

## ساده‌سازی رکورد زلزله برای تحلیل تاریخچه زمانی سریع با استفاده از تبدیل معکوس فوریه

علیرضا فاروقی

استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محمود حسینی

دانشیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ایران

faroughi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۷/۰۷

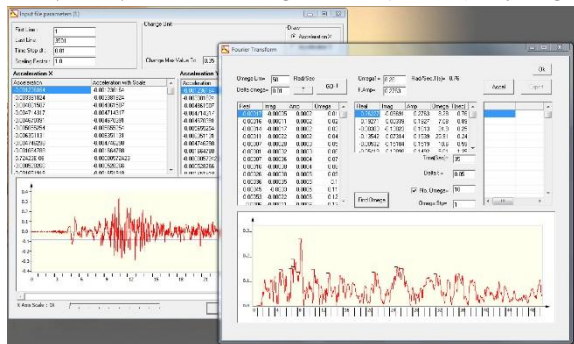
### چکیده:

چندین حالت در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها وجود دارد که ساده‌سازی تحلیل لرزه‌ای آیین‌نامه‌ای برای آن قابل استفاده نیست. در این حالات اغلب آیین‌نامه‌ها تحلیل تاریخچه زمانی (بررسی سازه تحت تمام طول زلزله) را توصیه می‌کنند که بسیار زمان بر است زیرا گام زمانی شتاب زلزله به طور معمول خیلی کوچک است. بنابراین چنانچه تحلیل تاریخچه زمانی را بتوان با گام زمانی بزرگتر انجام داد، البته بدون از دست دادن دقت، بسیار مفید خواهد بود. در این مقاله یک روش برای ساده‌سازی رکورد زلزله برپایه ویرایش تبدیل فوریه آنها معرفی شده است. برای این هدف در ابتدا طیف فوریه رکورد زلزله محاسبه شده سپس با برنامه کامپیوتری که توسط مولفین تهیه شده است یک طیف فوریه تولید شده و سپس رکورد جدیدی با استفاده از تبدیل معکوس فوریه با استفاده از گامهای زمانی نسبی بزرگ، محاسبه شده بر مبنای تمام فرکانسهای زلزله اصلی (که این هم معمولاً ۵ تا ۱۰ برابر بزرگتر از گام زمانی رکورد اصلی زلزله است) تولید و پر واضح است که تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از این رکورد ساده شده زمان بسیار کمتری را صرف خواهد کرد. نتایج عددی نشان داد بیشترین مقدار پاسخهای بدست آمده با استفاده از رکورد ساده شده وابسته به نوع سازه و خصوصیات زلزله در حدود ۵ تا ۱۰ درصد خطا دارد.

**کلید واژگان:** رکورد زلزله، گام زمانی، تبدیل معکوس فوریه، تحلیل تاریخچه زمانی خطی.

## ۱ - مقدمه

که در آن  $a_g(t)$  تابع شتاب بر حسب زمان و  $F(\omega)$  تابع طیف فوریه بر مبنای فرکانس است. همانطور که از رابطه (۱) مشخص است تبدیل فوریه یک رکورد شامل مقادیر حقیقی و موهومی خواهد بود. به این منظور نرم افزاری تهیه شد تا این مقادیر بدست آید. (شکل ۱)

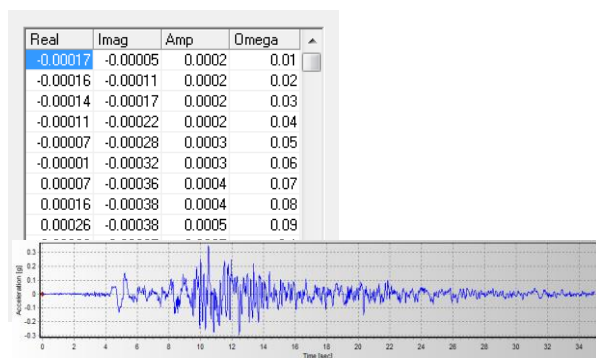


شکل ۱- نرم افزار تبدیل فوریه و انتخاب فرکانسهای بیشینه

در این نرم افزار همانطور که در سمت چپ شکل ملاحظه می شود ابتدا رکورد اصلی با معرفی گام زمانی و طول آن بازخوانی شده سپس در قسمت دوم و در سمت راست شکل مقادیر موهومی و حقیقی آن به با توجه به روابط (۲) و (۳) زیر محاسبه شده و به نمایش در می آید، برای شروع زلزله طیس استفاده می گردد. (شکل ۲)

$$C(\omega) = \int_0^{T_0} a_g(t) \cos \omega t dt \quad (2)$$

$$S(\omega) = \int_0^{T_0} a_g(t) \sin \omega t dt \quad (3)$$



شکل ۲ - رکورد زلزله طیس و جدول مقادیر حقیقی و موهومی

پس از محاسبه مقادیر حقیقی و موهومی از رابطه های ۲ و ۳ با استفاده از رابطه ۴ ضریب بزرگنمایی (دامنه) فوریه محاسبه شده و بعد از نمایش، فرکانسهای بیشینه (قله های نمودار) به هر تعداد دلخواه و با هر فاصله مورد نظر انتخاب می گردد (شکل ۳)

