل کارخانه تولید کننده

robinson seismic limited



@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

تست جداسازها در آزمایشگاه های معتبر بین المللی

CHARLES LEE POWELL STRUCTURAL
RESEARCH LABORATORIES
CALTRANS SRMD TEST FACILITY

Report No.
SRMD–2009-01

ROBINSON BEARING TESTS
DEPARTMENT OF GENERAL SERVICES
IETMC PROJECT - FONTANA, CA
Testing performed January 28 – 30, 2009

G. Benzoni – D. Innamorato

Report submitted to Robinson Seismic, Ltd.

February 2009

Department of Structural Engineering
University of California, San Diego
La Jolla, California 92093-0085

Robinson Seismic Limited
69, Gracefield Road - Lower Hutt 5010 – New Zealand

CHARACTERIZATION TESTS
on LRB 1120Ø G50 rubber and 175Ø lead core

EUCENTRE
European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering

Via Ferrata 1, 27100 Pavia, Italy
Tel. +39.0382.516911 Fax. +39.0382.529131
http://www.eucentre.it
email: info@eucentre.it

LABORATORY DIRECTOR	SCIENTIFIC SUPERVISOR TECHNICAL SUPERVISOR/S	REVIEWER
Prof. Eng. ALBERTO PAVESE	Dr. Eng. CHIARA CASAROTTI Dr. Eng. FILIPPO DACARRO Dr. Eng. ROBERTO FRANZOLIN	Dr. Eng. VALERIA FORT
signature	signature	signature
Issue: June 2015	Document Technical Report	File Name: ROB015E15_Tec-Report_EUC015-2015E-1.pdf
Revision:	Total pages: 158	protocols / order EUC015/2015E – EUC127/2015U / 2015.LAB.019
Revision:	Written pages: 150ZATIO	
Revision:		

According to law, the EUCENTRE Foundation trademark cannot be reproduced, copied or utilized, without the written permission of the EUCENTRE Foundation, which is the owner. This report has been released in three original copies, of which one is deposited in the archives of the EUCENTRE Foundation, on the basis of the results obtained during the experimental tests carried out by the EUCENTRE Foundation on devices provided by the customer. Any release, partial reproduction or modification of any element contained herein, without the written authorization of the EUCENTRE Foundation, is strictly prohibited. This report may be reproduced only as its entirety and for the purposes authorized by law. The EUCENTRE Foundation refuses any responsibility for the incorrect use of data contained therein, or for the use of any total, partial or modified copies without obtaining prior authorization. M.TL18/0

SISMALAB
>>Soluzioni Ingegneristiche Sperimentali Antisismiche

Sede Legale / Sede Operativa: Sismalab S.r.l. C.da Alezza, 6 - 74012 Crispiano (TA)
Telefono: C.da Alezza, 6 - 74012 Crispiano (TA)
Fax: +39 99 8110037
Registro Imprese: +39 99 8110037
P.IVA: C.C.I.A.A. TA N. 160907
Internet: 02775290733
e-mail: www.sismalab.it
info@sismalab.it

DNV·GL ISO 9001

SISMALAB
>>Soluzioni Ingegneristiche Sperimentali Antisismiche

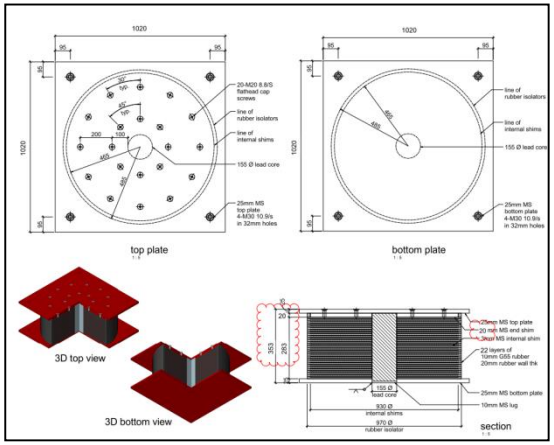
I.T. TEST REPORT

LRB 970/155 - LRB 870/155

ORDER	----------
CERTIFICATE NUMBER	00002/2016
LAB. DIRECTOR	CARAMIA CIRO
TEST PERFORMER	CARAMIA CIRO

ADDRESS Via Taranto C.da Alezza n°6
C.A.P. 74012 CRISPIANO (TA)
TEL 099 8110037
P. IVA E C.F. 02775290733

CERTIFICATE NUMBER : 00002/2016	08/01/2016	1

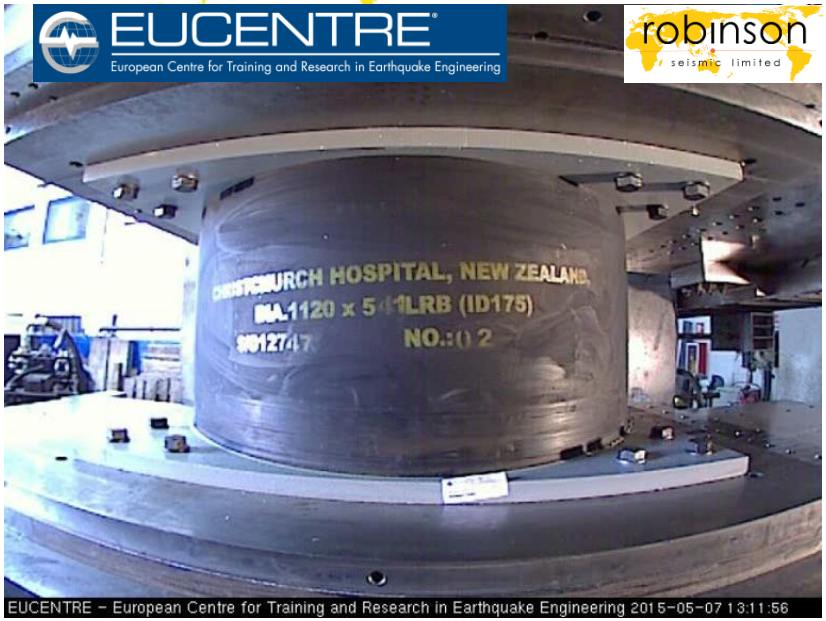


@Seismicisolation

@Seismicisolation

انجام آزمایش در آزمایشگاه های معتبر بین المللی

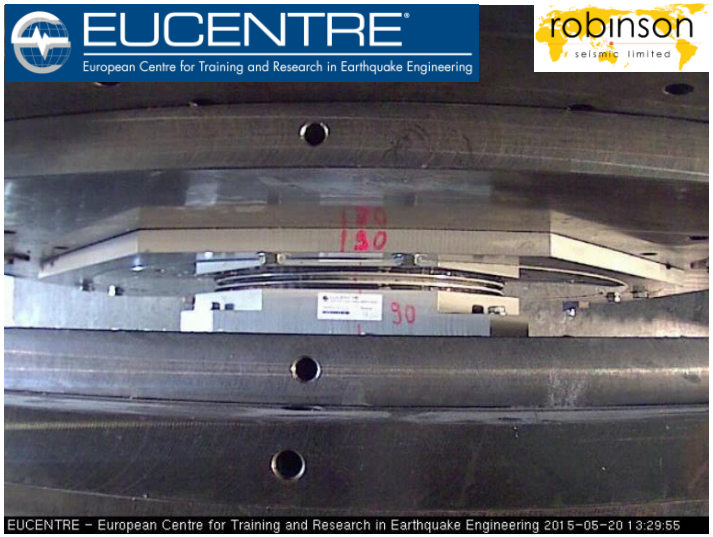
robinson seismic limited



@Seismicisolation

@Seismicisolation

انجام آزمایش در آزمایشگاه های معتبر بین المللی



@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

جداسازی لرزه ای و ساختمان های بلندمرتبه

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تردیدها و چالش ها

مقدمه:

- معمولاً دوره تناوب سیستم جداسازی **۳ برابر بلندتر** از دوره تناوب روسازه.
- این انتقال قابل توجه دوره تناوب موجب می شود که **مد اول ارتعاش** سازه جابه جایی های کمی را در روسازه بروز دهد.
- همبستگی بین مدها **خیلی کوچک شده** و مشارکت مدهای بالاتر **محدود** می گردد.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تردیدها و چالش ها

مقدمه:

- ساختمان های بلند مرتبه معمولاً دوره تناوبی بین **۴/۵–۲/۵ ثانیه** دارند.
- دوره تناوب سیستم های جداسازی معمولاً در حد بالای خود بین **۷–۴ ثانیه** است.

$$\Downarrow$$

$$T_{iso}/T_{fixed} < 2$$

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تردیدها و چالش ها

چالش از منظر عملکرد روسازه:

۱. آیا جداسازی ساختمانی که خودش بسیار نرم است می تواند فایده ای داشته باشد؟

۲. آیا این جداسازی در مواردی نمی تواند حتی زیان بار باشد؟

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تردیدها و چالش ها

محدودیت های جداسازهای لرزه ای:

- بزرگترین جداساز لاستیکی در ژاپن با قطر ۱۶۰۰ میلیمتر.
- بیشترین ظرفیت جابجایی ۱۲۰۰ میلیمتر.
- محدودیت در دستگاه های تولیدی.
- مشکل ولکانش صحیح در تکیه گاه های الاستومری بزرگ.

