



روشن‌های نوین برای محاسبات و تقویت سازه‌ها در برابر
زلزله کار شده در کشور سوئیس

ساسان محاسب
دکترای عمران، پلی تکنیک صنعتی زوریخ (ETH)، سوئیس
جزوه هیئت علمی دانشگاه تهران
Visiting professor at M.I.T Cambridge USA



AUGUST 11 , 2012
AZERBAIJAN EARTHQUAKE VISIT

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



AUGUST 11 , 2012
AZERBAIJAN EARTHQUAKE VISIT

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۱ ارزیابی لرزه ای ساختمان های موجود در سوئیس

دلایل تغییرات و سخت گیری در ضوابط طراحی در آیین نامه های کشور سوئیس (SIA)

- رشد دانش فنی مهندسی زلزله و زلزله شناسی در کشور سوئیس
- عدم طراحی کامل ساختمان های مسکونی مطابق با استانداردهای لرزه ای

ساسان محاسب

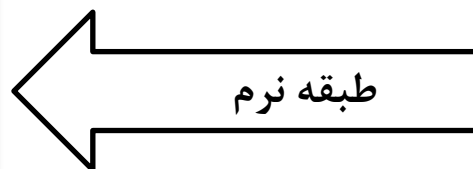
پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۱ ارزیابی لرزه ای ساختمان های موجود در سوئیس

ضعف های سازه ای شایع در کشور سوئیس



ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۱ ارزیابی لرزه ای ساختمان های موجود در سوئیس

ضعف های سازه ای شایع در کشور سوئیس



اجرای ساختمان بنایی بدون دیوارهای بتن مسلح

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۲ دلایل ارزیابی ایمنی لرزه ای ساختمان

- طبقه بندی کاربردی و سازه ای ساختمان ها
(بر اساس تعداد سکنه ، پتانسیل خرابی ، میزان در خطر بودن ، اهمیت ساختمان در مدیریت بحران)



درجه اهمیت I
مسکونی



درجه اهمیت II
مدرسه



درجه اهمیت III
ایستگاه آتش نشانی

سازان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۲ دلایل ارزیابی ایمنی لرزه ای ساختمان

- اولویت بندی (برنامه نگهداری ، ارزیابی و در صورت نیاز مقاوم سازی)
 - سازه های با درجه اهمیت II
 - سازه های با درجه اهمیت III
- پتانسیل بازسازی و بهسازی هم زمان
- برنامه ریزی برای امکان سنجی پتانسیل مقاوم سازی ساختمان ها براساس فاکتور تحلیل منفعت و ضرر

سازمان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۳ ارزیابی ایمنی لرزه ای مطابق (SIA2018) PRE-STANDARD

$$\alpha_{eff} = \frac{R_d}{E_d} \quad \text{ضریب خدمت پذیری (مقدار مقاومت در سطح طراحی)}$$

α_{eff} بزرگتر و مساوی ۱ باشد یعنی: ضوابط طراحی برای اجرا تامین گردیده است (دارای ایمنی کافی)

α_{eff} کمتر از ۱ باشد یعنی: نیاز به ارزیابی لرزه ای برای مقاوم سازی بر اساس ضوابط آیین نامه مطابق با

عمر مفید باقیمانده ساختمان (۲۰ تا ۵۰ سال)

سازان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۱-۳ ارزیابی ایمنی لرزه ای مطابق (SIA2018) PRE-STANDARD

۲ - در صورتی که مقدار ضریب خدمت‌پذیری حدفاصل دو حد آستانه α_{min} و α_{adm} قرار گیرد، میزان خطرپذیری برای ساکنین با انجام مقاوم‌سازی لرزه‌ای کاهش می‌یابد در حالی که هزینه‌های اجرایی نیز در حد منطقی و معقول خواهند بود.

۳ - در صورتی که مقدار ضریب α_{eff} بیش از حد آستانه α_{adm} باشد، وضعیت موجود قابل قبول خواهد بود.

سازمان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۲- استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای ساختمان

روش اول: بهبود منظمی ساختمان

اصولا کلیه روشهای مقاوم سازی سازه ای در راستای کمک به بهبود منظمی ساختمان در توزیع سختی،

مقاومت و جرم سیستم سازه ای در پلان و ارتفاعی باشند. لذا، اعضای سازه ای جدید باید به گونه ای

طراحی و اضافه شوند تا منظمی مورد نظر سیستم جدید سازه ای نیز تامین گردد

ساسان محاسب

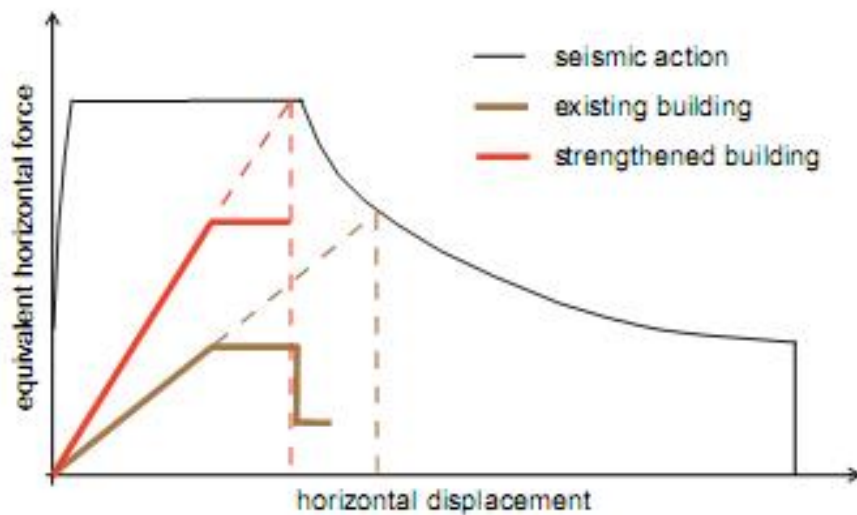
پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۲ - استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای

روش دوم: افزایش مقاومت سازه



ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سویسی

۲ - استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای

روش سوم: افزایش انعطاف پذیری سازه



ساسان محاسب

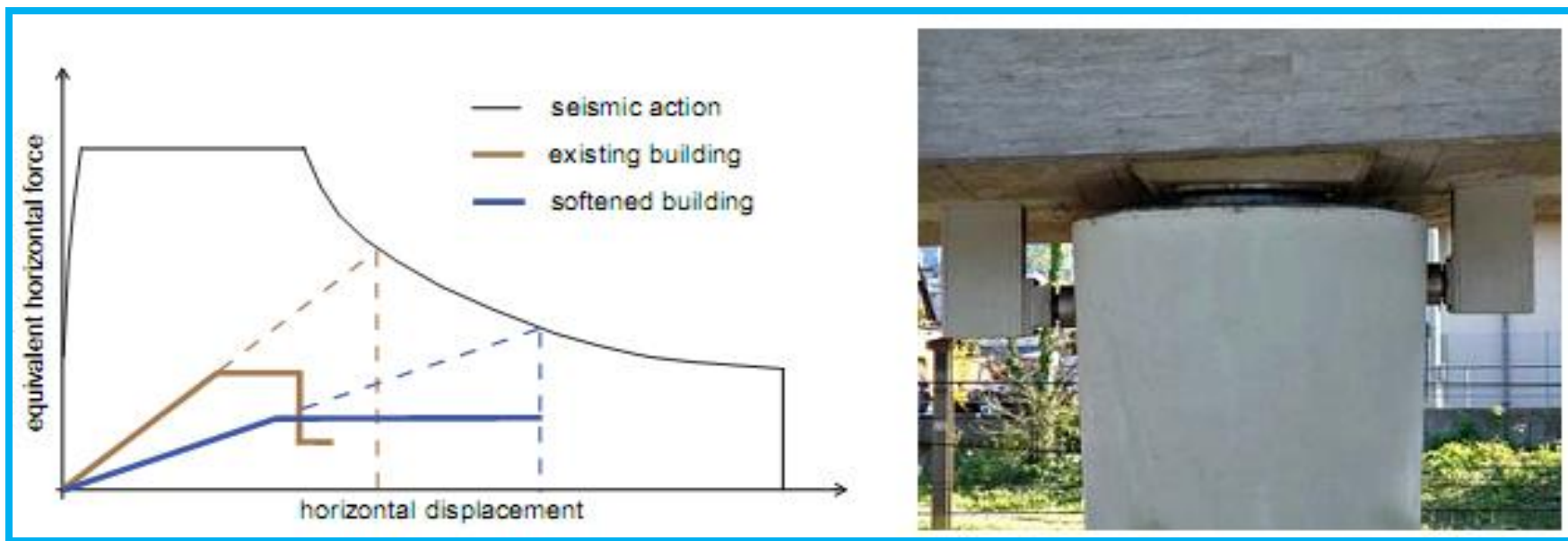
پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۲ - استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای