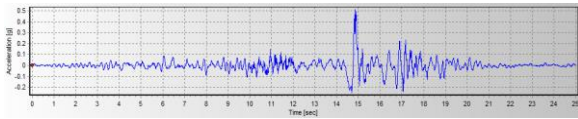
همانطور که در چکیده آمده تحلیل تاریخچه زمانی بسیار زمان بر است زیرا گام زمانی شتاب زلزله به طور معمول خیلی کوچک می باشد. استفاده از شتابنگاشتهای ساده شده، توسط وانگ [1] در سال ۱۹۷۵ و وانگ و گول [2] در سال ۱۹۷۷ یک روش برای این منظور است. در این دو، شتاب واقعی به یک مدل چهار پالسی فشرده با یک روش ساده و با استفاده از پالسهای مستطیلی تبدیل می شود. ایجاد امکان استفاده از گامهای بزرگتر زمانی، با استفاده از برخی از تکنیکهای عنوان شده توسط سروشیان [3] در سال ۲۰۰۸، روش دیگری است که برای این منظور پیشنهاد شده است. در سال ۲۰۱۳ حسینی و میرازی [4] نیز برای تحلیل تاریخچه زمانی سریع بر روی مفهوم بار ضربه ای کار کردند و نشان دادند با توجه به اینکه تعداد تکانه های معادل، حتی در صورت ساده سازی تکانه، بسیار کمتر از تعداد مراحل کل زمان شتاب سنجهای دیجیتالی شده است، روش ساده شده منجر به کاهش چشمگیر در زمان مورد نیاز THA می شود. همچنین حسینی و همکاران [5] در ادامه با تحقیقاتی بر روی ساده سازی با تمرکز بر روی بحثهای زمان-فرکانس را منتشر کردند. در روش ارائه شده به کاربران این امکان را می دهد تا تغییرات فرکانس زمانی سیگنال اصلی و ساده را ردیابی و مقایسه کنند تا الگوی فرکانسی سیگنال اصلی را حفظ کنند و از حذف ناخواسته اجزای آن جلوگیری کنند. کار بر روی رکورد زلزله بر مبنای روشهای ساده سازی بویژه در تولید زلزله های مصنوعی نیز پیشینه مفصلی دارند به طور مثال در سال ۲۰۱۷ ژنگلی و همکاران [6] در خصوص تولید رکوردهای مصنوعی مطابق با طیف کار کرده اند. برای این منظور، روشهای ساده ای که می توانند شتاب دهنده های سازگار با طیف و سازگار با انرژی تولید کنند، مورد نیاز هستند. این مطالعه بر اصلاح شدت زلزله هنگام تولید شتاب سنج مصنوعی برای سوابق خاص زمین لرزه متمرکز شده و در نهایت دو رویکرد ساده و کارآمد ارائه شده است. با این حال، ساده کردن شتابهای دیجیتالی را می توان توسط برخی از وسایل دیگر مانند تبدیل فوریه و تبدیل فوریه معکوس انجام داد، به طوری که شتاب ساده شده می تواند گام بسیار بزرگتری هم داشته باشد. در این تحقیق ابتدا سعی شد تا با دسترسی به قسمتهای اصلی و غالب رکورد زلزله و انتخاب فرکانسهای بیشینه و ساده سازی زلزله بر اساس آنها، رکورد شبیه سازی شده و خلاصه شده ای بدست آید تا هم حاوی اثرات تعیین کننده زلزله باشد و هم به سادگی قابل تولید بوده و زمان تحلیل را با کاهش گامهای زمانی ممکن سازد.

## مبنای تحلیل

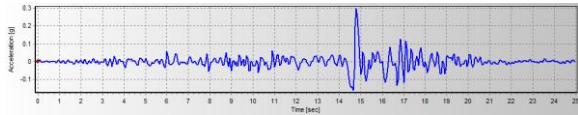
به این منظور ابتدا با استفاده از تبدیل فوریه و تغییر نمایش یک زلزله از متغیر زمان به متغیر فرکانس دورانی، فرکانسهای حداکثر مشخص می شوند. رابطه کلی تبدیل فوریه عبارت است از:

$$F(\omega) = \int_0^{\tau_0} a_g(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

دارای گام زمانی ۰,۰۰۵ ثانیه بوده و رکورد جدید با گام زمانی ۰,۰۵ یعنی ۱۰ برابر بزرگتر تولید شد. (شکل ۱-۶ و ۲-۶)



