



فروریزش ساختمانها و نقش مهندسان سازه در عملیات جستجو و نجات

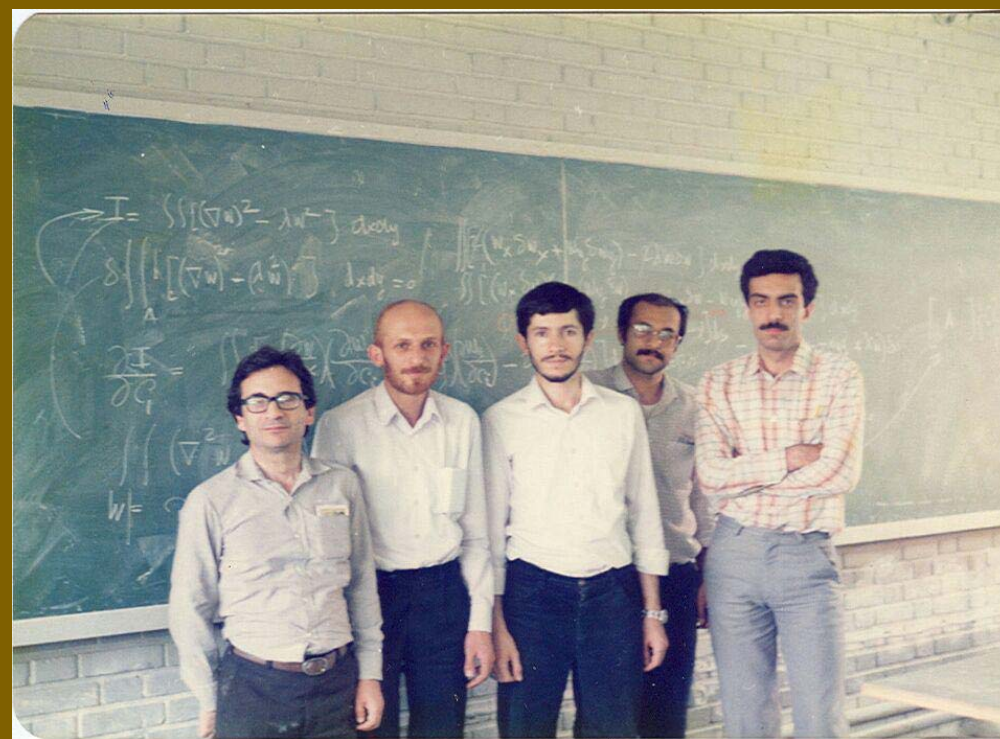
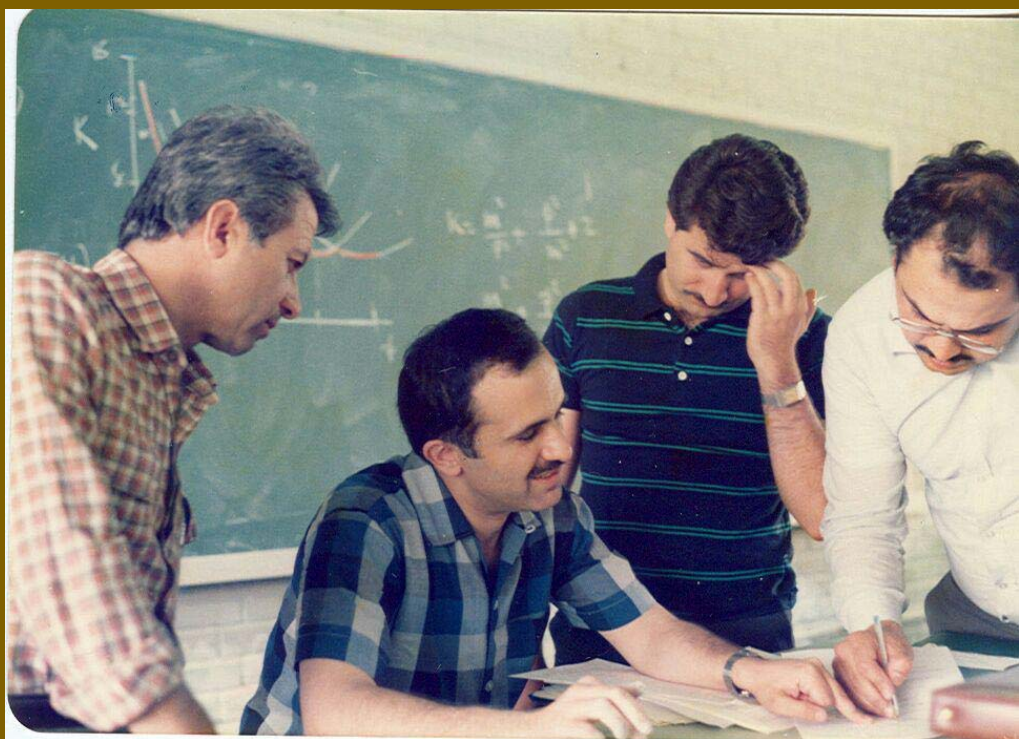
دکتر ساسان عشقی

دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پنجشنبه ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵

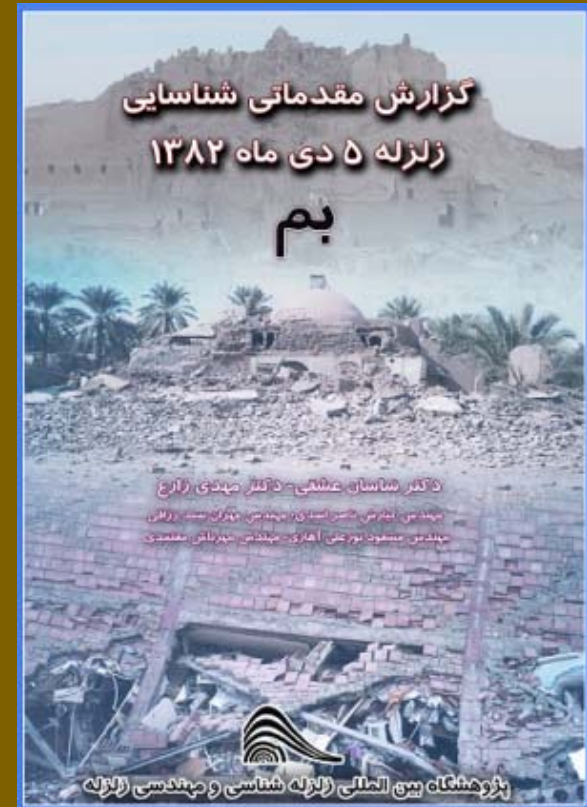
دومین نشست دستاوردهای اساتید و دانش آموختگان عمران شریف

