به نام خدا

مقاوم سازی به کمک جداسازی لرزه ای

ارائه توسط کیاوش پورصدر
مشاور فنی شرکت های رابینسون سایزمیک و پال داینامیک در ایران

robinson
seismic limited

فهرست مطالب

۱. معرفی اجمالی روش جداسازی لرزه ای.

۲. بررسی اجمالی عملکرد یک بیمارستان جداسازی شده تحت زمین لرزه.

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

۴. مقاوم سازی به کمک جداسازی لرزه ای.

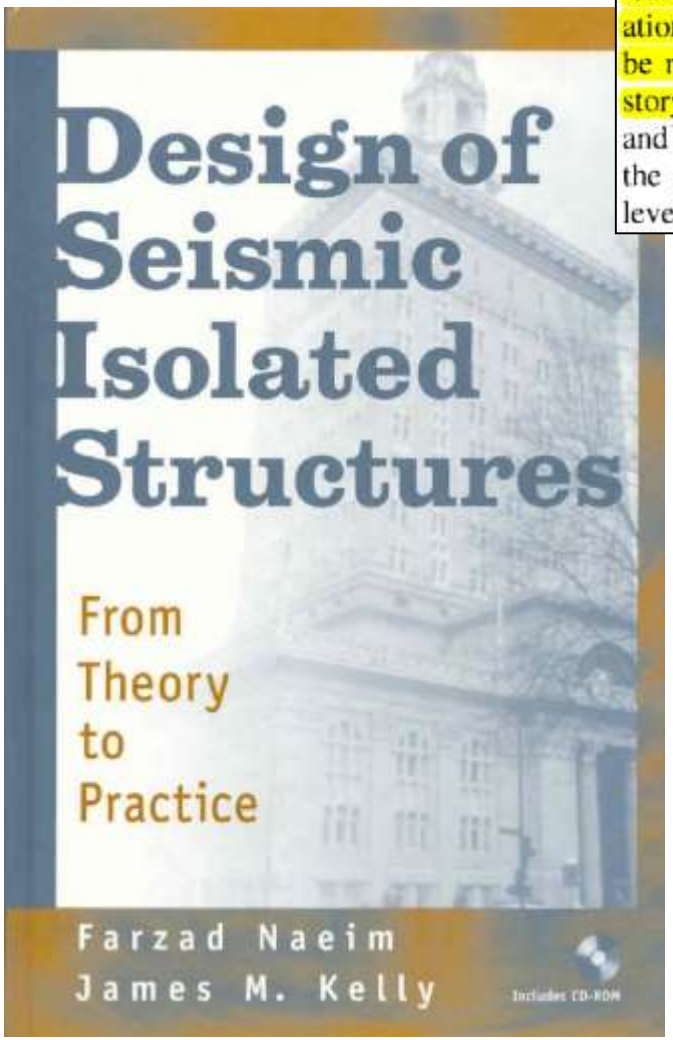
۵. برخی نکات اجرایی مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای.

۶. معرفی دو پروژه مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای.

robinson
seismic limited

معرفی اجمالی روش جداسازی لرزه ای

robinson
seismic limited



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

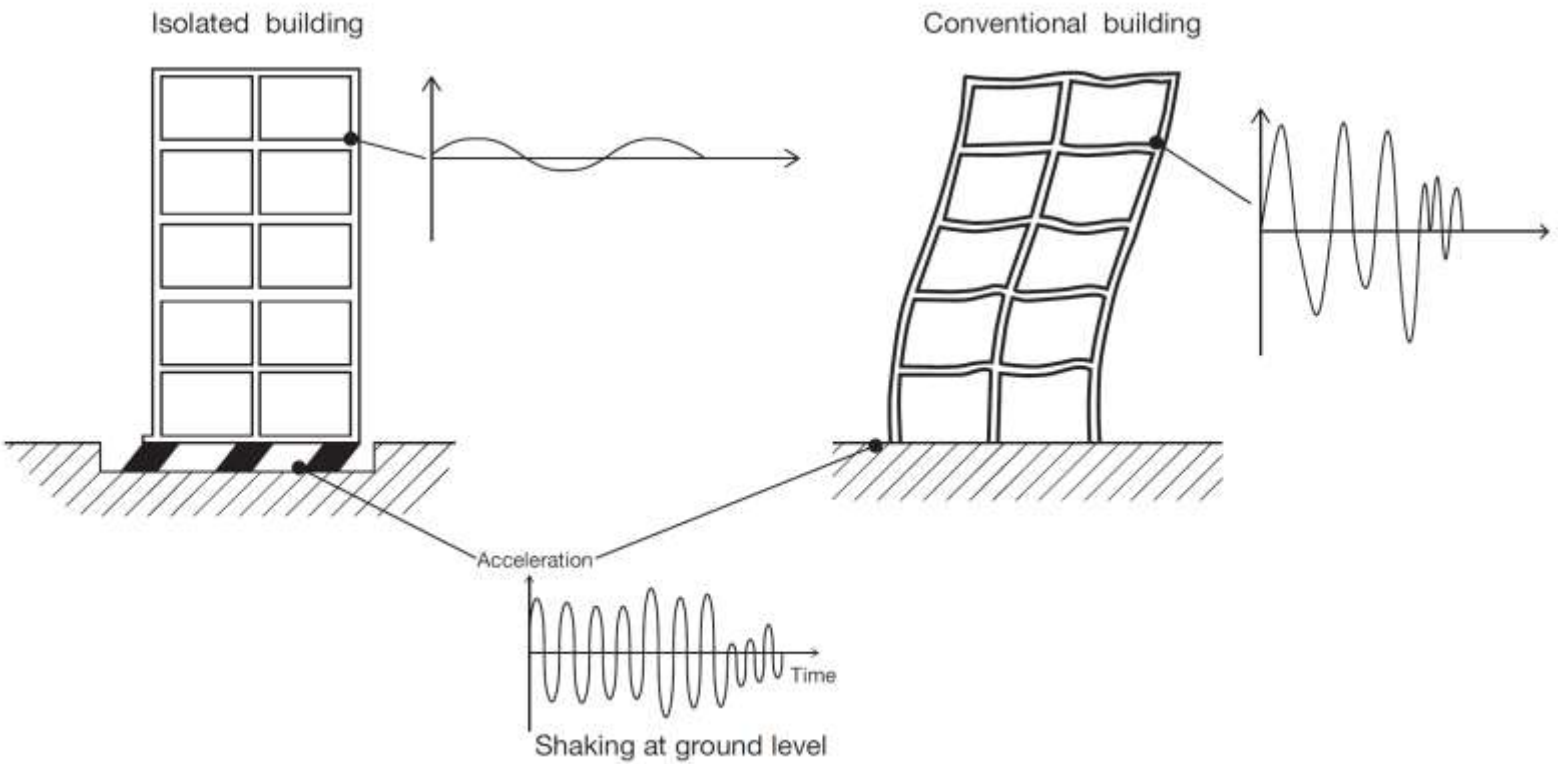
کنترل تغییر مکان جانبی ← افزایش سختی ← افزایش شتاب وارده

کنترل شتاب ← افزایش نرمی ← افزایش تغییر مکان جانبی

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

robinson

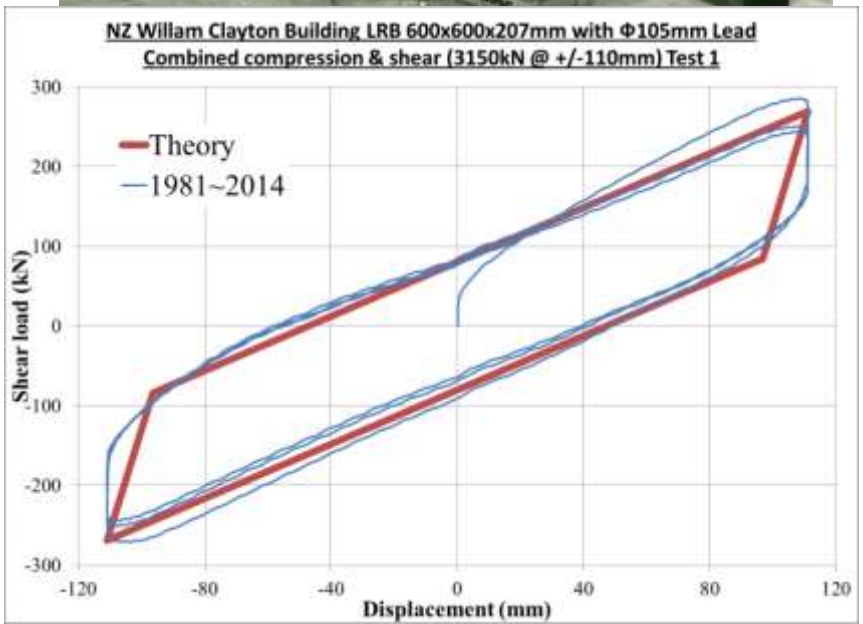
seismic limited



robinson
seismic limited

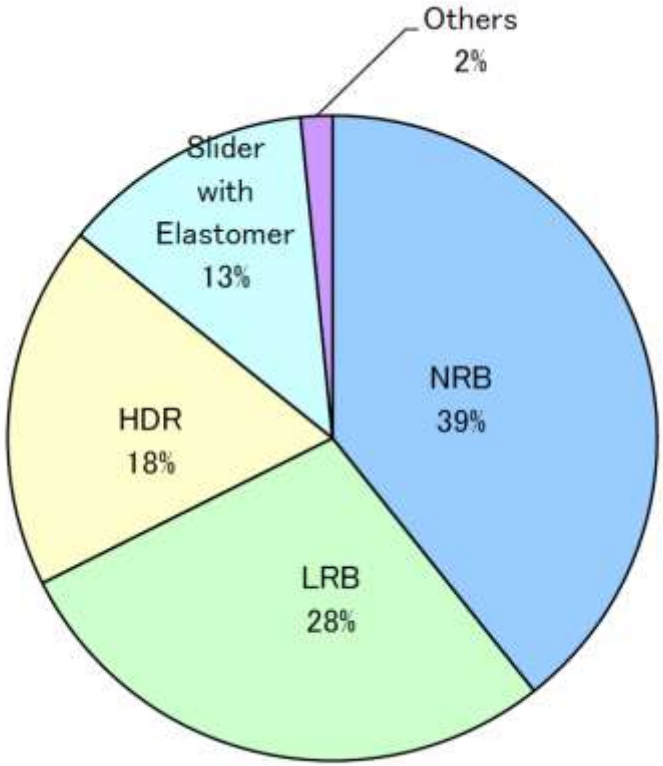
اولین ساختمان دنیا که از جداسازی لرزه ای به معنای مدرن بهره گرفت:

ساختمان ویلیام کلیتون واقع در نیوزیلند به سال ۱۹۸۱



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)

robinson
seismic limited

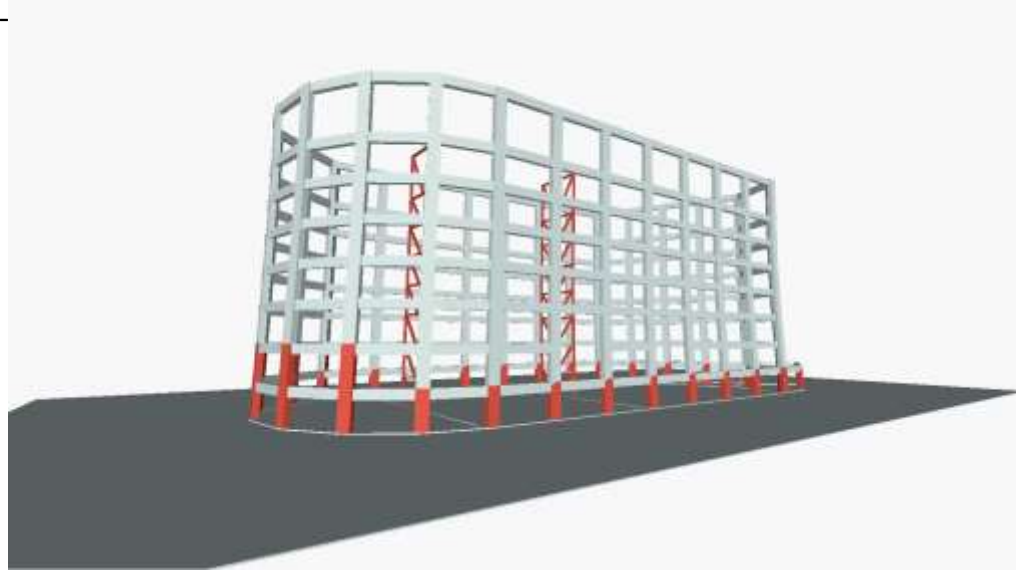
بررسی اجمالی عملکرد یک بیمارستان جداسازی شده تحت زمین لرزه

robinson
seismic limited

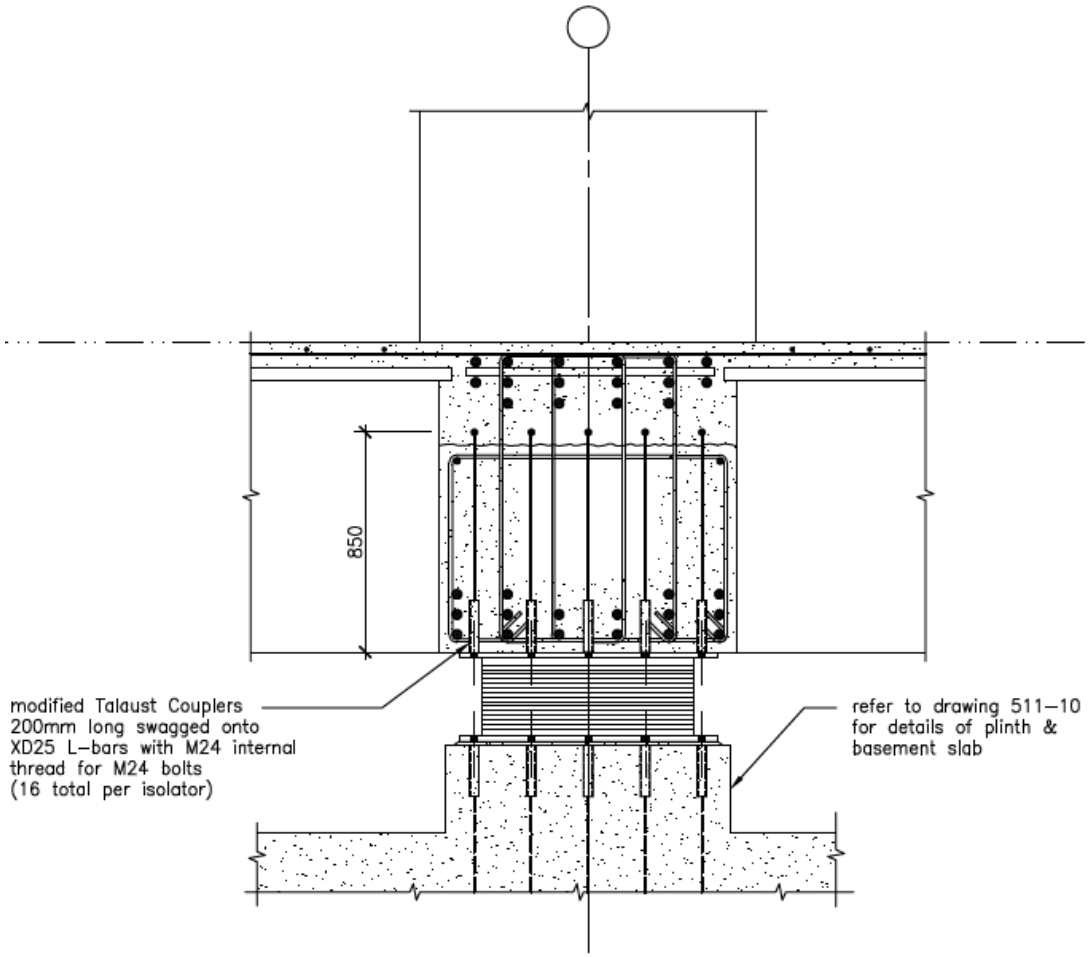
بیمارستان زنان کریستچرچ
واقع در کشور نیوزیلند

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



robinson seismic limited



typical isolator bearing fixing detail

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)

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).

