



## بررسی اثرات ضخامت خاک محل بر خسارت پذیری سازه‌های بتن آرمه کوتاه مرتبه: بررسی خاک نوع 1 و 2 آیین نامه 2800

هوشنگ دباغ<sup>1</sup>، امین محرابی مقدم<sup>2</sup>، محمدصادق شهیدزاده<sup>3</sup>

1- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

h.dabbagh@uok.ac.ir

2- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

a.mehrabi86@gmail.com

3- مربی، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء، بهبهان، ایران

shahidzadeh@bkatu.ac.ir

### چکیده

بررسی اثرات ضخامت خاک بر میزان خسارت سازه‌ها از جمله مقوله‌هایی است که کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. جهت بررسی این پارامتر از تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی (با نرم‌افزار IDARC) بر روی یک سازه‌ی سه طبقه‌ی بتن آرمه که مطابق با آیین‌نامه‌ی آبا و برای خاک‌های 1 و 2 طراحی شده، استفاده می‌گردد، به گونه‌ای که شتاب‌نگاشت‌های ثبت شده بر روی بستر سنگی، از لایه‌های خاک 1 و 2 با ضخامت‌های مختلف عبور داده و شتاب‌نگاشت‌های جدید ثبت، و در تحلیل‌ها استفاده می‌شوند. مشاهده می‌شود که در نظر گرفتن اثرات ضخامت، تأثیر قابل توجهی در مقدار شاخص خسارت پارک و آنگ می‌گذارد، لذا بررسی این پارامتر در تحلیل‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** ضخامت خاک، شتاب‌نگاشت، تحلیل دینامیکی غیرخطی، سازه بتن آرمه، شاخص خسارت

### 1. مقدمه

تعیین خسارت وارد بر یک سازه از مهمترین مؤلفه‌هایی است که در چند سال اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در این زمینه با بررسی جنبه‌های مختلف رفتاری سازه، شاخص‌های متنوعی توسط محققین مختلف ارائه شده است [1-5] که اکثریت این اندیس‌ها با استفاده از تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی تعیین می‌شوند. مشاهده میزان خسارت وارد بر سازه‌ها در چند سال اخیر نشان داد که هر چند سازه‌های طراحی شده بر اساس ضوابط لرزه‌ای موجود، در حفظ ایمنی افراد، مناسب عمل کرده‌اند اما دامنه‌ی خرابی‌های ایجاد شده در سازه‌ها و خسارت اقتصادی وارده، بسیار گسترده و خارج از انتظار بوده است. این موضوع سبب تغییر ضوابط آیین‌نامه‌ها و حرکت آنها به سمت طراحی بر اساس عملکرد، به عنوان روشی مبتنی بر پذیرش تغییر مکان و شکل‌پذیری مورد



انتظار گردید. از مهم ترین موضوعها در طراحی عملکردی تعیین و پیش بینی میزان خسارت وارد بر سازهها می باشد و به این منظور در استانداردهای مربوطه سطوح و حدود مشخصی ارائه شده است [6 و 7]. شاخصهای خسارت زیادی در سالهای اخیر جهت تخمین خسارت وارد بر سازه تحت اثر زمین لرزه، توسعه یافته اند که در بین این شاخصها می توان به شاخص تغییر مکان نسبی بین طبقات که بیشتر مورد توجه آیین نامه های طراحی بر اساس عملکرد قرار گرفته [4] و شاخص خسارت پارک و آنگک [5] اشاره کرد.