(T.C. Becker et al., 2015)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تردیدها و چالش ها

چالش از منظر عملکرد لایه جداسازی:

۱. آیا تکیه گاه هایی که در حال حاضر تولید می شود می تواند از عهده ی تحمل **تقاضای بزرگ جابجایی** در چنین ساختمان هایی برآید؟

۲. آیا ایجاد **لنگرهای واژگونی** تحت تأثیر افزایش **ارتفاع مرکز ثقل**، می تواند منجر به مسائلی در ارتباط با **کشش** در تکیه گاه ها و افزایش بارهای فشاری شود؟

برکنش ⟸

- جدایش لایه ها از هم و کاهش سختی افقی.
- افزایش شدید بارهای فشاری و کمانش.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

جداسازی لرزه ای سازه های بلند مرتبه در ژاپن!

جداسازی لرزه ای حدود ۲۵۰ ساختمان مسکونی بلند مرتبه در ژاپن تا سال ۲۰۱۲!

(A. Martelli et al., 2012)

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

Yozemi Tower

Nakanoshima Festival Tower

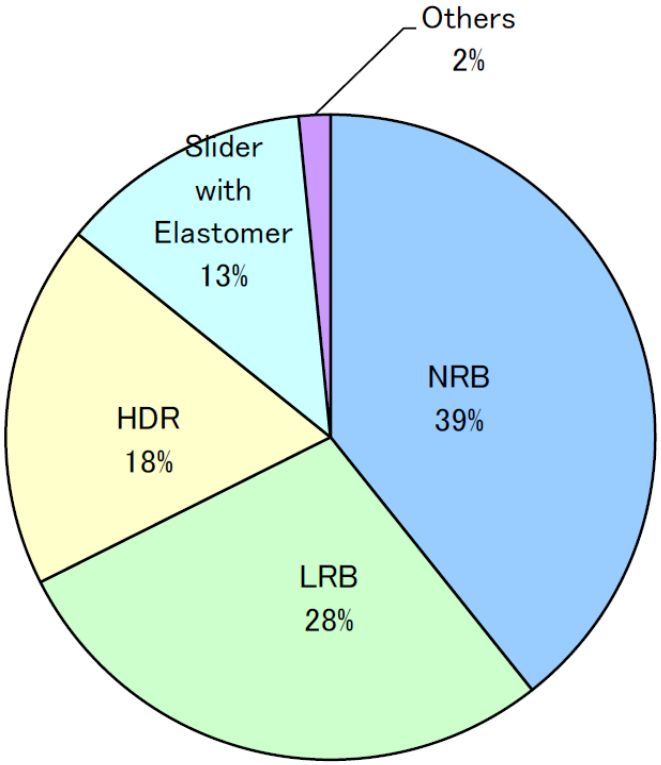
MM Towers

@Seismicisolation

@Seismicisolation

جداسازی لرزه ای در ژاپن

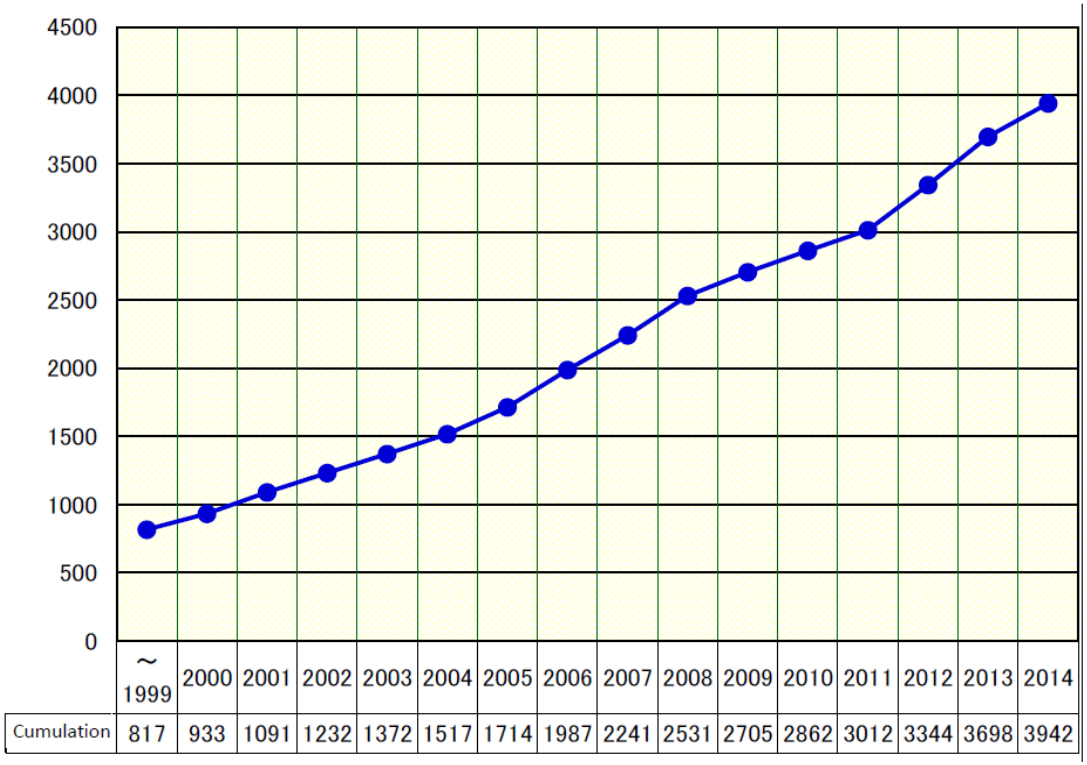
- سال ۱۹۹۵ به واسطه زلزله کوبه، نقطه عطف به کارگیری جداسازی لرزه ای در ژاپن.
- نوع لاستیکی متداول ترین جداساز در کشور ژاپن.
- جداسازی لرزه ای بیش از ۷۰۰۰ ساختمان در ژاپن (N. Kani, 2008).



(JSSI, 2016)