- 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)

robinson
seismic limited

گزیده ای از سازه های جداسازی لرزه ای شده در ایران

robinson
seismic limited

مجتمع مسکونی ویولت گاردن
جداسازی با ۸۳ عدد LRB

robinson
seismic limited

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

robinson
seismic limited

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

robinson
seismic limited

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

robinson
seismic limited

بیمارستان امام حسین (ع)، مشهد

robinson
seismic limited

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

بیمارستان شهید صدوقی اصفهان

جداسازی با ۷۷ عدد LRB و ۱۴ عدد Slider

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

robinson
seismic limited

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

robinson
seismic limited

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

robinson

seismic limited

robinson
seismic limited

مقاوم سازی به کمک جداسازی لرزه ای

robinson
seismic limited

در سال ۱۹۸۹، اولین ساختمان در دنیا به کمک جداسازی لرزه ای مقاوم سازی شد

robinson
seismic limited

مقاوم سازی صدها ساختمان با روش جداسازی لرزه ای

robinson

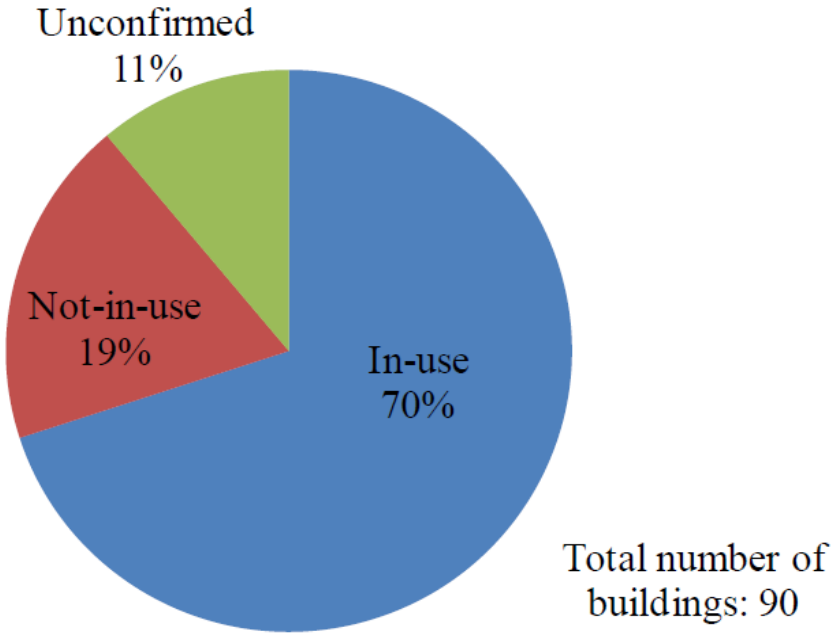
seismic limited

robinson
seismic limited

دو مزیت اصلی مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای

۱- امکان استفاده از ساختمان در حین عملیات مقاوم سازی

- نامناسب بودن و هزینه داشتن تخلیه ساختمان و قطع سرویس دهی.
- در ژاپن بیش از ۷۰٪ پروژه مقاوم سازی با جداسازی، سرویس دهی خود را حفظ کردند.



۲- به حداقل رساندن نیاز به افزایش مقاومت و مداخلات عملیات مقاوم سازی در روسازه

نیاز به حداقل رساندن عملیات مقاوم سازی در ساختمان های با ارزش میراث فرهنگی

robinson
seismic limited

مقاوم سازی ساختمان پارلمان نیوزیلند در سال ۱۹۹۵

robinson
seismic limited

مقاوم سازی کتابخانه ساختمان پارلمان نیوزیلند در سال ۱۹۹۵

robinson
seismic limited

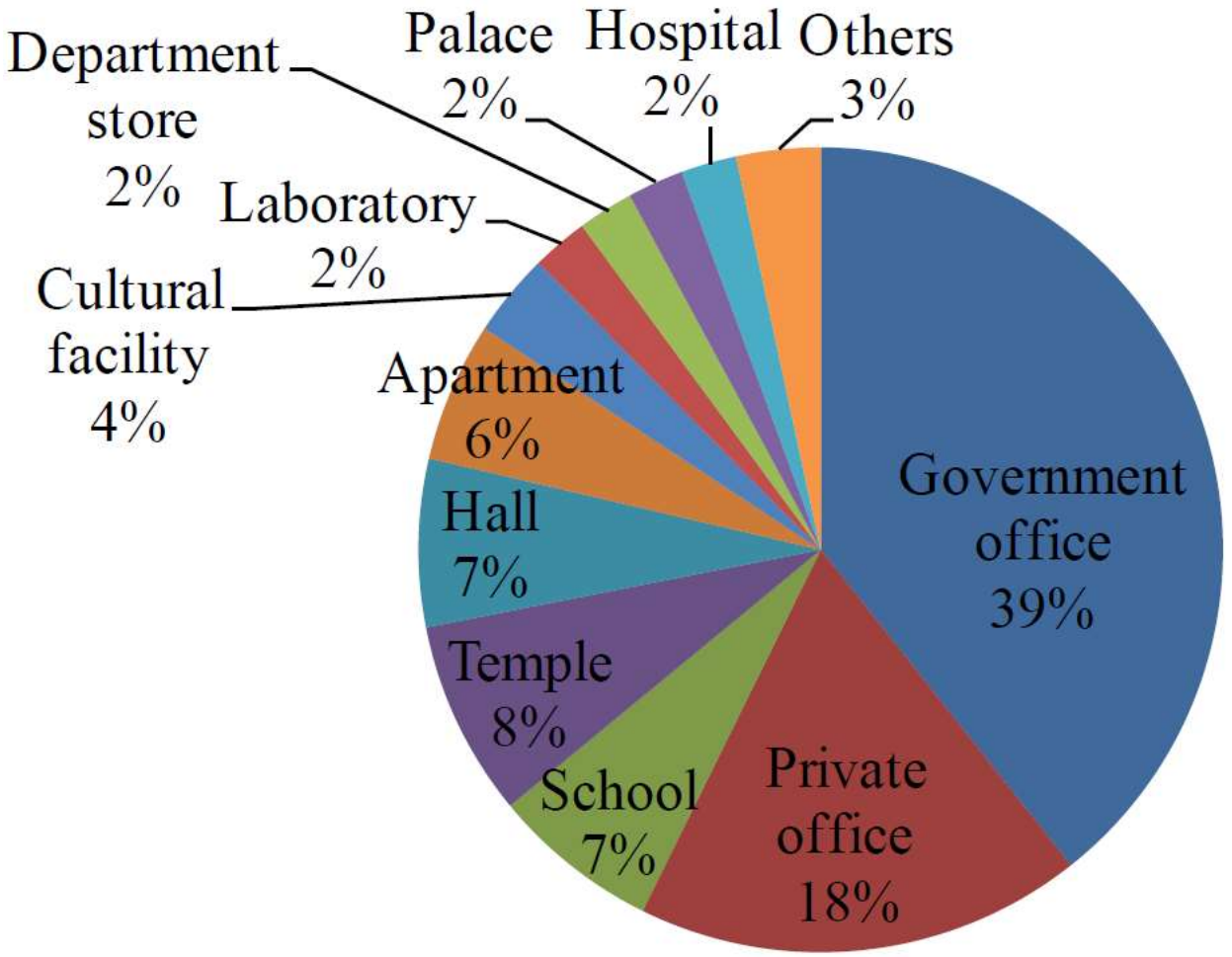
مقاوم سازی موزه ماریتیم در سال ۲۰۰۰

robinson
seismic limited

مقاوم سازی دادگاه عالی نیوزیلند در سال ۲۰۰۸

robinson
seismic limited

تنوع کاربری ساختمان های مقاوم سازی شده در ژاپن



robinson
seismic limited

برخی نکات اجرایی مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای

انتخاب تراز جداسازی در ساختمان ها

این انتخاب وابسته به

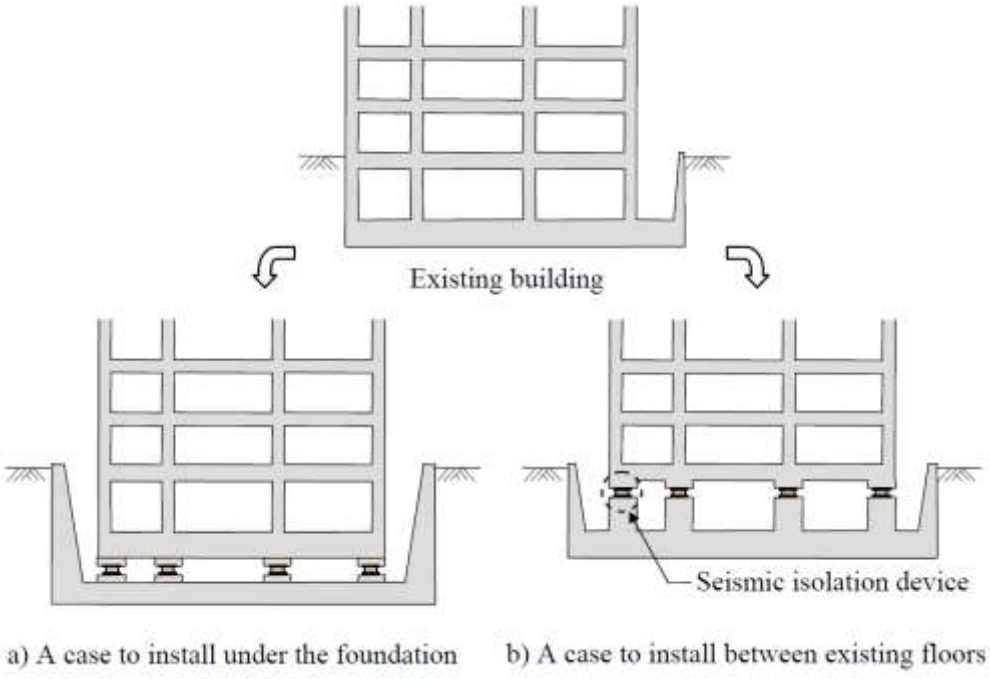
- نوع ساختمان: بنایی یا قابی.
- وجود یا عدم وجود زیر زمین.

در ساختمان های بنایی تراز جداسازی معمولاً پایین تر گرفته می شود.

براساس مطالعه ای بر ۹۰ ساختمان مقاوم سازی شده

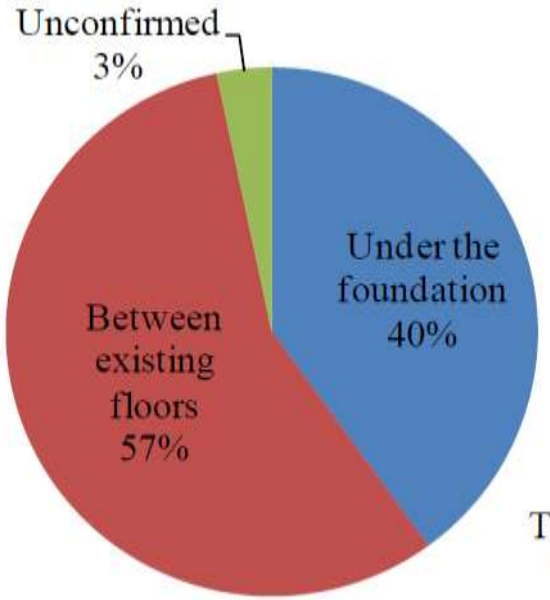
(Masuzawa & Hisada, 20102):

- در ۴۰٪ تراز جداسازی نزدیک شالوده واقع شده.



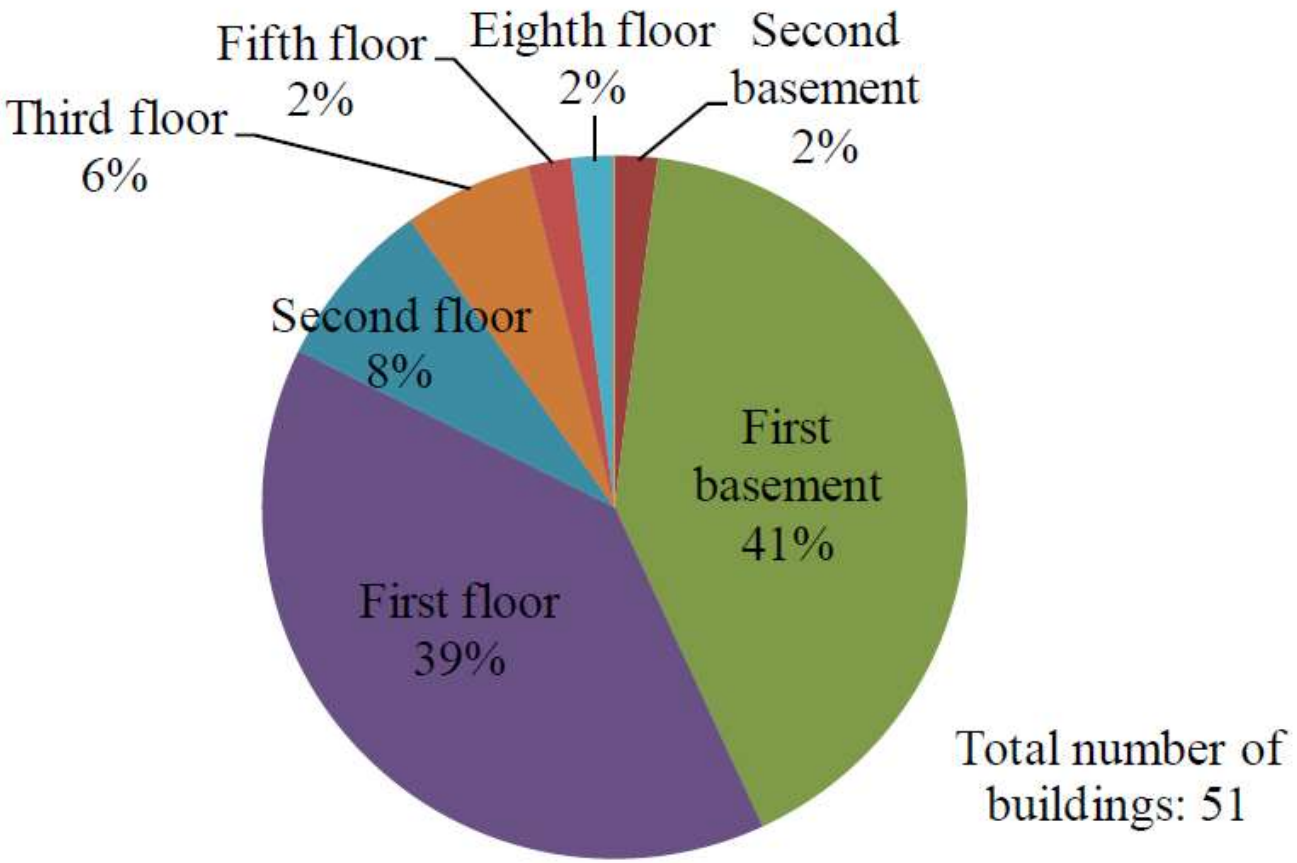
a) A case to install under the foundation

b) A case to install between existing floors



Total number of buildings: 90

- در باقی ساختمان ها جداسازها در بین طبقات: ۴۰٪ در زیرزمین و ۴۰٪ در طبقه هم کف.



