

ارزیابی و مقایسه زلزله‌های واقعی، مصنوعی و مدل‌های ضربه‌گونه جایگزین نزدیک گسل

حمزه شکیب^۱، سیدشاکر هاشمی^{۲*}

۱- استاد بخش عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- کارشناس ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه تربیت مدرس

* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵

Sh.hashemi@modares.ac.ir

(دریافت مقاله: مرداد ۱۳۸۵، پذیرش مقاله: اردیبهشت ۱۳۸۸)

چکیده- با توجه به اینکه در فواصل نزدیک به گسل تعداد رکوردهای واقعی زلزله اندک است و از طرف دیگر وجود ویژگی‌های خاص در رکوردهای نزدیک گسل که ما را به استفاده از رکوردهای دور از گسل محدود می‌سازد، استفاده از روش‌های شبیه‌سازی رکورد مفید است. به‌عنوان مثال در ناحیه تهران علی‌رغم قرارگیری در نزدیکی چند گسل اصلی و لرزه‌زا، هیچ رکورد واقعی‌ای برای آن وجود ندارد. اگر با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی و با حفظ ویژگی‌های رکورد نزدیک گسل، برای این منطقه رکورد مصنوعی نزدیک گسل تهیه شود، می‌تواند در طراحی بهتر سازه‌های قرار گرفته در نزدیکی گسل به ما کمک کند.

در این تحقیق پس از بررسی رکوردهای واقعی نزدیک گسل، ضمن بررسی مدل‌های مختلف ضربه‌گونه ارائه‌شده برای جایگزینی رکوردهای نزدیک گسل، مدل سینوسی میرا انتخاب شده و با استفاده از آن مدل ضربه‌گونه متناسب با رکوردهای واقعی تهیه شده است. همچنین ضمن بررسی روش‌های مختلف ایجاد رکوردهای مصنوعی زلزله، روش گسل محدود با اعمال شرایطی خاص به‌عنوان روشی مناسب برای ایجاد رکورد مصنوعی نزدیک گسل استفاده شده و رکوردهای مصنوعی متناسب با رکوردهای واقعی تهیه شده است. سپس در ادامه این سه نوع رکورد مقایسه شده است. با توجه به اینکه در نزدیکی گسل شمال تهران رکورد واقعی نزدیک گسل وجود ندارد، متناسب با این منطقه مدل ضربه‌گونه‌ای به‌عنوان رکورد نزدیک گسل و همچنین رکورد مصنوعی نزدیک این گسل ایجاد شده و مورد مقایسه قرار گرفته است.

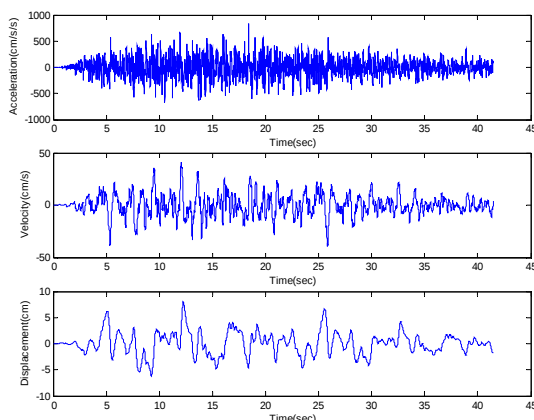
کلید واژگان: رکورد نزدیک گسل، رکورد مصنوعی، گسل شمال تهران، مدل ضربه‌گونه.

۱- مقدمه

در بسیاری از زلزله‌های ذکر شده خسارت‌های شدید و بیش از حد انتظار به سازه‌های ساخته شده در نزدیکی گسل مسبب زلزله به ویژه سازه‌های واقع شده در مسیر پیشرو امتداد گسیختگی، وارد شده است [۲]. در رکوردهای نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی، بین دو مؤلفه موازی و عمود بر گسل برای رکورد، تفاوت زیادی وجود دارد. با توجه به ویژگی‌های خاص رکوردهای نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو

رکوردهای نزدیک گسل تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند مکانیسم گسل گسیخته شده، امتداد و مسیر گسیختگی و موقعیت قرارگیری ایستگاه ثبت رکورد در ارتباط با امتداد گسیختگی قرار دارند [۱]. در بین زلزله‌های چند سال اخیر در جهان، زلزله‌های طبرس ۱۹۷۸، Northridge ۱۹۹۴، Kobe ۱۹۹۵، Chi-Chi ۱۹۹۹، Duzce ۱۹۹۹ و زلزله بم در سال ۱۳۸۲ شمسی رکوردهای نزدیک گسل دارند.