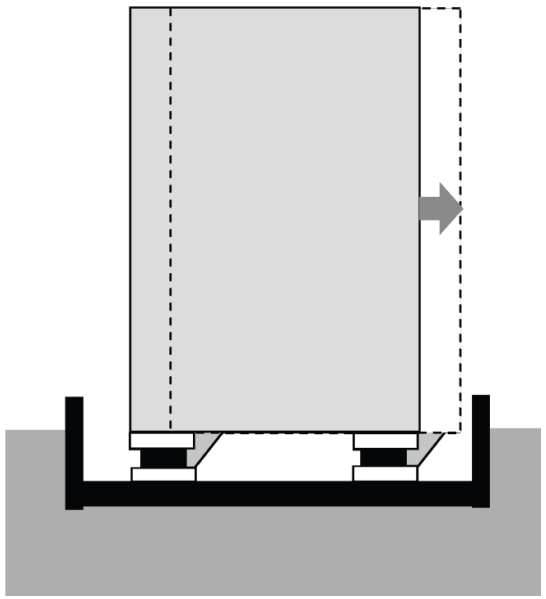
@Seismicisolation

@Seismicisolation



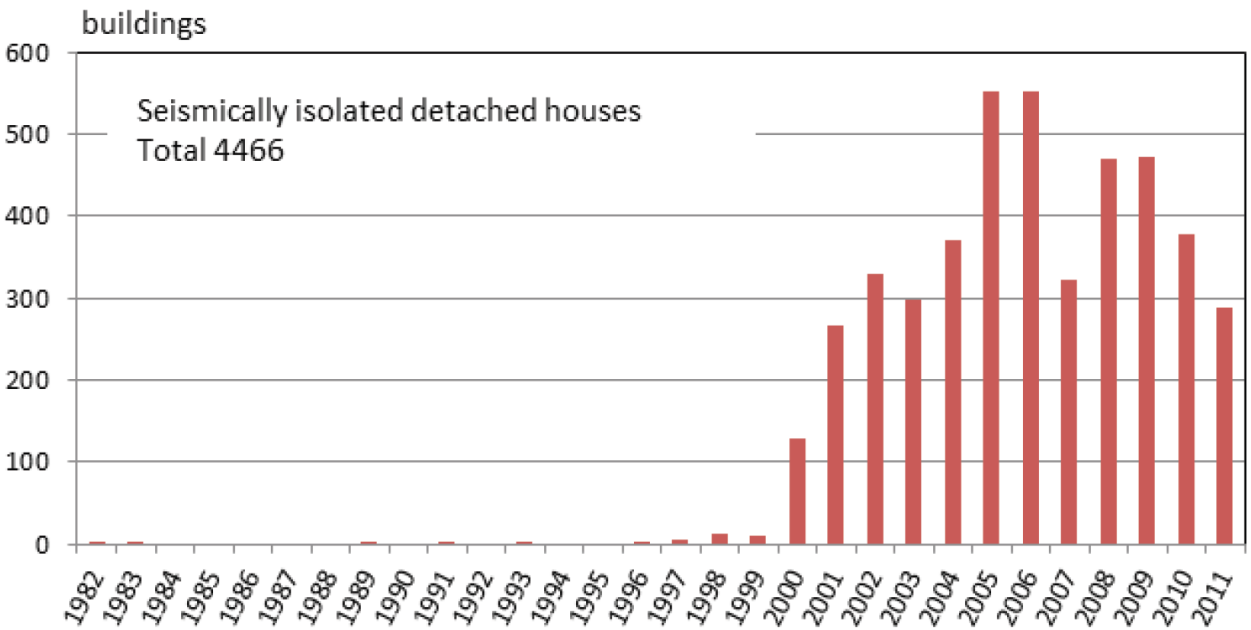
	~1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Cumulation	817	933	1091	1232	1372	1517	1714	1987	2241	2531	2705	2862	3012	3344	3698	3942

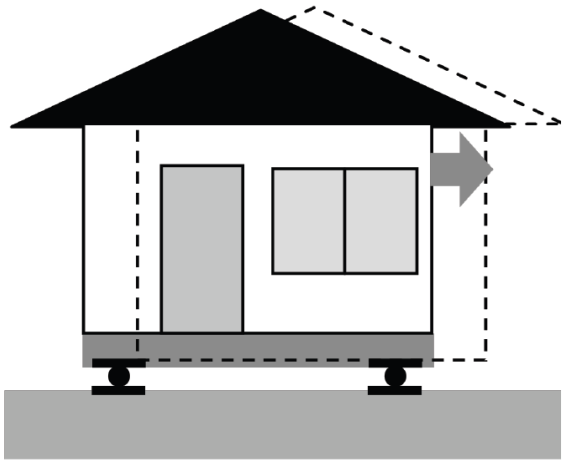
（JSSI, 2016）



@Seismicisolation

@Seismicisolation





（N. Kani, 2008）

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

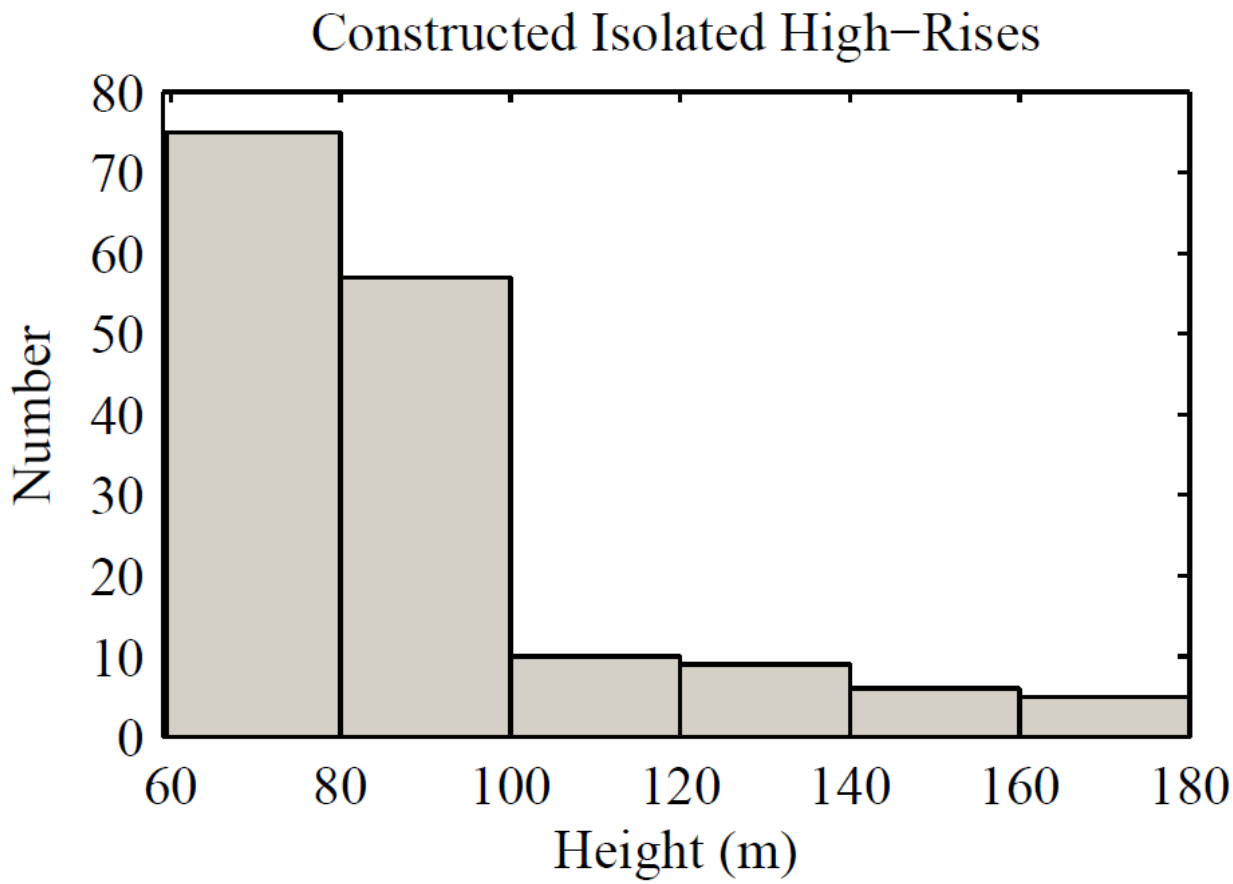
زلزله هایی در ژاپن (تا سال ۲۰۰۸) که عملکرد ساختمان های جداسازی شده را به آزمون گذاشت

Quake Name	Magnitude	Date
The Tokachi-Offshore quake	8.0	Friday, Sept. 26, 2003, 04:50
The 2004 Niigata Chuetsu quake	6.8	Saturday, Oct. 23, 2004, 17:56
The 2005 Fukuoka West-Offshore quake	7.0	Sunday, Mar. 20, 2005, 10:53
The 2007 Noto Hanto quake	6.9	Sunday, Mar. 25, 2007, 09:41
The 2007 Niigata Chuetsu-Offshore quake	6.8	Monday, July 16, 2007, 10:13
The 2008 Iwate-Miyagi Inland quake	7.2	Saturday, June 14, 2008, 08:43

(N. Kani, 2008)

@Seismicisolation

@Seismicisolation



@Seismicisolation

@Seismicisolation

شرایطی مساعد برای به کارگیری جداسازی

- یک دهم جمعیت ژاپن در شهر توکیو مستقر می باشد.
- در چنین شهرهایی بسسیاری از جمعیت در مجتمع های مسکونی بلند مرتبه زندگی می کنند.
- آشنایی اکثریت مردم در چنین شهرهایی با سیستم های نوین لرزه ای.
- ساکنین ساختمان های بلند مرتبه از قشر ثروتمند جامعه و پذیرای هزینه های بیشتر برای سکونت در ساختمان هایی با عملکرد لرزه ای بهتر.

(T.C. Becker et al., 2015)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

رویکرد به مسأله تا سال ۲۰۱۱ در ژاپن

- جداسازی لرزه ای رهیافتی مفید برای سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه

مطابق ATC-58 (2007)

- دریفت ۰/۶ درصد: حد جلوگیری از خسارت به المان های غیر سازه ای حساس به دریفت.
- شتاب ۰/۲g: حد جلوگیر از خسارت به محتویات حساس به شتاب.