از آنجا که ساختمانهای کوتاه مرتبه بیش از 95 درصد ساختمانهای ایران را شامل می شوند و در این میان بررسی آسیب پذیری ساختمانهای بتن مسلح به دلیل پیچیدگی های خاص خود از اهمیت ویژه ای برخوردار است، در این پژوهش به مطالعه ی موردی خسارت سازه ی بتن آرمه کوتاه مرتبه با ارائه یک قاب 3 طبقه به عنوان نمونه که بر اساس ضوابط آیین نامه بتن ایران طراحی شده است، با در نظر گرفتن اثرات ضخامت لایه های خاک پرداخته می شود. آیین نامه استاندارد 2800 ایران خاکها را به 4 دسته تقسیم بندی کرده است [8] که در این پژوهش به بررسی اثرات ضخامت خاکهای نوع 1 و 2 بر میزان خسارت وارد بر سازه مورد مطالعه، پرداخته می شود. جهت محاسبه ی خسارت وارد بر سازه، از شاخص پارک و آنگک که یکی از اندیس های معتبر در این زمینه است، استفاده شده است. همچنین جهت در نظر گرفتن اثرات ضخامت و انجام تحلیل های دینامیکی غیرخطی به ترتیب از نرم افزارهای [9] Deepsoil و [10] Idarc v7.0 استفاده شده است.

## 2. بررسی اثرات ضخامت خاک بر میزان خسارت

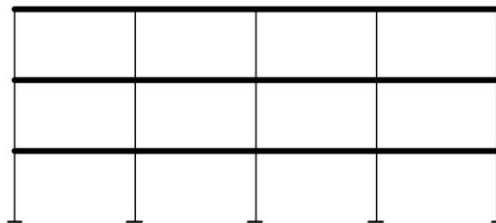
در طبقه بندی آیین نامه 2800 ایران 4 نوع خاک با توجه به محدوده های سرعت موج برشی و ساختمان خاک تعریف شده است. به منظور بررسی اثرات ضخامت خاک بر روی پاسخ ساختگاه و میزان خسارت وارد بر سازه، لایه های خاک با ویژگی های منطبق با تعاریف آیین نامه و ضخامت های مختلف در نرم افزار Deepsoil تعریف و مدل سازی شده است که مشخصات آنها در جدول 1 ارائه گردیده است. سپس رکوردهای گرفته شده از روی بستر سنگی، از خاکهای مدل سازی شده عبور، و رکوردهای جدید که در تحلیل های دینامیکی غیرخطی مورد استفاده قرار می گیرند، ثبت می شود. در مدل سازی با نرم افزار Deepsoil از روش خطی معادل و با فرض صلب بودن بستر سنگی برای تعیین پاسخ های ساختگاه استفاده شده است.

جدول 1: ویژگی خاکهای مدل سازی شده [11]

خاک	جنس	وزن مخصوص ( $kN/m^3$ )	ضخامت لایه خاک (m)	سرعت های موج برشی (m/s)
نوع 1	ماسه	20	10, 20, 30	650
نوع 2	ماسه	18	30, 70, 100	650

### 3. مدل سازی

در این بخش به منظور بررسی اثرات ضخامت بر روی سازه بتن آرمه کوتاه مرتبه، یک سازه‌ی 3 طبقه چهار دهانه به ارتفاع طبقات 3 متر و طول دهانه 5 متر طراحی و استفاده شد. از آنجایی که در این پژوهش، خاک‌های نوع 1 و 2 بررسی می‌گردند، سازه‌ی مورد نظر برای هر یک از این نوع خاک‌ها به طور جداگانه، برای منطقه با خطرپذیری زیاد و طبق آیین‌نامه‌ی آبا[12] و نیز استاندارد 2800 ایران طراحی شده‌اند (در طراحی این قاب‌ها کلیه‌ی ضوابط از جمله محدودیت‌های تغییر شکل‌های جانبی در آیین‌نامه‌ی 2800 رعایت شده است). طبق آیین‌نامه استاندارد 2800 اهمیت قاب از نوع متوسط در نظر گرفته شده است. قاب‌ها دارای عرض برابر 5 متر و در تمام طبقات دارای بار مرده 760 و بار زنده 200 کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. در فرایند تحلیل و طراحی قاب‌ها، مقاومت مشخصه بتن برابر 25 مگاپاسگال، کرنش متناظر با حداکثر مقاومت بتن برابر 0/002، کرنش نهایی بتن برابر 0/003، مقاومت جاری شدن فولاد 400 مگاپاسگال در نظر گرفته شده است. نمای کلی قاب مورد نظر در شکل 1 آمده است.