robinson
seismic limited

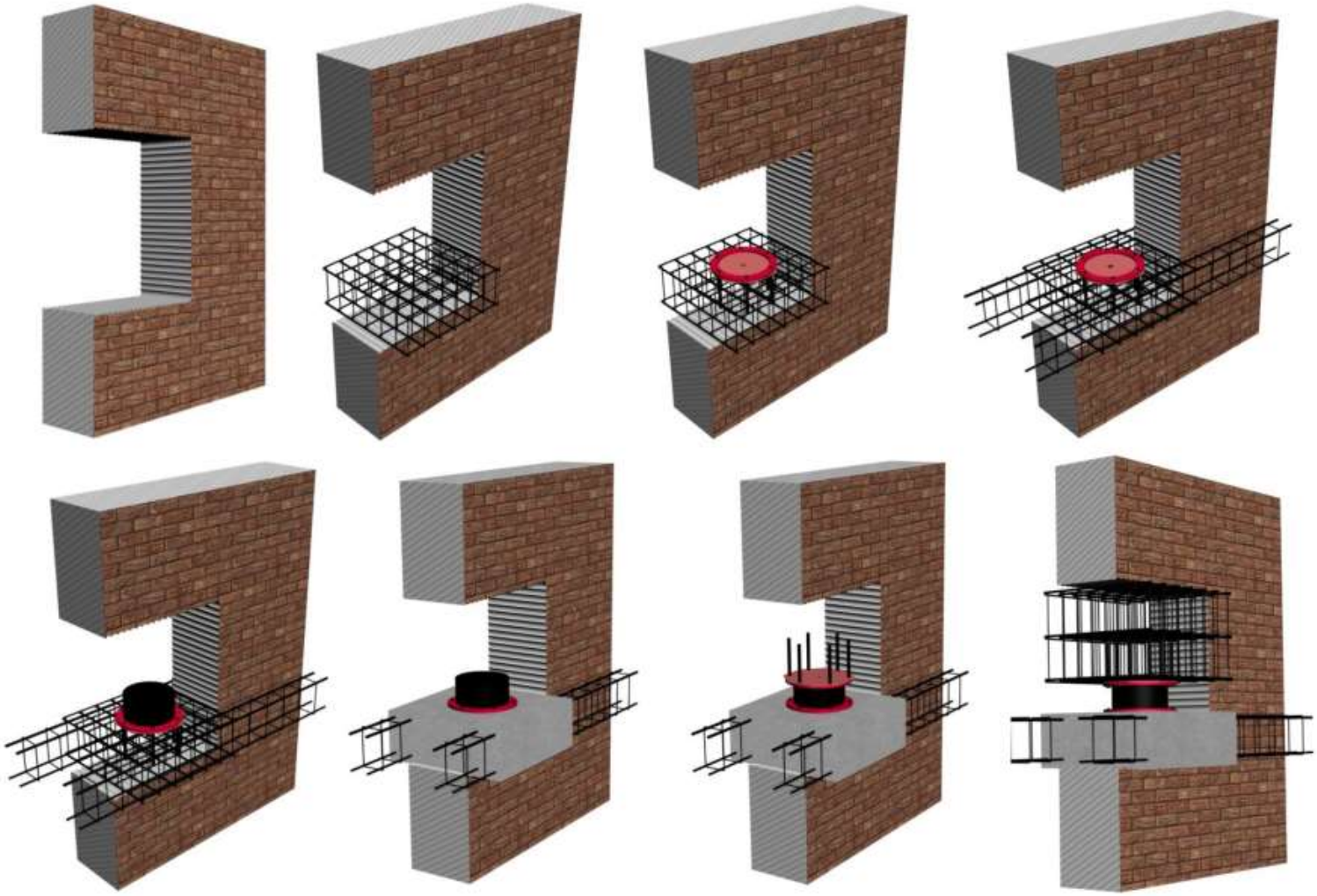
استفاده جداسازهای منفرد در دیوارهای باربر ساختمان های بنایی غیر مسلح مستلزم:

- ایجاد شکاف در دیوارها جهت قرار دادن جداسازها.
- تعبیه المان هایی (معمولاً تیر) جهت انتقال نیرو دیوارهای فوقانی به جداسازها.
- تعبیه المان هایی (معمولاً تیر) جهت انتقال نیرو جداسازها به دیوارهای زیرین.

در ساختمان های بنایی غیر مسلح، تیرها به دو روش در بین دیوارها نصب می شود.

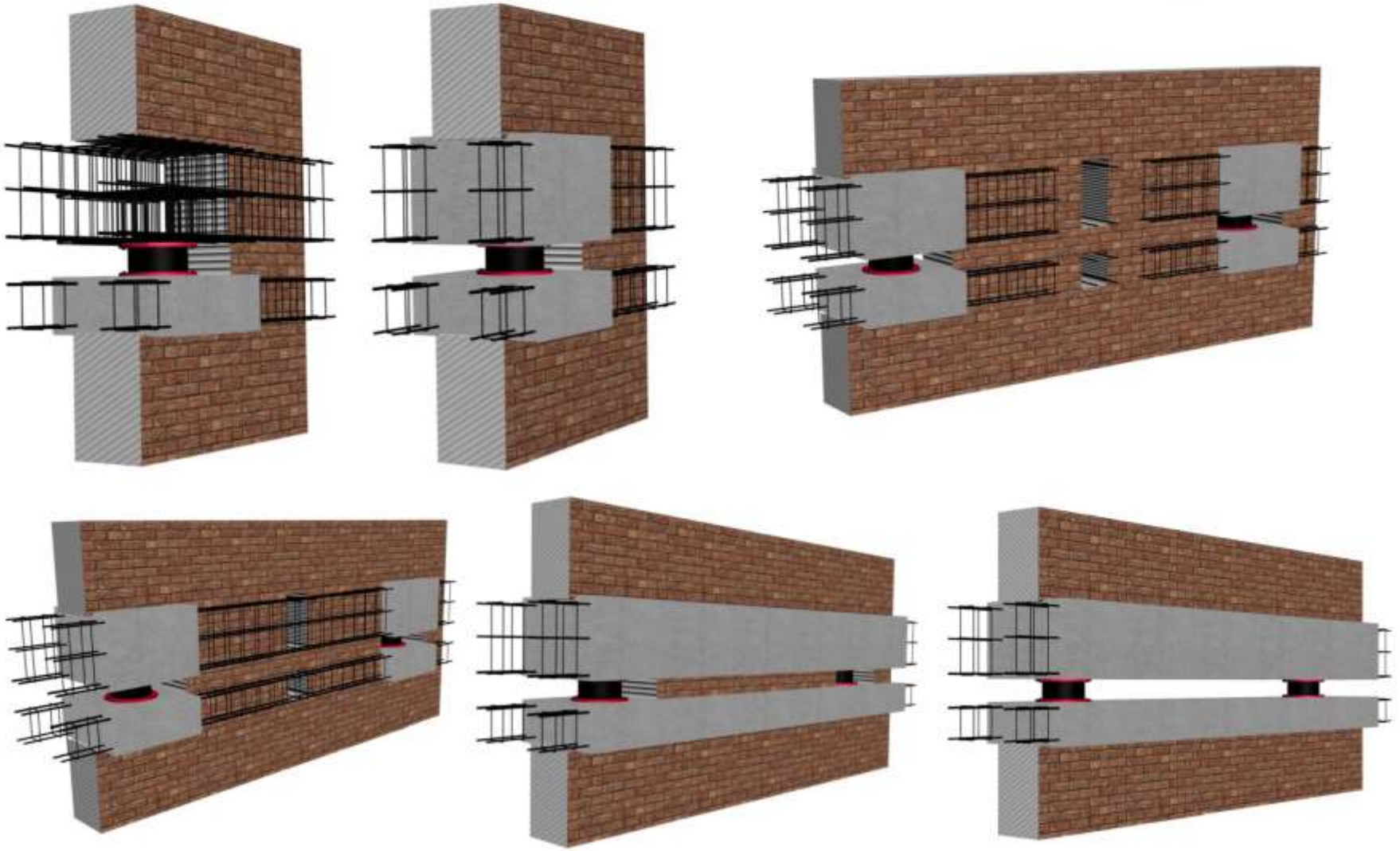
robinson
seismic limited

روش اول: ساخت و اجرای مقطع به مقطع تیر دقیقاً در زیر دیوار

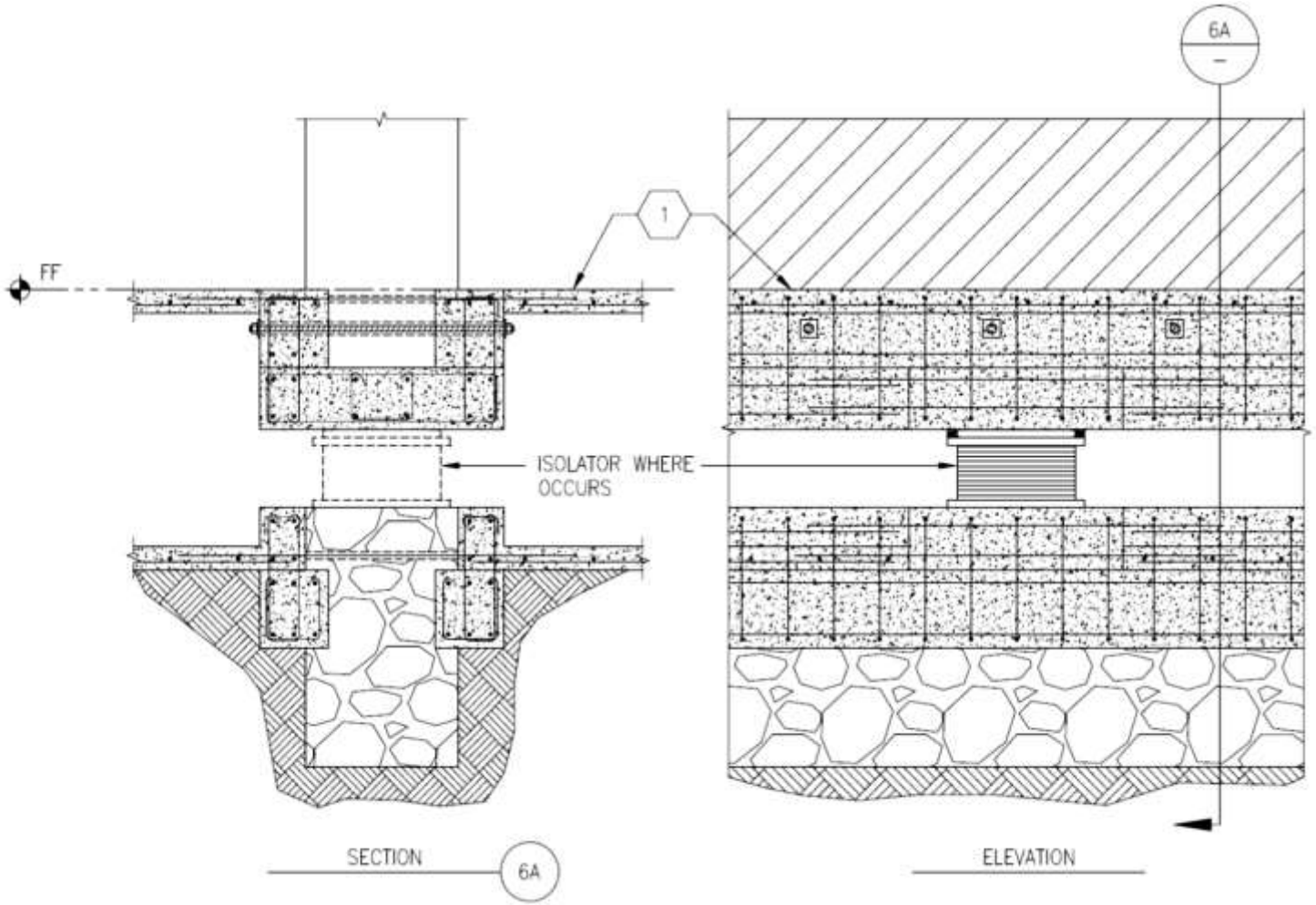


robinson
seismic limited

روش اول: ساخت و اجرای مقطع به مقطع تیر دقیقاً در زیر دیوار



روش دوم: ساخت و اجرای تیرهای ساندویچی در دو طرف دیوار و اتصال آن ها به یکدیگر با میلگردهای پس کشیده.

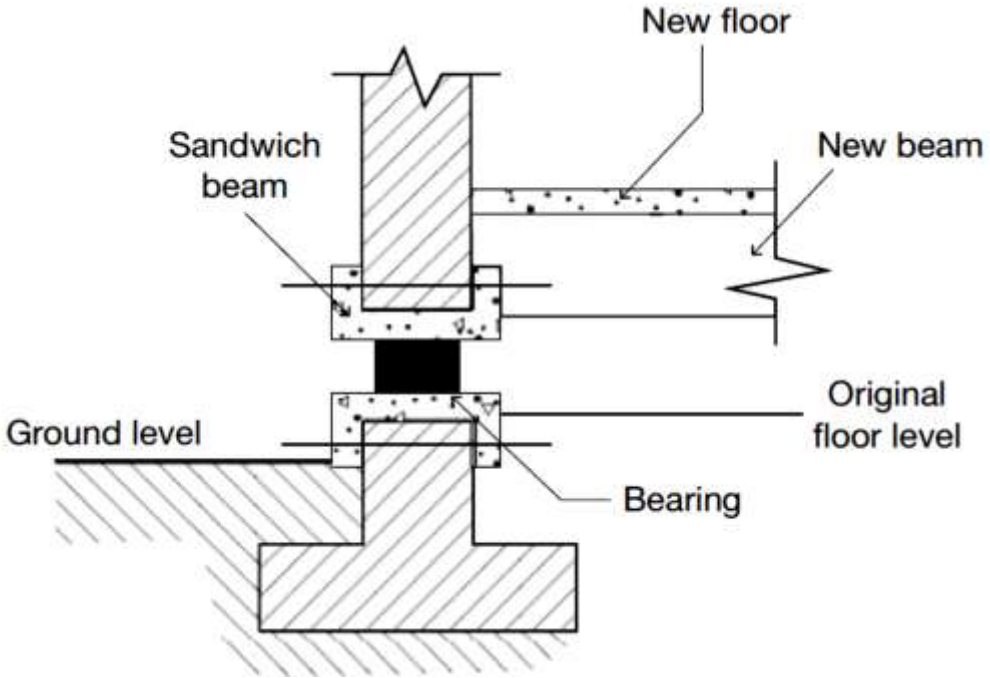


robinson
seismic limited

وجود زیرزمین نصب جداسازها را ساده تر می کند.

در نبود زیرزمین در ساختمان های بنایی غیر مسلح با شالوده کم عمق، می بایست تراز طبقه هم کف را افزایش داد:

- تأمین ارتفاع لازم جهت قرار دادن جداسازها (معمولاً ۶۰۰ – ۳۰۰ میلیمتر).
- تأمین ارتفاع لازم جهت اجرای تیرهای ساندویچی (شاید به میزان ۱ متر).
- تأمین فضای کافی جهت دسترسی به جداسازها و ایجاد امکان بازدید و نگهداری تجهیزات.