یاد همه استادان گرانقدر و دوستان همکلاسی بخیر



پاییز ۱۳۶۳ - بازگشایی دوباره دوره کارشناسی ارشد دانشکده بعد از انقلاب فرهنگی

سابقه



دیماه ۱۳۸۲
گزارش شناسایی زلزله بم

۱۶/۱۲/۱۴

جمعیت هلال احمر
جمهوری اسلامی ایران



مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی هلال ایران

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

بررسی خرابی ساختمانها و مدیریت آوار برداری

در زلزله های بزرگ

دکتر ساسان عشقی



آذرماه هشتمادوی



خرابیهای سازه ای ناشی از زلزله ها و لزوم سازماندهی عملیات نجات شهری

دکتر ساسان عشقی

عضو هیئت علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

چکیده

اکثر زلزله های گذشته ایران بیشتر از ماهیتی روستایی برخوردار بوده و سازه های آسیب دیده و خراب شده عموماً سازه های یک طبقه خشتی، سنگی و آجری و از نظر سکونت به صورت تک خانوار بوده اند. بعد از وقوع این زلزله ها، عملیات امداد و نجات بیشتر به صورت خودامداری و با وسایل ابتدایی نظیر بیل و کلنگ صورت می گرفته و به ندرت نیاز به عملیات پیچیده جستجو با کمک تجهیزات الکترونیکی و مهارتهای فنی پیچیده نظیر مهندسی سازه برای ارزیابی اولیه و یا آواربرداری با کمک تجهیزات مکانیکی پیشرفته بوده است. متأسفانه در حال حاضر در صورت وقوع زلزله در هر یک از شهرهای بزرگ زلزله خیز ایران مثلاً تهران، تبریز و یا مشهد با توجه به آسیب پذیری لرزه ای سازه های ساختمانی آنها، ابعاد خرابیهای سازه ای بسیار گسترده و تعداد افراد محبوس در آوارهای ایجاد شده، بسیار زیاد خواهد بود. در چنین شرایطی استفاده از روشها و گروههای نجات و امداد سنتی به قیمت جان انسانهای زیادی تمام خواهد شد. برای کاهش تعداد قربانیان زلزله با توجه به تجربه سایر کشورهای جهان نیاز به سازماندهی عملیات نجات شهری با همکاری تمام سازمانهای مسئول می باشد.

عملیات نجات شهری به معنی عملیات پیچیده تجهیز و مدیریت منابع لازم برای مکان یابی و بیرون آوردن زبوارماندگان و محرومان از ساختمان هایی است که بطور کلی یا جزئی آسیب دیده اند. این عملیات شامل سیستمی پیچیده متشکل از افراد دوره دیده وسایل تخصصی، ارتباطات بموقع و فرماندهی کارآموده برای صدور فرامین و نظارت بر اجرای آنهاست. عملیات نجات شهری معمولاً نیازمند ارزیابی فنی میزان خسارت و امکانات لازم، بلند کردن آوارها، نفوذ در داخل آوارها، بریدن تیرآنها و آرماتورها در سطح وسیع و یا انجام همزمان چندین کار که نیاز به هماهنگی حداقل یک تیم نجات ماهر با تجهیزات کافی در هر محل دارد. ابزار و وسایل لازم جهت آواربرداری شهری معمولاً شامل شمعکها، مهاربندها، وسایل بلندکننده نظیر بالشتکهای هوا، ابزارهای بریدن، جرقیل ها و ژنراتورها و دهها تجهیزاتی و وسایل کوچک و بزرگ دیگر است.

در این مقاله نتایج بخشی از یک پروژه تحقیقاتی گسترده در این زمینه عنوان گردیده و پیشنهاداتی به منظور سازماندهی و آموزش های لازم برای عملیات نجات شهری در زلزله ها ارائه خواهد شد.

مقدمه

عملیات نجات شهری به معنی عملیات پیچیده تجهیز و مدیریت منابع لازم برای مکان یابی و بیرون آوردن زیر آوارماندگان و محرومان از ساختمان هایی است که بطور کلی یا جزئی آسیب دیده اند. این عملیات شامل سیستمی پیچیده متشکل از افراد دوره دیده، وسایل تخصصی، ارتباطات بموقع و فرماندهی کارآموده برای صدور فرامین و نظارت بر اجرای آنهاست. عملیات نجات شهری معمولاً نیازمند ارزیابی فنی میزان خسارت و امکانات لازم، بلند کردن آوارها، نفوذ در داخل آوارها، بریدن تیرآنها و آرماتورها در سطح وسیع و یا انجام همزمان چندین کار که نیاز به هماهنگی حداقل یک تیم نجات ماهر با تجهیزات کافی در هر محل دارد. ابزار و وسایل لازم جهت آواربرداری شهری معمولاً شامل شمعکها، مهاربندها، وسایل بلند کننده نظیر بالشتکهای هوا، ابزارهای بریدن، جرقیل ها، ژنراتورها و دهها تجهیزاتی و وسایل کوچک و بزرگ دیگر است.

وظیفه نجات از امداد در زلزله ها کاملاً مجزا بوده و در کشورهای دیگر توسط سازمانهای دفاع غیرنظامی و سازمانهای وابسته به آتش نشانی و یا وابسته به وزارت حوادث غیرمترقبه انجام می گیرد. در کشور ما در حال حاضر این وظیفه

اسفندماه ۱۳۸۱

مجموعه مقالات اولین همایش علمی - تحقیقی مدیریت نجات و امداد

آذرماه ۱۳۸۲
گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

فروریزش چند ساختمانهای میان مرتبه و یا مهم در شهرهای ایران

- فروریزش سقف سالن فرودگاه مهرآباد (۱۴ آذرماه ۱۳۵۳)- حداقل ۱۷ نفر کشته و دهها نفر مجروح- تاسیس اورژانس تهران بعد از آن
- فروریزش ساختمان مسکونی (موسوم به ساختمان دکترها) در شهر رشت در حین و آتش سوزی بعد از زلزله منجیل (۳۱ خرداد-۱۳۶۹)
- فروریزش بیمارستان رودبار در اثر زلزله منجیل (۳۱ خرداد-۱۳۶۹)
- فروریزش ساختمان مسکونی ۷ طبقه در خیابان فرهنگ- سعادت آباد (۱۰ تیرماه ۱۳۸۷)- بنابر اطلاعات موجود بر روی تارنمای جهانگستر (WWW) در اثر فروریزش و عملیات بعد از آن ۱۷ کارگر اهل کوهدشت که چند نفر از آنها دانشجوی و دانش آموز بودند کشته شدند. در جریان طولانی رسیدگی به این پرونده شهرداری منطقه ۲ تهران تا ۸۵ درصد مقصر شناخته شد ولی خانواده قربانیان بدون اخذ نتیجه رضایت دادند.
- فروریزش ساختمان مسکونی کیمیا در شهر بم در اثر زلزله بم (۵ دیماه-۱۳۸۲)
- فروریزش ساختمان پلاسکو (۳۰ دیماه ۱۳۹۵)