در برخی از این روش‌ها در نزدیکی گسل، خواص مربوط به رکوردهای نزدیک گسل قرارگرفته در مسیر پیشرو گسیختگی - از جمله ضربه‌گونه بودن تاریخیچه سرعت و بالا بودن مقدار حداکثر سرعت (PGV) - مشاهده نمی‌شود (شکل ۱).



شکل ۱ رکورد نزدیک گسل شبیه‌سازی شده در فاصله ۲ کیلومتری گسل شمال تهران به‌روش نیمه تجربی گرین

در بین روش‌های ارائه شده، روش گسل محدود به‌عنوان روشی مناسب برای شبیه‌سازی رکورد نزدیک گسل استفاده شده است [۴]. این روش در سال ۱۹۷۰ توسط Boore ارائه و در سال‌های بعدی توسط دیگر محققان بررسی و تکمیل شد. در این روش پس از المان‌بندی صفحه گسل، فرض می‌شود که این المان‌ها با توجه به تابع توزیع لغزش نرمال گسیخته می‌شوند. برای هر المان یک رویداد کوچک شبیه‌سازی می‌شود و در نهایت در ایستگاه ثبت رکورد، از جمع اثر آنها شتابنگاشت حاصل می‌شود (شکل ۲) [۵].

گسیختگی و به‌ویژه مؤلفه عمود بر گسل آنها، این نوع رکوردها نیازمند تحقیق بیشتری است. در این تحقیق منظور از رکوردهای نزدیک گسل، رکوردهای قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی است و در بررسی‌ها مؤلفه عمود بر گسل ملحوظ شده است.

هدف از مطالعه حاضر بررسی رکوردهای نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی شامل سه دسته رکوردهای واقعی، مصنوعی و مدل‌های ضربه‌گونه جایگزین است. در این راستا روش مناسبی برای تولید رکوردهای مصنوعی نزدیک گسل ارائه شده و به‌کمک آن برای مناطق نزدیک گسل شمال تهران رکورد مصنوعی شبیه‌سازی شده و مقایسه‌ای بین انواع رکوردها انجام شده است.

۲- رکوردهای واقعی نزدیک گسل

از میان رکوردهای واقعی نزدیک گسل، سه رکورد مربوط به زلزله‌های (۱۹۷۱) San Fernando، طبس (۱۹۷۸) و بم (۲۰۰۳) استفاده شده است. اطلاعات مربوط به این سه رکورد در جدول (۱) ارائه شده است.

۳- رکوردهای مصنوعی نزدیک گسل

روش‌های مختلفی برای ایجاد رکوردهای مصنوعی توسط محققین ارائه شده است. از میان این روش‌ها می‌توان به روش گسل محدود به‌عنوان نوعی روش کاتوره‌ای و روش تجربی و نیمه‌تجربی گرین به‌عنوان نوعی روش تعینی و روش‌های پیوندی اشاره کرد. برخی از این روش‌ها برای ایجاد رکورد مصنوعی نزدیک گسل مناسب نیستند. به بیان دیگر در رکوردهای مصنوعی ایجاد شده

جدول ۱ اطلاعات مربوط به مؤلفه عمود بر گسل سه رکورد واقعی نزدیک گسل به کار رفته [۳]

نام زلزله و سال رویداد	بزرگای گشتاوری زلزله	نام ایستگاه ثبت رکورد	نزدیکترین فاصله ایستگاه به گسل (km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	پریود پالس رکورد (ثانیه)
San Fernando ۱۹۷۱	۶/۶	Pacoima Dam	۲/۸	۱۲۲۶	۱۱۲/۵	۱/۳۱
طبس ۱۹۷۸	۷/۴	طبس	۱/۲	۸۵۲	۱۲۱	۴/۳
بم ۲۰۰۳	۶/۵	بم	۱	۷۷۸	۱۲۳/۵	۱/۶۱

ایجاد رکورد مصنوعی نزدیک گسل [۸]، [۹] و [۱۰]

