



A Study on Soil-Structure Interaction on Seismic Response of Coupled Steel Plate Shear Wall subjected to Near and Far-Field Earthquakes

E. Yourtchi, M. Gholhaki, O. Rezaifar

Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

ABSTRACT: Coupled steel plate shear wall (C-SPSW) is a relatively new system that has received less attention from research centers. This system benefits from high ductility and stiffness, which are the two advantages that make this system superior to the other lateral load-resisting systems. This paper aims to study the seismic response of the C-SPSWs under near and far-field earthquakes, resting on soil types II and IV considering soil-structure interaction (SSI) effects using the 5, 10 and 15-storey frames in which the length of link beams and frame bays is equal to 1.25, 2.5 and 3.75 as well as 2.4, 3.2 and 4.8m, respectively. Based on the analysis results, maximum roof displacement of the 5, 10 and 20-storey frames located on stiff soils (soil type II), does not experience remarkable changes under near and far-field earthquakes but, to the contrary, in the case of soil type IV, changes are considerable. Roof acceleration of the structure located on stiff soil, is less than that of the structure on soft soil. In this paper, the ratio of base shear to the effective weight of the structure was taken into account and it was found that incorporation of SSI effects influences the base shear. Moreover, regarding behavioral modes of the coupling beam and coupling degree of the SPSW, the results indicated that this degree has a meaningful correlation with the fundamental period of the structure and the short coupling beams that yield in shear, have a better performance.

Review History:

Received: Jul. 08, 2020

Revised: Aug. 09, 2020

Accepted: Sep. 30, 2020

Available Online: Oct. 06, 2020

Keywords:

Coupled Steel Plate Shear Wall (C-SPSW)

Soil-Structure Interaction (SSI),

Near-Filed Earthquake

Far-Field Earthquake

Degree of coupling.

1- Introduction

Steel plate shear walls (SPSWs) have been widely used both in the construction of new buildings and in the strengthening of the existing buildings worldwide, especially in earthquake-prone countries, due to their excellent behavior and benefits. This system benefits from an appropriate stiffness to control deformation and has a ductile failure mechanism and high energy dissipation capacity [1]. In the case of tall buildings, huge forces are developed in the columns, which causes the bending lateral displacements to dominate and drift values prevail in the process of structural design. In order to reduce large displacements, various structural systems such as the coupled steel plate shear wall (C-SPSW) system have been developed. This system consists of a pair of SPSWs that are connected to each other at the level of each floor by a coupling beam [2]. On the other hand, near-fault earthquakes are different from far-fault ground motions. Therefore, it is necessary to study and recognize the characteristics and nature of near-fault records and their impact on structures. In addition to earthquakes, underlying soil can also cause changes in structural responses, especially if the structure is built on a soft stratum. Typically, in the codes and standards, the methods used to analyze the structures assume that the soil under the structure is rigid and the effect of the soil-

structure interaction (SSI) is neglected. Indeed, the soil is not really rigid and its presence changes dynamic properties and responses of the structure. On the other hand, the placement of a relatively rigid foundation of the structure in the soil changes the input excitations arriving at the soil-structure system. Hence, the SSI effects should be considered while designing the structures.

2- Numerical Modeling Verification

In order to verify the numerical modeling process, specifications of the SPSW model were selected from the experimental study of two three-story structures conducted by Gholhaki and Sabouri in 2008 [3]. In this experimental study, two three-story structures equipped with SPSW system with scale of 1/3 were tested under cyclic loading. The mentioned walls had two types of beam-column connection, rigid (SPSW-R) and simple (SPSW-S) and for the plates and columns, mild steel (energy-absorbing steel) and high strength steels were used, respectively. Figure 1 shows an overview of the specimen. The modeling process in SAP2000 software is such that first, a model with the specifications of Figure 1 and Table 1 is designed according to Figure 2 and then, the diagonal elements that are used instead of steel shear wall are taken into account. According to AISC provisions, the plastic hinges of the SPSW are assigned and