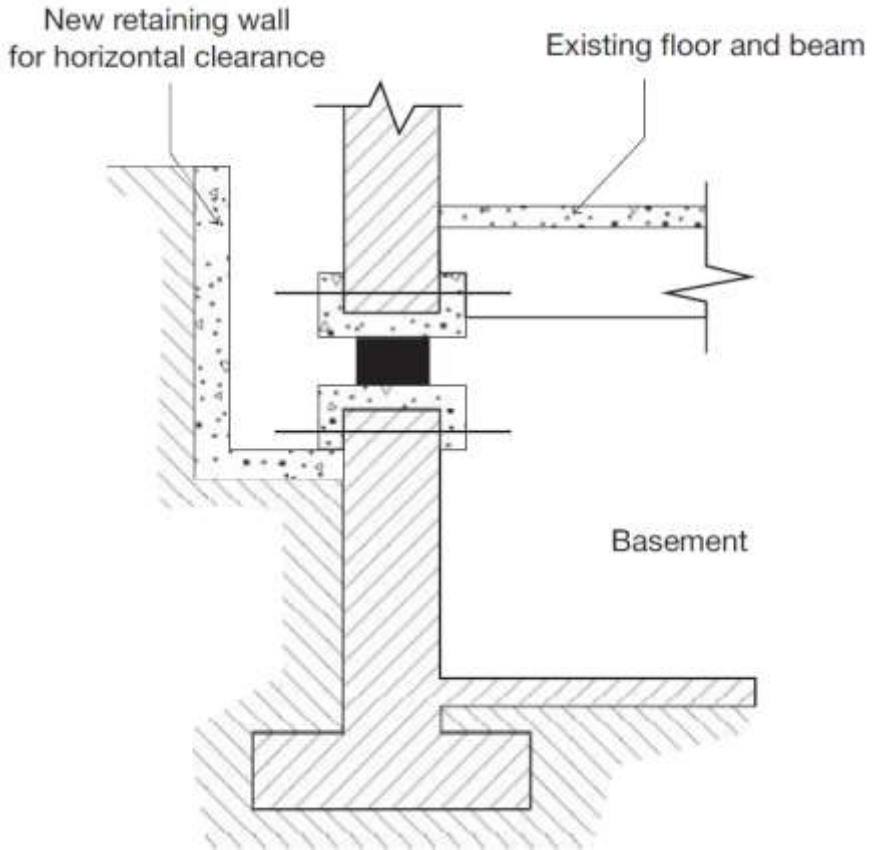


اگر شالوده عمیق باشد ⟸ می توان جداسازها و تیرها را درست در زیر طبقه هم کف ساخت

حجم زیادی از عملیات خاک برداری

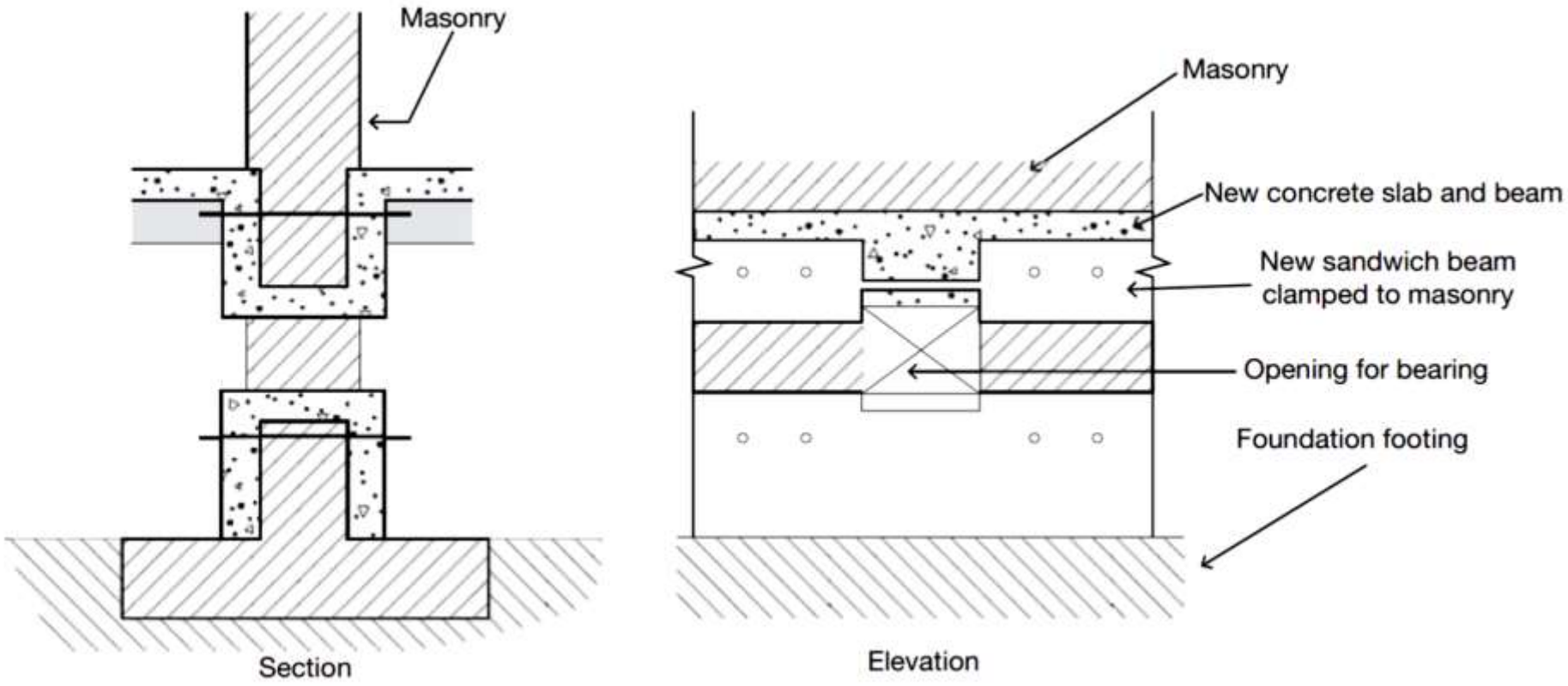
در صورت وجود زیرزمین به ویژه اجرای تیرها بسیار ساده تر می شود:

تیرهای ساندویچی فوقانی، در بالای دیوارهای باربر طبقه زیرزمین اجرا می گردد.



robinson
seismic limited

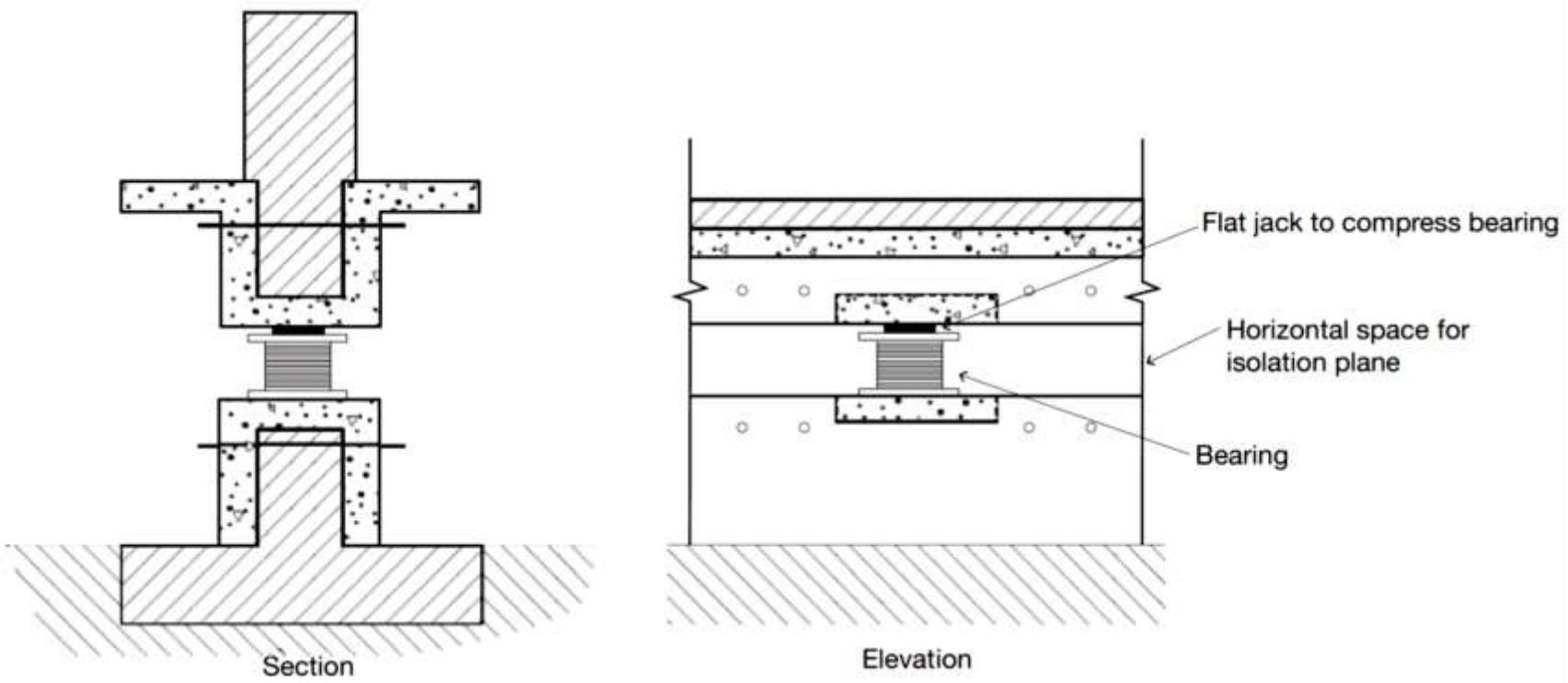
جزئیات اجرایی متداول در نصب جداسازها در ساختمان های بنایی بدون زیرزمین



اجرای تیرهای ساندویچی و ایجاد بازشو برای نصب جداسازها

robinson
seismic limited

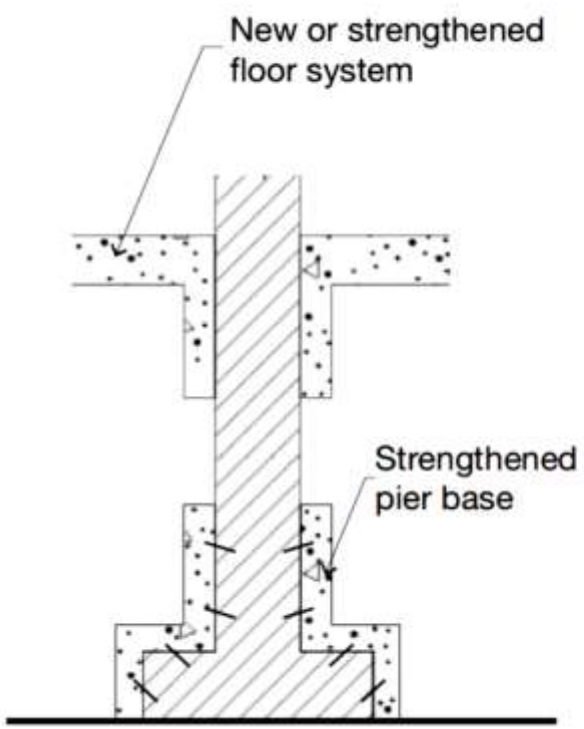
جزئیات اجرایی متداول در نصب جداسازها در ساختمان های بنایی بدون زیرزمین

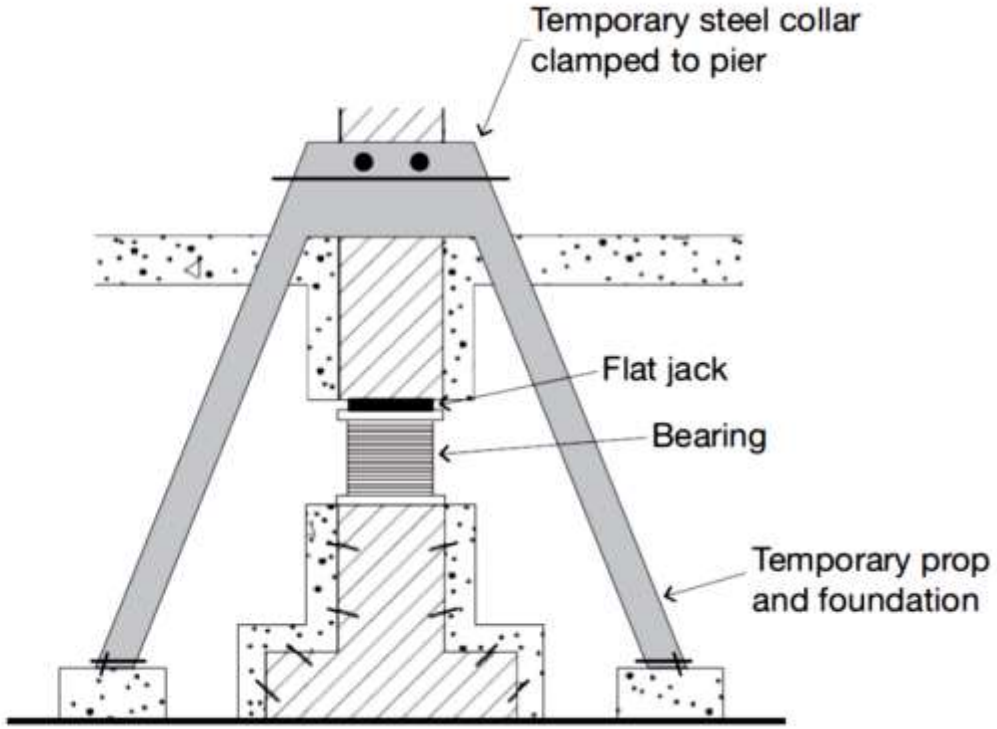


قرار دادن جداسازها و پیش بارگذاری به کمک Flat Jack

robinson
seismic limited

جزئیات اجرایی متداول در نصب جداسازها در ستون یا پایه ساختمان های بنایی





۱- مقاوم سازی پایه و ایجاد یک سیستم دال جدید یا مقاوم سازی شده.

۲- ایجاد نگهدارنده موقت جهت باربرداری از پایه.

۳- برش پایه، قرار دادن جداساز و پیش بارگذاری با Flat Jack.

robinson
seismic limited

در ساختمان های دارای قاب، جداسازی لرزه ای ساده تر است.

علت ساده تر بودن

- بخش کوچکتری در پلان ساختمان نیاز به جداسازی دارد.
- نیازی به تیر برای انتقال نیرو نیست.

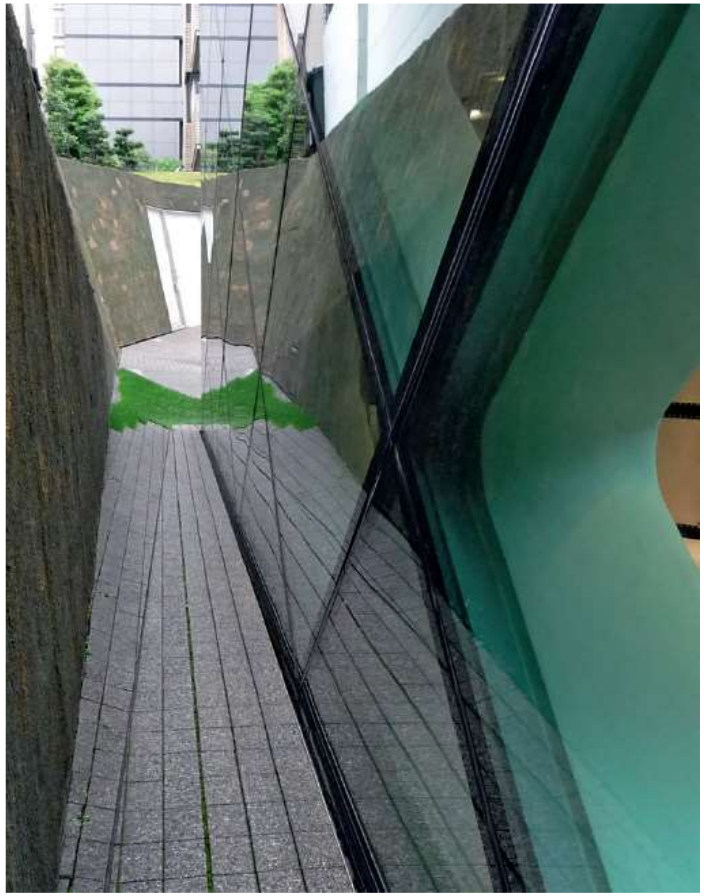
robinson
seismic limited

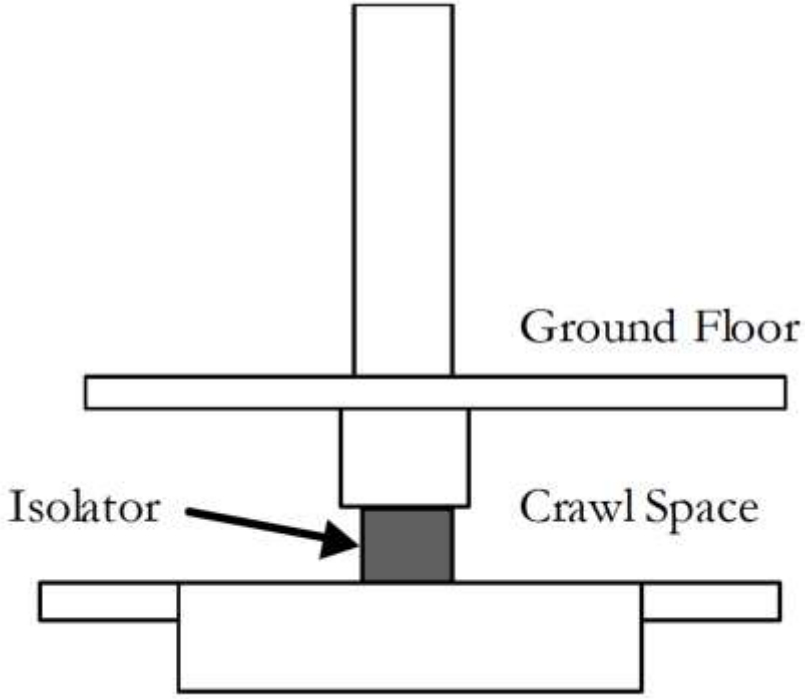
انتخاب تراز جداسازی در مقاوم سازی ساختمان های دارای قاب

۱- معمولاً نیاز به درز حرکتی بین ۳۰۰± تا ۵۰۰± میلیمتر.