شکل(1): نمای کلی قاب مورد بررسی

### 4. انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها

برای انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی لازم است که تعدادی شتاب‌نگاشت متناسب با مشخصات ژئوتکنیکی و شرایط خاک محل احداث پروژه انتخاب گردد. از آنجا که هدف از این پژوهش بررسی اثرات ضخامت خاک بر میزان خسارت وارد بر سازه است، پس رکوردهایی انتخاب می‌شوند که بر روی بستر سنگی ثبت شده باشند. از این رو پس از مدل‌سازی خاک بر روی بستر سنگی، می‌توان اثرات ضخامت خاک بر روی رکوردها را اعمال کرده و در تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی مورد استفاده قرار داد. به منظور انتخاب رکوردها بر روی بستر سنگی، سرعت موج برشی در محل ایستگاه ثبت رکورد، بالاتر از 750 متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود[13-15]. رکوردهای مورد استفاده در تحلیل‌ها به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که سازه هم تحت اثر خسارت‌های شدید و هم تحت اثر خسارت‌های جزئی قرار گیرد، پس در انتخاب رکوردها به مسئله‌ی تفکیک

خطر لرزه‌ای<sup>1</sup> که به بررسی اثرات بزرگا و فاصله‌ی زلزله بر پاسخ‌های سایت می‌پردازد [13]، توجه شده است. از این‌رو برای در نظر گرفتن اثر رکوردها بر پاسخ سازه از دو گروه زمین‌لرزه استفاده شده است. در گروه اول، رکوردهایی انتخاب شده‌اند که نزدیک به مرکز زلزله (تا فاصله‌ی 20 کیلومتری) و با بزرگای 5 تا 6 ریشتر می‌باشند که اثر آن‌ها بر دوره تناوب‌های کم تا متوسط قابل ملاحظه است. در گروه دوم از رکوردهایی استفاده شده که دور از مرکز زلزله (فاصله‌ی 20 تا 45 کیلومتری) و با بزرگای 6 تا 7 ریشتر، که اثرات آن‌ها بر دوره تناوب‌های بلند قابل ملاحظه است. رکوردهای انتخاب شده به گونه‌ای هستند که محدوده‌ی گسترده‌ای از PGA<sup>2</sup> را شامل شوند که همگی از سایت PEER<sup>3</sup> استخراج شده‌اند. حروف (N) و (F) در پایان نام هر رکورد در جدول (2) نشان‌دهنده‌ی نزدیک و دور بودن شتاب نگارها از مراکز زلزله می‌باشد.

جدول 2: شتاب نگاشت‌های مورد استفاده

نام شتاب نگاشت	ایستگاه	PGA(m/s <sup>2</sup> ) روی بستر سنگی
LOMA PRIETA 1 (N)	GILROY ARRAY	0/411
LOMA PRIETA 2 (N)	GILROY ARRAY	0/473
NORTHRIDGE 1 (N)	PACOIMA DAM	1/585
NORTHRIDGE 2 (N)	PACOIMA DAM	1/285
NORTHRIDGE 1 (F)	LAKE HUGHES	0/165
NORTHRIDGE 2 (F)	LAKE HUGHES	0/217
SAN FERNANDO 1 (F)	LAKE HUGHES	0/157
SAN FERNANDO 2 (F)	LAKE HUGHES	0/134

## 5. نتایج بررسی اثرات ضخامت خاک بر خسارت سازه

در تحلیل‌های انجام شده، برای هر لایه از هر نوع خاک، به تعداد رکوردهای انتخاب شده آنالیز دینامیکی غیرخطی صورت گرفته که در این حالت برای هر لایه خاک 8 تحلیل، برای هر نوع خاک 24 تحلیل و در مجموع برای هر دو نوع خاک 48 تحلیل دینامیکی غیرخطی صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن‌ها برای هر دو نوع خاک در دو بخش جداگانه، تحت عنوان‌های خسارت وارد بر طبقات و خسارت کل سازه بررسی می‌گردد.