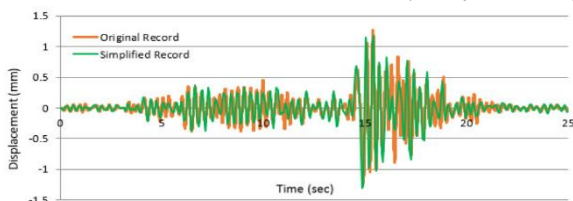
شکل ۱-۶ رکورد اصلی



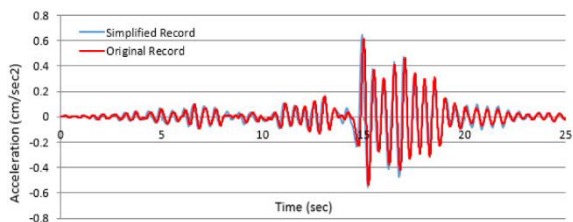
شکل ۲-۶ رکورد تولید شده

همانطور که در شکل مشخص است رکورد بدست آمده بسیار شبیه رکورد اصلی است و تنها تفاوت آن با رکورد اصلی هم اندازه نبودن شتابها است. از آنجا که در انتگرال گیری معکوس فوریته مقادیر بین هر گام زمانی نادیده گرفته شده است بنابراین با افت مقادیر شتابها مواجه می شویم که برای این کار رکورد بدست آمده به بیشینه شتاب رکورد اصلی مقیاس می گردد.

حال برای بررسی دو رکورد، ۴ مدل ۱ درجه آزادی با زمانهای تناوب ۰,۳، ۰,۵، ۰,۷، ۰,۹ و ۰,۳ ثانیه ساخته شده و نمودار تاریخچه زمان - پاسخ تغییر مکان و شتاب برای اولین سیستم با پریود ۰,۳ ثانیه ترسیم شد (اشکال ۱-۷ و ۲-۷)



شکل ۱-۷ پاسخ تغییر مکان سیستم ۰,۳ ثانیه - اختلاف مقدار حداکثر ۷ درصد بیشتر

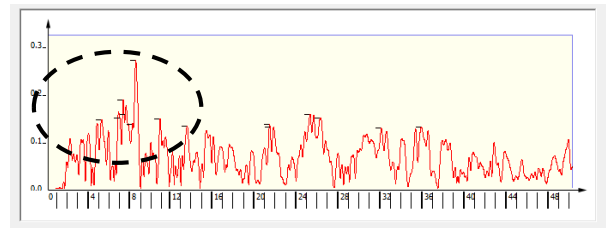


شکل ۲-۷ پاسخ شتاب سیستم ۰,۳ ثانیه - اختلاف مقدار حداکثر ۶ درصد بیشتر

مطابق اشکال فوق شتاب تطابق بسیار خوبی داشته و تغییر مکان هم دارای اختلاف نزدیکی است ولی اندکی اختلاف دارد. به منظور نزدیکی بیشتر نتایج تغییر مکان، گام زمانی به ۰,۱ زمان تناوب اصلی تغییر داده (۶ برابر گام اصلی یعنی ۰,۰۳ ثانیه) و مجدداً نمودار تغییر مکان رسم گردید (شکل ۳-۷)

$$FAS(\omega) = \sqrt{C^2(\omega) + S^2(\omega)} \quad (۴)$$

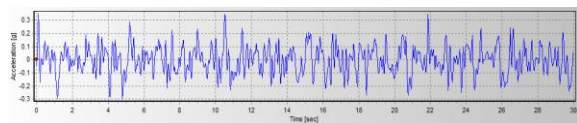
که  $FAS(\omega)$  ضریب بزرگنمایی (دامنه) فوریته و  $C(\omega), S(\omega)$  مقادیر حقیقی و موهومی تبدیل فوریته می باشد.



شکل ۳ - فرکانسهای بیشینه انتخاب شده (نمودار افقی فرکانس و عمودی مقادیر طیف فوریته)

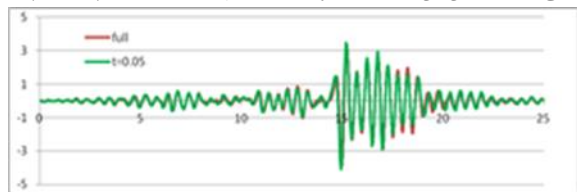
### تولید اطلاعات و تحلیل مدلها

در این قسمت قله های شاخص انتخاب شده، با افزایش گام زمانی (از ۰,۰۱ به ۰,۰۵) و با استفاده از تبدیل معکوس فوریته رکورد جدیدی که محتویات فرکانسهای انتخاب شده را دارد و گام زمانی آن ۵ برابر زلزله اصلی است تولید می گردد (شکل ۴)