زلزله	زلزله طیس	زلزله San Fernando	
ضریب کیفیت عبور موج $Q = 194 f^{0.77}$	$Q = 180 f^{0.886}$	$Q = 180 f^{0.45}$	
II	I	II	نوع خاک محل ثبت رکورد
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	ضریب K
۵۰	۵۰	۵۰	افت تنش (bar)
۳/۲	۳/۴	۳/۴	سرعت موج برشی ($\frac{km}{sec}$)
۲/۷	۱/۵	۲/۷	چگالی پوسته (gr/cm^3)
۱۷	۹۰	۱۴	طول گسل (km)
۱/۰	۱/۲	۲/۸	فاصله از گسل (km)
Saragoni&Hart(1974)			پنجره مورد استفاده
[۱۰] (Papageorgio&Aki - 1983)			تابع سرچشمه
توضیح: f فرکانس موج (Hz) و K مربوط به میرایی پوسته است.			

۴- مدل ضربه گونه جایگزین رکورد

نزدیک گسل

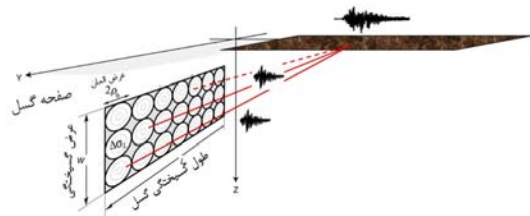
رکوردهای نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی، توسط مدل‌های ساده و ضربه گونه قابل ساده سازی است. در میان مدل‌های مختلف ارائه شده توسط محققان، مدل سینوسی میرا در مقایسه با دیگر انواع، نتایج بهتری را به دست داده است [۱۱]. در این تحقیق نیز این مدل انتخاب شده است (رابطه ۱):

$$\ddot{u}_g = se^{-\zeta_p \omega_p t} \sin(\omega_p \sqrt{1-\zeta_p^2} t) \quad (1) \text{ (Agrawal 2002)}$$

در این رابطه ζ_p ، ω_p و se به ترتیب میرایی مربوط به مدل سینوسی میرا، فرکانس ضربه و دامنه حداکثر تاریخچه سرعت است. $\ddot{u}_g$ تاریخچه سرعت رکورد را نشان می‌دهد. در استفاده از مدل سینوسی میرا برای ساده سازی رکوردهای واقعی مقادیر ζ_p ، ω_p و S به نحوی انتخاب می‌شود که انطباق مناسبی در تاریخچه سرعت رکورد واقعی و مدل سینوسی میرا به وجود آید. برای به دست آوردن تاریخچه شتاب و جابه جایی به ترتیب از رابطه (۱) نسبت به زمان مشتق و انتگرال گرفته می‌شود.

۵- بررسی انطباق پاسخ حاصل از رکوردهای

به منظور شبیه سازی رویداد کوچک در هر المان مراحلی به نام تولید نوفه سفید، اعمال پنجره روی نوفه سفید، تبدیل فوری، نرمال کردن طیف فوری، اعمال تابع فیلتر روی طیف فوری و در پایان بردن به حوزه زمان لحاظ می‌شود. علاوه بر ماهیت روش مذکور که مبتنی است بر تقسیم بندی صفحه گسل به المان‌های کوچکتر مستعد گسیختگی، دو مرحله اعمال پنجره و اعمال تابع فیلتر نقش مهمی در عملکرد مناسب این روش برای شبیه سازی واقعی تر رکوردهای نزدیک گسل ایفا می‌کنند. در مرحله اعمال پنجره مطابق با [۵] و [۶] از پنجره Saragoni و همکاران (۱۹۷۴) استفاده شده که برای شبیه سازی در نزدیکی گسل عملکرد خوبی داشته است. در مرحله اعمال تابع فیلتر مشخصه های مختلفی مانند تابع سرچشمه، جنس خاک و سرعت موج برشی در آن، چگالی پوسته، فاصله از گسل، ضریب کیفیت عبور موج، میرایی پوسته، میرایی هندسی و میزان افت تنش در ناحیه صفحه گسل ملحوظ شده که این عوامل بر دقت روش افزوده است.