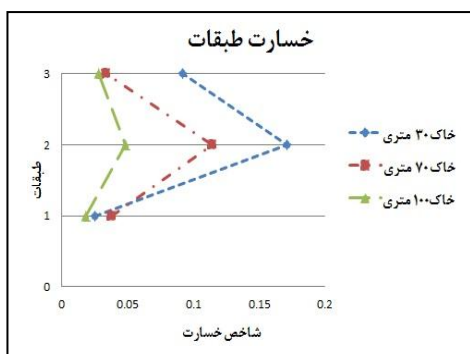
<sup>1</sup> Deaggregation of Seismic Hazard

<sup>2</sup> Peak Groundmotion Acceleration

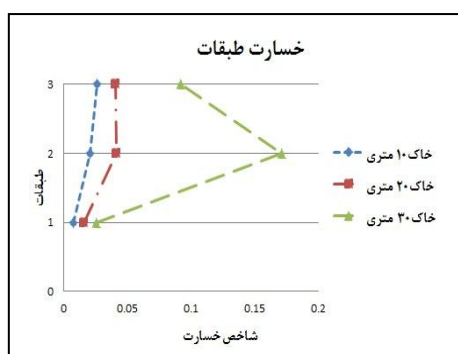
<sup>3</sup> The Pacific Earthquake Engineering Research Center

### 1.5. بررسی خسارت وارد بر طبقات

با بررسی نمودارهای شکل 2 و 3 مشاهده می‌شود که شاخص خسارت طبقه‌ی همکف در خاک نوع 1 برای هر 3 مدل خاک با افزایش ضخامت خاک بزرگتر می‌شود. در خاک نوع 2 در حالت کلی، با افزایش ضخامت خاک، شاخص خسارت طبقات کاهش می‌یابد، اما برای طبقه‌ی همکف به گونه‌ای است که وقتی سازه بر روی خاک 70 متری قرار می‌گیرد مقدار آن بزرگتر از خاک 30 متری است. در هر دو نوع خاک مقادیر شاخص خسارت طبقه‌ی همکف به هم نزدیک و کوچکتر از 0/05 است که نشان می‌دهد درجه‌ی خسارت آن‌ها ناچیز و قابل تعمیر می‌باشد.



شکل (3): بررسی شاخص خسارت طبقات سازه- خاک 2



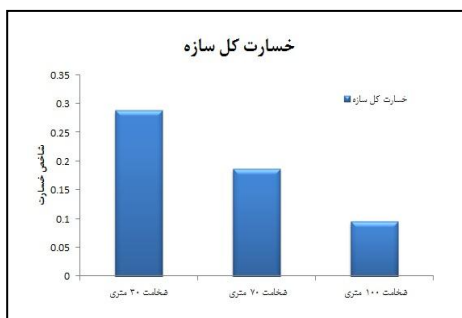
شکل (2): بررسی شاخص خسارت طبقات سازه- خاک 1

برای هر دو نوع خاک، بزرگترین شاخص خسارت متعلق به طبقات میانی سازه‌ی است. در خاک نوع 1 میزان شاخص خسارت با افزایش ضخامت خاک بزرگتر می‌شود، مقادیر آن برای خاک‌های 10 و 20 متری در یک رده و کوچکتر از 0/05 می‌باشد ولی وقتی سازه بروی خاک 30 متری قرار می‌گیرد به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر مدل‌های خاک (ضخامت 10 و 20 متری) افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که این افزایش نسبت به خاک 10 متری 8 برابر و برای خاک 20 متری تقریباً 4 برابر می‌باشد. اما برای خاک نوع 2، شاخص خسارت این طبقه برای ضخامت 30 متری در حدود 0/18، ضخامت 70 متری تقریباً 0/12 و ضخامت 100 متری تقریباً 0/05 می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که با افزایش ضخامت این نوع خاک بر روی بستر- سنگی، میزان شاخص خسارت طبقات میانی به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. میزان شاخص خسارت طبقه‌ی فوقانی در خاک نوع 1 با افزایش ضخامت خاک افزایش می‌یابد، که این افزایش برای خاک 30 متری نسبت به 2 ضخامت دیگر خیلی بزرگتر می‌باشد. در این نوع خاک شاخص خسارت طبقه‌ی فوقانی سازه بزرگتر