روش چهارم : SOFTENING



ساسان محاسب

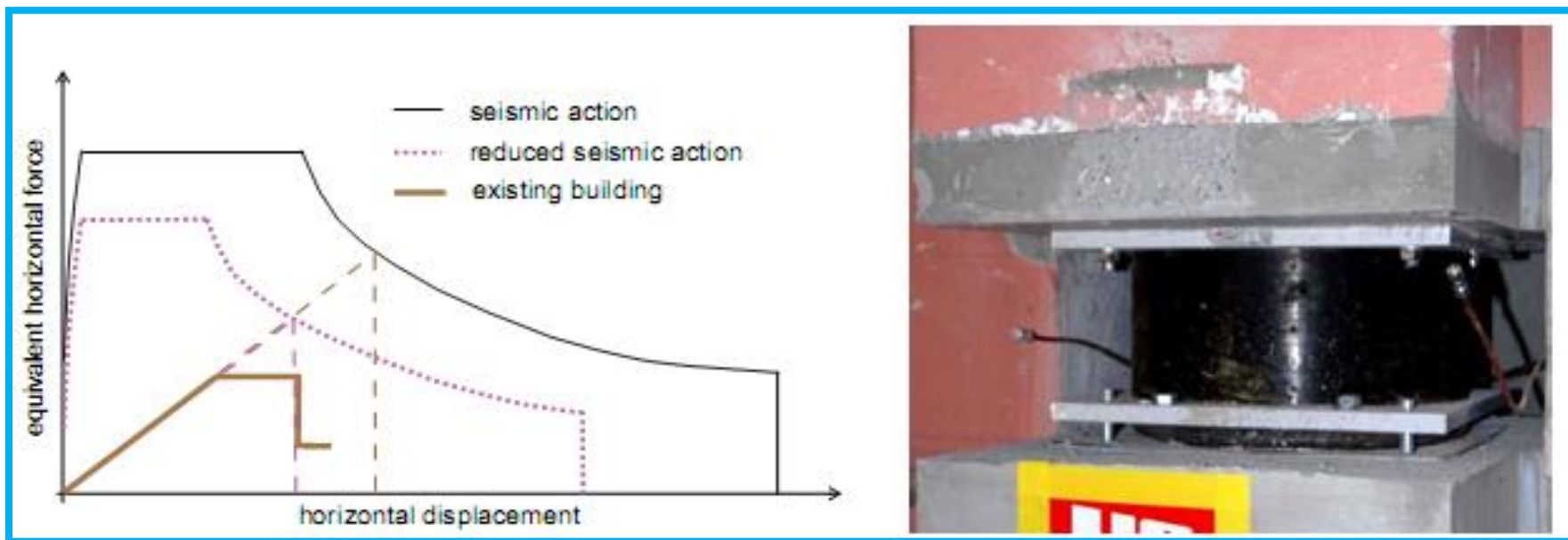
پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۲ - استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای

روش پنجم: استفاده از سیستم جدا سازه ای لرزه ای



ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۲ - استراتژی ها و روش های مقاوم سازی لرزه ای

روش ششم: کاهش وزن سازه

(با استفاده از مصالح سبک بویژه در المان های غیر سازه ای)

روش هفتم: تغییر کاربری سازه

(به طور نمونه تغییر کاربری بیمارستان به مجتمع مسکونی و ...)

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ تعداد پروژه های معرفی شده : ۲۷ سازه

❖ اولویت بندی پروژه های معرفی شده : بر اساس درجه اهمیت سازه و خطر لرزه خیزی منطقه قرار گیری

❖ بررسی وضعیت سازه در سه حالت :

معرفی وضعیت اولیه سازه قبل از مقاوم سازی

معرفی ضعف های سازه و عملکرد آن در برابر زلزله

معرفی طرح های پیشنهادی جهت مقاوم سازی لرزه ای سازه

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

عناوین پروژه های مقاوم سازی شده در کشور سوئیس بر اساس اولویت اهمیت سازه :

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Cantonal police building in Sion VS | 2 | Fire station in Visp VS |
| 3 | Fire station in Basel | 4 | Substation in Basel |
| 5 | Residential and commercial building in Sion VS | 6 | School CO in Monthey VS |
| 7 | School ECS in Monthey VS | 8 | Municipal building in St-Maurice VS |
| 9 | Multi-purpose hall in Oberdorf NW | 10 | Residential building with shopping center in Fribourg |
| 11 | Government building in Bern | 12 | Neufeld High School in Bern |
| 13 | School in Ostermundigen BE | 14 | Children's hospital in Aarau |
| 15 | Auditorium HPH of ETH Zurich | 16 | School in Zurich |
| 17 | Radio station in Zürich | 18 | EMPA administration building in Dübendorf ZH |
| 19 | Residential building with shopping center in Winterthur | 20 | Friedberg High School in Gossau SG |
| 21 | Condominium in Crans-Montana VS | 22 | Hotel in Bussigny VD |
| 23 | Bridge on Simplon Highway A9 VS | 24 | Liquid gas tank in Visp VS |
| 25 | Residential building in Kriessem SG | 26 | Laboratory building HPP of ETH Zurich |
| 27 | SIA Office Tower in Zurich | | |

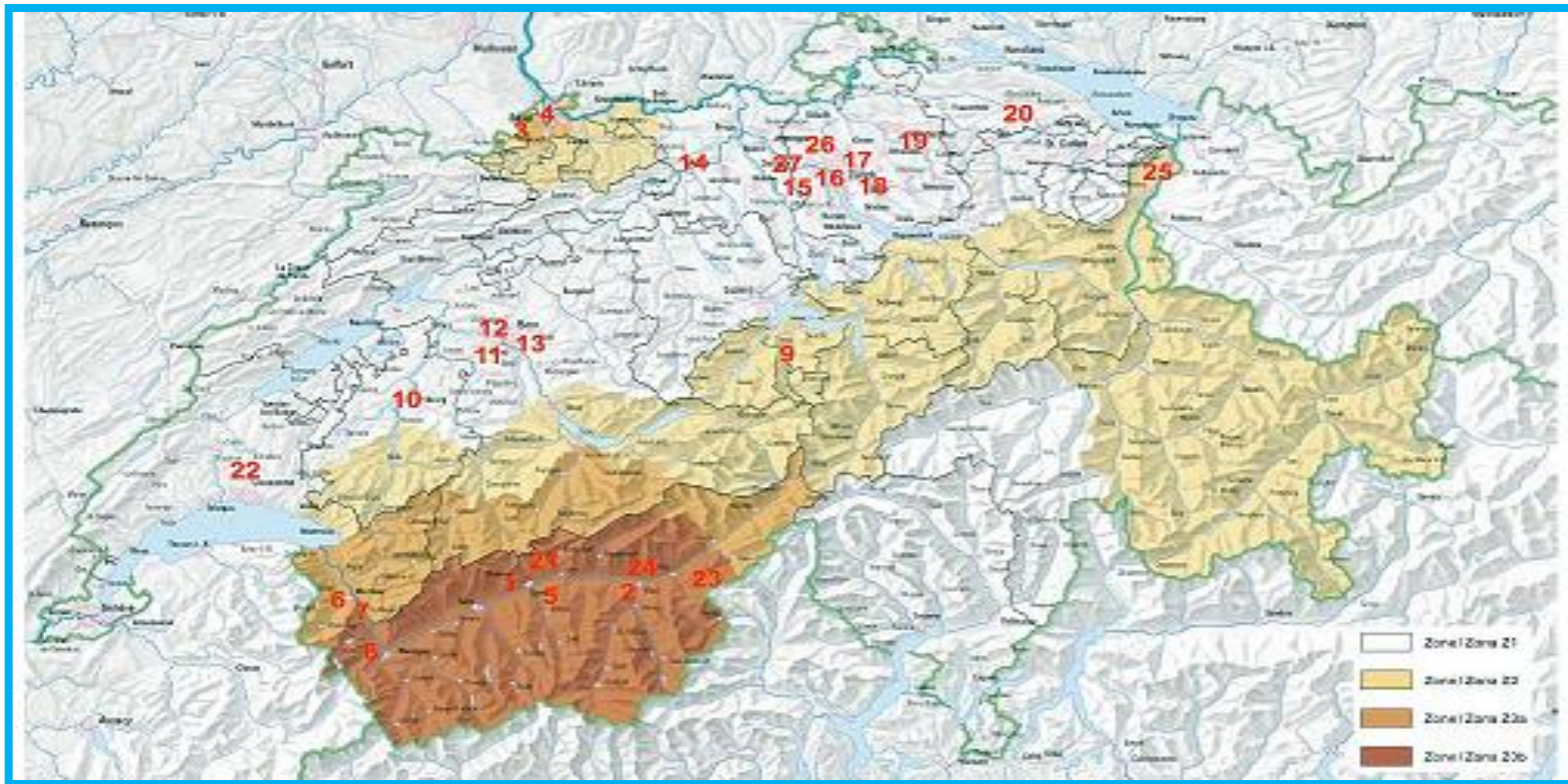
سازمان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

نقشه توزیع پروژه های مقاوم سازی شده با توجه به پهنه بندی لرزه ای کشور سوئیس .