Structural Failures

بعضی علل شکست سازه ای

• حالات حدی

بارهای وارده: بارهای مرده، بارهای زنده، زلزله، باد، برف، بارهای انسان ساز، و غیره
مقاومت کم: ضعف مصالح سازه و ناپایداری
حرکت: نشست شالوده، خزش، انقباض، و غیره
زوال: ترک، خستگی، خوردگی، فرسایش و غیره.

• مخاطرات تصادفی

زلزله - سیل - آتش سوزی - انفجار (اتفاقی - عمدی) - تصادف با وسیله نقلیه

• خطاهای انسانی

خطای طراحی: اشتباهاتی نظیر عدم درک صحیح رفتار سازه
خطا در اجرا: اشتباه در اجرا یا در استفاده از نقشه ها و دستورالعملهای اجرایی

نتایج فروریزش ساختمانها



A Successive Collapse

On May 16, 1968, the 22 story Ronan Point apartment tower in West Ham, London suffered a fatal collapse of one of its corners due to a natural gas explosion, which destroyed a load-bearing wall.

4 people were killed and 17 others were injured. The building was a large-panel system building.



Ronan Point, following the gas explosion.

Core Collapse in Sao Paulo, Brazil (May 21, 1987)

This was a 21-story office building, headquarters of the Sao Paulo Power Company (CESP). Buildings 1 and 2 of this office complex were both constructed of reinforced concrete framing, with ribbed slab floors.

Sao Paulo experienced one of the biggest fires in Brazil on which precipitated a substantial partial collapse of the central core of the CESP Building 2.

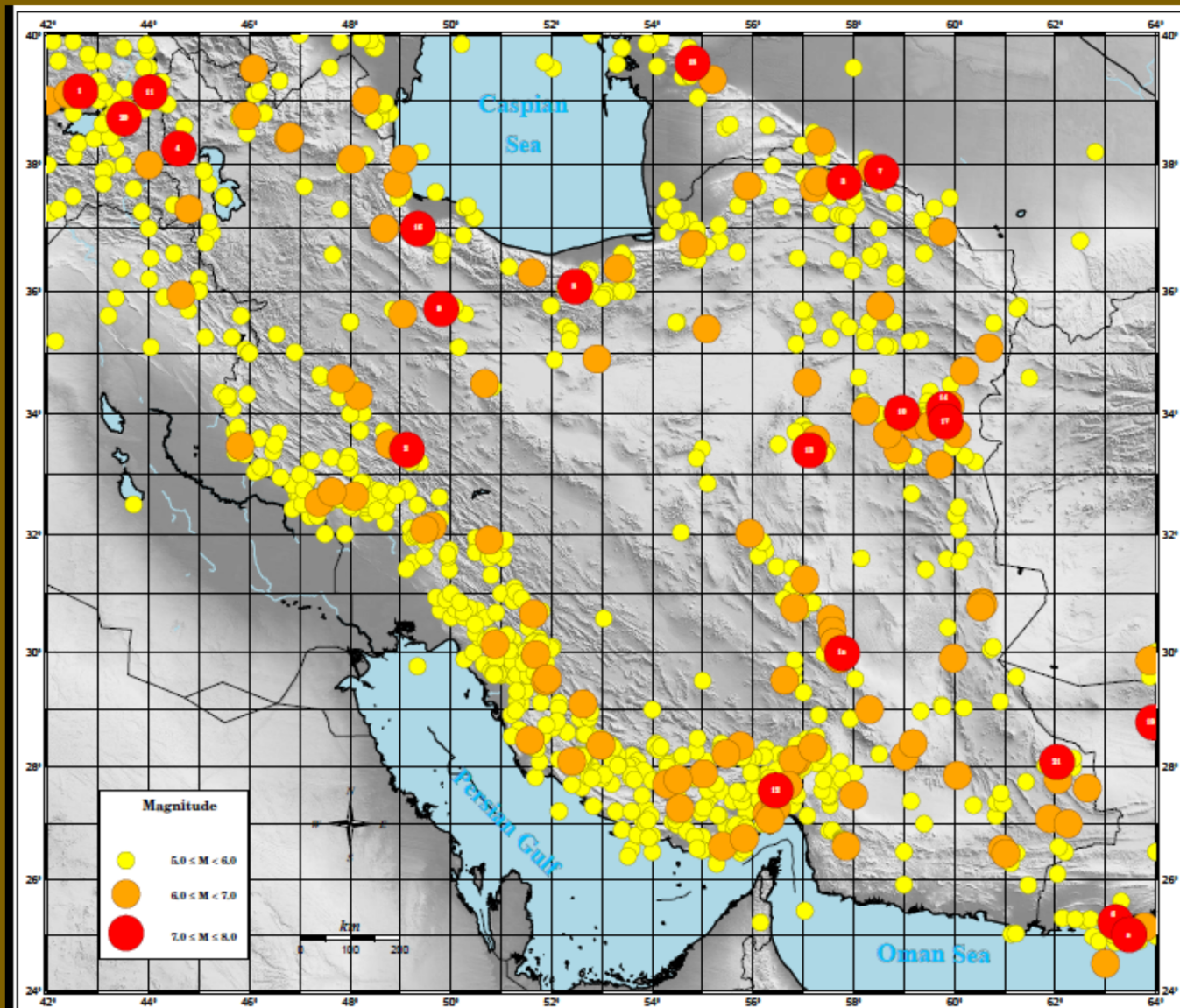


Collapsed Textile Factory in Alexandria, Egypt

July 19, 2000

A fire-initiated collapse of a 6-story reinforced concrete textile factory occurred in Alexandria, Egypt. The fire started in the storage room at the ground floor. Fire extinguishers were non-functional, and the fire spread quickly before firefighters arrived. Approximately nine hours after the start of the fire, when the blaze seemingly was under control and subsiding, the building suddenly collapsed, killing 27 people.