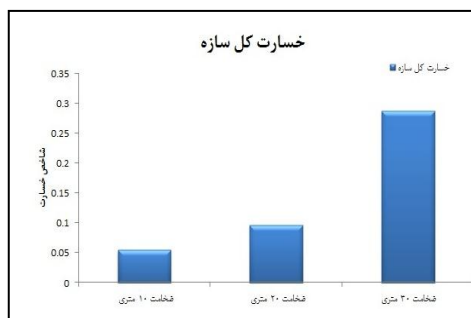
از شاخص خسارت طبقه‌ی همکف است ولی همان گونه که از نتایج مشاهده می‌گردد، با افزایش ضخامت خاک، این اختلاف بیشتر می‌شود، یعنی میزان خسارتی که طبقه‌ی فوقانی نسبت به طبقه‌ی همکف متحمل می‌شود، بزرگتر می‌شود. اما در خاک نوع 2، با افزایش ضخامت خاک، شاخص خسارت این طبقه کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که وقتی سازه بر روی خاک 70 و 100 متری قرار دارد به هم نزدیک و در حدود 0/03، ولی وقتی بر روی خاک 30 متری قرار می‌گیرد به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد که این افزایش در حدود 178 درصد می‌باشد.

### 2.5. بررسی خسارت کل سازه

با بررسی نمودارهای شکل 4 مشاهده می‌گردد که در خاک نوع 1 با افزایش ضخامت خاک میزان خسارت وارد بر کل سازه به مقدار چشم‌گیری افزایش می‌یابد به گونه‌ای که وقتی سازه بر روی خاک 10 متری قرار می‌گیرد دارای شاخص خسارت 0/055 و درجه خسارت ناچیز (بروز ترک‌های پراکنده در اعضا) است، ولی وقتی ضخامت خاک زیاد می‌شود و سازه بر روی خاک 30 متری قرار می‌گیرد دارای شاخص خسارت تقریباً 0/3 و درجه خسارت متوسط (ترک‌های بزرگ و گسترده) می‌باشد که در این حالت به خوبی می‌توان تأثیر ضخامت خاک بر شاخص خسارت سازه را مشاهده کرد.



شکل (5): بررسی شاخص خسارت کل سازه -



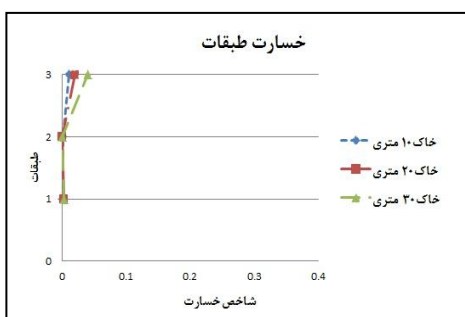
شکل (4): بررسی شاخص خسارت کل سازه - خاک 1

با بررسی نمودارهای شکل 5 مشاهده می‌گردد که در خاک نوع 2، وقتی سازه بر روی خاک 30 متری قرار می‌گیرد، دارای بیشترین شاخص خسارت، که مقدار آن تقریباً 0/3 و با درجه خسارت متوسط است، ولی با افزایش ضخامت خاک شاخص خسارت سازه کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که وقتی سازه بر روی خاک 70 متری و 100 متری قرار می‌گیرد به ترتیب دارای شاخص‌های خسارت 0/19 و 0/1 است، که درجه‌ی خسارت آن‌ها