شکل ۴ - رکورد زلزله بدست آمده از زلزله طیس

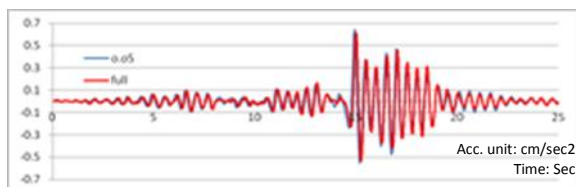
همانطور که از مقایسه شکل های ۴ و ۲ مشخص است رکورد بدست آمده شبیه رکورد اصلی نیست، برای اطمینان خاطر بیشتر مدل یک درجه آزادی با زمان تناوب ۰,۳ ثانیه ساخته شد و تاریخچه زمانی پاسخ تغییر مکان آن تحت هر دو زلزله با هم مقایسه گردید (شکل ۵)



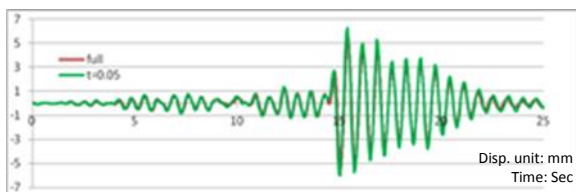
شکل ۵ - تاریخچه زمانی پاسخ تغییر مکان تحت زلزله های اصلی و تولید شده

پر واضح است که شکل دو نمودار شبیه هم نیست، همچنین حداکثر پاسخ ها ۲۶٪ باهم اختلاف داشته و در یک زمان نیز اتفاق نیافتاده است.

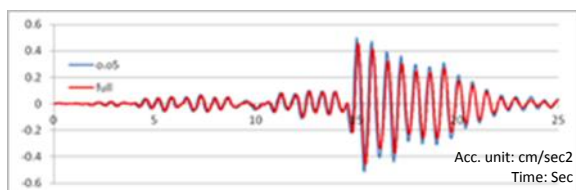
بنابراین تصمیم گرفته شد تا برای تولید رکورد جدید از همه فرکانسها استفاده شده و تنها گام زمانی به ۳ تا ۱۰ برابر افزایش یابد. برای اینکار ابتدا از زلزله چی چی (Chichi) استفاده شد. رکورد اصلی



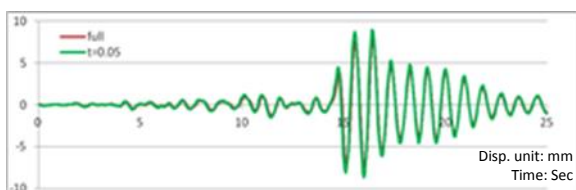
شکل ۱۰- ۲ پاسخ شتاب سیستم ۰,۵ ثانیه- اختلاف حداکثر ۶ درصد بیشتر



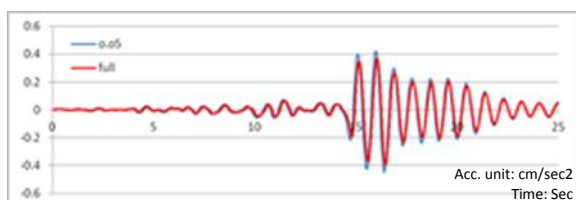
شکل ۱۱- ۳ پاسخ تغییر مکان سیستم ۰,۷ ثانیه- اختلاف حداکثر ۹ درصد بیشتر



شکل ۱۲- ۴ پاسخ شتاب سیستم ۰,۷ ثانیه- اختلاف حداکثر ۱۰ درصد بیشتر



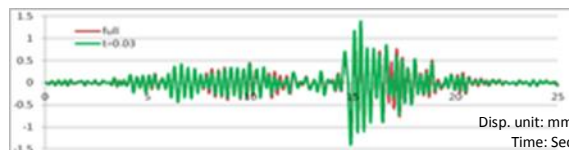
شکل ۱۳- ۵ پاسخ تغییر مکان سیستم ۰,۹ ثانیه- اختلاف حداکثر ۱۲ درصد بیشتر



شکل ۱۴- ۶ پاسخ شتاب سیستم ۰,۹ ثانیه- اختلاف حداکثر ۱۵ درصد بیشتر

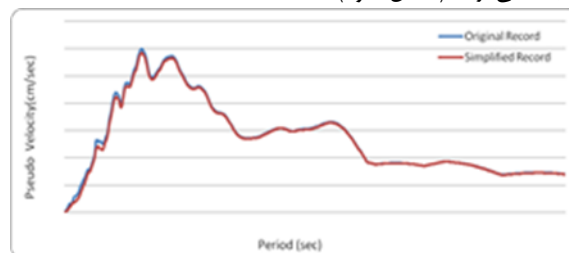
اولین نتیجه‌ای که از اشکال بالا بدست می‌آید این است که نتایج دقت بسیار خوب و قابل قبولی دارد علاوه بر اینکه از لحاظ انطباق زمانی پاسخها، کاملاً قابل استناد است.

دومین نتیجه این است که هر چه زمان تناوب افزایش می‌یابد اختلاف مقادیر حداکثر بیشتر می‌شود با ذکر این نکته که نتایج همیشه دست بالا است.