شکل ۲ الگوی ایجاد زلزله مصنوعی به روش گسل محدود [۷]

مطابق مطالعات گزارش شده در [۸] و [۹]، پارامترهای ملحوظ شده در به کارگیری روش گسل محدود برای شبیه سازی سه رکورد واقعی مورد بررسی در جدول (۲) قید شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش گسل محدود به کار رفته با این مشخصه ها، خواص ضربه گونه بودن و زیاد بودن مقدار PGV در مؤلفه عمود بر گسل را ایجاد کرده و انطباق مناسبی را در تاریخچه سرعت رکوردهای واقعی و مصنوعی نزدیک گسل ایجاد می‌کند (شکل ۳). جدول ۲ پارامترهای مورد استفاده در روش گسل محدود برای

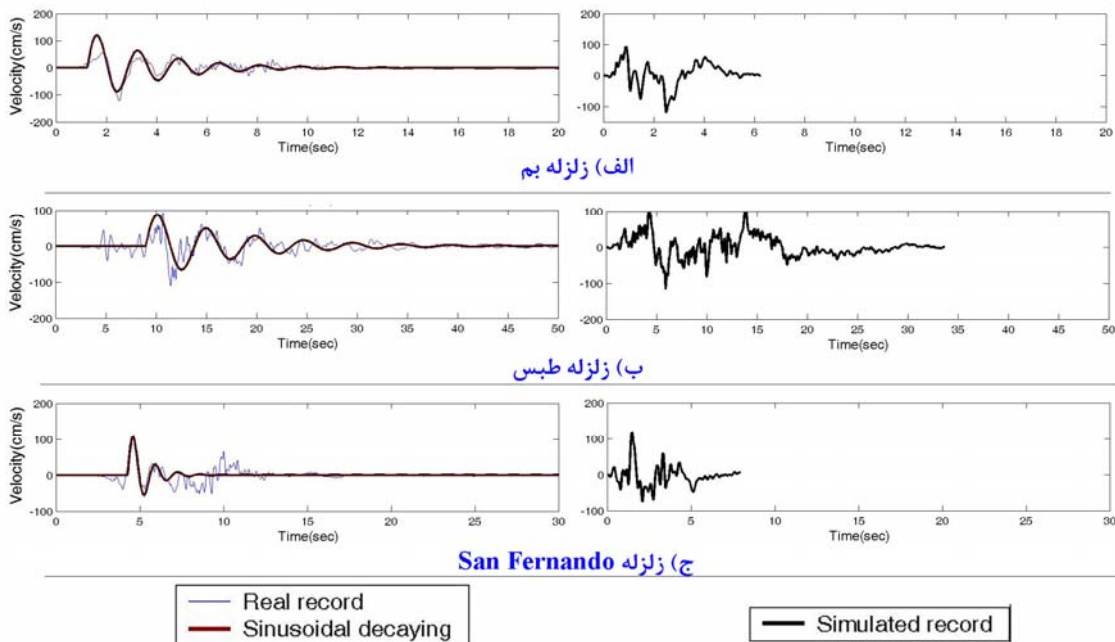
نزدیک گسل

در شکل (۴) مقایسه‌ای بین طیف پاسخ الاستیک مولفه عمود بر گسل هفت رکورد واقعی نزدیک گسل و مدل سینوسی میرای جایگزین آنها انجام شده است. سازوکارهای درونی گسل مسبب این رکوردهای واقعی و جنس خاک مربوط به محل ثبت آنها مشابه است. همچنین در شکل (۵) طیف پاسخ الاستیک مربوط به مؤلفه عمود بر گسل رکورد واقعی و مصنوعی مقایسه شده است.

در جدول (۳) مقادیر PGA ، PGV ، PGD و دوره تناوب ضربه برای سه نوع رکورد مورد بررسی آورده شده است. در شکل (۳) تاریخچه سرعت مربوط به مؤلفه عمود برگسل رکوردهای مورد بررسی آورده شده است.

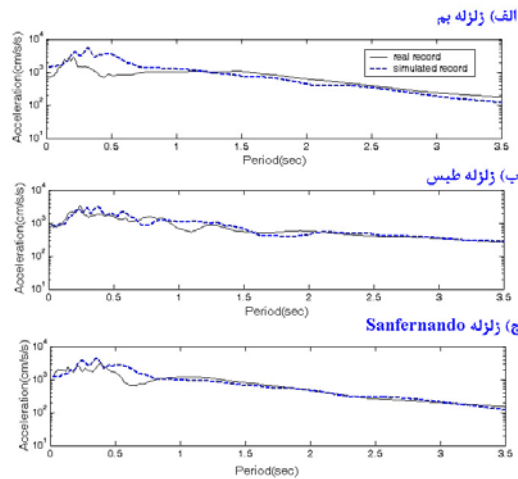
جدول ۳ مقادیر مربوط به مولفه عمود بر گسل سه نوع رکورد مختلف نزدیک گسل برای زلزله‌های مورد بررسی