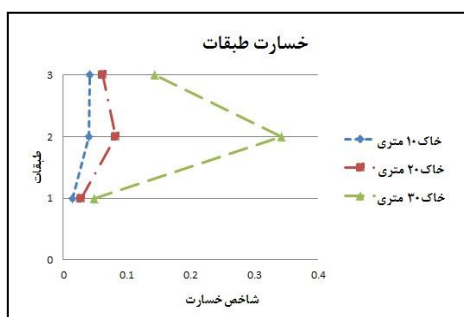
کم محسوب می‌شود. پس مشاهده می‌گردد که ضخامت خاک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی شاخص خسارت سازه دارد.

### 6. بررسی اثر زلزله‌های دور و نزدیک بر شاخص خسارت سازه

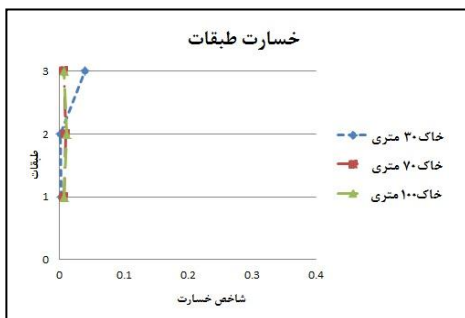
با توجه به اینکه در تحلیل‌ها از دو گروه زلزله‌های دور و نزدیک به مرکز زلزله استفاده می‌شود، در این بخش تأثیر هر گروه بر میزان شاخص خسارت سازه بررسی می‌گردد که نتایج آن‌ها طی شکل‌های 6 تا 13 آورده شده است.



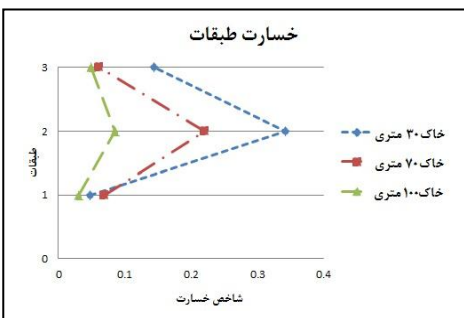
شکل (7): شاخص خسارت طبقات - خاک 1 - حوزه دور



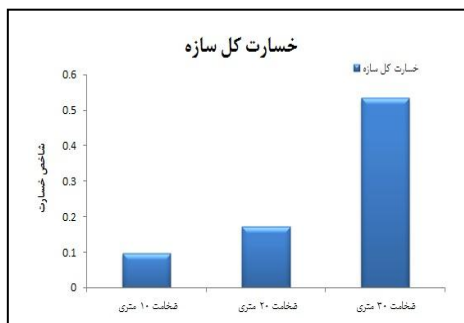
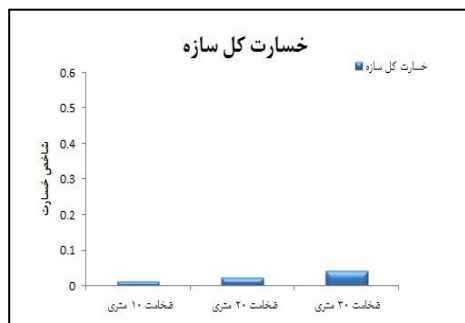
شکل (6): شاخص خسارت طبقات - خاک 1 - حوزه نزدیک



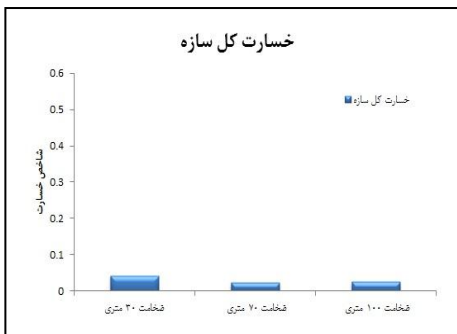
شکل (9): شاخص خسارت طبقات - خاک 2 - حوزه دور