*Corresponding author's email: mgholhaki@semnan.ac.ir



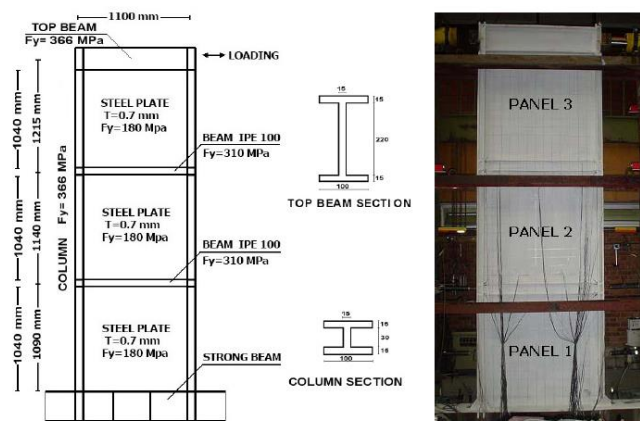


Fig. 1. Section Properties and Dimensions of Numerical Model [3]

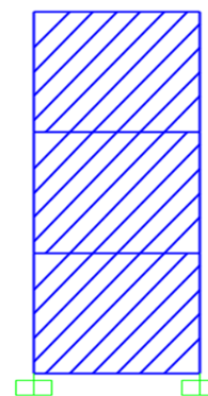


Fig. 2. The model designed in SAP2000

Table 1. Mechanical Properties of Structural Elements in SAP2000 [3]

Section	F_y (N/mm ²)	E (kN/mm ²)
Plate	180	206
Column	366	206
Beam	310	206
Top Beam	366	206

finally, the load-displacement curve of the model designed in the software is compared with the experimental results. The beam-column connections are rigid and connection of SPSW to the surrounding beams is pinned.

To validate the models, the rigid connection of the beam to the column has been used and also, nonlinear static analysis (Pushover) has been performed through a displacement control loading protocol using a triangular force distribution pattern. In this method, the applied load is gradually increased until the displacement of the specified point reaches the intended value. After analysis, since in the experimental results, displacement of the first story was used as a basis, displacement of this story along with the base shear was extracted from the software and plotted as a load-displacement curve, and then, this curve was compared with the experimental load-displacement curve extracted from the hysteresis curves. Figure 3 illustrates a comparison between the numerical and experimental load-displacement curves.

3- Results

In stiff soils, the roof displacements in the case of fixed base and flexible bases are not different and the SSI can be ignored during design, but for the design of structure resting on soft soils, SSI effects have to be taken into account. Soil-structure interaction is faced a decrease in structural

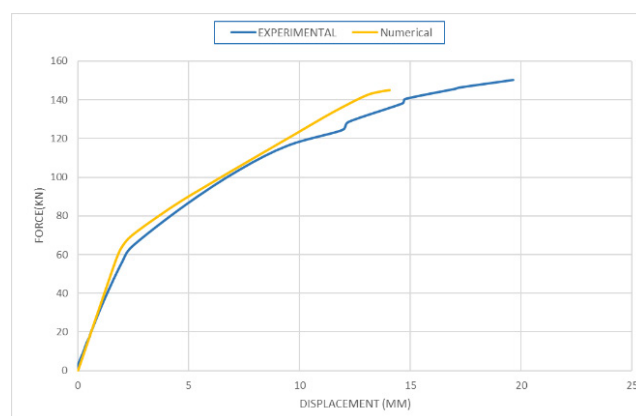


Fig. 3. Comparison between Numerical and Experimental Load-Displacement Curves

acceleration subjected to the average near and far-fault records, compared to a fixed base. In addition, as per the increase in length of the coupling beam (length of SPSW is constant), acceleration of structures increases under the average near and far-fault earthquakes. Changes in the ratio of base shear to the effective weight of the structure of all structures have increased in comparison between the fixed and flexible bases under the earthquakes near the stiff soil sites. As the length of the span length increases, the base shear of the structures decreases. Respectively. Most of the coupling beams are in a shear mode (which is a suitable behavior), indicating the fact that as aimed in the design process, the steel plate has entered into its plastic range of behavior and the other elements remain elastic. Due to the presence of coupling beams, a greater share of the storey shear is undergone by the frame surrounding the steel plate. Thus, the steel plate has withstood less share of the lateral load and will require a smaller thickness. As the thickness of the steel plates decreases, story beams need to be sufficiently strong to resist the tension field. Moreover, when the span length of the shear walls increases (length of coupling beam is constant), the energy absorption capacity of the structure increases and drifts are reduced.