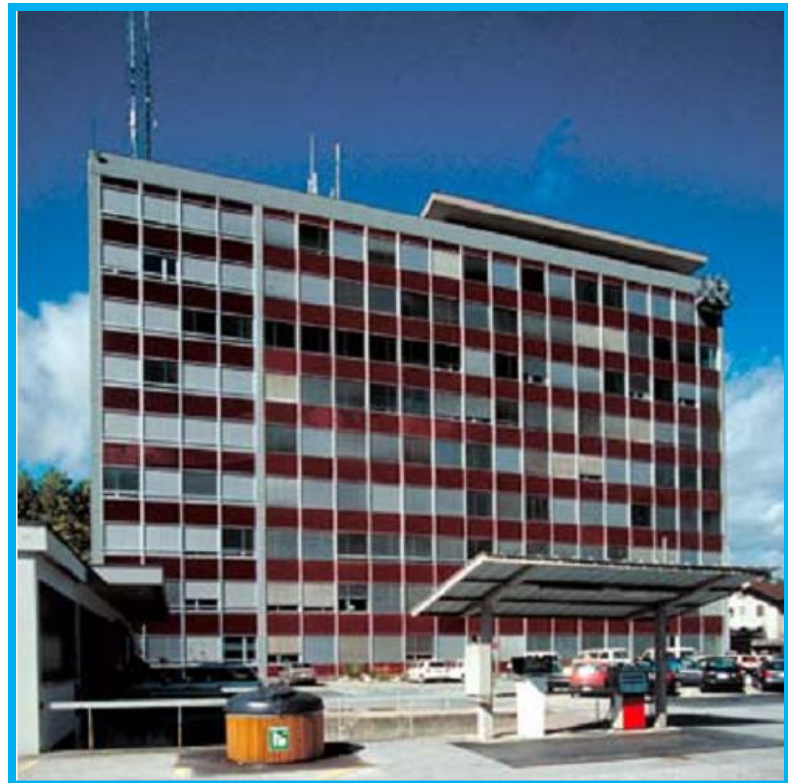
مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۱. ایستگاه پلیس

❖ وضعیت اولیه : ساختمان ۱۰ طبقه بتنی - تاریخ ساخت ۱۹۶۲

❖ ضعف سازه ای : عدم توجه ویژه به معیارهای طراحی لرزه ای



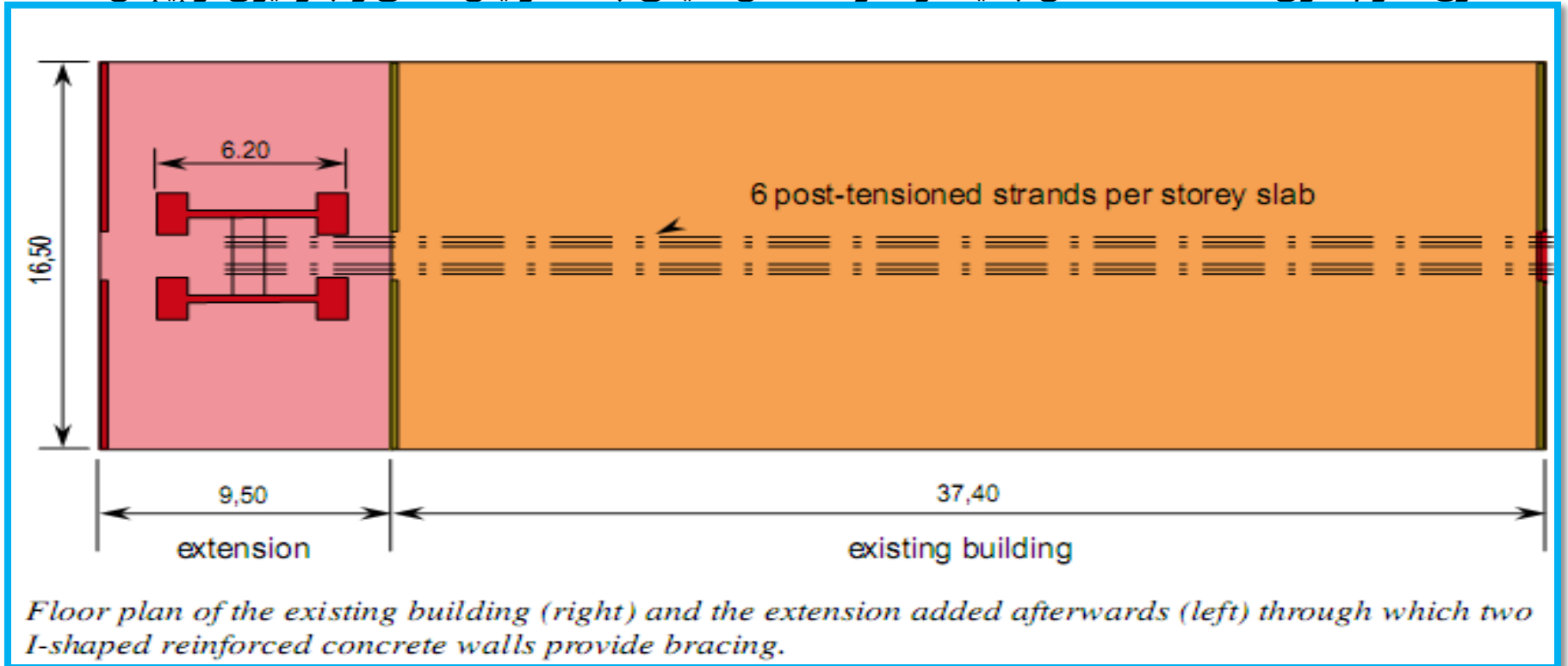
Cantonal police building in Sion VS

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



❖ طرح مقاوم سازی: احداث ساختمان جدید در کنار ساختمان قدیمی جهت افزایش سختی و جلوگیری از پيچش



Cantonal police building in Sion VS



❖ طرح مقاوم سازی: احداث ساختمان جدید در کنار ساختمان قدیمی



View of the 6 anchorages of the tension strands in the cross girders between both new I-shaped reinforced concrete walls in the extension.

Cantonal police building in Sion VS



Transverse facade of the existing building showing the anchorages of the tension strands visible on the outside at each storey level.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



The longitudinal facade of the rear of the fire station stiffened by the reinforced concrete structural wall at the left end.



The masonry gable wall strengthened by vertical CFRP-strips.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



CFRP-strips post-tensioned from the roof (Truffer et al. 2004).