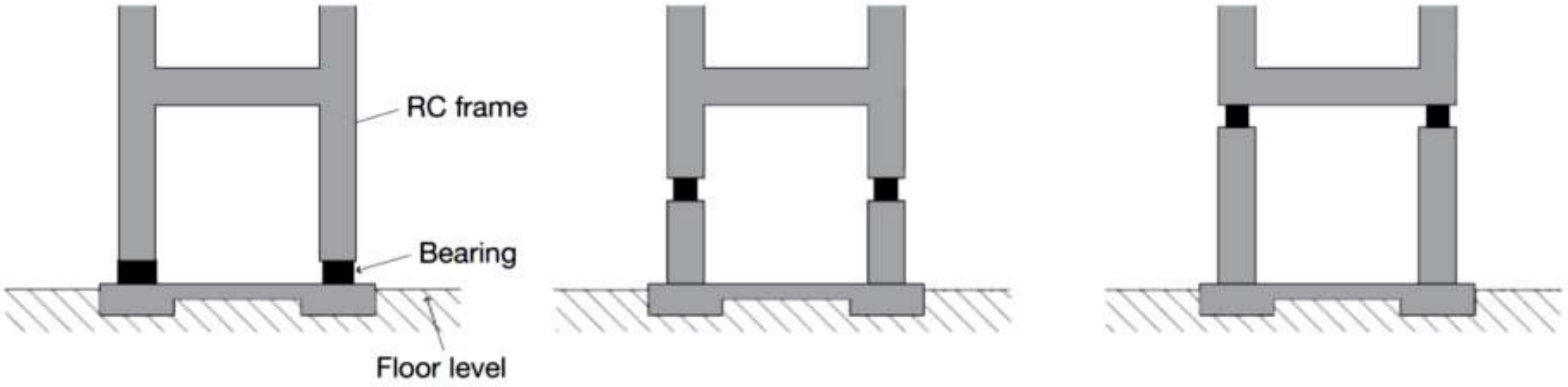
۲- توجه به تأثیر بر تأسیسات، آسانسورها، دیوارهای غیر سازه ای، راه پله ها و ... عبوری از صفحه جداسازی.

۳- نیاز به فضای دسترسی به جداسازها.





انتخاب تراز جداسازی در مقاوم سازی ساختمان های دارای قاب



- قرار دادن تکیه گاه ها در پای ستون ها: کمتر معمول، اعمال خمش طره ای به ستون ها.
- قرار دادن تکیه گاه ها در میانه ارتفاع ستون ها: معمول تر، خمش بین المان فوقانی و تحتانی تقسیم شده، مسأله خمش های ثانویه $P-\Delta$.
- قرار دادن تکیه گاه ها در زیر تیرهای طبقه اول، اعمال خمش طره ای به ستون ها طبقه هم کف، به حداقل رساندن خمش در المان های طبقه اول.

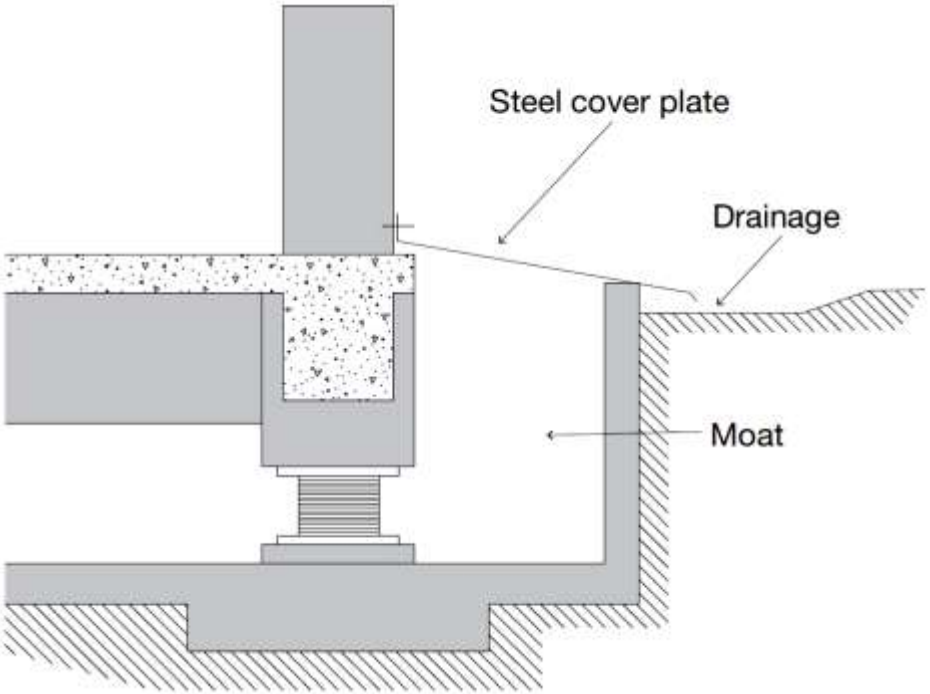
برخی مسائل و محدودیت ها در مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای

۱- سازه موجود باید بریده شود: برای نصب در ستون ها نیاز به حمل موقت ستون ها است.

۲- برای نصب در دیوارها، می بایست از تیرهایی جهت تقویت یا انتقال بار استفاده نمود.

۳- معمولاً دیوار موجود برای انتقال خمش ناشی از نیروی جداسازها، نیاز به مقاوم سازی دارد.

۴- نیاز به ایجاد امکانی جهت جابجایی روسازه تا ۵۰۰ میلیمتر یا حتی بیشتر، می باشد.



robinson
seismic limited

معرفی دو پروژه مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای

ساختمان سالت لیک سیتی و حومه

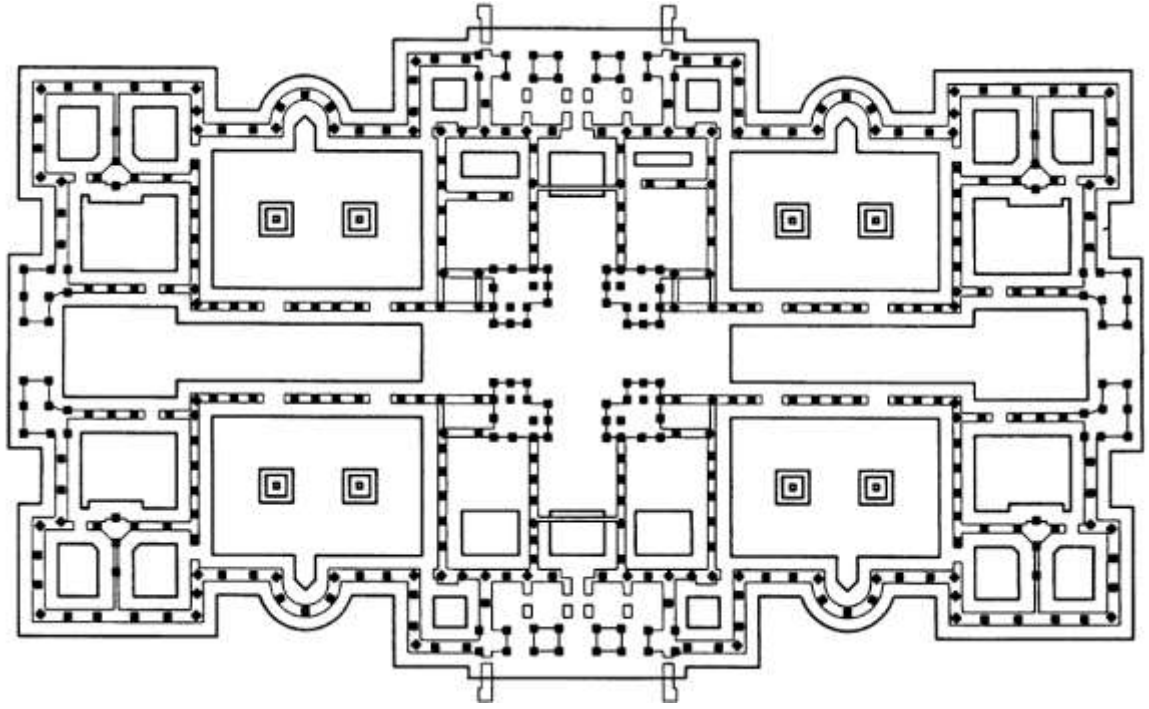
- احداث در سال ۱۸۹۴.
- پلان تقریباً ۸۱ متر در ۳۹ متر.
- ارتفاع ساختمان ۳۰ متر با برج ساعتی به ارتفاع ۷۶ متر.
- ساخته شده از آجر و ماسه سنگ غیر مسلح.
- ضخامت دیوار در پایین برج ساعت به ۲/۵ متر می رسد.
- گسل واسچ در فاصله ۲ کیلومتری شرق ساختمان.
- تحمل خسارتی کم در زلزله سال ۱۹۴۳.
- خسارت شدید به ساختمان های آجری غیر مسلح.

شروع مطالعات مقاوم سازی در سال ۱۹۷۵

- مطالعات ساختگاهی نشان داد که احتمال وقوع شتاب بیشینه ۰/۵۵g وجود دارد.
- سه راه حل مقاوم سازی شامل طرحی برای جداسازی لرزه ای مقایسه شد.
- دو روش متعارف مستلزم تخریب و بازسازی بخش داخلی ساختمان بود.
- جداسازی لرزه ای هزینه کمتر و مداخلات کمتری را از نظر معماری تحمیل می کرد.

مشخصات سیستم جداسازی مورد نظر

- ۴۴۷ عدد LRB مربعی شکل با طول ۴۲/۵ سانتیمتر و ارتفاع ۳۷/۵ سانتیمتر.
- دوره تناوب جداسازی معادل ۲/۵ ثانیه (دوره تناوب ارتعاشی ساختگاه ۱/۲ ثانیه).
- جابجایی طرح جداسازهای لرزه ای معادل ۱۲/۵ سانتیمتر.
- برش پایه حالت جداسازی شده معادل ۰/۰۸g (برش پایه ثابت معادل ۰/۵۵g).



شروع اجرای طرح مقاوم سازی در سال ۱۹۸۴

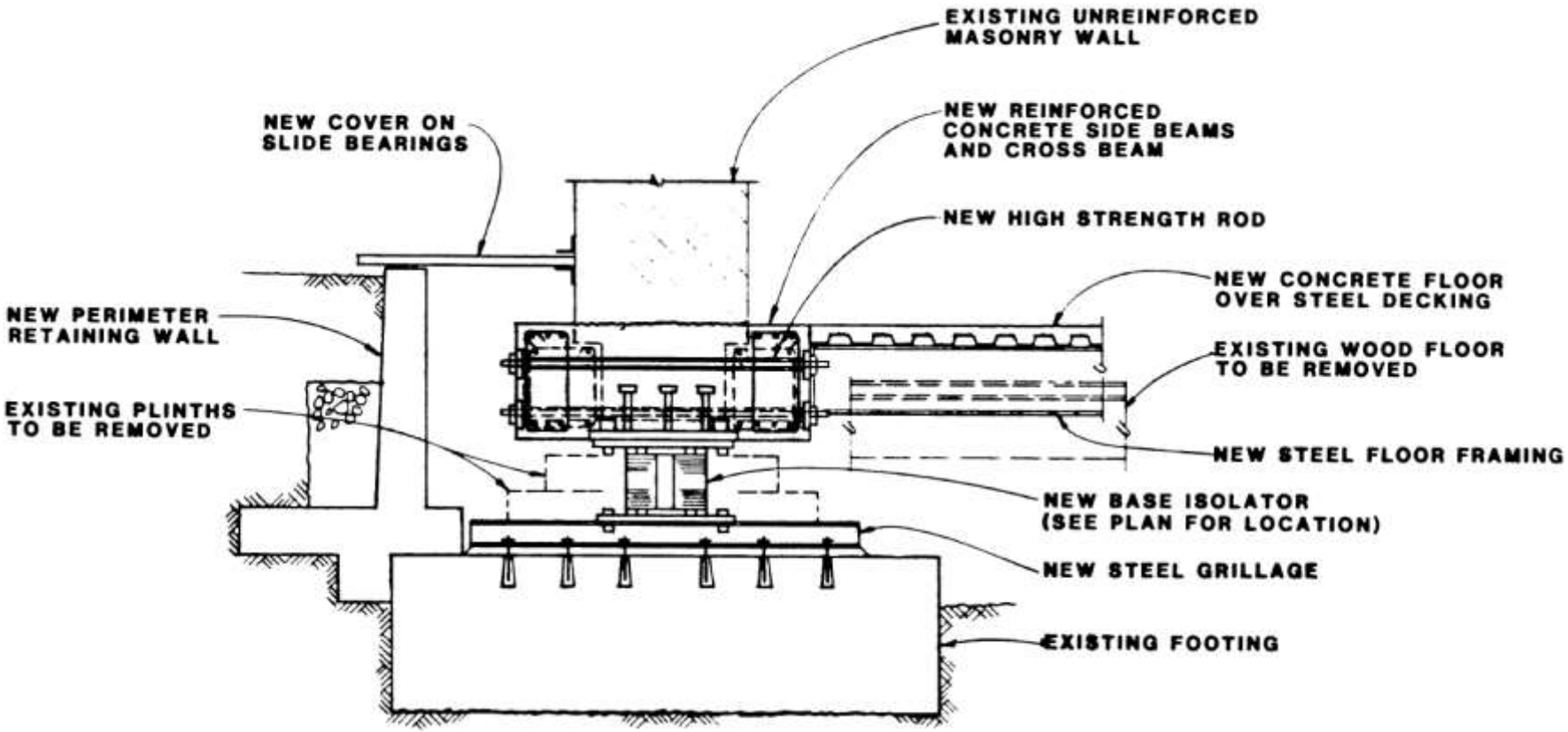
- ساخت تیرهای ساندویچی در دو طرف دیوارها:

۱- دیوارها در هر دو طرف برای قرار گیری تیرها به مقدار ۱۰ سانتیمتر بریده شد.

۲ - استفاده از میلگردهای پس کشیده برای پرچ کردن دیوار و مصالح بین دو تیر.