زمین‌لرزه‌های بزرگ ایران
و نواحی همجوار

(1900 تا 2015)

Large Earthquakes of Iran
and Adjacent Areas

(1900 - 2015)

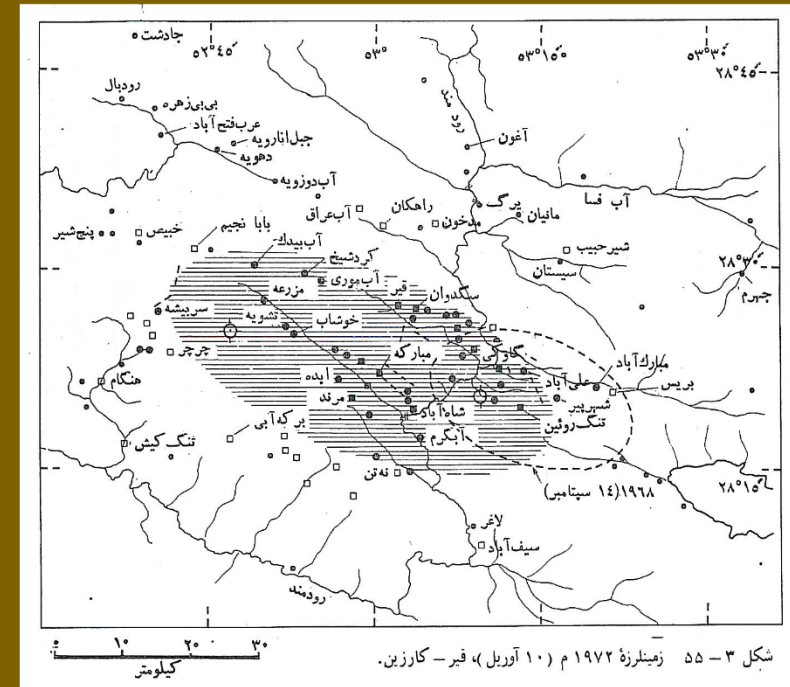
Significant Earthquakes

1. 1940/04/28 (concrete), (Shahrood), 42.6°N, 56.14°E, M7.6
2. 1960/04/22 (concrete), (Shahrood), 42.12°N, 55.21°E, M7.4
3. 1926/06/01 (concrete), (Shahrood), 42.81°N, 57.72°E, M7.2
4. 1926/06/01 (concrete), (Shahrood), 42.69°N, 57.28°E, M7.2
5. 1942/11/27 (concrete), (Shahrood), 42.47°N, 56.82°E, M6.9
6. 1975/06/06 (concrete), (Shahrood), 42.59°N, 56.28°E, M7.0
7. 1948/09/06 (concrete), (Shahrood), 42.82°N, 57.69°E, M7.3
8. 1947/07/02 (concrete), (Shahrood), 42.47°N, 56.67°E, M7.0
9. 1962/06/01 (concrete), (Shahrood), 42.82°N, 56.71°E, M7.2
10. 1965/03/11 (concrete), (Shahrood), 42.80°N, 56.92°E, M7.3
11. 1975/12/24 (concrete), (Shahrood), 42.49°N, 56.12°E, M7.0
12. 1977/02/01 (concrete), (Shahrood), 42.48°N, 57.49°E, M7.4
13. 1975/06/16 (concrete), (Shahrood), 42.12°N, 55.69°E, M7.4
14. 1976/11/27 (concrete), (Shahrood), 42.79°N, 56.99°E, M7.0
15. 1961/07/28 (concrete), (Shahrood), 42.77°N, 56.99°E, M7.2
16. 1960/02/25 (concrete), (Shahrood), 42.31°N, 56.99°E, M7.4
17. 1967/04/16 (concrete), (Shahrood), 42.42°N, 55.89°E, M7.2
18. 1966/12/06 (concrete), (Shahrood), 42.89°N, 56.27°E, M7.0
19. 2001/02/16 (concrete), (Shahrood), 42.89°N, 56.79°E, M7.2
20. 2001/02/16 (concrete), (Shahrood), 42.82°N, 56.79°E, M7.1
21. 2003/04/16 (concrete), (Shahrood), 42.84°N, 56.99°E, M7.4

References:

- 1. Data were obtained from:
- 1. Data Parameters of Earthquake in Iran (Dahmani, et al, 2002)
- 2. National Earthquake Information Center (NEIC)
- 3. The Iranian Seismological Center (ISC)

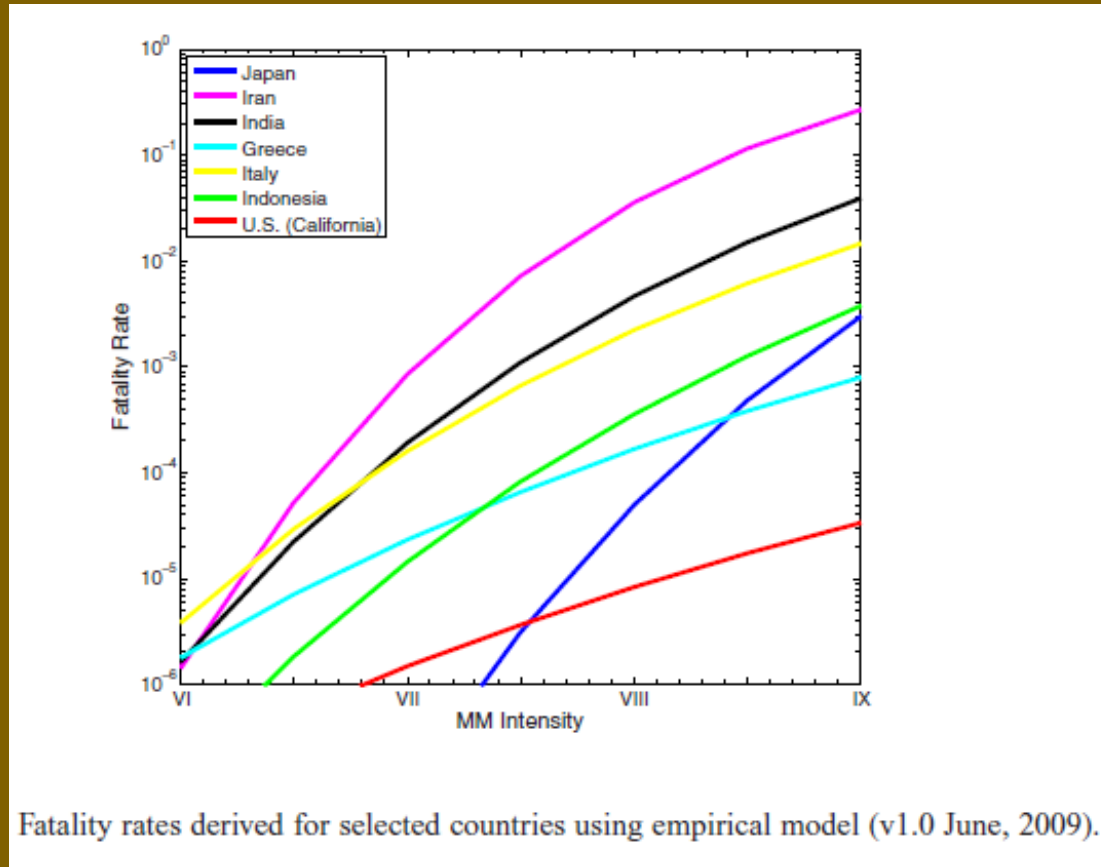
Ghir and Karzin(1972)