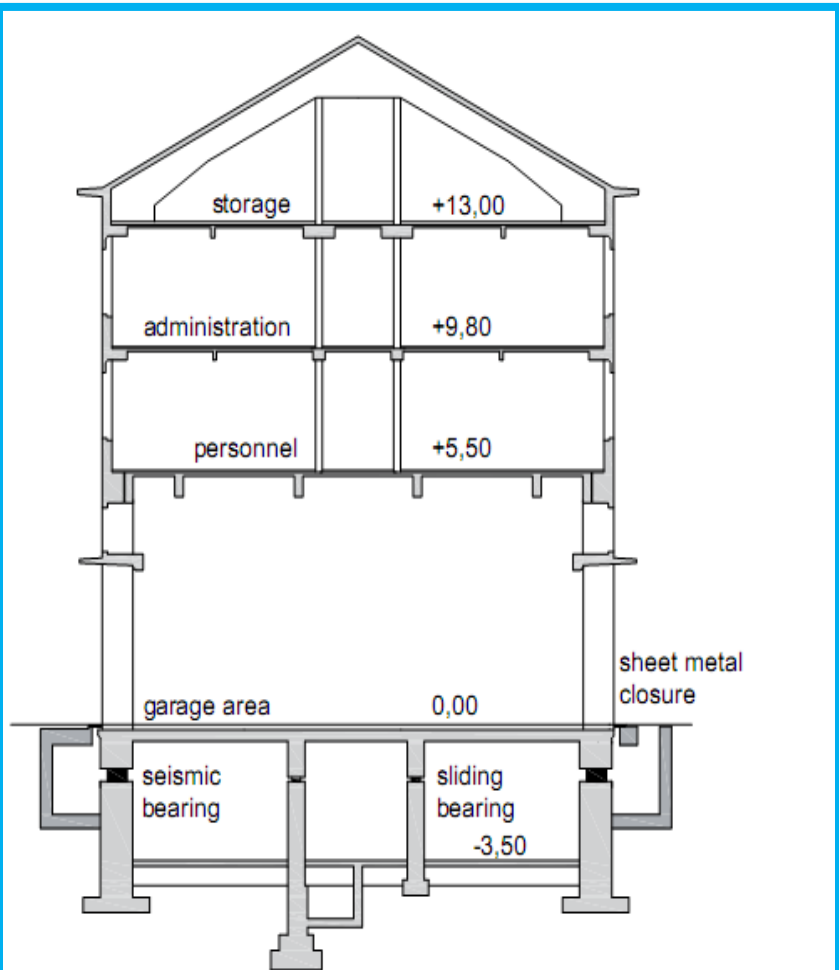


Two post-tensioned CFRP-strips on the inside of the gable wall (Truffer et al. 2004).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس



Cross section through the building with the new seismic bearings in the basement (Bachmann, Zachmann 2008).



An expansion joint was installed around the building to permit the free, horizontal movement on the new seismic isolation bearings.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس



Sliding bearings were installed under the column-free inner region of the ground floor.



Installation of a seismic elastomeric bearing under a column in the outside wall of the basement.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۴. ایستگاه و پست برق



Substation in Basel

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



New A-shaped steel frame on the west facade and new reinforced concrete structural wall on the north facade of the assembly shop.



New reinforced concrete structural wall from the inside of the east facade of the assembly shop.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



New A-shaped steel frame in the ground floor level of the west facade and new steel plates in the basement.



Threading of the CFRP-strips to the anchorage of the new reinforced concrete structural wall.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۵. ساختمان مسکونی - تجاری



Residential and commercial building in Sion
VS

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



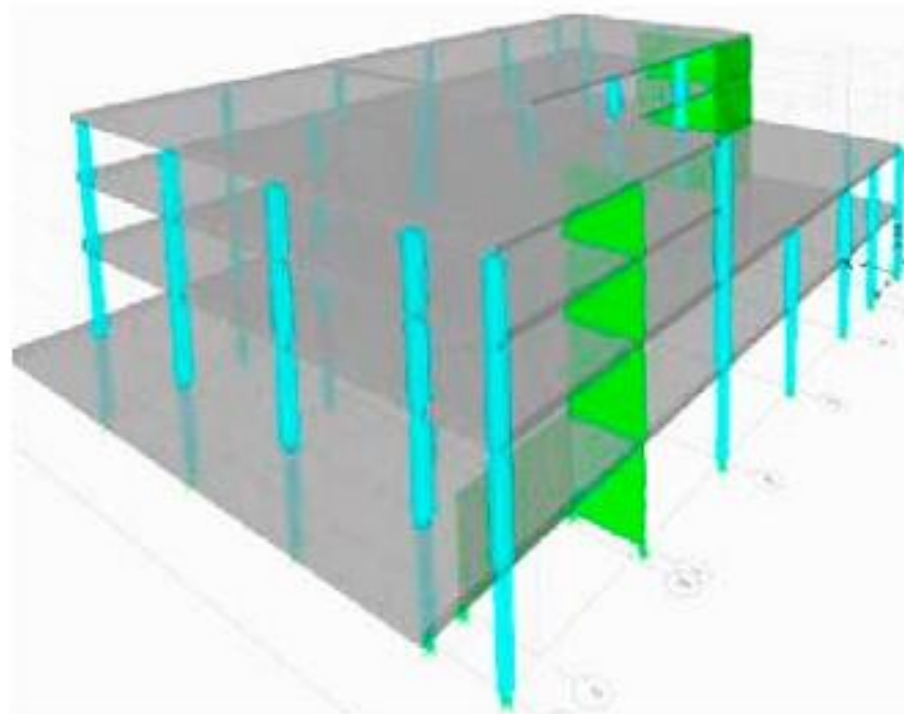
مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



New reinforced concrete frame in the ground floor level.



Finite element model of the building with the new reinforced concrete walls shown in green (Garcia-Vogel 2005).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Installation of the reinforcing bars of the new reinforced concrete walls in the ground floor level.



Detail of the connection of the new wall's reinforcing bars with the existing floor (Garcia-Vogel 2005).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۶. ساختمان آموزشی (مدرسه)



School CO in Monthey VS

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



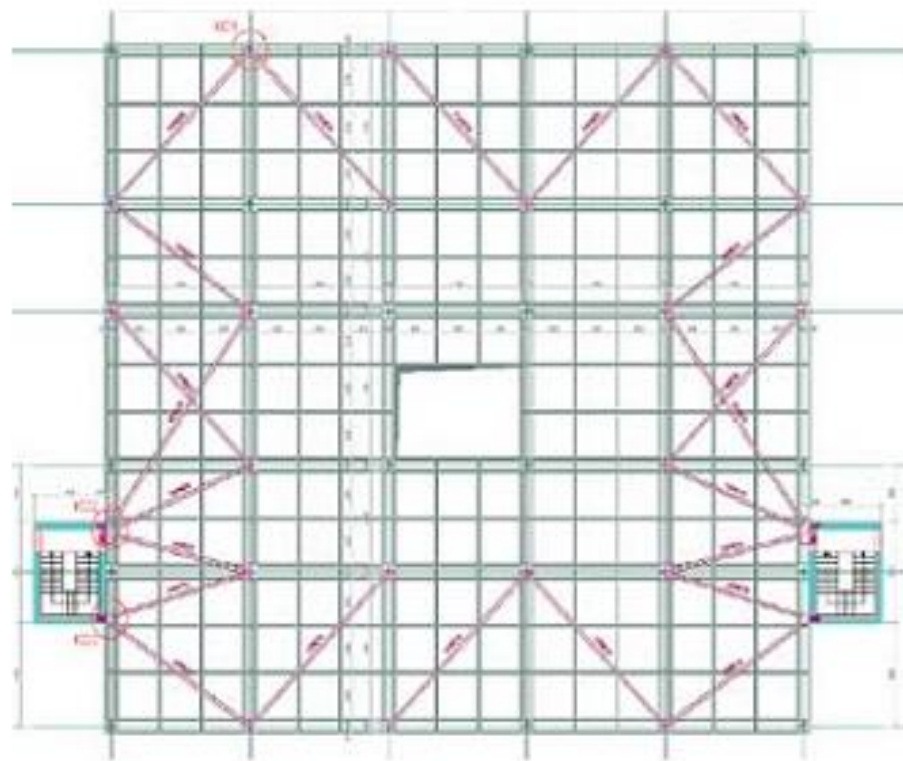
مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



View of the new stairway tower on the north side of the building.



Floor plan of the building showing the new concrete stairway towers (green) and the new horizontal steel truss in the floor slabs (red).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Stairway tower and addition under construction (south side).



Steel reinforcement in the basement and foundation of the new stairway towers.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۷. ساختمان آموزشی (مدرسه)



School ESC in Monthey VS

سازمان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۸. ساختمان دبیرستان در شهر برن



Neufeld High School in Bern

سازان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



View of the end facade of the building.