4- Conclusion

This paper deals with the SSI effects on seismic behavior of the CSPSW systems in 5, 10 and 20-storey structures with coupling beam lengths of 1.25, 2.5 and 3.75m and span lengths of 2.4, 3.2 and 4.8m. accordingly, the structures were subjected to seven near and far-fault earthquakes and are assumed to be located on soil types II and IV.

As per increase in length of the coupling beam, when the length of the SPSW is constant, the drift and fundamental period of the structures increase, base shear and degree of coupling are reduced. Moreover, the length of the coupling beam majorly affects the ductility of the structure.

The use of the CSPSW illustrated that this system compared to the SPSW, is of greater stiffness and even following increase in span length of the SPSW while coupling beam is constant, base shear increases and drift are reduced.

Determination of the degree of coupling of the CSPSW considerably affects the design process of the structures. Energy absorption of the coupling beams that are yielded in shear is more appropriate because, in shear mode, the whole of their capacity is exploited. Moreover, the stiffness of the coupling beam markedly affects the fundamental period of structures and degree of coupling.

References

- [1] Beam in The Coupled Steel Plate Shear Wall”, Second National Conference on Structures and Steel, Iran, 2011
- [2] M. Gholhaki , M. Ghadaksaz, “Investigation Of The Link Saeed Sabouri, “Investigating of Behavior Coupled Beam Length Of A Coupled Steel Plate Shear Wall”, Steel And Composite Structure, January 2016
- [3] S. Sabouri-Ghomi, M. Gholhaki, “Experimental Study of Three-Study Ductile Steel plate shear wall”, Journal Amirkabir

HOW TO CITE THIS ARTICLE

E. Yourtchi, M. Gholhaki, O. Rezaifar, *A Study on Soil-Structure Interaction on Seismic Response of Coupled Steel Plate Shear Wall subjected to Near and Far-Field Earthquakes*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 53(12) (2022) 1103-1106.

DOI: 10.22060/ceej.2020.18696.6930





بررسی تاثیر اندرکنش خاک - سازه بر سیستم دیوار برشی فولادی همبند تحت اثر زلزله‌های حوزه‌ی دور و نزدیک

احسان یورتچی، مجید قلهکی*، امید رضائی فر

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸
بازنگری: ۱۳۹۹/۰۵/۱۹
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۹
ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵

کلمات کلیدی:

سیستم دیوار برشی فولادی همبند
اندرکنش خاک سازه
رکورد حوزه دور
رکورد حوزه نزدیک
دریافت

خلاصه: سیستم دیوار برشی فولادی همبند، سیستمی نسبتاً جدید می باشد که مطالعات محدودی در این زمینه در مراکز پژوهشی مختلف انجام گرفته است. این سیستم شکل‌پذیری و سختی بالایی دارد که همین دو مزیت باعث برتری این سیستم نسبت به سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی شده است. هدف این مقاله، بررسی رفتار این سیستم تحت اثر خاک های تیپ ۴ و ۲ پی با لحاظ اثر اندرکنش خاک - سازه در سازه‌های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه با طول تیر پیوند ۲/۵، ۲/۷۵ و ۳/۲ متر و طول دهانه ۲/۴، ۳/۲ و ۴/۸ متر دیوار برشی فولادی، تحت زلزله‌ی حوزه‌ی دور و نزدیک است. در ۲۱۶ تحلیل انجام شده نتایج نشان می دهد که بیشینه تغییر مکان بام در سازه های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه در خاک های سخت (تیپ ۲)، تحت رکوردهای دور و نزدیک با تغییرات ناچیز همراه است اما در خاک های نرم (تیپ ۴) تحت رکوردهای دور و نزدیک با تغییرات زیادی همراه است. شتاب بام در خاک سخت نسبت به خاک نرم کاهش بیشتری داشته است. در این مقاله، نسبت برش پایه به وزن موثر سازه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که اندرکنش خاک-سازه بر روی برش پایه تاثیرگذار است. همچنین در مورد مودهای رفتاری تیر همبند و درجه همبندی دیوار برشی فولادی تحقیق صورت گرفت و نتایج نشان داد که درجه همبندی همبستگی معناداری با نسبت‌های دوره تناوب سازه دارد و عملکرد جذب انرژی در تیرهای همبند کوتاه که در برش جاری می‌شوند، مناسب‌تر است.