Manjil EQ (1990)

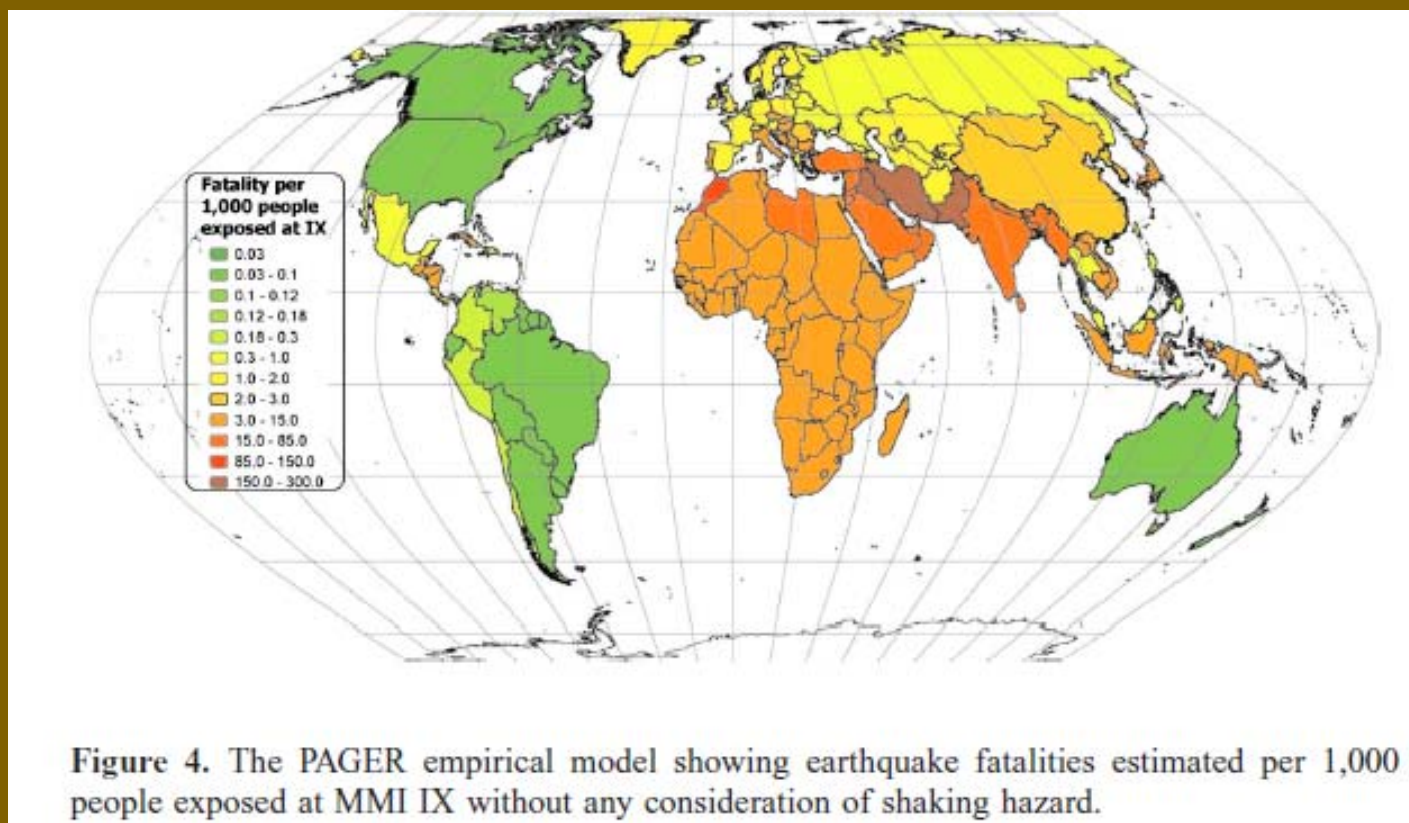


EQ Fatality Rate درصد کشته شدگان زلزله



Jaiswal_ & Wald_ (2010), An Empirical Model for Global Earthquake Fatality Estimation, Earthquake Spectra, 2010

درصد کشته شدگان زلزله EQ Fatality Rate



چند علت فروریزش یا شکست ساختمانهای شهری

- طراحی سازه ای نادرست برای زلزله
- (عدم رعایت آئین نامه زلزله)
- اجرای بد(جزئیات نامناسب –کارگران و مهندسان غیرماهر)
- عدم نظارت لازم و کافی
- استفاده از مصالح ساختمانی نامناسب / سقفهای بسیار سنگین
- تغییرات غیرمجاز در زمان استفاده از ساختمان (تغییرات در فضاها و افزایش تعداد طبقات، تغییرات کاربری)

- تخمین نادرست زلزله مبنای طراحی
- مشکلات ناشی از ساختمانهای همسایه (نظیر ضربه زدن و یا دیوار زیر زمین)
- پس لرزه ها و اثرات ثانویه زلزله ها
- خطرهای ژئوتکنیکی ناشی از زلزله (روانگرایی، لغزش، گسلش)
- اثرات غیرسازه ها