رسیدن به این حدود با روش های دیگر بسیار مشکل

@Seismicisolation

@Seismicisolation

ساختمان های بلند مرتبه جداسازی شده در ژاپن

- بیشتر ساختمان ها مجتمع های مسکونی بزرگ بوده است.
- عمدتاً اسکلت روسازه آن ها بتنی است.
- کمتر از ۱۰٪ فولادی است.
- عمده جداسازهای لرزه ای به کار رفته از نوع لاستیکی بوده: LRB یا HDRB.
- تأمین میرایی مکمل در تراز جداسازی برخی از این سازه ها: میراگرهای فولادی U شکل، میراگرهای ویسکوز و یا ترکیبی از سیستم های میرایی.

(T.C. Becker et al., 2015)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

زلزله ۲۰۱۱ توهوکو: نقطه عطف جداسازی سازه های بلندمرتبه در ژاپن

- اسکان مردمی که از ساختمان ها خارج شدند در شهرهای سندای و توکیو تبدیل به بحرانی جدی شد:

  ۱. انسداد در جریان ترافیکی

  ۲. ایجاد مشکلاتی جدی در خدمات اورژانسی

  ۳. نیاز به فضاهایی برای اسکان مردم

- وقوع خسارات قابل توجه ناشی از شتاب به محتویات ساختمان در ساختمان های بلندمرتبه پایه ثابت
- وقوع خسارت جانی ناشی از پرتاب شدن تجهیزات در ساختمان ها

(T.C. Becker et al., 2015)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

تغییر در سیاست های مدیریت بحران ژاپن پس از زلزله توهوکو

- در شهرهایی با جمعیت متراکم، حرکت به سمتی که پس از زلزله ساکنین در ساختمان های بلندمرتبه باقی بمانند!
- پس از وقوع زلزله ساختمان های بلند مرتبه تبدیل به محلی ایمن برای اسکان مردم آواره شود.

⇓

بنابراین باید عملکرد ساختمان ها پس از زلزله حفظ شود

@Seismicisolation

@Seismicisolation

جداسازی لرزه ای در ایالات متحده

- سابقه استفاده در مقاوم سازی ساختمان بلند مرتبه L.A. City Hall

(N. Yussef et al., 2000)

۳۲ طبقه و ۱۳۸ متر

@Seismicisolation

@Seismicisolation

علت این تفاوت در چیست؟

مطالعه ای موردی بر ساختمان ۳۲ طبقه نمونه (T.C. Becker et al., 2015)

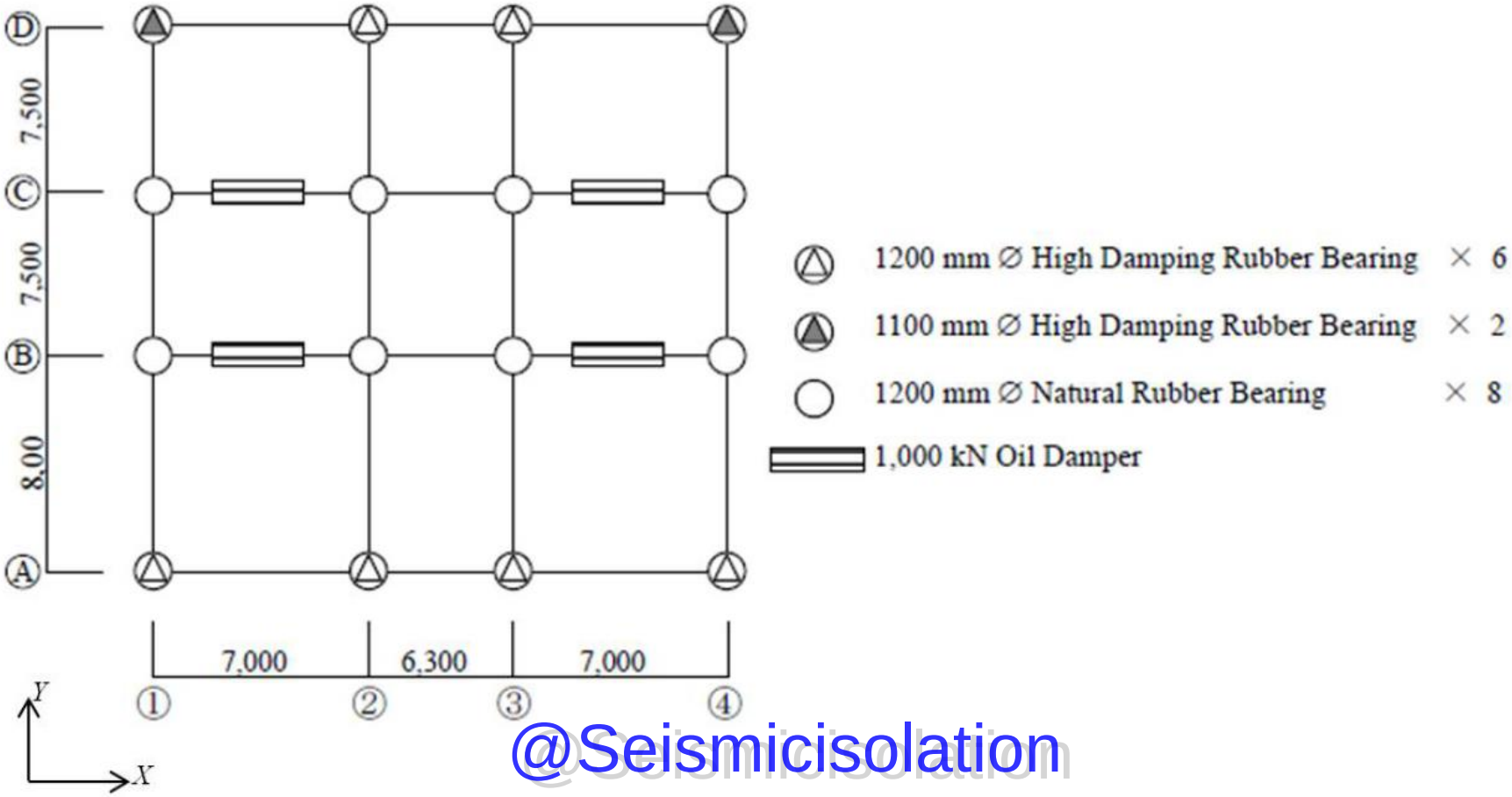
- سیستم روسازه: قاب خمشی بتنی
- سه دهانه در هر جهت
- نسبت طول به عرض در پلان > ۵
- ارتفاع: ۱۰۴ متر
- دوره تناوب روسازه: ۲/۶۷ ثانیه
- برش پایه تسلیم روسازه: ۰/۰۸ g

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

- سیستم جداسازی: تکیه گاه لاستیکی معمولی + تکیه گاه لاستیکی با میرایی بالا
- مجهز به سیستم استهلاک انرژی مکمل: میراگرهای ویسکوز در تراز جداسازی



@Seismicisolation

@Seismicisolation

Table 1. Isolator properties

Bearing type	Shear Modulus (N/mm^2)	Shape factor	Total rubber height (mm)	Area (mm^2)	Allowable disp. (mm)	Horiz. stiffness (kN/mm)	Comp. stiffness (kN/mm)
1200 mm ∅ HRB	0.62	37	248	11286 x10^2	893	-	6340
1100 mm ∅ HRB	0.62	37	252	9480 x10^2	882	-	5240
1200 mm ∅ NRB	0.39	37	240	11305x 10^2	960	1.85	4570

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

مقایسه با سازه ای طراحی شده به صورت پایه ثابت

- با مقاطع بزرگتر.
- دوره تناوب سازه: ۲/۰۳ ثانیه.
- برش پایه تسلیم سازه: g ۰/۱۴.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

تحلیل و بررسی تحت آیین نامه های ژاپن و امریکا

آیین نامه طراحی لرزه ای ژاپن

- زلزله Level 2، زلزله ای با دروه بازگشت ۵۰۰ ساله: قابل مقایسه با زلزله DBE
- زلزله Level 3، با ضرب عدد ۱/۵ در زلزله Level 2 حاصل می شود: قابل مقایسه با زلزله MCE

اما دو تفاوت مهم در بحث انتخاب رکورد و طراحی و کنترل جداسازها!

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

تحلیل و بررسی تحت آیین نامه های ژاپن و امریکا

تفاوت های آیین نامه ژاپن و امریکا در بحث تحلیل ساختمان های جداسازی لرزه ای شده

انتخاب رکورد طبق آیین نامه ژاپن

- سه رکورد معرفی شده به عنوان مجموعه استاندارد.
- سه رکورد که از لحاظ طیفی با طیف استاندارد مطابقت داده شوند.