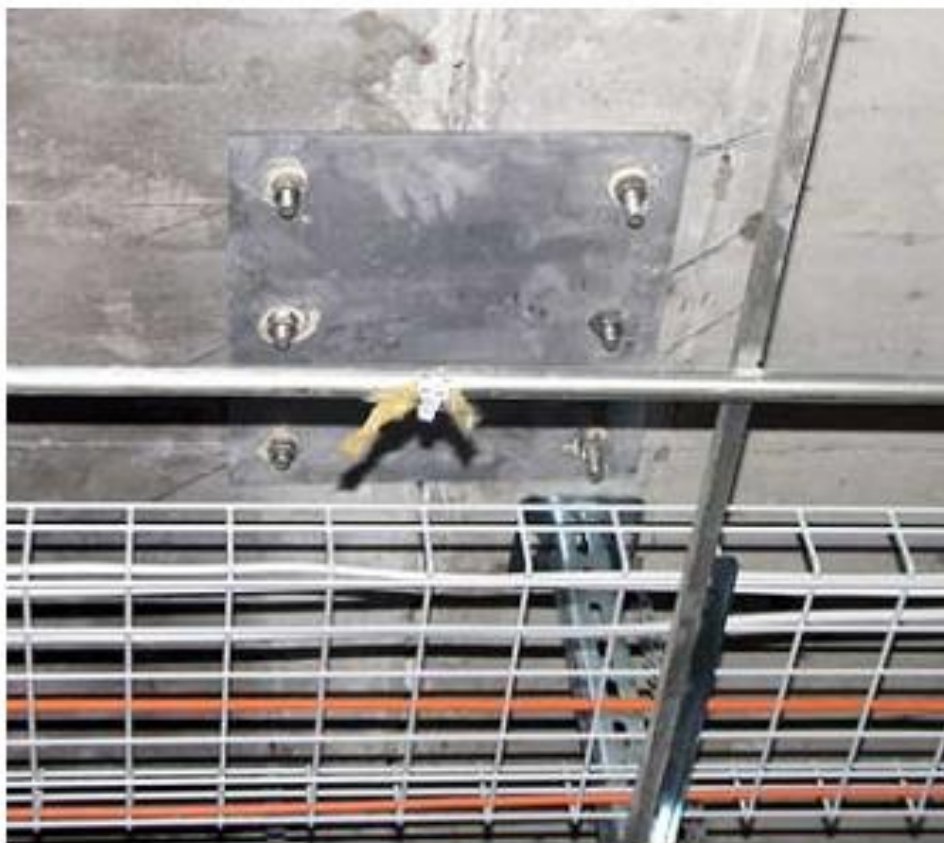
Floor plan of the initial state with two eccentrically braced building halves (above) and floor plan of the retrofitted state with a centrally braced building (below).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Closure of the dilatation joint in the storey floors with steel plates arranged on both sides.



Strengthening of the elevator shafts with bonded carbon fiber strips.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۹. ساختمان بیمارستان کودکان



Children's hospital Aarau

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



View of the longitudinal facade on the playground side.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



New coupled reinforced concrete structural walls in the basement.



Reinforcement of the new coupled reinforced concrete structural walls in the ground floor level with diagonal bundled bars in the coupling beams.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۱۰. ساختمان مدرسه در شهر زوریخ



School in Zurich

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Strengthening of an existing reinforced concrete wall with a 15 centimetre thick double wall.



Bracing the roof level with new steel frames.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Reinforcement in the composite wall with vertical reinforcement couplers.



Detail of the vertical reinforcement couplers in the double wall.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۱۱. ساختمان مرکزی موسسه EMPA



EMPA administration building in Dübendorf ZH

سازمان محاسب

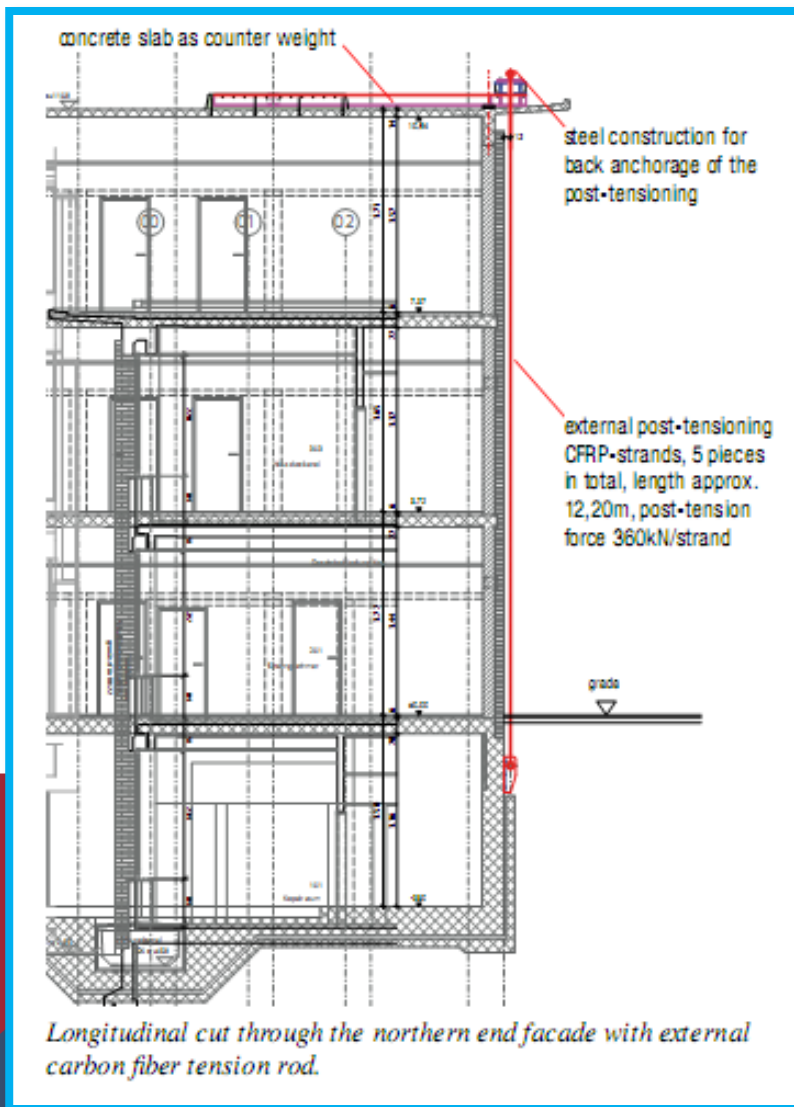
پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Northern end facade strengthened by external vertical carbon fiber tension rods.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Upper anchorage of the carbon fiber tension rod on the roof from where the post-tensioning occurs.



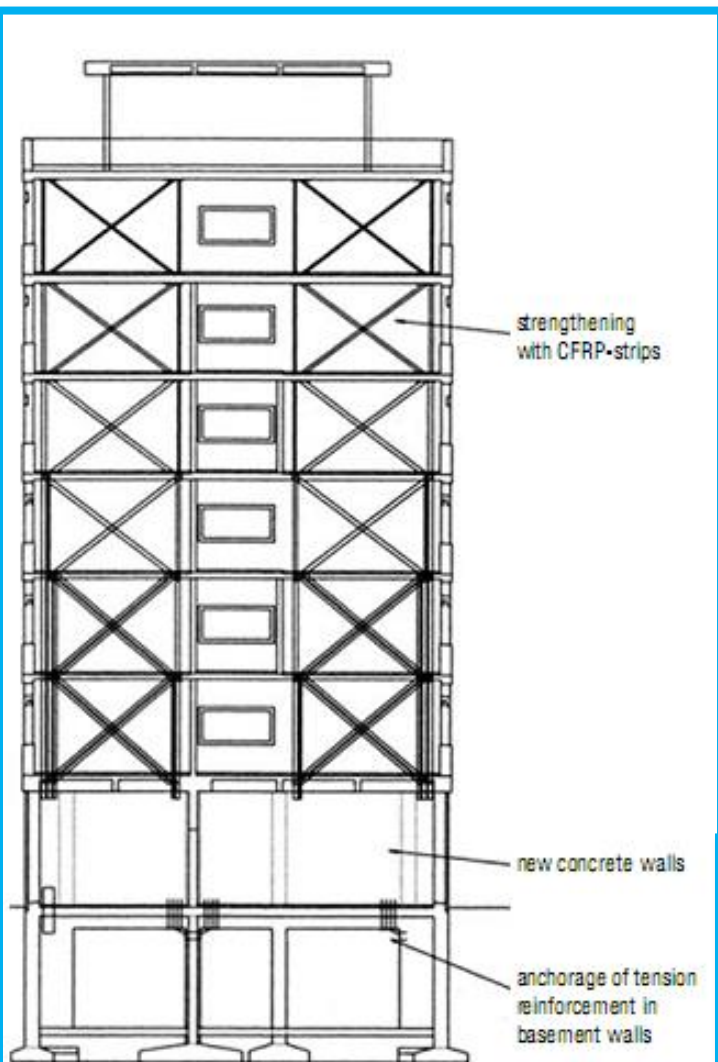
Lower anchorage of the carbon fiber tension rod on the side of the basement wall.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



View of the transverse south masonry wall with retrofitting measures: new reinforced concrete wall in the ground floor and strengthening with CFRP-strips in the higher storeys (Borgogno 2001).