۱- مقدمه و تاریخچه تحقیق‌ها

دیوارهای برشی فولادی، هم در ساخت ساختمان‌های نوساز و هم در تقویت ساختمان‌های موجود در جهان، به خصوص در کشورهای زلزله خیز، به علت رفتار و مزایای خوب آن به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم دارای سختی مناسب برای کنترل تغییر شکل سازه و همچنین دارای مکانیزم شکست شکل‌پذیر و اتلاف انرژی بالا می‌باشد [۱]. در ساختمان‌های بلند نیروی قابل توجهی در ستون‌ها به وجود می‌آید که باعث می‌شود تغییر مکان‌های جانبی خمشی حکم فرما شده و دریافت سازه کنترل کننده طراحی گردد. به منظور کاهش تغییر مکان‌های بزرگ، از سیستم‌های مختلف سازه‌ای همانند سیستم دیوار برشی فولادی همبند استفاده شده است. این سیستم از یک جفت سیستم دیوار برشی فولادی تشکیل شده که در تراز هر طبقه به وسیله تیر پیوند به یکدیگر متصل

می‌شوند [۲]. از طرفی، زلزله‌هایی که در حوزه‌ی نزدیک رخ می دهند با حرکات لرزه ای دور از گسل^۲ متفاوتند. بنابراین لازم است به بررسی و شناخت ویژگیها و ماهیت رکوردهای نزدیک گسل و تاثیر آن بر روی سازه ها پرداخته شود. علاوه بر زلزله، خاک زیر سازه نیز می تواند تغییراتی را در پاسخ سازه ایجاد کند به ویژه اگر سازه روی خاک نرم ساخته شده باشد. به طور معمول در آیین نامه‌ها، روشهایی که برای تحلیل سازه‌ها در نظر گرفته شده اند این است که خاک واقع در زیر سازه صلب است و از اثر اندرکنش خاک - سازه^۳ صرف نظر می‌گردد. این در حالی است که خاک در واقعیت صلب نیست و وجود خاک در زیر سازه باعث تغییر خصوصیات دینامیکی سازه و در نتیجه پاسخ آن می‌گردد. از طرف دیگر قرارگیری فونداسیون نسبتاً صلب سازه در خاک، باعث تغییر تحریکات ورودی به سیستم خاک - سازه می‌گردد. بنابراین بهتر است بحث اندرکنش خاک - سازه در طراحیها در

- 1 Near Fault
- 2 Far Fault
- 3 Soil - Structure Interaction (SSI)

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mgholhaki@semnan.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس <https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode> دیدن فرمائید.



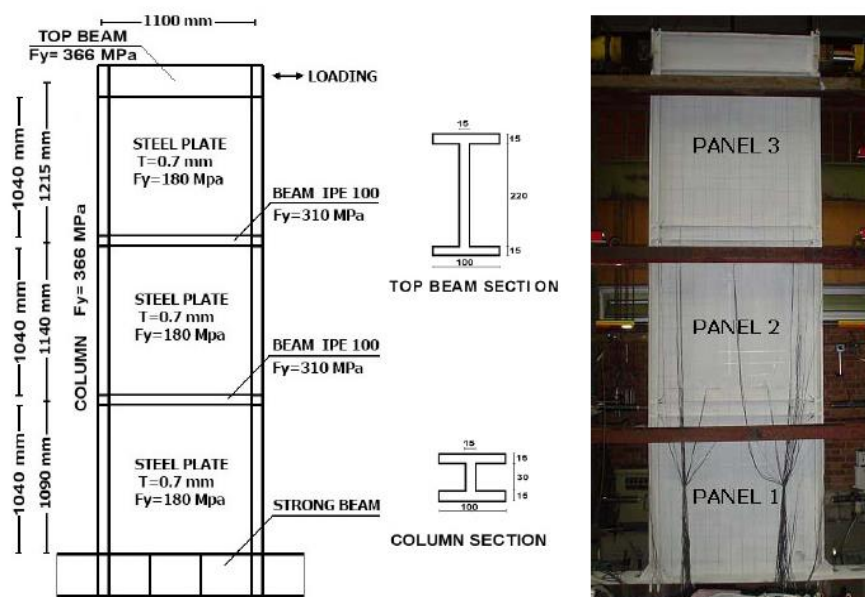
نظر گرفته شود.