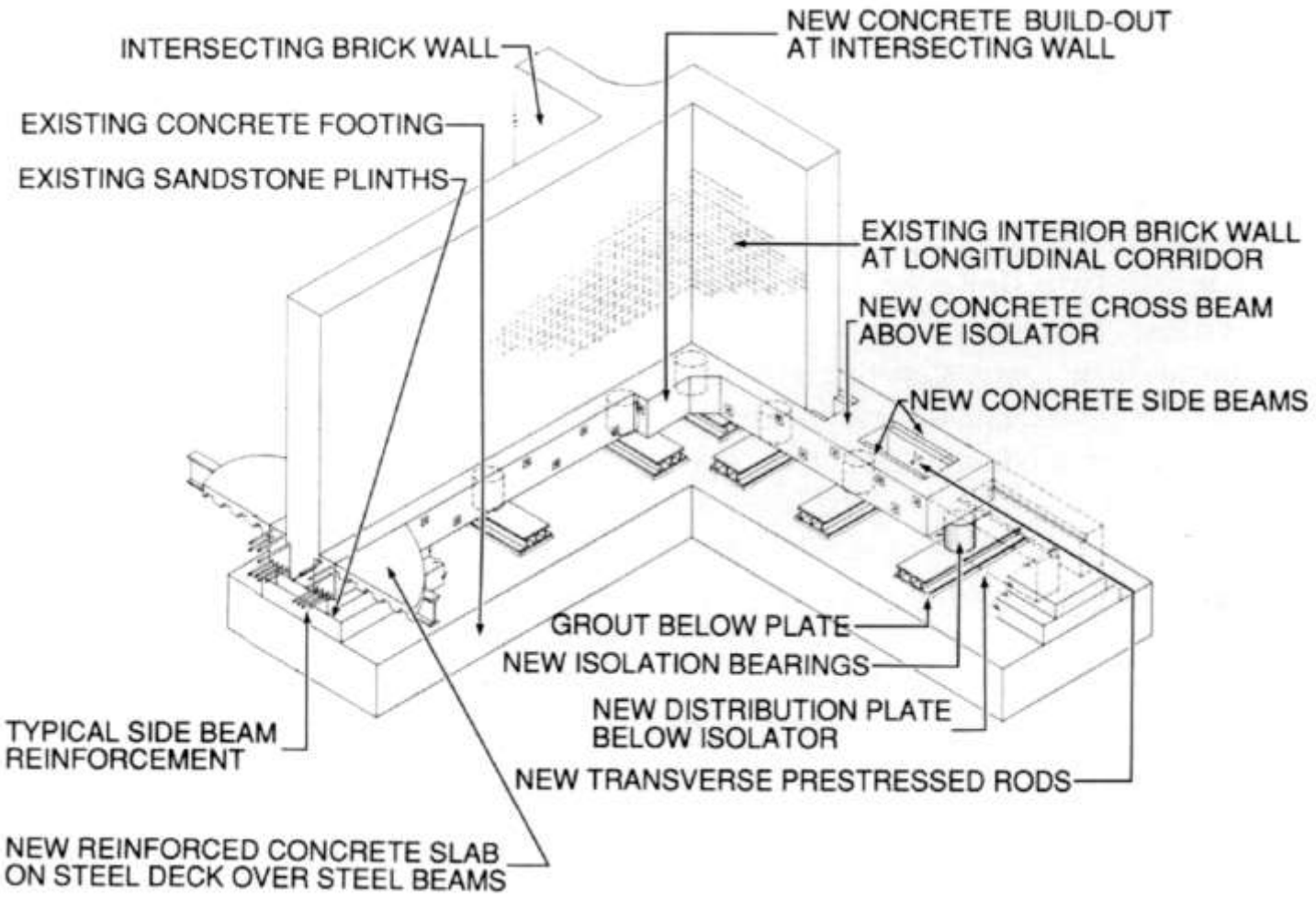
- حذف تمامی مصالح دیوار در محل جداسازها.
- اجرای یک تیر عرضی در زیر دو تیر ساندویچی برای انتقال نیرو به جداسازها.
- اجرای جداسازها.
- اجرای چند تیر با بال باریک در زیر جداسازها و جوش دادن آن ها به هم، جهت جلوگیری از تمرکز تنش بر شالوده.
- اجرای یک دال بتنی جدید به عنوان دیافراگم صلب در بالای جداسازها و تبدیل آن ها به سیستمی واحد.

robinson
seismic limited



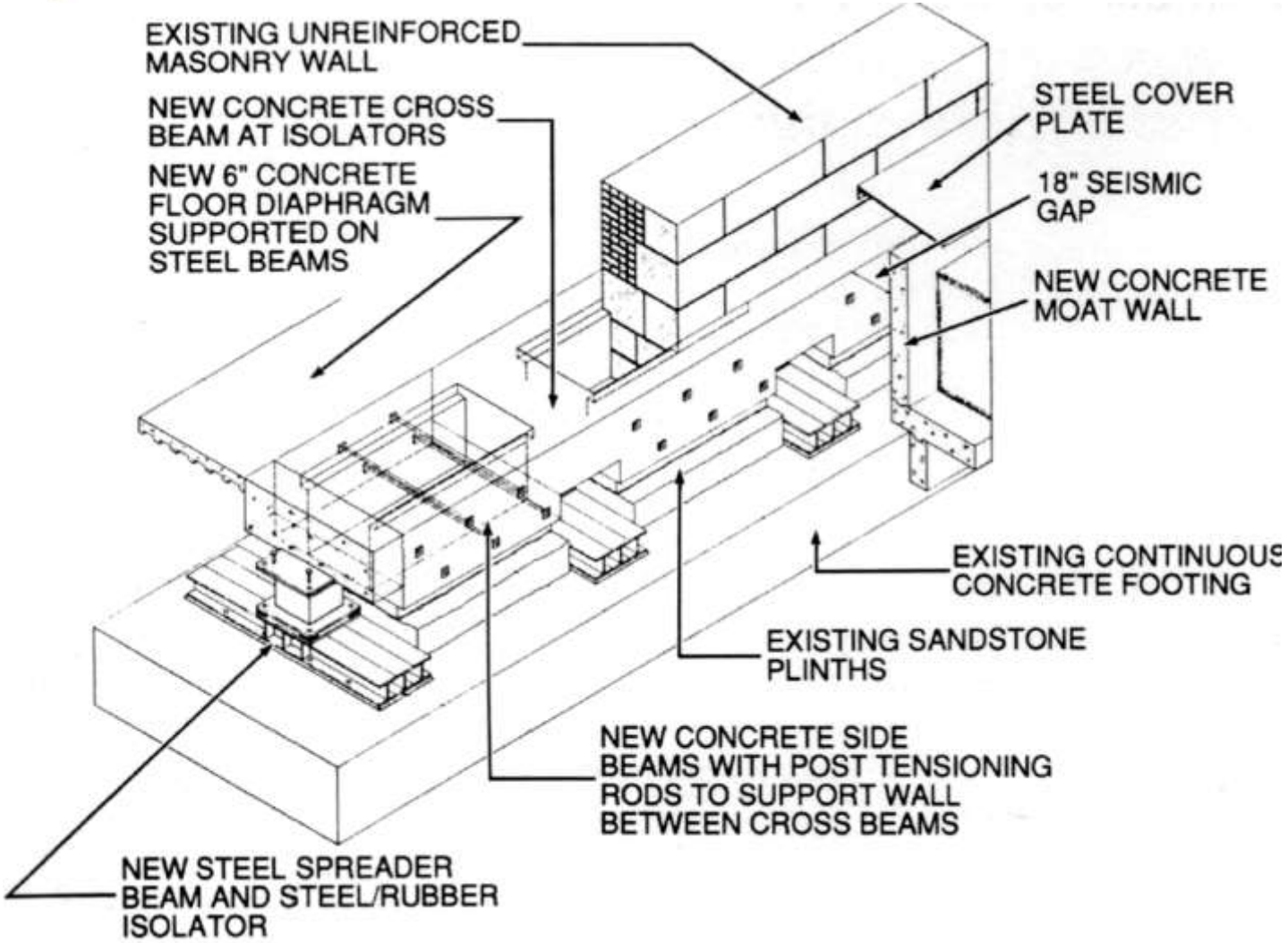
robinson
seismic limited

نمایی ایزومتریک از اجرای جداسازها در دیوارهای داخلی



robinson
seismic limited

نمایی ایزومتریک از اجرای جداسازها در دیوارهای خارجی



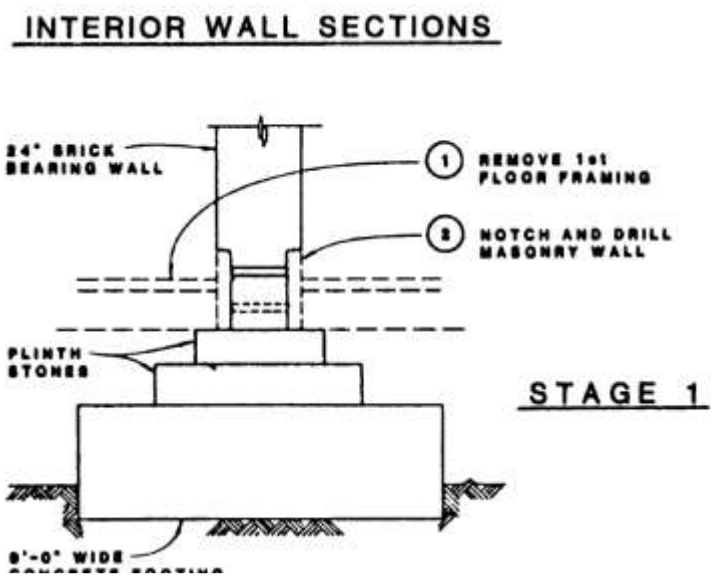
robinson
seismic limited

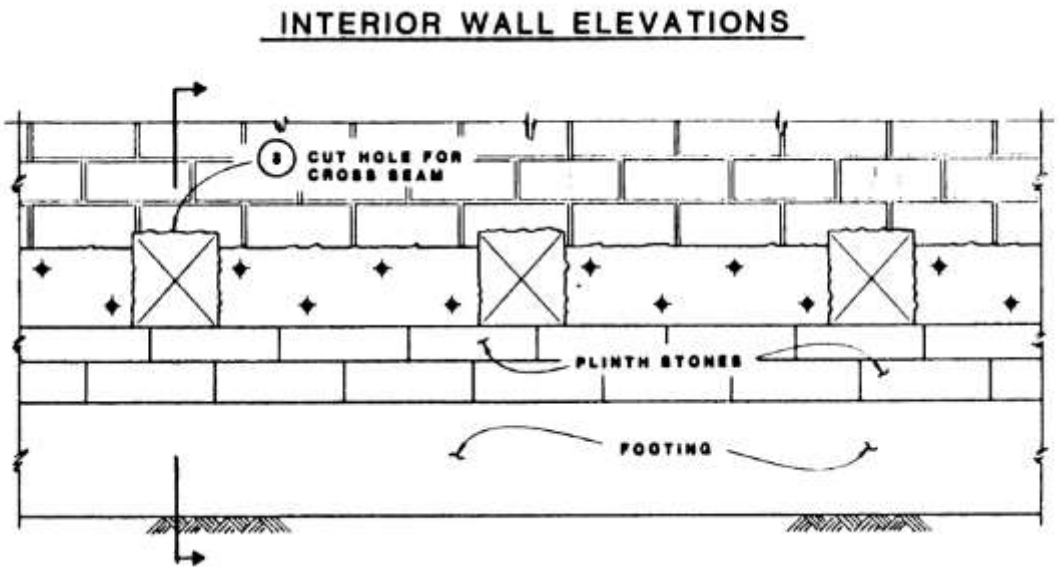
ترتیب مراحل اجرایی

۱- حذف قاب بندی و تیر ریزی طبقه اول

۲- ایجاد شکاف در دیوار آجری

۳- ایجاد حفره برای تیرهای عرضی

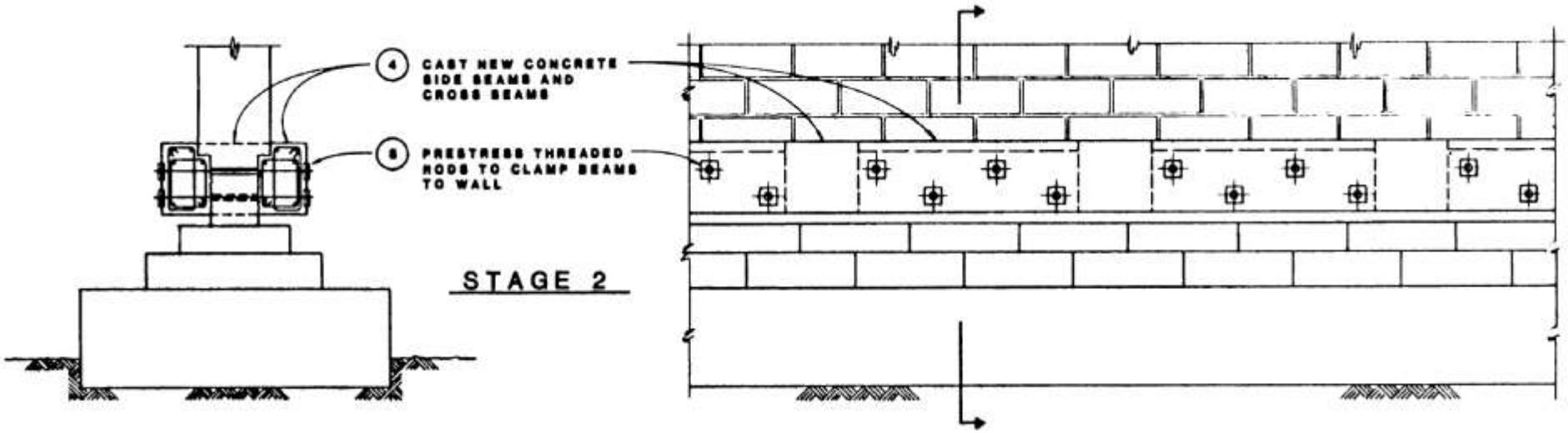




ترتیب مراحل اجرایی

۴- اجرای تیرهای بتنی ساندویچی کنار و عرضی.

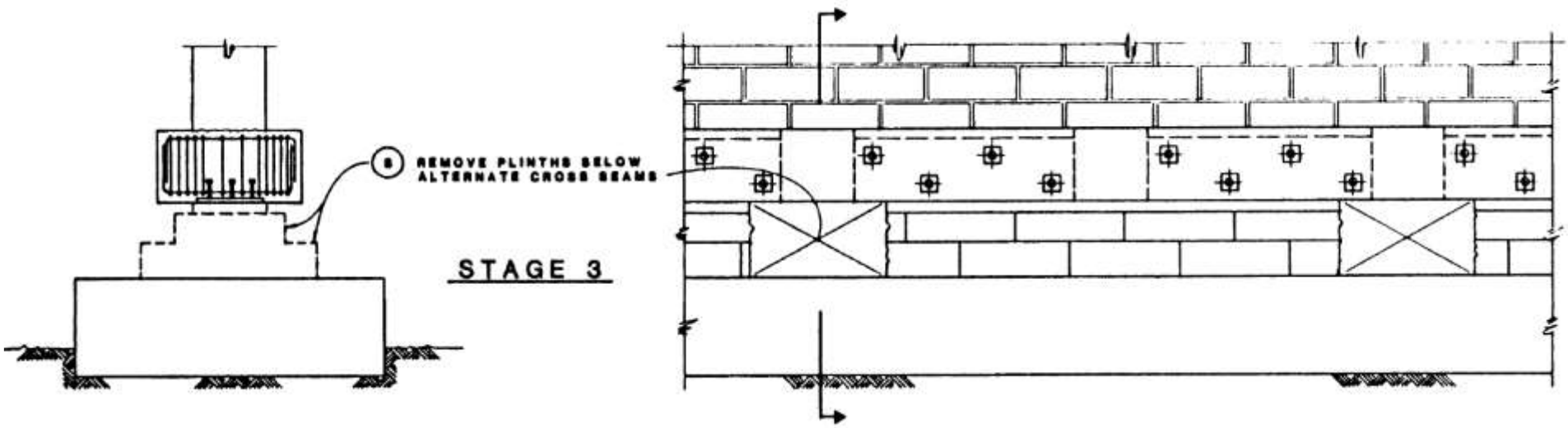
۵- پرچ کردن تیرها به دیوار با میلگردهای پیش تنیده.



robinson
seismic limited

ترتیب مراحل اجرایی

۶- حذف سرستون ها به صورت یکی در میان.