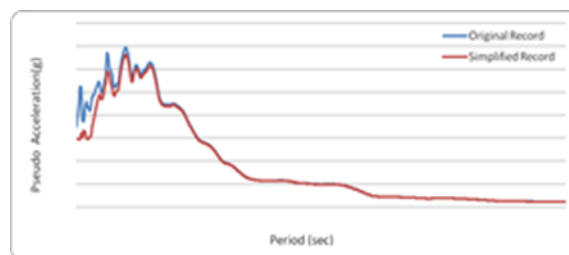


شکل ۱۵- ۳ پاسخ تغییر مکان سیستم ۰,۳ ثانیه- اختلاف مقدار حداکثر ۱۰ درصد بیشتر

همانطور که از این شکل پیدا است نمودار پاسخ تغییر مکان سازه در رکورد با گام زمانی 0.1T تطابق بیشتری با زلزله اصلی دارد. حال برای مقایسه بهتر نتایج طیف شبه سرعت و شبه شتاب رکورد ها نیز مقایسه می‌گردد. ( شکل ۸ و ۹)



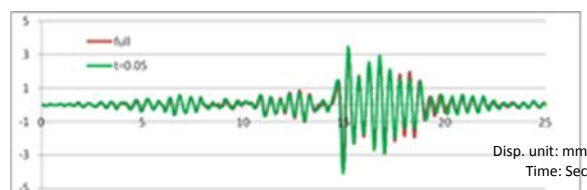
شکل ۱۶- ۸ طیف شبه سرعت برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۲٪



شکل ۱۷- ۹ طیف شبه شتاب برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۴٪

م مشاهده می‌گردد که طیف شبه سرعت انطباق بسیار خوب و طیف شبه شتاب تنها در قسمتهای صلب (فرکانس بالا - پریودهای پایین) کمی کاهش دارد.

در ادامه مقایسه نمودارهای پاسخ تغییر مکان و شتاب را برای سیستم‌های با پریودهای بالاتر یعنی ۰,۵، ۰,۷، ۰,۹ و ۱ ثانیه نمایش داده می‌شود. (گام زمانی زلزله تولید شده ۰,۰۵ ثانیه اشکال ۱۰ تا ۱۰-۶)

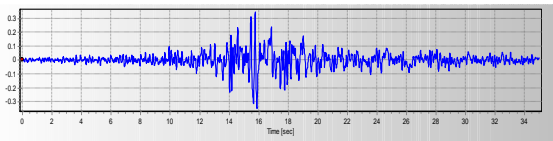


شکل ۱۸- ۱۰ پاسخ تغییر مکان سیستم ۰,۵ ثانیه- اختلاف حداکثر ۶ درصد بیشتر

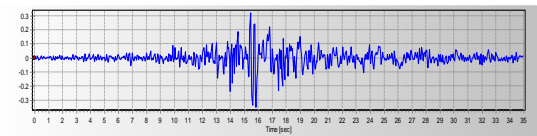
جدول ۱- اختلاف نتایج برای زمان تناوبهای معرفی شده

پاسخ شتاب	پاسخ تغییر مکان	گام زمانی (ثانیه)	زمان تناوب (سازه (ثانیه)
۱۰٪ کمتر	۱۱٪ کمتر	۰,۰۳	۰,۳
۵٪ کمتر	۶٪ کمتر	۰,۰۵	۰,۵
۱۲٪ بیشتر	۱۲٪ بیشتر	۰,۰۵	۰,۷
۱۳٪ بیشتر	۱۵٪ بیشتر	۰,۰۵	۰,۹
۱۴٪ بیشتر	۱۵٪ بیشتر	۰,۱	۰,۹

۲-۳- بررسی زلزله منجیل- گام زمانی اصلی ۰,۰۱ ثانیه

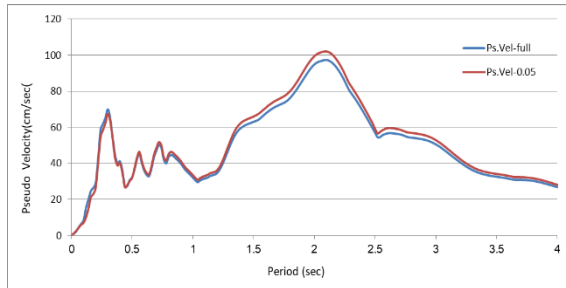


شکل ۱۳- ۱ رکورد اصلی زلزله منجیل با گام زمانی ۰,۰۱ ثانیه

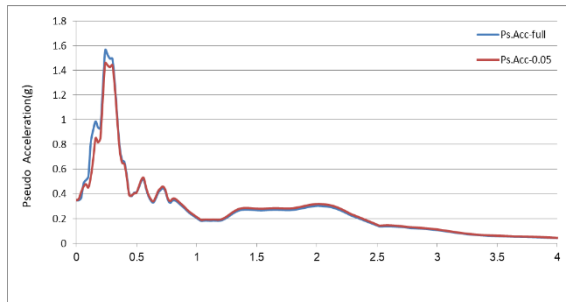


شکل ۱۳- ۲ رکورد اصلی زلزله منجیل با گام زمانی ۰,۰۵ ثانیه

بررسی طیفهای شبه سرعت و شبه شتاب برای زلزله اصلی و زلزله با گام ۰,۰۵ ثانیه



شکل ۱۴- ۱ مقایسه طیف شبه سرعت برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۵٪