انتخاب رکورد طبق آیین نامه امریکا: تحریکات باید به صورت ویژه برای پروژه مورد نظر انتخاب شود.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

تحلیل و بررسی تحت آیین نامه های ژاپن و امریکا

تفاوت های آیین نامه ژاپن و امریکا در بحث تحلیل ساختمان های جداسازی لرزه ای شده

طراحی و کنترل سیستم جداسازی و روسازه

مطابق آیین نامه ژاپن

- زلزله Level 2 مبنای طراحی و کنترل قرار می گیرد.
- صراحتی برای کنترل پاسخ جداسازها برای زلزله Level 3 ندارد.
- در صورت کنترل در Level 3، کشش در جداساز می تواند از 1 MPa تجاوز کند!

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

تحلیل و بررسی تحت آیین نامه های ژاپن و امریکا

تفاوت های آیین نامه ژاپن و امریکا در بحث تحلیل ساختمان های جداسازی لرزه ای شده

طراحی و کنترل سیستم جداسازی و روسازه

مطابق آیین نامه امریکا

- زلزله DBE مبنای طراحی و کنترل قرار می گیرد.
- می بایست پایداری جداسازها و روسازه برای زلزله MCE کنترل شود.
- جابجایی ها، تنش های فشاری و کششی باید برای MCE در حدود مقرر باقی بماند.
- اجازه خرابی تحت بار کششی در هیچ تکیه گاهی داده نمی شود.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

تفاوت اصلی در بحث تحلیل ساختمان های جداسازی لرزه ای شده

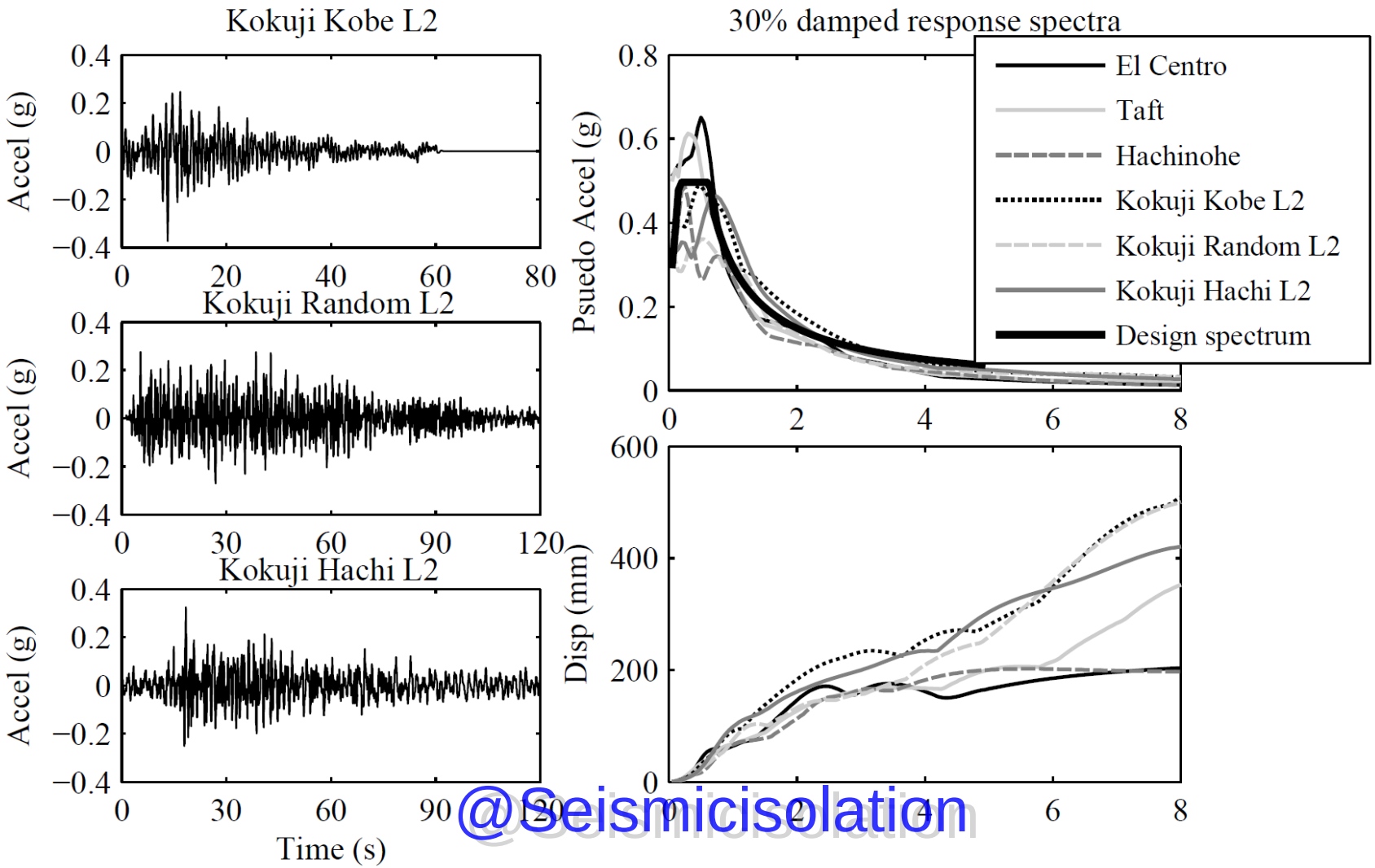
آیین نامه ژاپن به دلیل نادر بودن زمین لرزه MCE، قدری خرابی کششی را مجاز می داند.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه ژاپن



@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه ژاپن

Table 2. Peak isolation displacement and roof drift under Japanese Level 2 design ground motions

Motion:	El Centro	Taft	Hachinohe	Kokuji Kobe L2	Kokuji Random L2	Kokuji Hachi L2
Isolator disp. (mm)	180	170	170	270	250	260
Isolated peak story drift (%)	0.21	0.25	0.17	0.25	0.23	0.26
Isolated base shear (%g)	4.5	4.0	4.6	5.3	5.4	5.4
Fixed-base peak story drift (%)	0.44	0.39	0.39	0.57	0.53	0.49
Fixed base shear (%g)	21.8	23.1	19.5	23.2	22.1	23.4