نام زلزله	نوع رکورد	$PGA(cm/s/s)$	$PGV(cm/s)$	$PGD(cm)$	دوره تناوب پالس (ثانیه)
زلزله San Fernando	واقعی	۱۲۰۵	۱۱۲	۳۵	۱/۳۱
	روش گسل محدود	۱۱۹۰	۱۱۸	۲۱	۱/۲
	مدل سینوسی میرا	۶۶۸	۱۰۵	۲۸/۸	۱/۳۰۸
زلزله طبس	واقعی	۸۶۶	۱۱۰	۵۵	۴/۳
	روش گسل محدود	۱۰۷۰	۹۸	۶۷	۴
	مدل سینوسی میرا	۱۴۰	۱۰۳	۷۸	۴/۲
زلزله بم	واقعی	۷۷۸	۱۲۳	۳۴	۱/۶۱
	روش گسل محدود	۱۲۰۰	۱۱۹	۳۲	۱/۳
	مدل سینوسی میرا	۵۴۳	۱۲۰	۳۵/۷	۱/۶۱



شکل ۳ تاریخچه سرعت سه نوع رکورد واقعی، مصنوعی و مدل ضربه‌گونه برای زلزله‌های مورد بررسی

خاوری - جنوب باختری و خاوری - باختری امتداد آن را قطع می‌کنند. گسل شمال تهران نوعی گسل معکوس است که موقعیت آن نسبت به شهر تهران در شکل ۶ ارائه شده است [۱۲].



شکل ۵ مقایسه طیف پاسخ الاستیک به ازای میرایی ۵ درصد ناشی از مؤلفه عمود بر گسل رکورد واقعی و مصنوعی

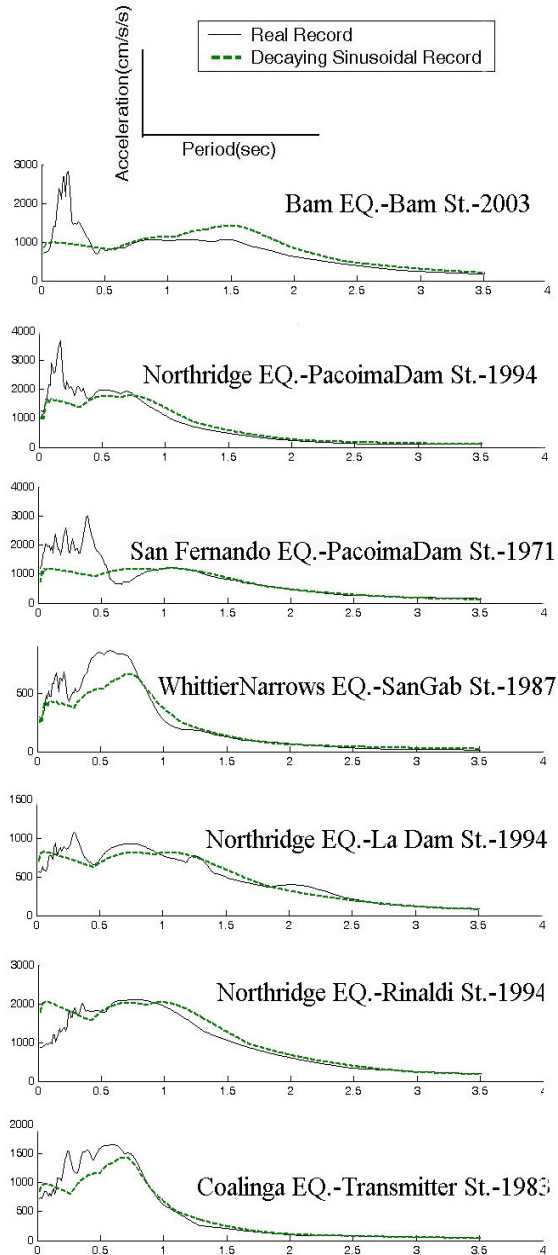


شکل ۶ موقعیت گسل شمال تهران نسبت به شهر تهران [۱۲]

۶-۱- رکورد مصنوعی نزدیک گسل شمال تهران

برای ایجاد رکورد مصنوعی نزدیک گسل شمال تهران روش گسل محدود مطابق اطلاعات جدول (۴) به کار رفته و اطلاعات حاصل نیز در همین جدول آورده شده است. بدین منظور بر پایه برنامه کامپیوتری SGMS [۷] و به کمک برنامه نویسی در محیط فرترن، رکوردهای مصنوعی مورد نیاز تهیه شده است.