لوبل^۱ در سال ۱۹۹۷ [۳]، دو پانل برشی یک طبقه و یک دیوار برشی فولادی چهار طبقه را تحت بارگذاری دوره‌ای آزمایش کرد. هدف از این آزمایش‌ها بررسی مقاومت، سختی، میدان کشش قطری، پایداری منحنی‌های هیستریزس و تعامل بین ورق و قاب بود. علوی و کراوینکلر^۲ در سال ۲۰۰۱ [۴]، اثر زلزله‌های نزدیک گسل در طراحی لرزه‌ای را ارزیابی کردند و نشان دادند که در اثر تحریک زلزله در حوزه نزدیک، در سازه‌های مقاوم با دوره تناوب بالا، طبقات بالاتر سریعتر تسلیم می‌شوند در حالی که در سازه‌های ضعیف، شکل پذیری‌های بیشتر، در طبقات پایینتر رخ میدهد. کیم و روستو^۳ در سال ۲۰۰۴ [۵]، مطالعاتی بر روی اثرات رفتار غیرخطی خاک در پاسخ غیرخطی سازه‌ها داشتند و دریافتند که در نظر گرفتن رفتار غیرخطی خاک، در خاک‌های سخت قابل صرف نظر کردن است اما در مدل‌سازی خاک‌های نرم حتما باید منظور شود. در سال ۲۰۰۸ صبوری و قلهکی [۶] دو نمونه دیوار برشی فولادی شکل‌پذیر سه طبقه دارای ورق نازک تحت بارگذاری دوره‌ای مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که نوع اتصال تیر به ستون بر روی ضریب شکل‌پذیری، مقاومت و جذب انرژی تأثیرگذار بوده ولی تأثیر زیادی بر روی سختی اولیه ندارد. گاناینی و نگار^۴ در سال ۲۰۰۹ [۷]، عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی فولادی همراه با مدل اندرکنش خاک - سازه را مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که اندرکنش خاک - سازه به طور کلی می‌تواند عملکرد ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد و بیشتر بر روی برش طبقات، ممان طبقات و تغییر شکل‌های اجزای سازه‌ای اثر بگذارد. آنها همچنین نشان دادند که اثرات اندرکنش خاک - سازه معمولا برای خاک‌های نرم مهم است و در خاک‌های سخت می‌توان از آن صرف نظر کرد. بورلو و فاهنستوک^۵ در سال ۲۰۱۲ [۸] به رفتار و مکانیزم دیوار برشی کوبله فولادی پرداختند و آزمایشی بر روی ۳۲ ساختمان با ارتفاع و طول کوبله و خواص تیر کوبله متفاوت انجام دادند و نتیجه گرفتند که درجه بهینه در کوبله شدن جهت به حداکثر رساندن راندمان ۰/۴ تا ۰/۶ است. قلهکی و بلول در سال ۲۰۱۶ [۹] تأثیر اندرکنش خاک - سازه بر سیستم دیوار برشی فولادی با ورق نازک تحت اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک را بررسی کرد و نتیجه گرفت که اثر اندرکنش خاک - سازه در این سیستم، در خاک‌های نرم، تحت زلزله‌های حوزه نزدیک

- 1 Lubell
- 2 Krawinkler
- 3 Kim, Roesset
- 4 El Ganainy and El Naggar
- 5 Fahnestock, Borello

بر روی سازه‌ها بیشتر است. قلهکی و دانایی فر در سال ۲۰۱۶ [۱۰] به بررسی پارامترهای موثر در طراحی لرزه‌ای سیستم دیوار برشی فولادی بر اساس سطح عملکرد و مقایسه با قاب خمشی فولادی پرداختند و دریافتند که یکی از پارامترهای موثر بر طراحی لرزه‌ای مقادیر ضریب اضافه مقاومت شکل‌پذیری می‌باشد و میزان شکل‌پذیری دیوار برشی فولادی با افزایش تعداد طبقات کاهش می‌یابد.