@Seismicisolation

@Seismicisolation

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه ژاپن

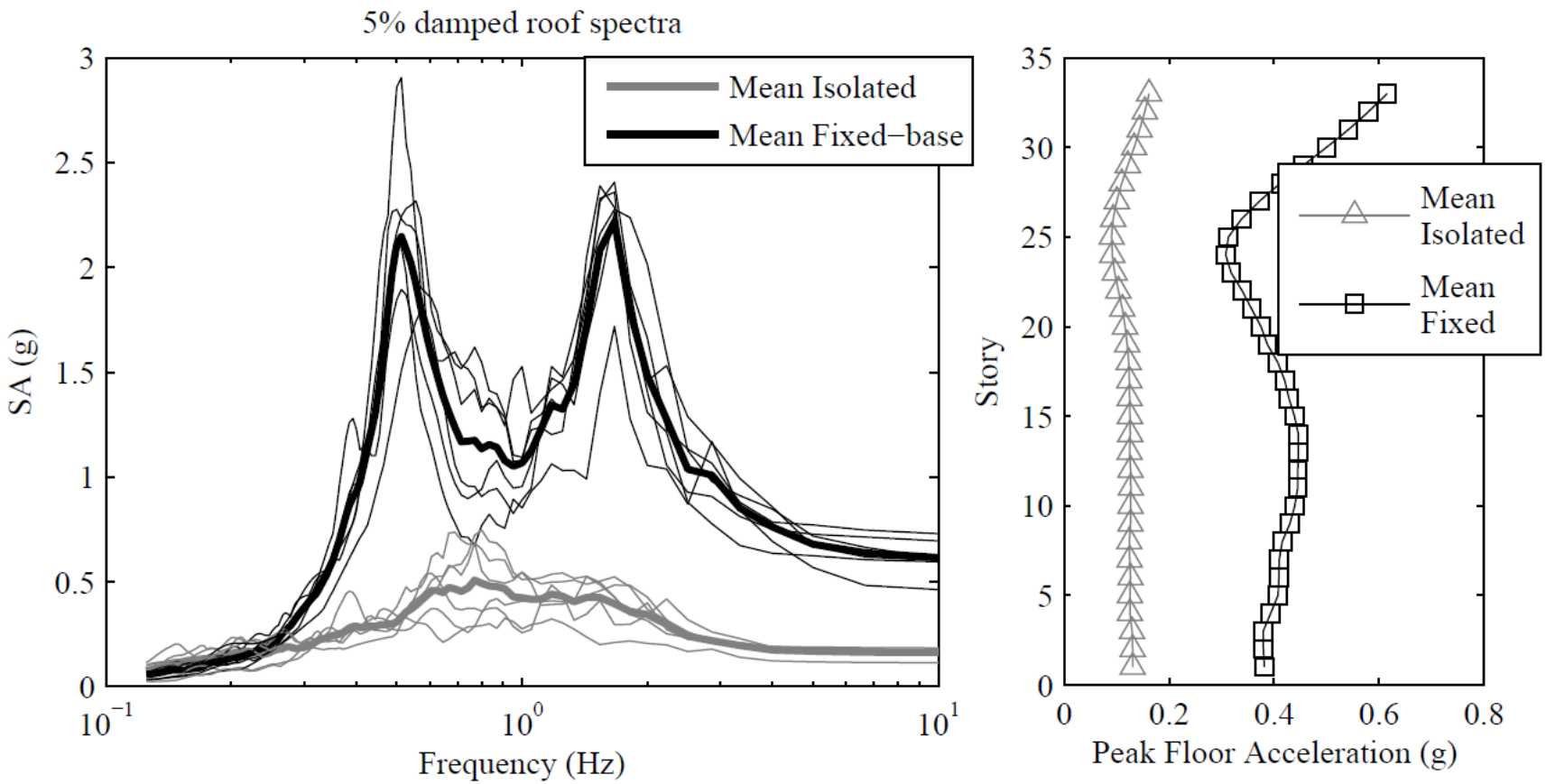


Figure 6. Roof level response spectra and mean peak floor accelerations vs height for the Japan Level 2 design motions in the isolated and fixed-base buildings.

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه امریکا

Table 3. Selected ground motions with scaling values.

Record #	NGA record #	Earthquake	Year	Station	Pulse Period	DBE scaling	MCE scaling
1	179	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #4	4.61	1.46	2.48
2	184	Imperial Valley-06	1979	El Centro Differential Array	5.86	1.43	2.43
3	316	Westmoreland	1981	Parachute Test Site	3.58	2.15	3.66
4	728	Superstition Hills-02	1987	Westmoreland Fire Station	-	2.28	3.88
5	768	Loma Prieta	1989	Gilroy Array #4	-	2.26	3.84
6	802	Loma Prieta	1989	Saratoga – Aloha Ave	4.47	1.75	2.97
7	1044	Northridge-01	1994	Newhall – Fire Station	-	1.00	1.70
8	1085	Northridge-01	1994	Sylmar – Converter Station East	3.49	1.45	1.45
9	1605	Duzce, Turkey	1999	Duzce	-	1.08	1.85
10	2734	Chi-Chi, Taiwan-04	1999	CHY024	-	1.67	2.85

@Seismicisolation

@Seismicisolation

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه امریکا

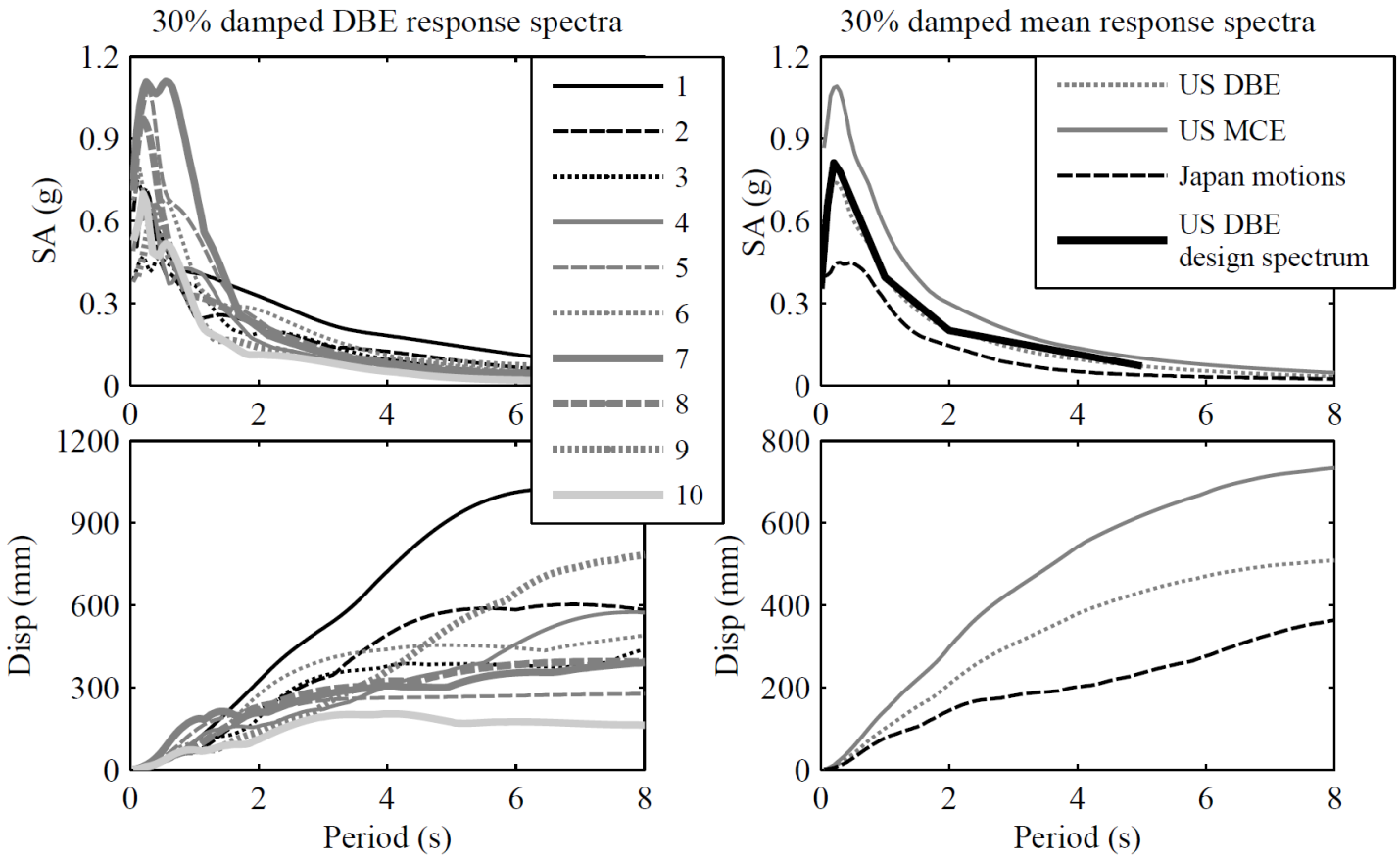


Figure 7. (Left) Response spectra of the DBE level motions (Right) Comparison of the mean s
of the US and Japan design motions.