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Strengthening of the masonry walls in the staircase with CFRP-strips.



Anchorage of the CFRP-strips with shear angles in the concrete decks.



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

۱۲. پل بزرگراه



ساسان محاسب

Bridge on Simplon Highway A9 VS

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



View of a portion of the bridge with tall slender columns.



Seismic retrofit with high damping rubber bearings at the abutment.

ساسان محاسب

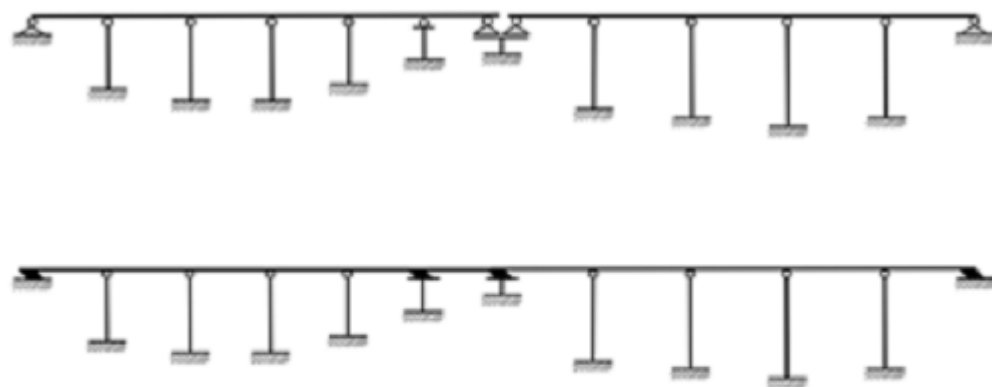
پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH



مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود در کشور سوئیس

۳ - نمونه های عملی و اجرا شده از پروژه های مقاوم سازی در کشور سوئیس

❖ طرح مقاوم سازی :



Fixed longitudinal bearing system in the initial state (above) and floating longitudinal bearing system after retrofitting by seismic bearing (below).



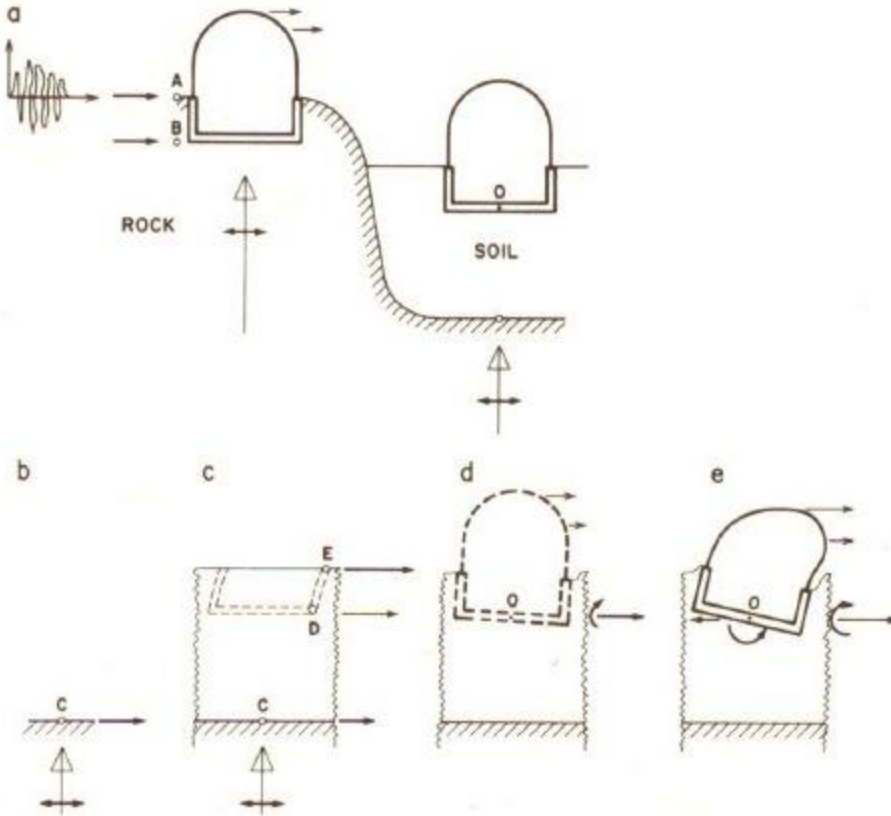
Tightening together both bridge halves at the original expansion joint in the middle of the bridge.

تعريف مسئله :

• تاثيرات محل زمين

• اندرکنش Kinematic

• اندرکنش Inertia



ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH

حرکت در میدان آزاد می توان از روش های زیر محاسبه گردد :

- حرکت در سنگ بستر
- ستون خاک تک بعدی
- تفاوت های قطعی نسبت به حرکت سنگ بستر
- بزرگ نمایی تا ۵ times
- فرکانس های مختلف از سنگ پایه

سازان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH

اندرکنش Kinematic

تغییرات در حرکت میدان آزاد با توجه به :

حفاری

صفحه فونداسیون صلب

ورودی چرخشی اضافی

ساسان محاسب

پست الکترونیکی : SMTEAM@GMX.CH

اندرکنش Inertia

- شامل خاک
- معرفی میرایی تابش
- کاهش فرکانس پایه ثابت سازه
- تغییر شکل از حالت اساسی
- میرایی بالا

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH

روش های تجزیه و تحلیل

- تجزیه و تحلیل دقیق

روش المان محدود (FEM)

روش های المان مرزی (BEM)

روش های المان محدود مرزی (SBFEM)

- تجزیه و تحلیل تقریبی

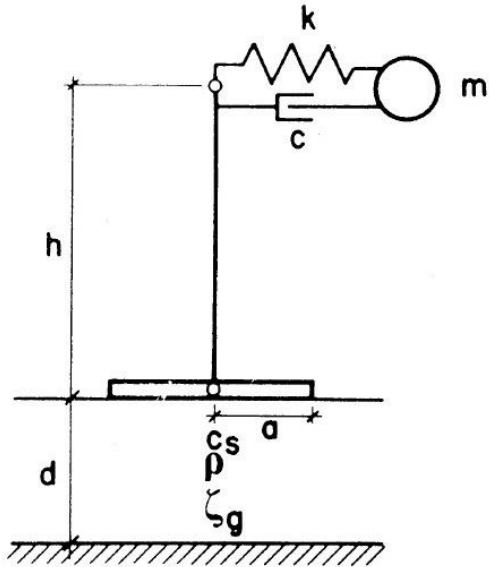
روش پارامتر توده فشرده

روش های مخروطی

ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH

اساس اندرکنش دینامیکی خاک و سازه



$$u_g + u_o + h\phi + u$$

$$u_g + u_o$$

میرایی تابش

فرکانس منقطع

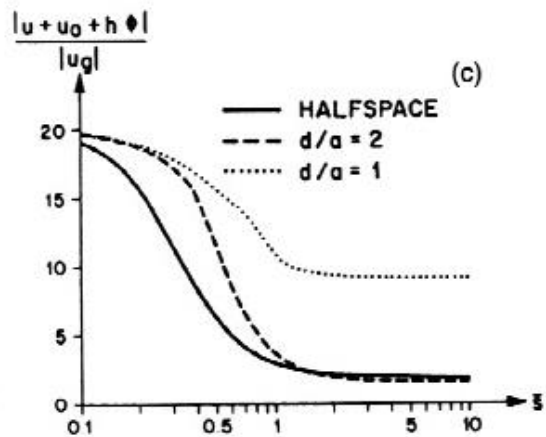
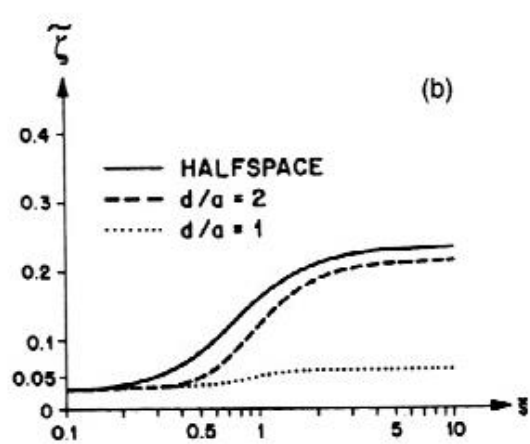
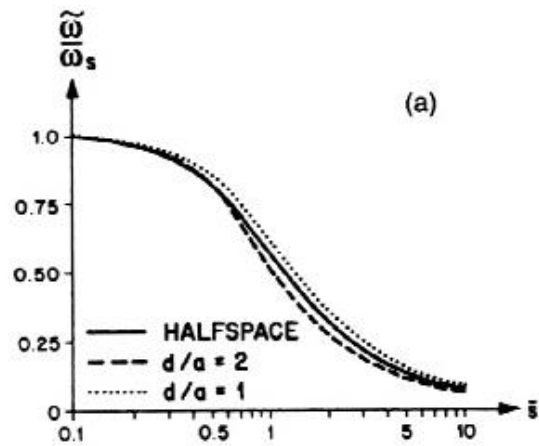
روش های مخروطی