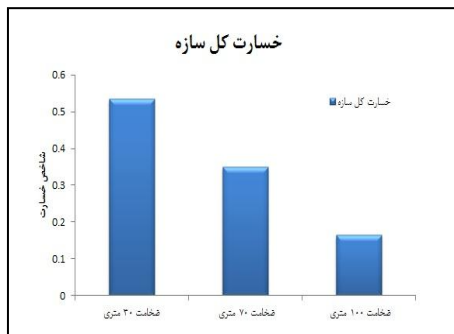
شکل (8): شاخص خسارت طبقات - خاک 2 - حوزه نزدیک



شکل (11): خسارت کل سازه- خاک 1- حوزه دور



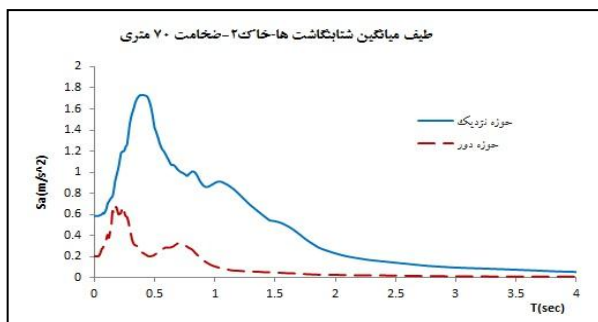
شکل (10): خسارت کل سازه- خاک 1- حوزه نزدیک



شکل (13): خسارت کل سازه- خاک 2- حوزه دور

شکل (12): خسارت کل سازه- خاک 2- حوزه نزدیک

مشاهده می شود که مقادیر شاخص خسارت طبقات و کل سازه، ناشی از زلزله های دور و نزدیک به مرکز زلزله، اختلاف قابل ملاحظه ای با هم دارند، به گونه ای که خسارت ناشی از زلزله های نزدیک خیلی بزرگتر از زلزله های دور است. همان گونه که پیش تر در بخش 5 مطرح گردید، زلزله های حوزه ی نزدیک بر سازه های کوتاه مرتبه (با دوره تناوب های کم) تأثیر به سزایی دارند. همچنین با توجه به دوره تناوب سازه ( $T=0.36$  sec) و مقادیر شتاب طیفی در طیف های میانگین مربوط به هر دو گروه زلزله، اختلاف بین آن ها قابل توجیه است که به عنوان مثال در شکل 14، برای خاک 2 با ضخامت 70 متری نشان داده شده است.



شکل (14): طیف های میانگین زلزله های حوزه نزدیک و دور- خاک 2- ضخامت 70 متری

## 7. خلاصه و نتیجه گیری



از بررسی و مقایسه‌ی شکل‌های 1 تا 6، نتایج زیر از آنالیزهای دینامیکی غیرخطی سازه‌ی سه طبقه، تحت اثر رکوردها و ضخامت‌های در نظر گرفته‌شده، ارائه می‌گردد:

1- خسارت وارد بر طبقات در خاک نوع 1 از یک قاعده منظم پیروی می‌کند به گونه‌ای که با افزایش ضخامت خاک میزان خسارت طبقات افزایش می‌یابد. در خاک 2 نیز خسارت وارد بر طبقات میانی و فوقانی از قاعده‌ی خاصی پیروی می‌کنند، به گونه‌ای که با افزایش ضخامت خاک خسارت وارد بر این طبقات کاهش می‌یابد.

2- عمده‌ی خسارت‌های وارد بر سازه‌ی مورد بررسی، هم در خاک 1 و هم در خاک 2، بر طبقه‌ی میانی سازه وارد می‌گردد. در خاک نوع 1 برای عمق 10 متری، بیشترین شاخص خسارت متعلق به طبقه‌ی بالایی سازه است ولی مقدار آن کم و نزدیک به مقدار نظیر آن در طبقه‌ی میانی است.