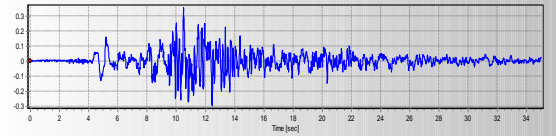


شکل ۱۴- ۲ مقایسه طیف شبه شتاب برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۶٪

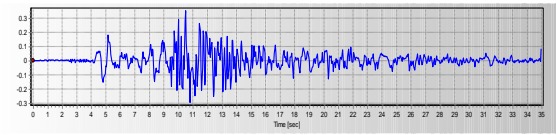
تعمیم تحلیل با استفاده از رکورد های متفاوت

در این قسمت و برای راستی آزمایی نتایج ، فعالیتهای یاد شده بر روی چند رکورد دیگر از جمله زلزله طبس و زلزله منجیل به شرح زیر انجام شد که نتایج آن به شرح زیر می باشد.

۳-۱- بررسی زلزله طبس- گام زمانی اصلی ۰,۰۱ ثانیه

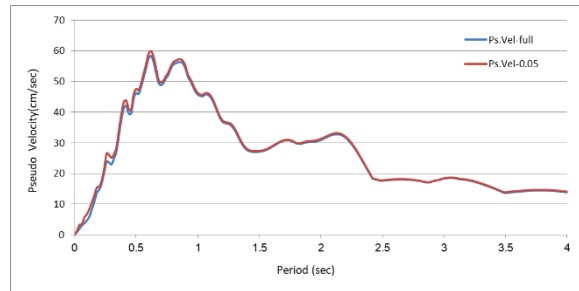


شکل ۱۱- ۱ رکورد اصلی زلزله طبس با گام زمانی ۰,۰۱ ثانیه

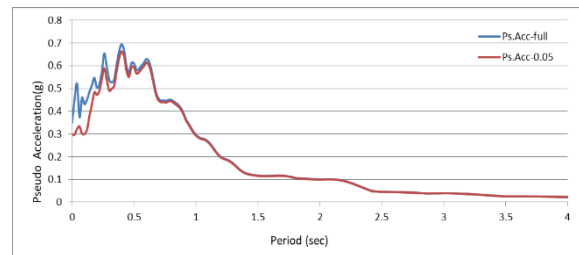


شکل ۱۱- ۲ رکورد زلزله طبس با گام زمانی ۰,۰۵ ثانیه

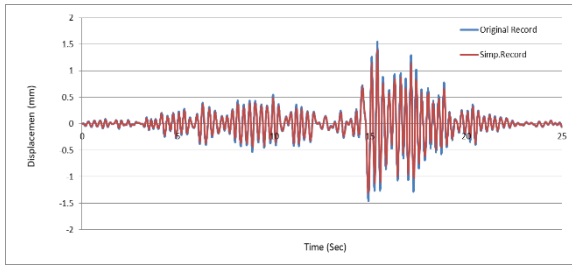
بررسی طیفهای شبه سرعت و شبه شتاب برای زلزله اصلی و زلزله با گام ۰,۰۵ ثانیه



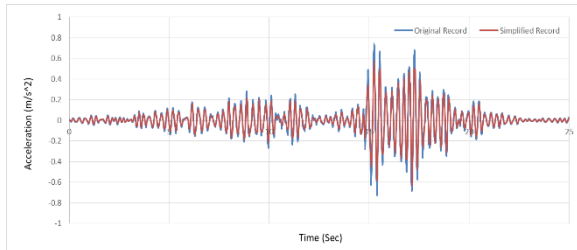
شکل ۱۲- ۱ طیف شبه سرعت برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۲,۵٪



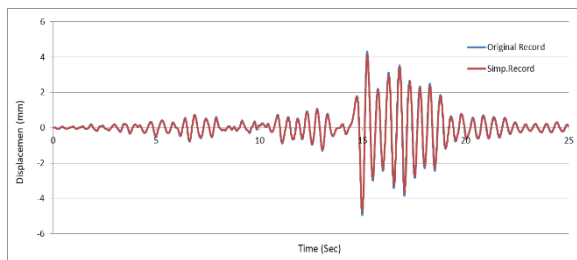
شکل ۱۲- ۲ طیف شبه شتاب برای زلزله اصلی و زلزله تولید شده - اختلاف مقادیر حداکثر ۴,۵٪