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه امریکا

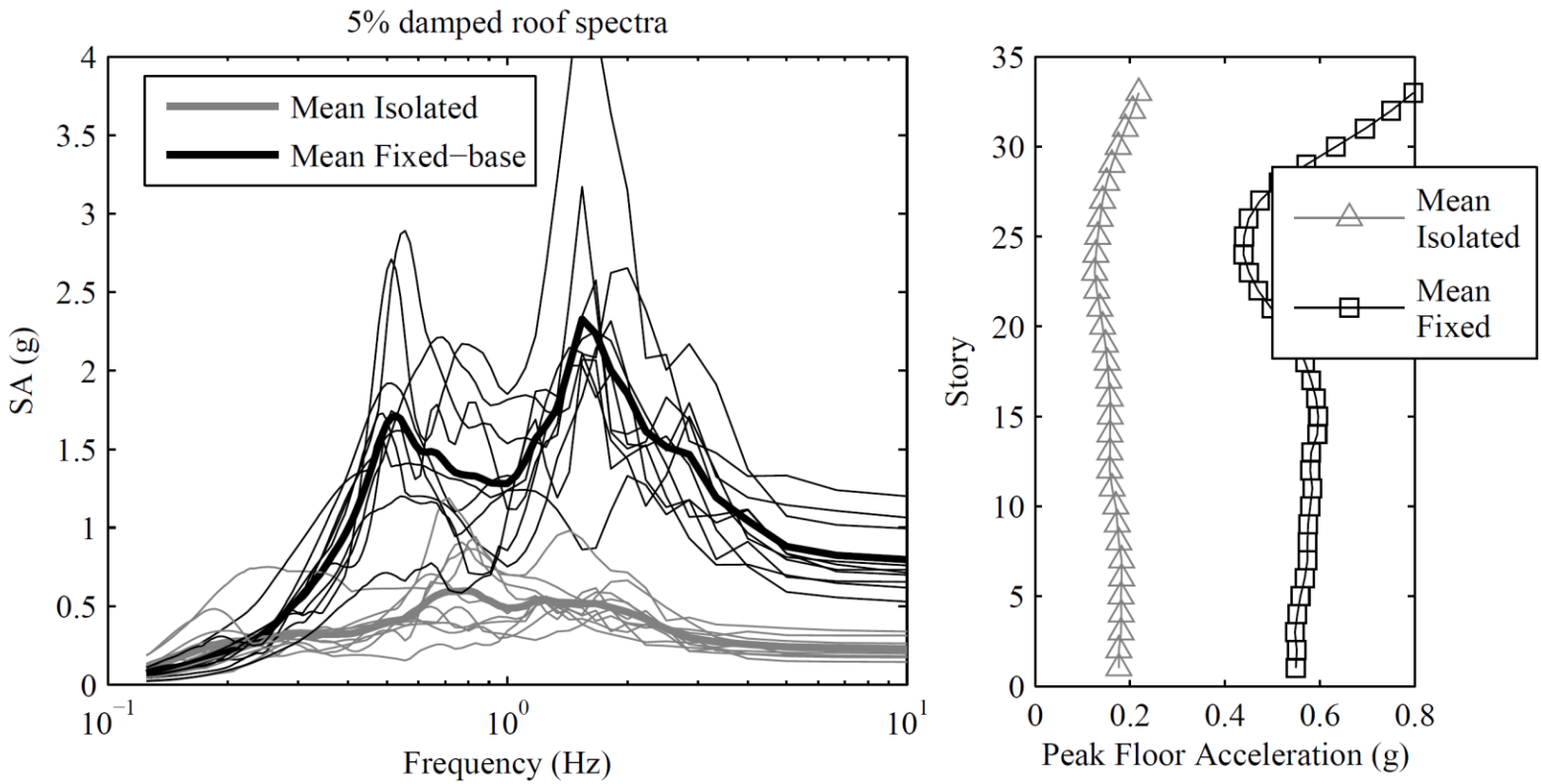
Table 4. Peak isolation displacement and roof drift under US design ground motions

	Motion number:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DBE level	Isolator disp. (mm)	850	570	330	370	180	460	370	370	600	180
	Isolated peak story drift (%)	0.77	0.35	0.29	0.26	0.36	0.46	0.37	0.38	0.35	0.20
	Iso. base shear (%g)	18.7	10.8	6.7	7.1	5.8	8.3	8.7	5.8	9.5	3.9
	Fixed-base peak story drift (%)	0.78	0.60	0.64	0.53	0.74	0.81	0.68	0.65	0.43	0.37
	Fix. base shear (%g)	34.3	27.8	33.4	24.8	30.4	36.5	31.7	33.0	24.1	26.3
MCE level	Isolator disp. (mm)	1090	820	570	680	320	730	640	620	740	310
	Isolated peak story drift (%)	3.91	0.95	0.48	0.44	0.57	0.84	0.60	0.62	0.69	0.31
	Iso. base shear (%g)	25.1	21.1	10.5	12.1	9.5	14.7	14.8	11.8	17.2	6.7

@Seismicisolation

@Seismicisolation

عملکرد با مبنا قرار دادن آیین نامه امریکا



gure 8. Roof level response spectra and mean peak floor accelerations vs height for the US DBE
vel design motions in the isolated and fixed-base buildings.

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

جمع بندی نتایج

- کاهش دریفت بیشینه طبقات به میزان ۵۰-۳۰ درصد: به کمتر از حد خسارت به اجزای غیر سازه ای.
- کاهش قابل توجه سطح شتاب: کاهش ۷۵ درصدی در میانگین بیشینه شتاب های طبقه بام.
- مقدار میانگین بیشینه شتاب بام برای Level 2، ۰/۱۶g و برای DBE ۰/۲۳g : رفع خسارت ناشی از شتاب.
- قرارگیری پاسخ سیستم جداسازی و روسازه در محدوده های طراحی، تحت رکوردهای Level 3.
- قرارگیری پاسخ روسازه و جابجایی جداساز در محدوده های مجاز، تحت رکوردهای MCE.
- تجاوز نیروهای فشاری و کششی در اثر برکنش، به ورای حدود مجاز.
- قابل قبول نبودن طرح از منظر آیین نامه امریکا.
- قابل قبول بودن طرح از منظر آیین نامه ژاپن

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

گزیده ای از سازه های جداسازی لرزه ای شده در ایران

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

پل ریلی منجیل، مسیر قزوین ـ رشت ـ انزلی
جداسازی با ۷۴ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

پل ریلی منجیل، مسیر قزوین ـ رشت ـ انزلی
جداسازی با ۷۴ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

پل ریلی منجیل، مسیر قزوین ـ رشت ـ انزلی
جداسازی با ۷۴ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

مجتمع مسکونی پارسا، تهران
جداسازی با ۹ عدد LRB و ۹ عدد Slider

@Seismicisolation

@Seismicisolation

مجتمع مسکونی پارسا، تهران

جداسازی با ۹ عدد LRB و ۹ عدد Slider

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

رمپ A و B اتوبان شهید باکری، روگذر اتوبان تهران ـ کرج

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

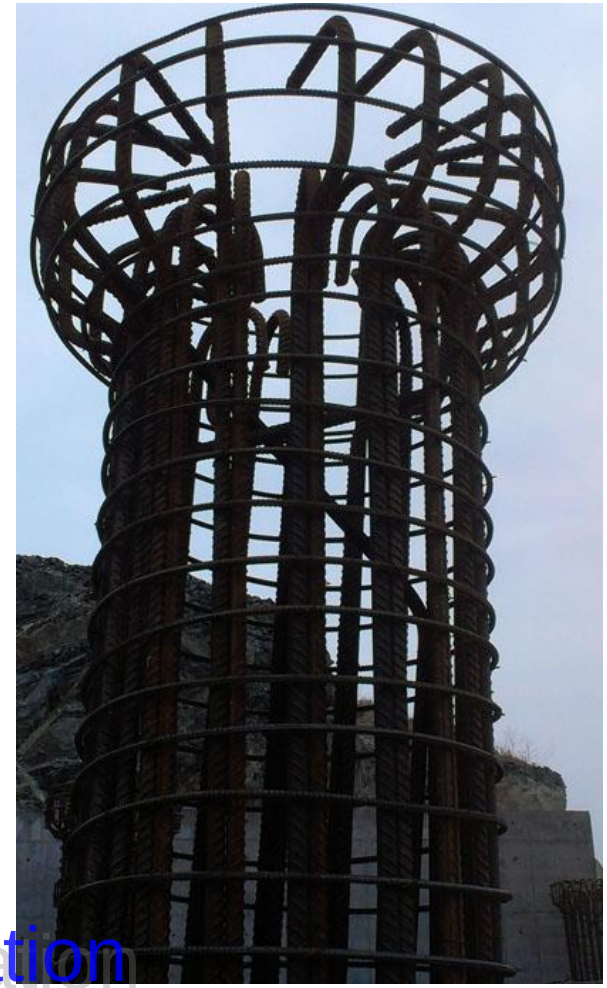
بیمارستان امام حسین (ع)، مشهد

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

اولین بیمارستان مجهز به سیستم جداساز لرزه ای در ایران



@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

کاهش ۴۰ درصدی مصالح فولادی

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

بیمارستان امام حسین (ع)، کرمانشاه
جداسازی با ۱۴۸ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson seismic limited

بیمارستان امام حسین (ع)، کرمانشاه
جداسازی با ۱۴۸ عدد LRB (۱۳۹۳)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

بیمارستان امام حسین (ع)، کرمانشاه
جداسازی با ۱۴۸ عدد LRB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