روش های SBFEM

سیستم معادل یک درجه آزادی

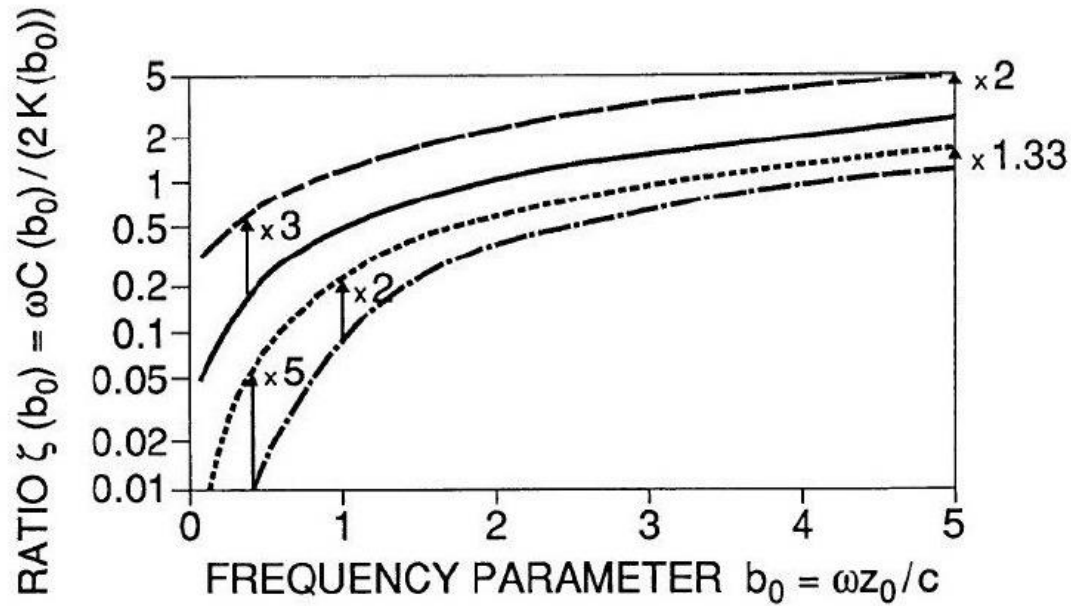
ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



میراگرایی در

وضعیت دو بعدی در مقابل سه بعدی

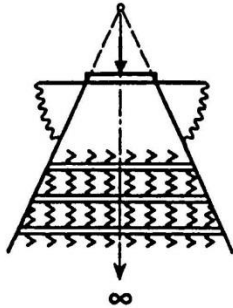


ساسان محاسب

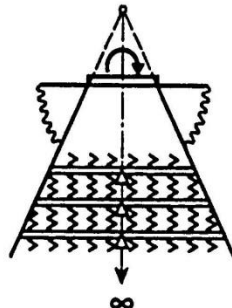
پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH

مدل های ساده فیزیکی برای نشان دادن خاک نامحدود

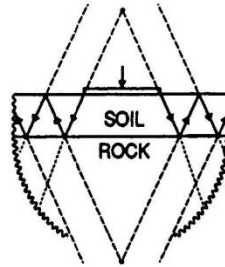
TRANSLATIONAL
CONE



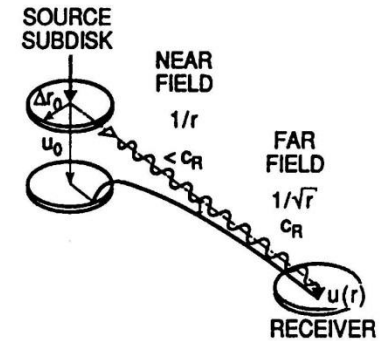
ROTATIONAL
CONE



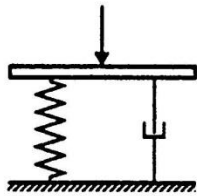
UNFOLDED
CONE



WAVE PATTERNS IN
HORIZONTAL PLANE



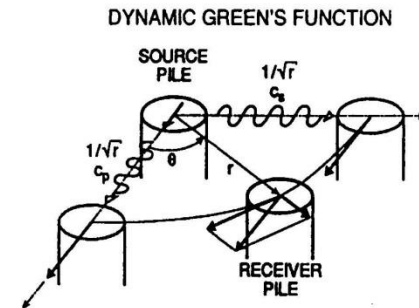
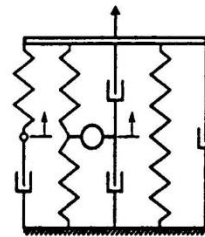
SPRING-DASHPOT-MASS MODELS



BASEMAT ON SURFACE OF SOIL HALFSPACE

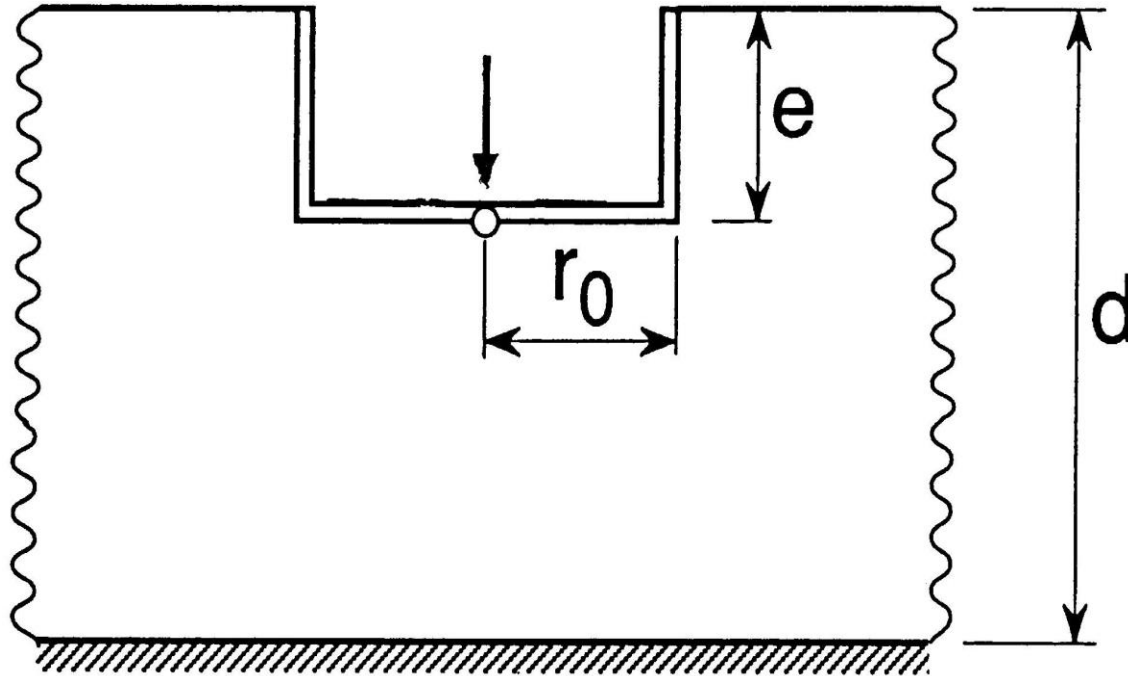


BASEMAT ON SURFACE OF
SOIL LAYER RESTING ON
FLEXIBLE ROCK (ALSO EMBEDDED)