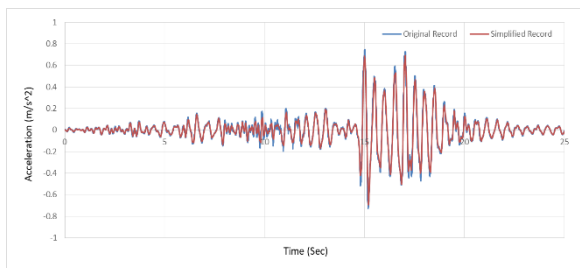
شکل ۱۵-۱ پاسخ تغییر مکان سیستم ۲ درجه آزاد ۰,۳ ثانیه- اختلاف مقادیر حداکثر ۱۱٪



شکل ۱۵-۲ پاسخ شتاب سیستم ۲ درجه آزاد ۰,۳ ثانیه- اختلاف مقادیر حداکثر ۱۲٪



شکل ۱۶-۱ پاسخ تغییر مکان سیستم ۲ درجه آزاد ۰,۵ ثانیه- اختلاف مقادیر حداکثر ۳٪



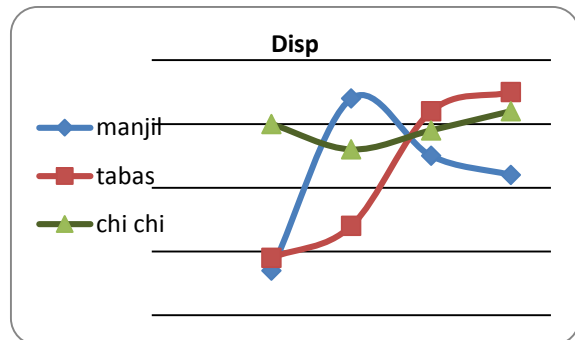
شکل ۱۶-۲ پاسخ تغییر مکان سیستم ۲ درجه آزاد ۰,۵ ثانیه - اختلاف مقادیر حداکثر ۷٪

مشاهده می‌شود در این سازه‌ها نیز علاوه بر اینکه شکل پاسخها تطابق خوبی دارد، درصد خطا نیز در محدوده قابل قبول است.

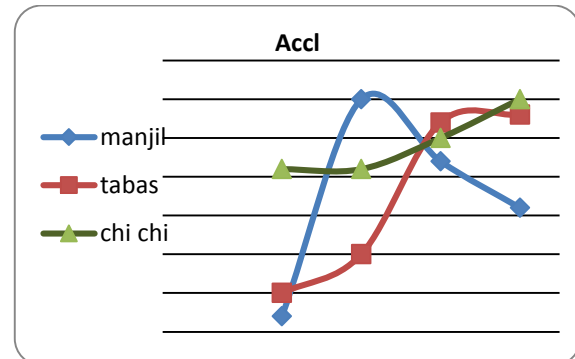
جدول ۲- اختلاف نتایج برای زمان تناوبهای معرفی شده

پاسخ شتاب	پاسخ تغییر مکان	گام زمانی (ثانیه)	زمان تناوب (ثانیه)
۱۳٪ کمتر	۱۳٪ کمتر	۰,۳	۰,۳
۱۵٪ بیشتر	۱۴٪ بیشتر	۰,۵	۰,۵
۷٪ بیشتر	۵٪ بیشتر	۰,۷	۰,۷
۱٪ بیشتر	۲٪ بیشتر	۰,۹	۰,۹
۱۴٪ بیشتر	۱۵٪ بیشتر	۰,۹	۰,۱

در انتها برای بررسی اجمالی درصد خطای زلزله‌های بررسی شده برای مدل‌های ساخته شده، نتایج روی دو نمودار متمرکز نمایش داده می‌شود. (نمودار ۱ و ۲)



نمودار ۱- بررسی اختلاف ( از ۱ ) پاسخ تغییر مکانهای سیستم‌های یک درجه آزادی تحت سه زلزله بررسی شده



نمودار ۲- بررسی اختلاف ( از ۱ ) پاسخ شتابهای سیستم‌های یک درجه آزادی تحت سه زلزله بررسی شده

### سیستمهای چند درجه آزاد

به منظور امکان سنجی تعمیم نتایج به سیستمهای چند درجه آزاد، دو سیستم قاب دو بعدی ۲ طبقه معادل دو سیستم ۲ درجه آزاد با زمانهای تناوب ۰,۳ و ۰,۵ ثانیه تهیه و پاسخهای شتاب و تغییر مکان آنها با رکورد اصلی و ساده شده زلزله چی چی (گام ۰,۵ ثانیه) ترسیم گردید ( اشکال ۱۶ و ۱۵)