۶-۲- مدل ضربه گونه جایگزین رکورد نزدیک



شکل ۴ مقایسه طیف پاسخ الاستیک با میرایی ۵ درصد ناشی از مؤلفه عمود بر گسل رکورد واقعی و مدل سینوسی میرا

۶-۲- رکورد نزدیک گسل شمال تهران

گسل شمال تهران از دامنه رشته کوه البرز به طول حدود ۹۰ کیلومتر از کن در باختر تا لشگرک در خاور ادامه دارد. این گسل دارای گذرگاه خاور شمال خاوری - باختر جنوب باختری است. در باختر کن گسل‌های متعدد شمال

گسل شمال تهران

از آنجا که برای گسل شمال تهران رکورد واقعی نزدیک گسل وجود ندارد، برای ارائه مدل ضربه‌گونه سینوسی میرا به عنوان رکورد نزدیک این گسل به برآورد دو پارامتر دوره تناوب ضربه و مقدار حداکثر سرعت پرداخته شده است. برای برآورد دوره تناوب ضربه، از مؤلفه عمود بر گسل هفت رکورد واقعی نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی استفاده شده است. این رکوردها دارای گسل مسبب با سازوکاری مشابه با گسل شمال تهران و نوع خاک مشابه با ساختگاه شمال تهران بوده و در بخش ۵ بررسی شدند. در مجموع رابطه (۲) پیشنهاد می‌شود (شکل ۷):

$$\text{Log}_{10} T_p = -2.1934 + 0.3431 M_w \quad (2)$$

در این رابطه، M_w بزرگی گشتاوری و T_p دوره تناوب ضربه است.

به‌منظور برآورد حداکثر سرعت در تاریخچه رکورد نزدیک گسل شمال تهران از رابطه (۳) استفاده شده است (Rodriguez – ۲۰۰۰) [۱۳]:

$$\text{Ln}(PGV) = 2.44 + 0.5 M_w - 0.41 \text{Ln}(r^2 + 3.93^2) \quad (3)$$

در این رابطه، r فاصله از رخنمود سطحی گسل برحسب کیلومتر است. بر اساس روابط (۲) و (۳) مقادیر مربوط به مدل سینوسی میرا جایگزین رکورد نزدیک گسل شمال تهران به صورت جدول (۵) به‌دست آمده است. به‌منظور

ارائه مدل سینوسی میرا، به پارامتر p نیاز است. بر اساس مطالعه انجام شده روی هر دو مؤلفه عمود و موازی گسل از هفت رکورد واقعی مورد بررسی در بخش (۵) (در مجموع ۱۴ رکورد)، پس از جایگزینی رکوردهای واقعی با مدل سینوسی میرا و انطباق مناسب در تاریخچه سرعت و طیف پاسخ آنها، تمامی مقادیر p مورد استفاده بین دو مقدار مرزی ۰/۱ و ۰/۲ قرار داشتند. از این رو برای گسل شمال تهران نیز این دو مقدار به‌عنوان حد بالا و پایین p مورد استفاده قرار گرفت. به‌عنوان مثال در فاصله ۲ کیلومتری گسل، معادله مدل سینوسی میرا به‌ازای $p = 0.2$ به‌صورت رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\dot{u}_g = 171e^{-0.2\frac{2\pi}{1.9}t} \sin\left(\frac{2\pi}{1.9}\sqrt{1-0.2^2}t\right) \quad (4)$$

جدول ۵ مقادیر مربوط به مدل سینوسی میرا برآورد شده برای گسل شمال تهران به‌عنوان مؤلفه عمود بر گسل

فاصله از گسل به کیلومتر			پارامترهای زلزله شبیه‌سازی شده
۱۰	۵	۲	
۲۶۶	۳۵۵	۴۸۳	PGA(cm/s/s)
۵۹/۹	۹۲	۱۲۴	PGV(cm/s)
۲۳	۳۱	۴۱/۸	PGD(cm)
۱/۹	۱/۹	۱/۹	دوره تناوب پالس(ثانیه)