عملیات جستجو و نجات



عمليات جستجو و نجات



رقابت با زمان

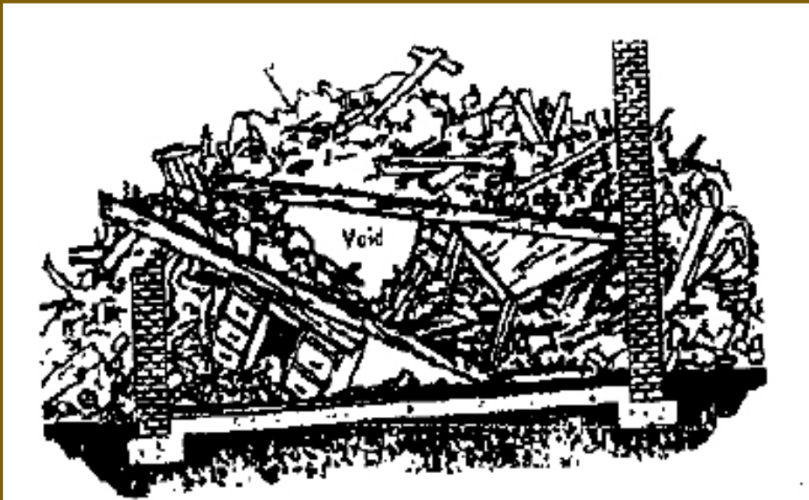
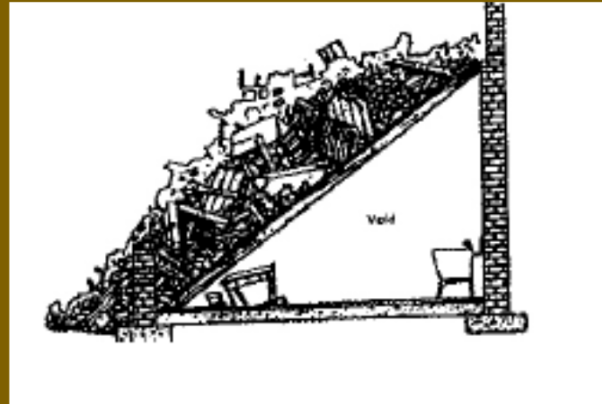
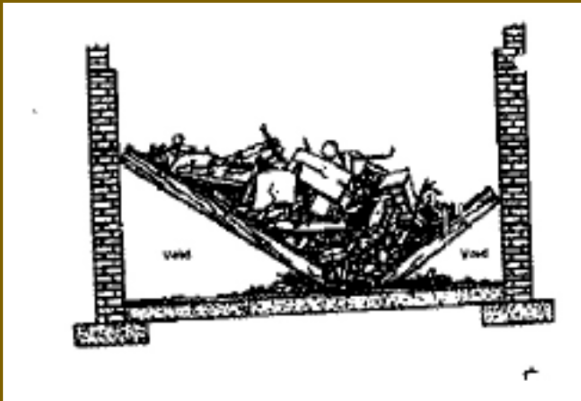
جدول ۱ - ارتباط زمان زیر آوار ماندن با امکان زنده ماندن

درصد زنده ماندن	زمان زیر آوار ماندن
۹۹/۳	۳۰ دقیقه
۸۱	یک روز
۵۳/۷	دو روز
۳۶/۷	سه روز
۱۹	چهار روز
۷/۴	پنج روز

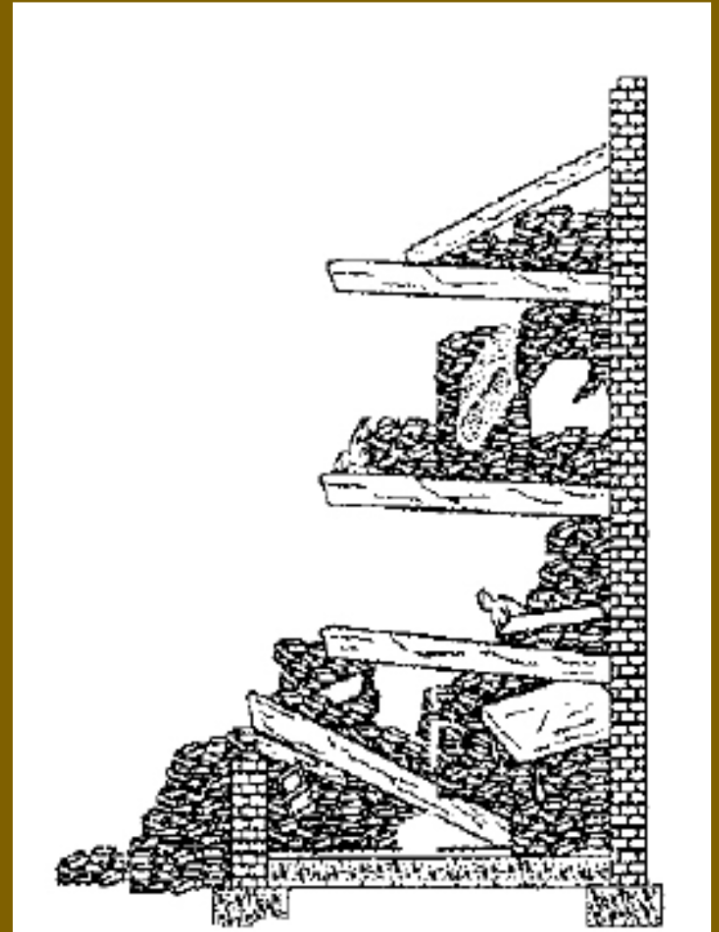
سرعت مقوله ای مهم در عملیات جستجو و نجات است.

مطابق جدول از "۲۴ ساعت اولیه" پس از زلزله به عنوان زمان طلایی در نجات یاد می شود.

چند نوع آوار ساختمانی







“Tent” or “A-Frame”
Collapse: Imagine a tent
with a sloped roof and a
pole in the center to hold it
off the ground, with vertical
walls surrounding it.