3- مشاهده می‌گردد که وقتی سازه بر روی خاک نوع 1 قرار می‌گیرد، با افزایش ضخامت خاک روی بستر سنگی میزان خسارت وارد بر سازه افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که وقتی سازه بر روی خاک 30 متری قرار می‌گیرد نسبت به حالتی که بر روی خاک 10 متری قرار می‌گیرد، شاخص‌های خسارت تفاوت چشم‌گیری دارند. این درحالیست که در خاک نوع 2 برخلاف خاک نوع 1 با افزایش ضخامت خاک میزان خسارت وارد بر سازه کاهش می‌یابد.

4- با بررسی نتایج مشاهده می‌شود که برای هر دو نوع خاک، وقتی سازه بر روی خاک 30 متری قرار می‌گیرد دارای بیشترین میزان خسارت است. از این رو می‌توان این عمق از خاک را که در برخی از آیین‌نامه‌ها به عنوان ضخامت خاک روی بستر سنگی در نظر گرفته می‌شود، برای سازه‌ی مورد بررسی یک عمق بحرانی در نظر گرفت.

5- از آنجا که زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک بر سازه‌های کوتاه‌مرتبه (با دوره تناوب‌های کم) تأثیر بیشتری دارند، مشاهده می‌شود که شاخص خسارت این گروه از زلزله‌ها برای سازه‌ی مورد بررسی، نسبت به زلزله‌های حوزه دور بسیار بزرگتر است.

## مراجع

- [1] Powell H.Graham, Allahabadi R, Seismic damage prediction by deterministic methods: Concepts and Procedures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 16, PP719-734, 1988.
- [2] Sozen MA, Review of earthquake response of reinforced concrete building with a view to drift control, In: *State-of-the-Art in earthquake engineering. Istanbul (Turkey): Turkish National Committee on Earthquake Engineering*, PP 383-418, 1981.
- [3] Ghojarah A, Abou-Elfath H, Biddah A, Response- Based Damage Assessment of Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. Vol. 28, PP79-104, 1999.

- [4] Chai YH, Fajfar P, Romstad KM, Formulation of during dependent inelastic seismic design spectrum, *Journal of structure Engineering ASCE*;124(8):913-21, 1998.
- [5] Park Y.J, Ang A.H.S, Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 111, No. 4, PP.722-739, 1985.
- [6] Federal Emergency Management Agency, FEMA273, NEHRP Guidline for The Seismic Rehabilitation of Building”, Building Seismic Safety Council, Washington DC, 1997.
- [7] Applied Technology Council, ATC40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings California Seismic Safety Commission , 1997.
- [8] آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، 1384.
- [9] Youssef M. A. Hashash, User Manual and Tutorial, Department of Civil and Environmental Engineering University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011.
- [10] Valles R. E, Reinhorn A. M, Kunnath S. K, Li C, A. Madan, Technical Report NCEER-96-0010, IDARC 2D Version 4.0: A Program for the Inelastic Damage Analysis of Buildings, Department of Civil Engineering, State University of New York at Buffalo, 1996.
- [11] طاحونی، ش، اصول مهندسی ژئوتکنیک مکانیک خاک جلد 1، انتشارات پارس آیین، 1389.
- [12] آیین نامه بتن ایران (آبا)، ویرایش سوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، 1383.
- [13] یزدانی، آ، و کوثری، م، مقدمه‌ای بر تحلیل خطر احتمالاتی زمین‌لرزه، انتشارات دانشگاه کردستان، 1391.
- [14] Zare M, Contribution a l Etude des Mouvements Forts en Iran; du Cataloge Aux Lois D'attenuation. These pour obtenir le titre de docteur de L' universite Joseph Fourier-Grenoble 1-France, 1999.
- [15] Ghasemi H, Zare M, Fukushima Y, Koketsu K, An empirical spectral ground-motion model for Iran. *Journal of Seismology*, 13, 499-515, 2009.