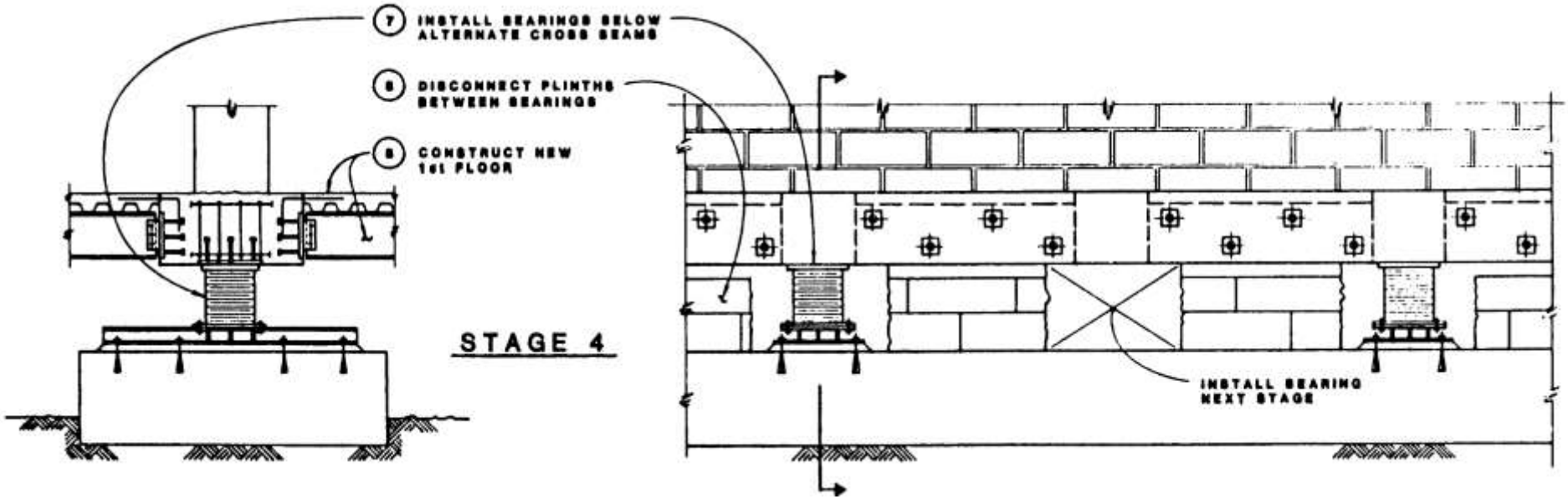
robinson
seismic limited

ترتیب مراحل اجرایی

۷- نصب تکیه گاه ها زیر تیرهای عرضی یکی در میان.

۸- جدا نمودن سرستون ها بین تکیه گاه ها.

۹- ساخت یک طبقه جدید.