بیمارستان شهید صدوقی اصفهان

جداسازی با ۷۷ عدد LRB و ۱۴ عدد Slider

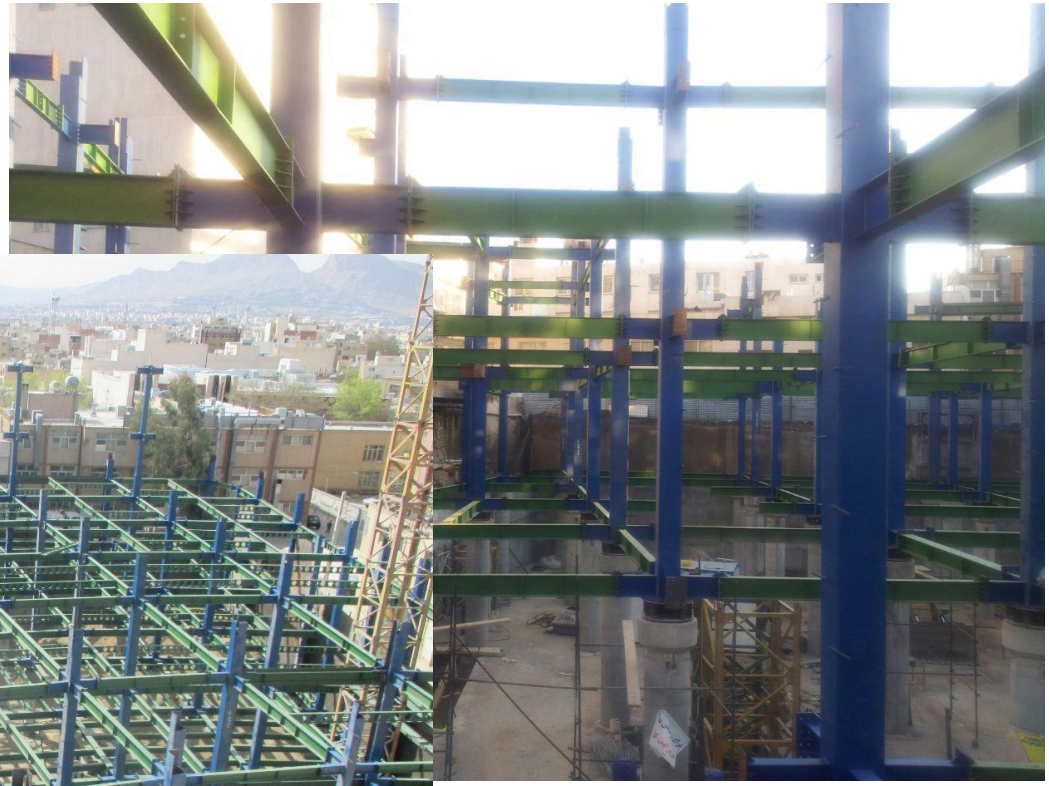
@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation

بیمارستان شهید صدوقی اصفهان

جداسازی با ۷۷ عدد LRB و ۱۴ عدد Slider



@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

تست دو نمونه اولیه از جداسازهای لرزه ای بیمارستان شهید صدوقی اصفهان

@Seismicisolation

@Seismicisolation

تست دو نمونه از جداسازهای لرزه ای بیمارستان شهید صدوقی اصفهان در SISMALAB

@Seismicisolation

@Seismicisolation

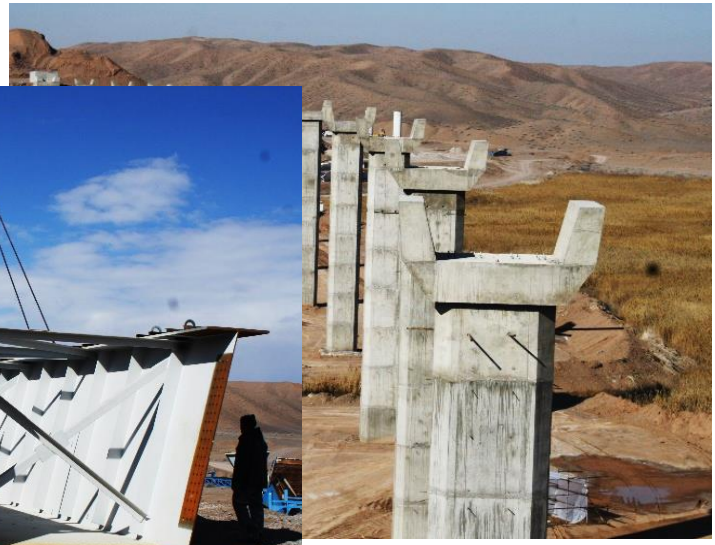
robinson
seismic limited

پل ریلی رودشور، مسیر تهران ـ همدان، پرند
جداسازی با ۲۶ عدد LRB

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

@Seismicisolation



@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

@Seismicisolation

@Seismicisolation

robinson
seismic limited

گزیده ای از پروژه های شرکت رابینسون سایزمیک در خارج از ایران

@Seismicisolation

@Seismicisolation

فرودگاه ملی ایروان، ارمنستان:

جداسازی با ۵۲ عدد **LRB** (۲۰۰۵)

بیمارستان بوج، هندوستان:

بازسازی با ۲۰۰ عدد **LRB** و ۱۰۰ عدد **Slider** (۲۰۰۳)

بیمارستان زنان کریستچرچ، نیوزیلند:

جداسازی با ۴۱ عدد **LRB** (۲۰۰۵)

مخازن **LNG** گوانگدونگ، چین:

جداسازی با ۱۰۸۰ عدد **HDRB** (۲۰۰۵)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

پل C601 نانتو ووفنگ، تایوان:

جداسازی با ۸۲ عدد LRB (۲۰۰۷)

بیمارستان جدید ولینگتون، نیوزیلند:

جداسازی با ۱۳۵ عدد LRB و ۱۵۰ عددSlider (۲۰۰۷)

آپارتمان ۲۱ طبقه، تایوان:

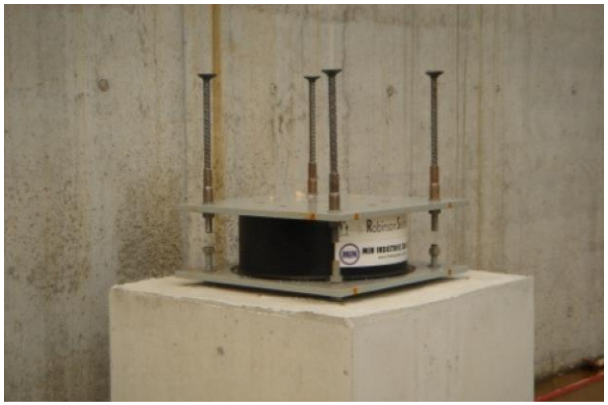
جداسازی با ۳۸ عدد LRB (۲۰۱۰)

ترمینال ورودی فرودگاه ایروان، ارمنستان:

جداسازی با ۱۰۶ عدد LRB (۲۰۰۹)

@Seismicisolation

@Seismicisolation



دانشگاه فنی استانبول، ترکیه:

جداسازی با ۲۷ عدد LRB (۲۰۱۰)

بیمارستان لوی نایاک، هندوستان:

جداسازی با ۹۰ عدد LRB (۲۰۱۱)

دیتا سنترِ اسپارک، نیوزیلند:

جداسازی با ۶۰ عدد LRB (۲۰۱۴)

پروژه اتوبان گیبز ـ ایزمیر، ترکیه:

به کارگیری ۴۳۷۶ عدد LRB (۲۰۰۳)

@Seismicisolation

robinson seismic limited

@Seismicisolation

بیمارستان آنتالیا، ترکیه:

جداسازی با ۴۵۱ عدد LRB (۲۰۱۴)

بیمارستان اردیان، ترکیه:

جداسازی با ۱۸۲ عدد LRB و ۱۲ عدد Slider (۲۰۱۴)

ساختمان خدمات بحران بیمارستان کریستچرچ، نیوزیلند:

جداسازی با ۷۹ عدد LRB و ۴۹ عدد Slider (۲۰۱۴)

پروژه بیمارستان کوروم ترکیه:

با کارگیری ۷۵۰ عدد LRB (۲۰۱۴/۲۰۱۵)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

پروژه ترمینال دریافت و سوخترسانی ژجیانگ، چین:

به کارگیری ۶۳۸ عدد LRB (۲۰۱۶)

بیمارستان گملیک، ترکیه:

جداسازی با ۲۳۶ عدد LRB و ۲۴ عدد Slider (۲۰۱۵)

ساختمان دادگستری و اورژانسی ناحیه کریستچرچ، نیوزیلند:

در دست اجرا (۲۰۱۶)

@Seismicisolation

@Seismicisolation

بیمارستان شهر منیسا، ترکیه:

جداسازی با ۷۳۴ عدد **LRB** (۲۰۱۶)

بیمارستان ایزمیر، ترکیه:

جداسازی با ۱۲۴۶ عدد **LRB** (۲۰۱۶)

@Seismicisolation