Standard USAR Search Markings

**TASK FORCE BUILDING MARKING SYSTEM UHR-4
STRUCTURE/HAZARDS EVALUATION**

STRUCTURAL SPECIALIST MAKES A 2'x2' BOX ON BUILDING ADJACENT TO MOST ACCESSIBLE ENTRY. THIS IS DONE AFTER DOING HAZARDS ASSESSMENT AND FILLING OUT HAZARDS ASSESSMENT FORM. BOX IS SPRAY PAINTED WITH INTL ORANGE AND MARKED AS FOLLOWS:

-  STRUCTURE IS RELATIVELY SAFE FOR S&R OPERATIONS DAMAGE IS SUCH THAT THERE IS LITTLE DANGER OF FURTHER COLLAPSE. (MAY BE PANCAKED BLDG)
-  STRUCTURE IS SIGNIFICANTLY DAMAGED. SOME AREAS MAY BE RELATIVELY SAFE, BUT OTHER AREAS MAY NEED SHORING, BRACING, OR REMOVAL OF HAZARDS.
-  STRUCTURE IS NOT SAFE FOR RESCUE OPERATIONS AND MAY BE SUBJECT TO SUDDEN COLLAPSE. REMOTE SEARCH OPERATIONS MAY PROCEED AT SIGNIFICANT RISK. IF RESCUE OPERATIONS ARE UNDERTAKEN, SAFE HAVEN AREAS & RAPID EVACUATION ROUTES SHOULD BE CREATED.
-  ARROW LOCATED NEXT TO THE MARKING BOX INDICATES THE DIRECTION OF SAFEST ENTRY TO THE STRUCTURE.
- HM** INDICATES HAZMAT CONDITION IN OR ADJACENT TO STRUCTURE. S&R OPERATIONS NORMALLY WILL NOT BE ALLOWED UNTIL CONDITION IS BETTER DEFINED OR ELIMINATED.

 15JUL92 1310 HRS
HM - NATURAL GAS
OR-1
(UNTIL GAS IS TURNED OFF)

**TASK FORCE BUILDING MARKING SYSTEM UHR-4b
SEARCH ASSESSMENT**

U.S. Marking System

DATE & TIME THAT TASK FORCE LEFT: 15JUL92 1400 HR

TASK FORCE IDENTIFIER: OR-1

PERSONAL HAZARDS: RATS


3 DEAD


FIRST SLASH IS MADE WHEN ENTERING STRUCT.


CROSSING SLASH MADE AS TASK FORCE EXITS


NUMBER OF LIVE & DEAD VICTIMS LEFT


Marking debris for victim location

Potential victim location:  L=# D=#

Confirmed victim location:  L=# D=#

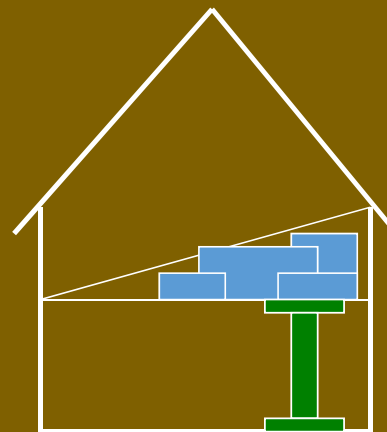
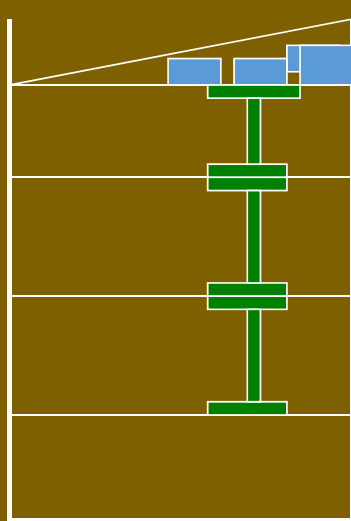
Dead victims only:  D=#

Extricated live victims:  L=# D=#

Extricated dead victims:  D=#

شمع زدن ساختمان آسیب دیده برای جلوگیری از فروریزش کلی

- در سازه های فولادی و چوبی حداقل یک طبقه زیر هر خسارت سازه ای
- در سازه های بتن مسلح حداقل 3 طبقه زیر هر خسارت سازه ای





“T” Spot Shore

- Temporary shore only, Initial stabilization.



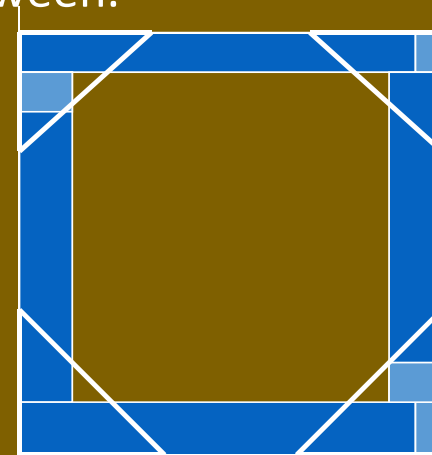
Double “T” Shore

- Temporary shore.

Window Shore



- Header, sole, and two vertical post. sandwiched in between.
- 8 wedges
- 4 triangle gussets



Door Shore

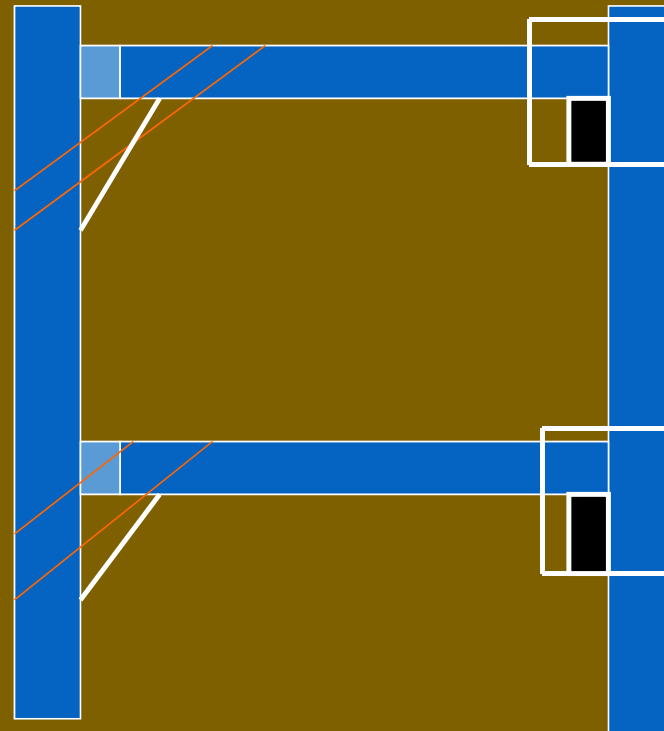


Horizontal Shore



Wall plates and struts should be same length.