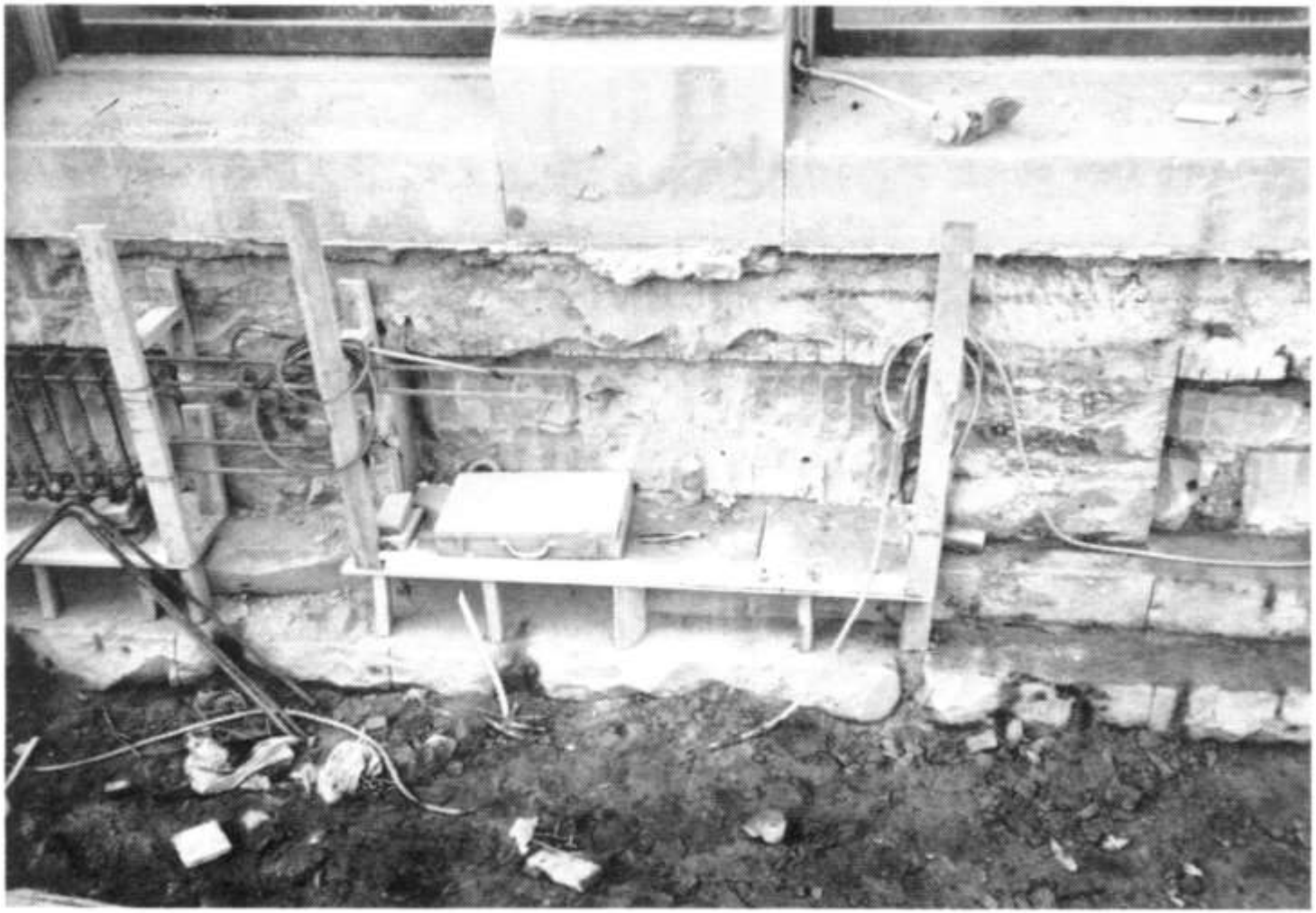


robinson
seismic limited

حفاری به پایین تراز ساختمان و دسترسی به شالوده

robinson
seismic limited

قالب بندی برای اجرای تیرهای ساندویچی کناری

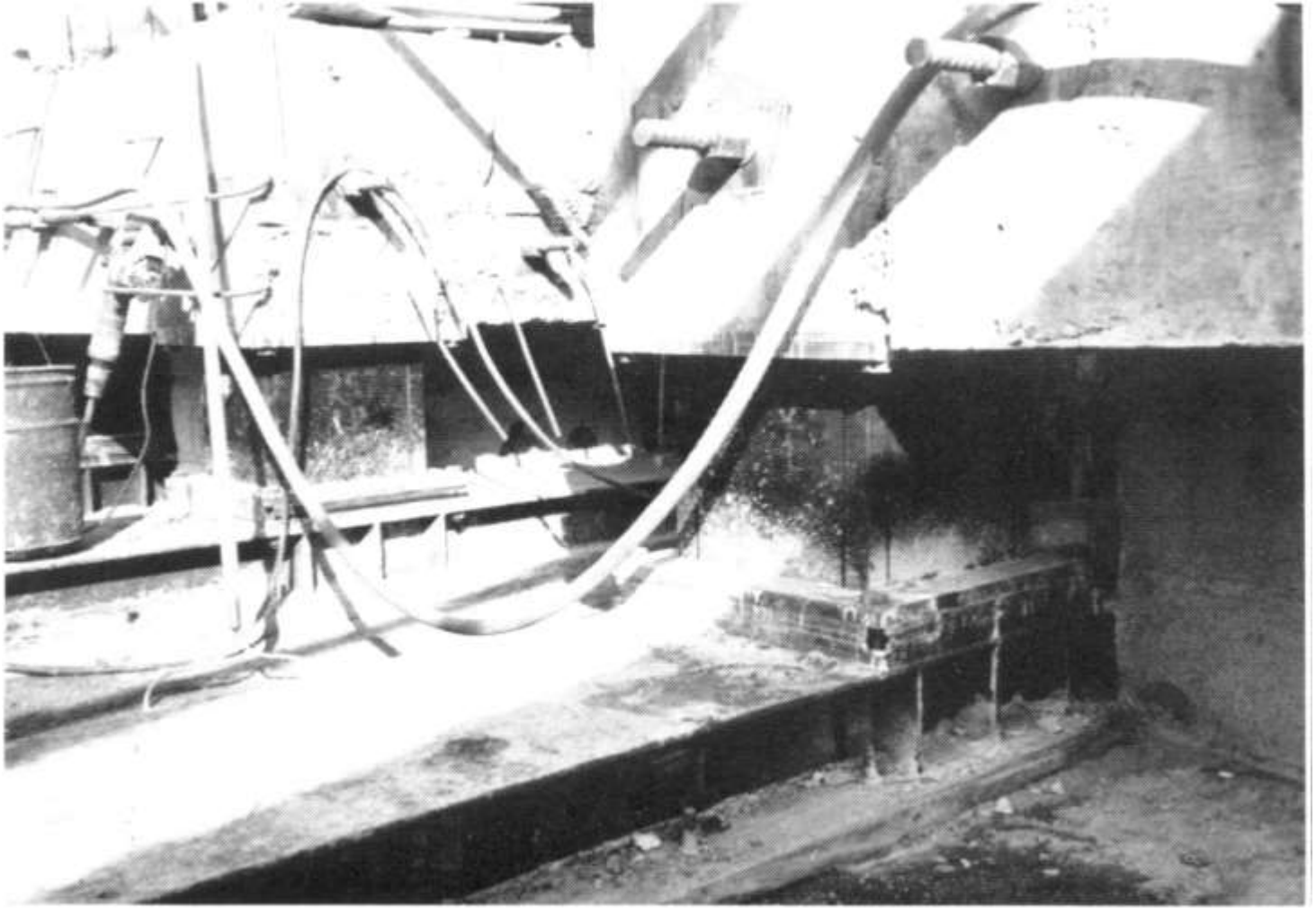


robinson
seismic limited

آرماتوربندی برای تیرهای ساندویچی

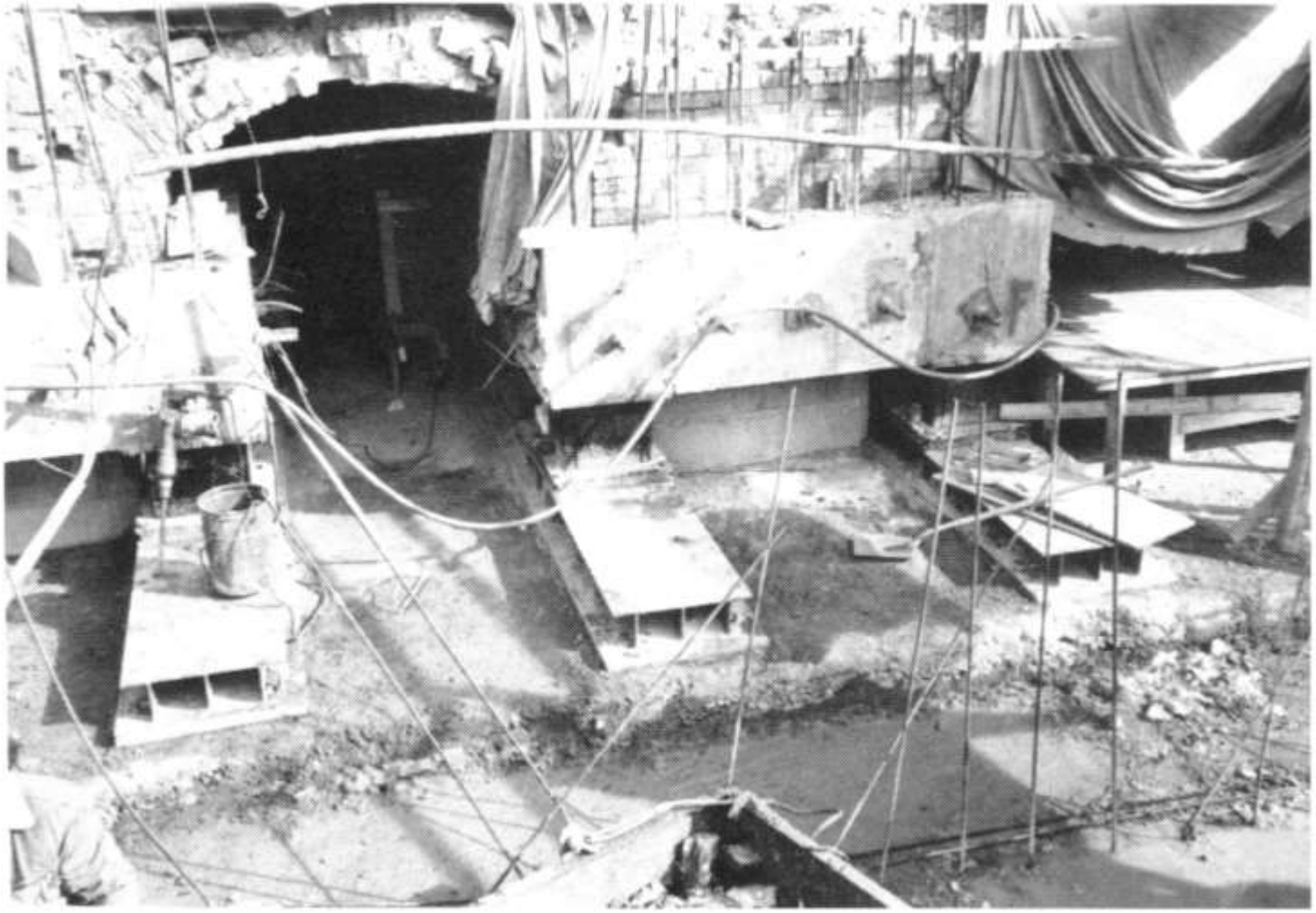
robinson
seismic limited

نصب جداسازهای لرزه ای



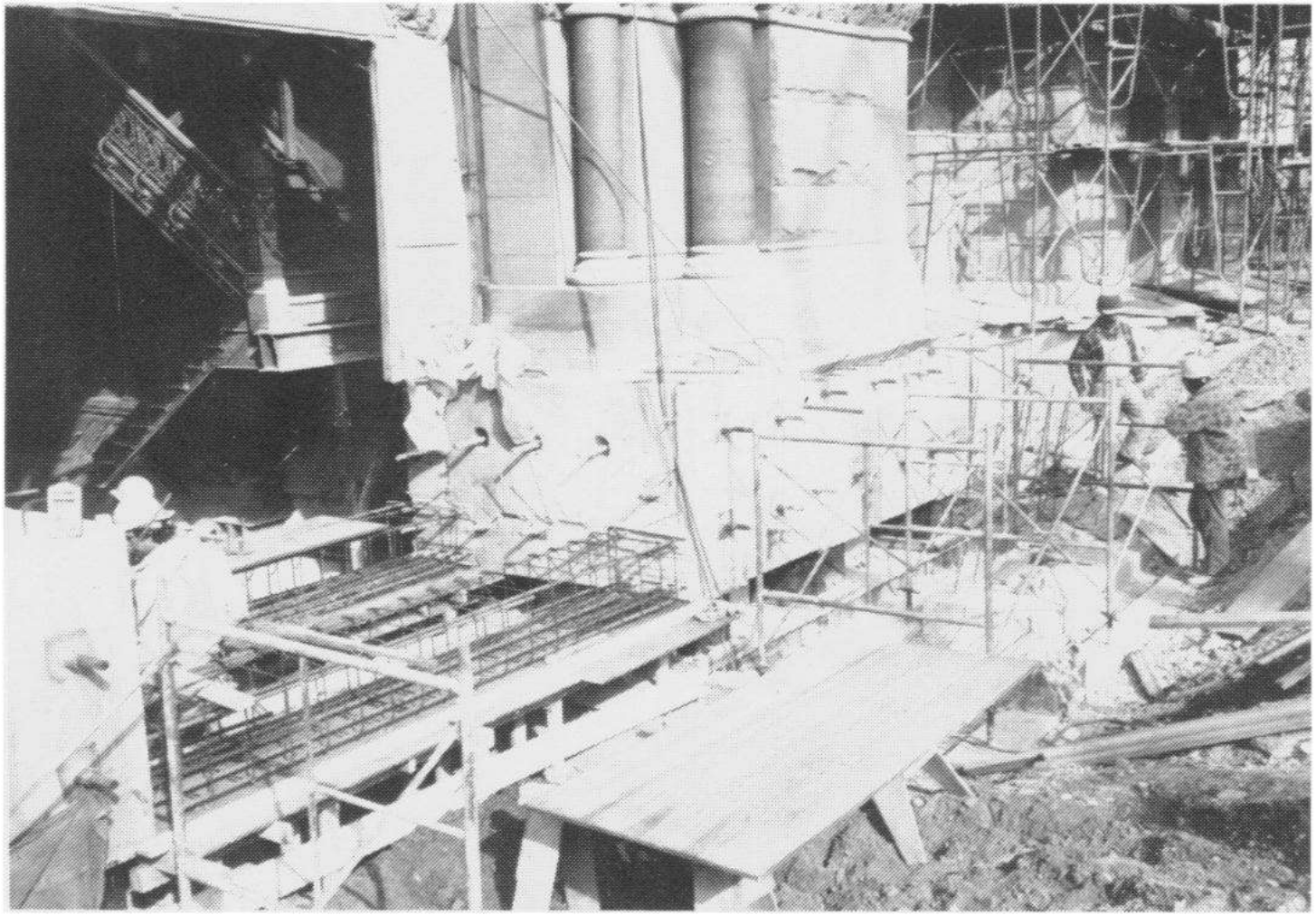
robinson
seismic limited

تکمیل نصب جداسازها



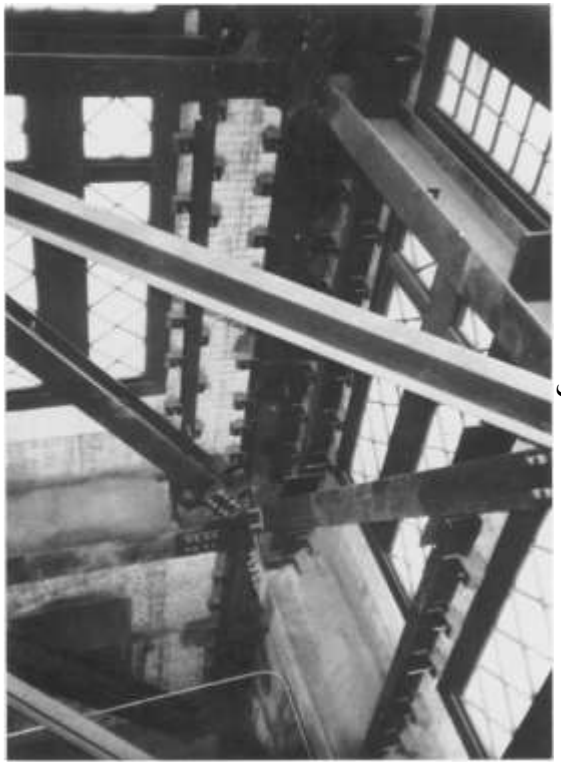
robinson
seismic limited

بتن ریزی نهایی



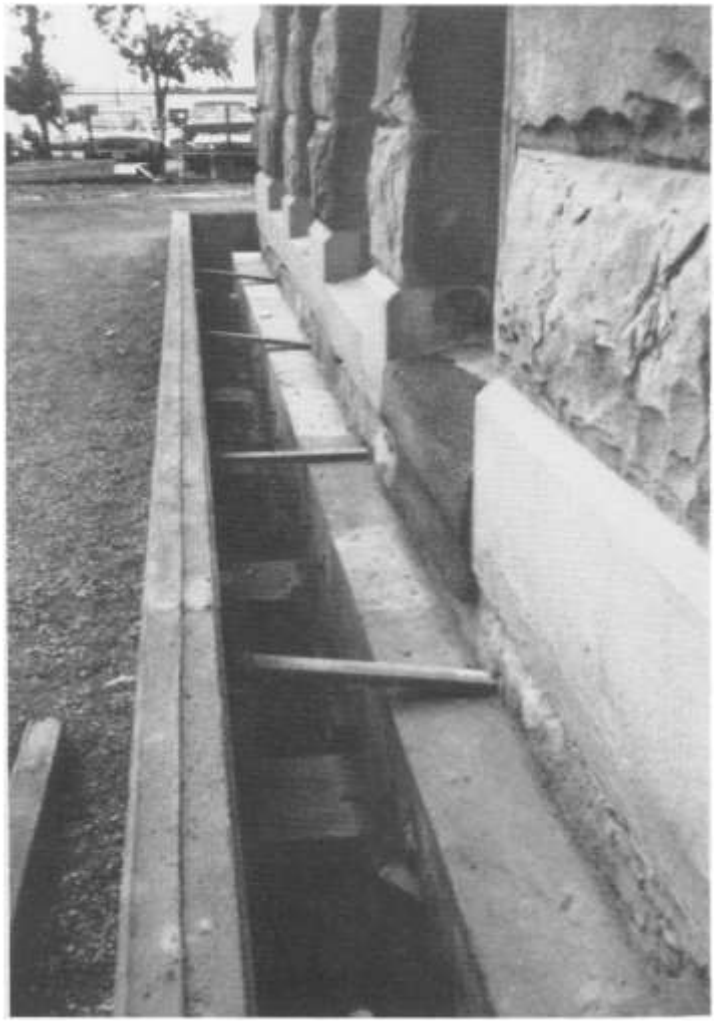
robinson
seismic limited

سایر عملیات مقاوم سازی لرزه ای



- ساخت یک خرپای فضایی فولادی در برج ساعت، جهت پایداری آن و انتقال نیروی لرزه ای.
- ساخت یک دیافراگم سازه ای از جنس پلای وود در شیروانی طبقه پنجم.
- ساخت دیوارهای برشی سازه ای از جنس پلای وود.
- اتصال تمامی دیوارهای بنایی خارجی به کف ها و دیافراگم شیروانی.
- اتصال دیافراگم به دیوارهای بنایی داهلی برای برش و تأمین یک قید کششی بین دیوارها.
- اجرای بتن مسلح سبک بر روی دیافراگم های موجود جهت افرایش سختی و مقاومت.
- ایجاد قید و بست در تمامی اجزا و محتویات که سقوطشان در حین زلزله می توانست موجب آسیب و خسارت شود: شومینه، مجسمه ها، نرده ها، جان پناه ها، کتیبه ها و ....

ایجاد خندقی در دور ساختمان به عرض ۴۵ سانتیمتر و اجرای دیوار حائل.

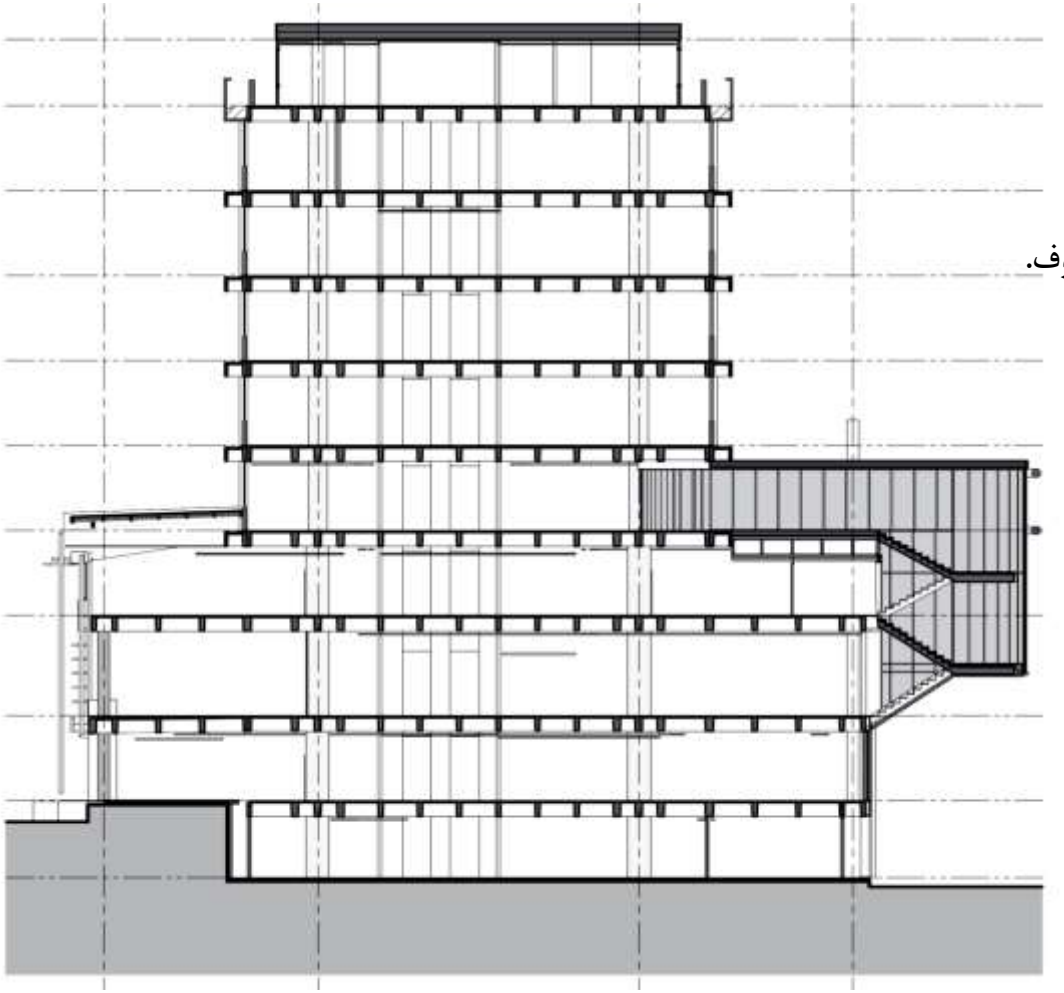


robinson
seismic limited

ساختمان رنکین براون، ولینگتون

ساختمان رنکین براون، ولینگتون

- کتابخانه دانشگاه ویکتوریا: احداث در اوایل دهه ۶۰ میلادی.
- قرار گرفته بر ساختگاهی شیب دار.
- دارای دو تراز زیر زمین، دو طبقه پادیوم و یک برج ۸ طبقه.
- ساخته شده از بتن مسلح.
- کف ها شامل دال های دو طرفه پیش ساخته پس کشیده مجوف.
- ۸ قاب عرضی و ۲ قاب طولی: ۱۶ ستون اصلی.



شروع مطالعات آسیب پذیری لرزه ای در سال ۲۰۰۱

- حفظ عملکرد این کتابخانه برای دانشگاه ویکتوریا حیاتی بود.
- در صورت وقوع زمین لرزه طرح، در ولینگتون، تخریب این ساختمان اقتصادی تر از ترمیمش بود.
- حق بیمه زلزله برای این ساختمان بسیار بالا بود.

هزینه/فایده در مورد روش های مختلف مقاوم سازی

جذابیت جداسازی لرزه ای:

- کاهش برش پایه به میزان ۵۰٪
- عدم نیاز به هرگونه عملیات مقاوم سازی در روسازه.
- حفظ کارکرد کتابخانه در حین عملیات مقاوم سازی.
- کاهش قابل توجه حق بیمه زلزله: جبران هزینه عملیات مقاوم سازی در زمانی کوتاه.

مشخصات سیستم جداسازی به کار رفته

- ۱۶ عدد LRB مربعی شکل با عرض ۹۷ سانتیمتر و ارتفاع ۴۷/۸ سانتیمتر و هسته سربی به قطر ۱۳۳ میلیمتر
- دوره تناوب جداسازی معادل ۳ ثانیه (دوره تناوب روسازه ۱/۸ ثانیه).
- ساخت جداسازها توسط شرکت رابینسون سایزمیک.
- ساخت ۲ نمونه اولیه و انجام تست (۱۱۸۵۰kN بار قائم، ۱۶۹۰ kN برش و ۵۸۷mm جابجایی)
- انجام ۱۰۰٪ تست محصولات تا جابجایی طرح.
- جداسازها در شرایطی که ساختمان مورد استفاده بود نصب شدند.

robinson
seismic limited

مراحل مقاوم سازی ساختمان رنکین براون

robinson
seismic limited

۱- حفاری به پایین تراز در کل طول ساختمان: دسترسی به پایه ستون ها

robinson
seismic limited

نمای جنوبی از توسعه دو تراز زیر زمین و آشکارسازی تیرها و ستون های اصلی

robinson
seismic limited

۲- قرار دادن پایه های موقت برای حمل تمامی بار ستون ها:

- ۳ پایه در هر دو طرف ستون های تراز ۰.
- ۲ پایه در هر دو طرف ستون های تراز ۱.
- ۱ پایه در هر دو طرف ستون های تراز ۲.

robinson
seismic limited

۳- جک زدن پایه ها برای حمل بار

robinson
seismic limited

۴- برش زدن ستون به کمک الماسه های سیم برش

robinson
seismic limited

تصویری از راه اندازی سیم برش

robinson
seismic limited

۵- بیرون کشیدن بلوک بتنی با یک چهار چرخه.

۶- بستن یک پاشنه فولادی به مقطع بالایی ستون جهت اتصال برشی میان تکیه گاه و مقطع فوقانی ستون.

robinson
seismic limited

۷- قرار دادن تکیه گاه در بین ستون به کمک چهار چرخه:

- تنظیم ارتفاع قرار گیری به کمک جک های پیچی چهار چرخه.
- اتصال جداساز به ستون به کمک پاشنه.
- گروت پاشی بین مقاطع ستون و تکیه گاه ها.

robinson

seismic limited

۸- باربرداری از جک ها پس رسیدن گروت به مقاومت لازم.

۹- ساخت و نصب نبشی های فولادی و بولت کردن آن به صفحه تحتانی جداساز.

نصب هر جداساز ۴ روز و نیم به طول انجامید و سرویس دهی ساختمان بدون اختلال ادامه یافت

۱۰- مقاوم سازی ستون های پیرامونی حامل پادیوم با GFRP و اتصال آن به صورت مفصلی به سقف و کف.

robinson
seismic limited

۱۱- حفر خندقی به عرض ۶۰۰ میلیمتر جهت امکان جابجایی روسازه، اجرای دیوار حائل و پوشاندن درز جابجایی با ورق های فولادی قابل لغزش

تشکر از توجه شما

سایت نمایندگی رسمی شرکت رابینسون سایزمیک

www.rslir.com