- Ph.D. Thesis, Michigan University, Ann Arbor, USA, 1975.
- [2] Wang, Warren Y.L. and Goel, Subhash C., Prediction of maximum structural response by using simplified accelerograms, Proceedings of the 6th World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, India, 1977.
- [3] Soroushian, A., A technique for time integration analysis with steps larger than the excitation steps, Communications in Numerical Methods in Engineering, Special Issue: Numerical Modeling of Carbon-based Material Systems and Related Topics, 24(12), pp. 2087–2111, 2008.
- [4] Hosseini, M., Mirzaei, I., Simplification Of Earthquake Accelerograms For Rapid Time History Analysis Based On The Impulsive Load Concept, 4th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Kos Island, Greece, 12–14 June 2013, pp 2304-2312
- [5] Hosseini, M., Arian, S., Motovali Emami, S.M., A Method For Simplification Of Earthquake Accelerograms For Rapid Time History Analysis Based On Time-Frequency Representations, 11th International Conference on Vibration Problems, Lisbon, Portugal, 9-12 September 2013,
- [6] Zheng Li, Panagiotis Kotronis, Hanliang Wu, Simplified approaches for Arias Intensity correction of synthetic Accelerograms, Bulletin of Earthquake Engineering, October 2017, Volume 15, Issue 10, pp 4067–4087

## نتایج

- ۱- با بررسی دقیق نمودارهای طیف پاسخ شبه سرعت و شبه تغییر مکان برای زلزله‌های اصلی و تولید شده مشخص شد که نتایج تطابق بسیار خوبی داشته و بین ۲ تا ۶ درصد اختلاف مشاهده می‌گردد.
- ۲- همچنین نمودارهای پاسخ تغییر مکان و شتاب نشان می‌دهد که بین ۱ تا ۱۵ درصد خطا و به صورت دست بالا بین رکوردهای تولید شده و رکوردهای اصلی وجود دارد البته تطابق کاملاً مطلوب نمودار پاسخها بسیار جالب توجه است.
- ۳- شیب افزایش یا کاهش خطاها در نمودار پاسخها بستگی به تجمع فرکانسهای بیشینه رکورد مورد نظر در یک فرکانس خاص و یا پخش آن در چندین فرکانس دارد به طوری که زلزله طیس دارای بیشینه‌ای در حدود ۰.۸ ثانیه و به صورت قله تقریباً مشخص است بنابراین با نزدیک شدن مود اصلی (۰.۹ ثانیه) به این فرکانس (پریود) خطاها تا ۱۵٪ افزایش می‌یابد در مورد زلزله چی چی فرکانسها به طور یکنواخت وجود دارد بنابراین شیب افزایش خطا کمتر است اما زلزله منجیل دارای قله‌های متعدد در فرکانسهای بالا (پریودهای پایین) است بنابراین با افزایش پریود مدل خطاها کاهش یافته و به نزدیک صفر می‌رسد.
- ۴- زلزله‌های تولید شده باید دارای گام زمانی کوچکتر یا مساوی ۰.۱ پریود اصلی باشد. هر چند استفاده از گامهای بزرگتر باعث افزایش خطای مقادیر حداکثر پاسخ نمی‌شود ولی شکل نمودارهای پاسخ و لحظه پاسخ حداکثر تغییر می‌کند.
- ۵- در تبدیل معکوس فوریه برای هر رکورد می‌بایست قبل از استفاده به علت چشم پوشی از مقادیر بین گامهای زمانی، رکورد بدست آمده با رکورد اصلی مقیاس شود.
- ۶- در انتها نتیجه گرفته می‌شود که با تولید رکورد زلزله از معکوس تبدیل فوریه زلزله اصلی با گامهای زمانی متناسب با پریود مود اصلی و مقیاس کردن آن، می‌توان زمان تحلیل را بین ۵ تا ۱۰ برابر کاهش داد بدون اینکه خطای قابل ملاحظه و یا کاهش ضریب اطمینان در نتایج حاصل شود.

## مراجع

- [1] Wang, W.Y.L., Structural instability during earthquakes and accelerogram simplification,

## Simplification of Earthquake Accelerograms for quick time history Analyses by Using Their Modified Fourier Inverse Transforms

Alireza Faroughi

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Mahmood Hosseini

Associate Professor, Structural Engineering Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran  
faroughi@gmail.com

### Abstract:

There are several cases in seismic design of structures in which the simplified seismic analysis code is not applicable. In such cases most codes recommend time history analysis, which is very time consuming, mainly since the time step size of the digitized accelerograms is usually very small. Therefore, if the time history analysis can be performed by large time steps without losing much precision, it would be very helpful. In the present study, a method is introduced for simplification of accelerograms based on the modification of their fourier analyses. For this purpose, at first the fourier spectrum of the accelerograms is calculated. Then, by using a computer program, created by the authors, a modified version of fourier spectrum is produced and then the corresponding inverse fourier transform is calculated using a relatively large time step, which is computed based on the all major earthquake frequencies (which is usually 5 to 10 times larger than the original accelerograms time step) in order to create the simplified accelerograms. It is obvious that time history analysis by using this simplified accelerograms will be much less time-consuming. Numerical results indicate that the maximum response values obtained by using the simplified accelerograms have approximately 5 to 10 percent error depending on the type of the structure and earthquake characteristics.

**keywords:** dominant frequencies, fourier and inverse fourier transforms, time step size