جدول ۴: پارامترهای گسل شمال تهران و اطلاعات مربوط به مولفه عمود بر گسل رکورد ایجاد شده برای آن [۱۲]

$\frac{3}{4}(\frac{km}{sec})$	سرعت موج برشی	$Q = 165 f^{0.886}$	ضریب کیفیت	پارامترهای به کار رفته برای ایجاد رکورد مصنوعی
$\frac{2}{7}(gr/cm^3)$	چگالی پوسته	II	نوع خاک محل ثبت رکورد	
۵۸	طول گسیختگی(km)	۰/۰۵	ضریب K	
۷/۲	بزرگی گشتاوری	۵۰	افت تنش (bar)	
در فاصله ۱۰ کیلومتری	در فاصله ۵ کیلومتری	در فاصله ۲ کیلومتری	پارامترهای رکورد	مقادیر به دست آمده از رکوردهای مصنوعی نزدیک گسل
۴۹۵	۸۹۰	۱۲۳۰	PGA(cm/s/s)	
۵۰	۸۰	۱۰۸	PGV(cm/s)	
۲۴/۸	۴۲	۵۸/۹	PGD(cm)	
۲/۴	۲/۳	۲/۴	دوره تناوب پالس(ثانیه)	

۳-۶- مقایسه رکورد مصنوعی و مدل سینوسی میرا

در شکل (۷) تاریخچه سرعت مؤلفه عمود بر گسل رکورد مصنوعی نزدیک گسل شمال تهران و مدل سینوسی میرای برآورد شده برای این گسل مقایسه شده است. نتایج بیانگر عدم انطباق مناسب این دو نوع رکورد نزدیک گسل است. رکورد مصنوعی حاصل از روش گسل محدود نسبت به مدل سینوسی میرای برآورد شده، مقدار پریود ضربه بیشتر و PGV کمتری را ارائه می‌دهد و این تفاوت در فواصل مختلف نسبت به گسل به چشم می‌خورد.

۷- نتیجه گیری

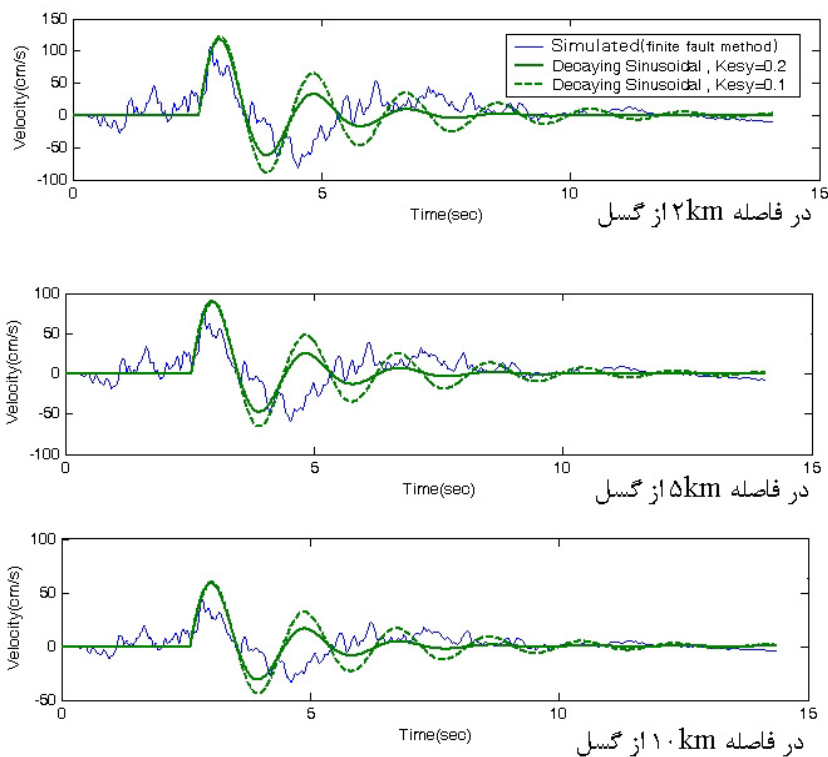
پس از بررسی سه نوع مختلف از رکوردهای واقعی، مصنوعی و مدل سینوسی میرای جایگزین مؤلفه عمود بر گسل مربوط به رکوردهای نزدیک گسل واقع شده در مسیر پیشرو گسیختگی، نتایج زیر حاصل شده است:

- ۱- رکوردهای مصنوعی حاصل از روش گسل محدود در نزدیکی گسل ویژگی‌های رکوردهای واقعی نزدیک

گسل، از جمله بالا بودن مقدار PGV و ضربه‌گونه بودن رکورد را دارا هستند. این نتیجه در تاریخچه سرعت و طیف پاسخ الاستیک آنها مشهود است.