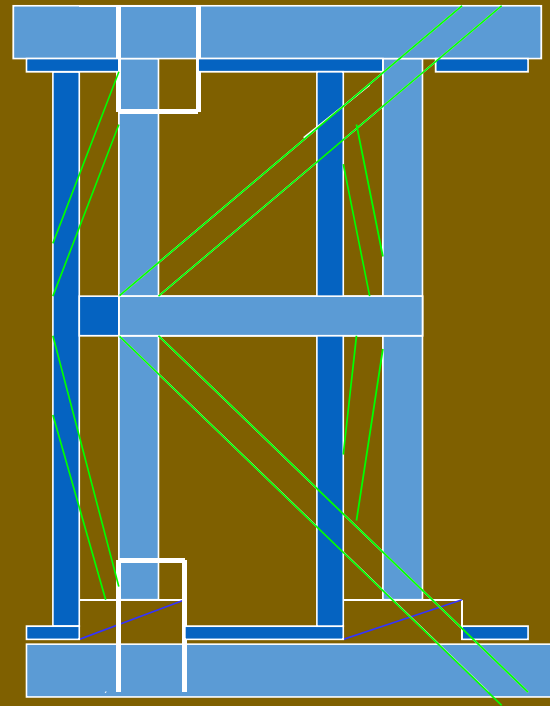
- 2 struts
- 2 wall plates
- 2 diagonal braces
- 2 shims as cleats
- 4 wedges
- 2 cleats
- 4 gussets



Laced Post Shore



- 4 post
- 2 headers, 2 soles
- 8 braces
- 8 K braces
- 12 gussets
- 8 wedges

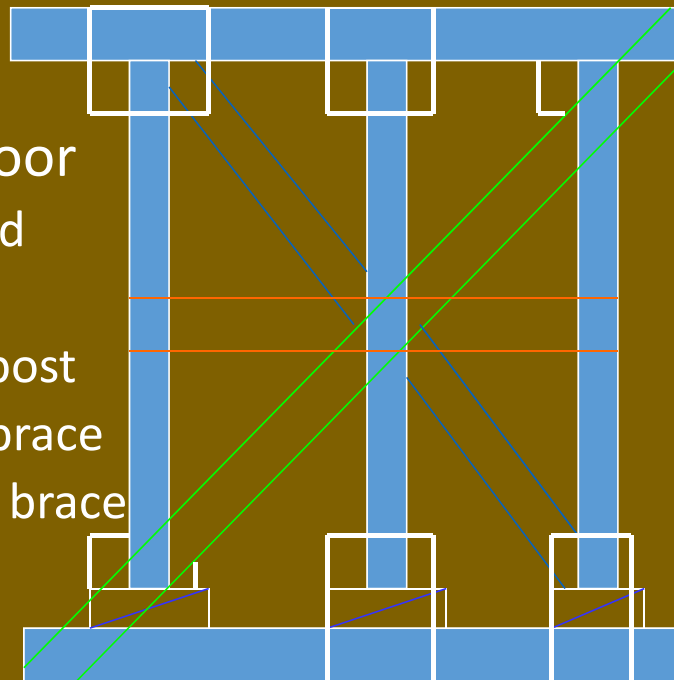


Vertical Shore



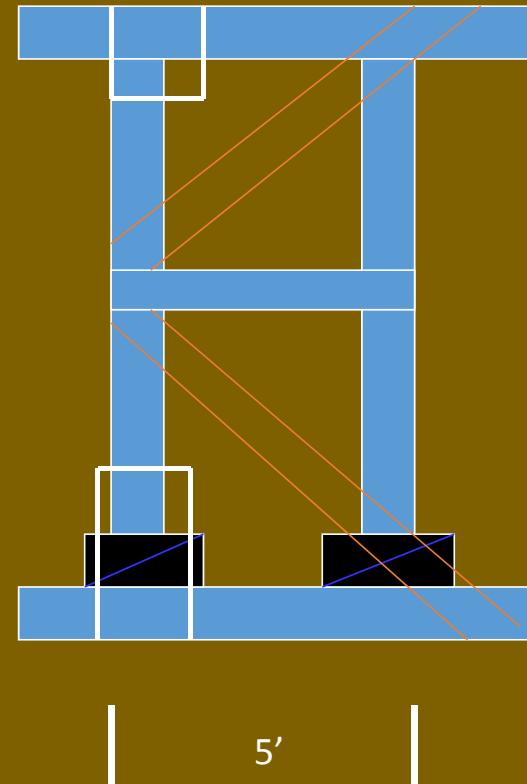
Damaged Floor

- Header and Sole plate
- 3 vertical post
- Midpoint brace
- 2 diagonal brace
- 8 gussets
- 6 wedges

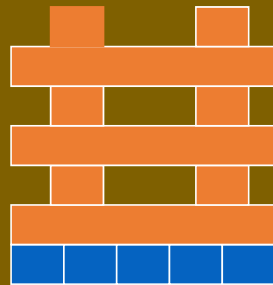


Two Post Vertical

- Header and Sole plate
- 2 K bracing
- Midpoint brace
- 2 vertical post
- 6 gussets
- 4 wedges



Cribbing



توصیه ها

۱- مهندسان سازه اگر از آموزش و تجربه لازم قبلی برخوردار باشند می توانند نقشی حیاتی و بسیار مهم در هدایت و بهره وری قسمت فنی عملیات جستجو و نجات بدام افتادگان در آوار ناشی از فروریزش ساختمانها ایفا نمایند. همچنین در آموزش فرماندهان گروههای جستجو و نجات و آشنایی آنها با اصول اولیه مهندسی سازه بصورت کاربردی و انجام محاسبات سرانگشتی و یا طرحهای عملیاتی ابتکاری برای برقراری و یا حفظ پایداری نسبی آوار می توانند بسیار موثر باشند.

۲- در مورد عملیات جستجو و نجات بعد از زلزله ها بعلت وقوع پس لرزه ها و خطر بدام افتادن خود نجاتگران، وجود مهندسان سازه در قسمت فرماندهی تیمهای نفوذ به آوار برای برآورد بارهای موجود و ایجاد پایداری موقت در قسمتهای باقیمانده ساختمان و ساخت مسیرهای نفوذ با شمعک زدن اهمیت بیشتری دارد.

۳- ارزیابی سازه ها و درک علت فروریزش آنها کاری بسیار مشکل است و وقتی در یک سانحه، انسانها در آن جان (قربانی) یا تواناییهای خود (معلول) را از دست دهند و یا خسارات مالی فراوانی وارد شود از نظر حقوقی در مراجع قانونی باید بررسی شود و نتایج کارشناسی سازه باید از طریق مراجع قضایی دنبال شود (مهندسی قانونی)