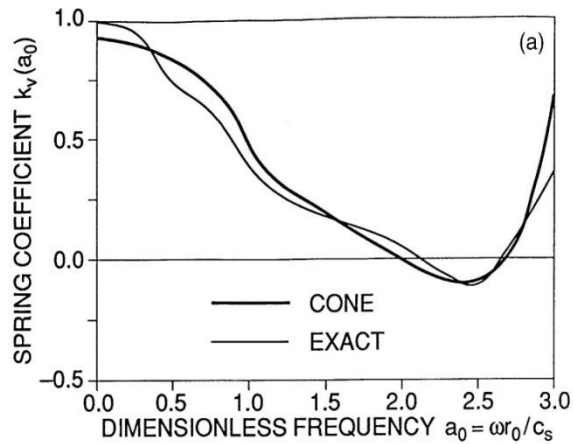
DYNAMIC INTERACTION FACTOR
FOR PILE GROUP

فونداسیون استوانه ای در لایه خاک بر روی سنگ بستر صلب



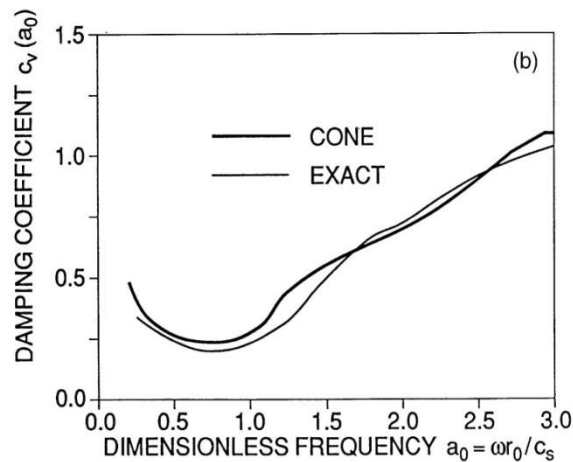
ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH



ضریب سختی دینامیکی قائم فونداسیون استوانه ای تعبیه شده بر

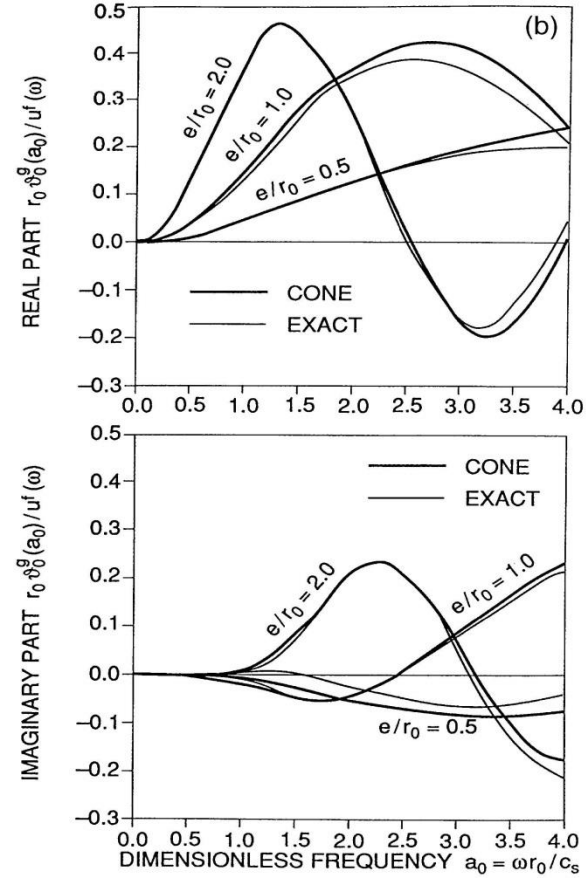
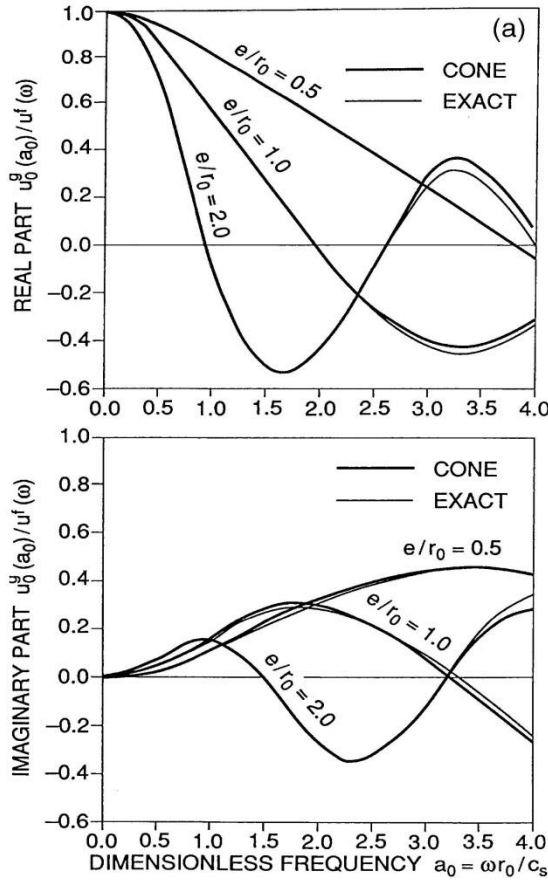
روی لایه خاک با بستر سنگی صلب



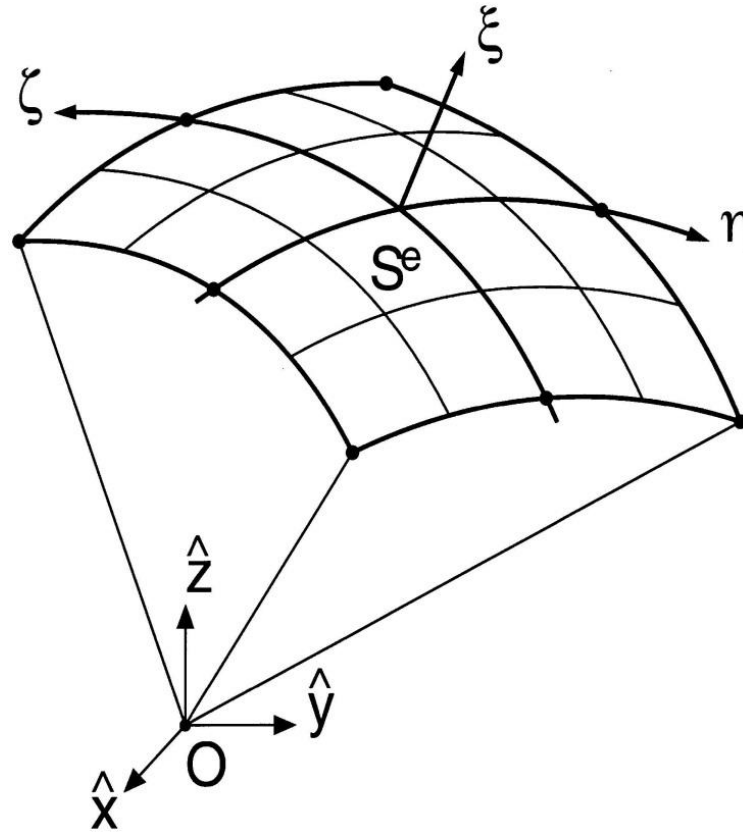
ساان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH

حرکت ورودی موثر پی : (a) افقی (b) دورانی



روش اجزای محدود مرزی مقیاس شده



ساسان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH

معادلات تعادل در روش اجزای محدود مرزی مقیاس شده

$$\hat{x}(\xi, \eta, \zeta) = \xi x(\eta, \zeta)$$

$$\hat{y}(\xi, \eta, \zeta) = \xi y(\eta, \zeta)$$

$$\hat{z}(\xi, \eta, \zeta) = \xi z(\eta, \zeta)$$

$$\begin{aligned} & [E^0] \xi^2 \{u(\xi)\}_{,\xi\xi} + ((s-1)[E^0] - [E^1] \\ & + [E^1]^T) \xi \{u(\xi)\}_{,\xi} + ((s-2)[E^1]^T - [E^2]) \{u(\xi)\} \\ & + \omega^2 [M^0] \xi^2 \{u(\xi)\} = 0 \end{aligned}$$

سازان محاسب

پست الکترونیکی: SMTEAM@GMX.CH