۲- در مقادیر بیشتر از دوره تناوب پالس رکورد، انطباق مناسبی در طیف پاسخ رکورد واقعی نزدیک گسل واقع شده در مسیر پیشرو گسیختگی و مدل سینوسی میرای جایگزین آن وجود دارد اما در دوره‌های تناوب کمتر انطباق مناسبی دیده نمی‌شود.

۳- با توجه به تاریخچه سرعت رکورد مصنوعی نزدیک گسل شمال تهران و مدل سینوسی میرای برآورد شده بر اساس روابط تخمین دوره تناوب ضربه و PGV برای آن، انطباق مناسب در آنها مشاهده نمی‌شود اما با توجه به کنترل روش ایجاد رکورد مصنوعی برای چند رکورد واقعی، استفاده از این روش توصیه می‌شود و استفاده از مدل سینوسی میرا فقط برای ساده‌سازی و جایگزینی رکوردهای واقعی نزدیک گسل قرار گرفته در مسیر پیشرو گسیختگی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۷ مقایسه تاریخچه سرعت مؤلفه عمود بر گسل رکورد مصنوعی و مدل سینوسی میرای نزدیک گسل شمال تهران

۸- منابع

- [8] Beresnev A., Atkinson G.M.; "Source Parameters of Earthquakes in Eastern and Western North America Based on Finite-Fault Modeling"; *Bulletin of the Seismological Society of America*; Vol.92, No.2, 2002, pp. 695-710.
- [9] Zare M., Memarian H.; "Macroseismic Intensity and Attenuation laws: A Study on the Intensities of the Iranian Earthquakes of 1975-2000"; 4th International Conference of Earthquake Engineering and Seismology 12-14 May 2003 Tehran; Islamic Republic of Iran.
- [10] Papageorgiou A.S., Aki K.; "A specific barrier model for quantitative description of inhomogeneous faulting and the prediction of strong ground motion. I. Description of the model"; *Bulletin of the Seismological Society of America*; Vol.73, 1983, pp. 693-722.
- [11] Agrawal A.K., He W.L.; "A closed form approximation of near-fault ground motion pulses for flexible structures"; 15th ASCE engineering mechanics conference; June 2-5 2002; Columbia university; New York .
- [12] Japan International Cooperation Agency (JICA); "The study on seismic micrizoning of the greater Tehran area of the Islamic republic of Iran"; 2000.
- [13] Rodriguez-Marek A.; "Near fault seismic response"; PhD dissertation; university of California; Berkeley, fall 2000.
- [1] Somerville P.I.; "Effect of near field earthquake shaking"; Characterized of near fault ground motions; U.S.-Japan workshop; PEER and ATCI; 2000.
- [2] Tirca L.D., Foti D., Diaferio M.; "Response of middle-rise steel frames with and without passive dampers to near-field ground motions"; *Engineering Structures*; Vol.25, 2003, pp.169-179.
- [3] Ahmadizadeh M., Shakib H.; "On the December 26, 2003 southeastern Iran earthquake in Bam region"; *Engineering Structures*; Vol.26; 2004; pp. 1055-1070.
- [4] Silva W., Gregor N., Darragh B.; "Evaluation of numerical procedures for simulation near-fault long-period ground motion using Silva method"; Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER); 2000.
- [5] Boore D.M.; "Simulation of ground motion using the stochastic method"; *Pure Applied Geophysics*; Vol.160, 2003, pp.635-676.
- [6] Apostolos papageorgiou, strong ground motion simulation code for Eastern North America, user manual, department of civil, structural and environmental engineering, Buffalo university, 2004.
- [7] Halldorsson B., Papageorgiou A.S.; Region specific ground motion simulations using the specific barrier model; Engineering seismology laboratory; 2004.