هاتزیجورجیو^۶ در سال ۲۰۱۰ [۱۱]، فاکتورهای تغییر میرایی برای سیستم‌های یک درجه آزادی تحت زلزله‌های نزدیک گسل، دور از گسل و زلزله‌های مصنوعی را بررسی کرد و نشان داد که فاصله گسل تأثیری روی فاکتور تغییر میرایی ندارد. در نهایت بیان نمود که، در مقایسه با ملاحظات بسیاری از آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، فاکتورهای تغییر میرایی به شدت وابسته به پیوند ارتعاش سازه است در حالی که مشکلات قابل توجهی در استفاده از چنین فاکتورهایی برای تخمین حداکثر جابه‌جایی، سرعت و نیروهای لرزه‌ای وجود دارد. گرامی و عبداللهزاده در سال ۲۰۱۵ [۱۲]، به تخمین نیاز لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی ویژه در حوزه‌ی نزدیک گسل پرداختند. آنها با استفاده از روش‌های تحلیلی استاتیکی غیرخطی و دینامیکی خطی و غیرخطی نیاز لرزه‌ای پنج مدل قاب خمشی فولادی با تعداد طبقات ۱۵ و ۱۰، ۷، ۵، ۳ تحت ۲۰ زلزله‌ی حوزه‌ی نزدیک را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که نسبت برش پایه حوزه نزدیک به دور از گسل با افزایش پیوند تجربی سازه با شیب ۰/۴۰ افزایش پیدا می‌کند. حسنی و همکاران در سال ۱۳۹۸ [۱۳]، اثرات اندرکنش خاک و سازه بر روی نسبت تغییر مکان غیرالاستیک سازه‌های تخریب شده را بررسی کردند. در این راستا، چهار مدل هیستریزیسی مختلف شامل (۱) مدل دو خطی (۲) مدل اصلاح شده (۳) کاهش سختی (۴) کاهش مقاومت و سختی را برای نشان دادن پاسخ نیرو - تغییر مکان سازه در نظر گرفتند و خاک را نیز با استفاده از مفهوم مدل‌های مخروطی مدل‌سازی کردند. آنها مشاهده کردند که به طور کلی اندرکنش خاک - سازه نسبت تغییر مکان غیرالاستیک را به جز در ساختمان‌هایی با پیوند خیلی کوتاه، افزایش می‌دهد. همچنین سیستم‌های خاک - سازه با مدل هیستریزیسی کاهش سختی، در بازه‌ی پیوندهای کوتاه می‌توانند تغییر مکان غیرالاستیک بزرگتری را در مقایسه با سیستم‌های خاک - سازه با سختی کاهش نیافته تجربه کنند. به ویژه، اندرکنش خاک - سازه به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش نسبت تغییر مکان غیرالاستیک سازه‌های با کاهش مقاومت و سختی میشود. قلهکی و افشاری در سال ۲۰۱۸ [۱۴] در



شکل ۱. مشخصات مقاطع و ابعاد مدل استفاده شده در مدل سازی [۶]

Fig. 1. Specifications of sections and dimensions of the model used in modeling

نوع اتصال تیر به ستون صلب (SPSW-R) و ساده (SPSW-S) داشته و در ورق پانل‌ها و ستون‌ها به ترتیب از فولاد نرم (فولاد جاذب انرژی) و پر مقاومت استفاده شده بود. در شکل ۱ نمای کلی نمونه آزمایشگاهی نشان داده شده است که ارتفاع نمونه‌ها از روی تیر قوی کف تا وسط تیر بالا ۳۴۴۵ میلی‌متر و عرض پشت به پشت ستون‌ها در آن‌ها ۱۱۶۰ میلی‌متر می‌باشد. ارتفاع محور تا محور طبقات اول، دوم و سوم آن‌ها به ترتیب برابر ۱۱۴۰، ۱۰۹۰ و ۱۲۱۵ میلی‌متر بوده و فاصله محور به محور ستون‌ها ۱۱۰۰ میلی‌متر است. ستون‌ها از فولاد پر مقاومت به ضخامت جان و بال ۱۵ میلی‌متر ساخته شده و ارتفاع جان و عرض بال آن‌ها به ترتیب ۳۰ و ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد. ستون‌ها به صورت یکپارچه و بدون هیچ گونه وصله ساخته شدند. تیرهای طبقات اول و دوم از نوع پروفیل IPE100 و تیر طبقه سوم از فولاد پر مقاومت به ضخامت جان و بال ۱۵ میلی‌متر طراحی گردید. ارتفاع جان و عرض بال این تیر به ترتیب ۲۲۰ و ۱۰۰ میلی‌متر انتخاب گردید. علت انتخاب این تیر عمیق، جلوگیری از خمش نامطلوب، به دلیل وجود میدان کشش قطری در پانل پایینی تیر و عدم وجود این میدان در قسمت فوقانی آن می‌باشد.

نحوه مدل سازی در نرم افزار SAP2000 به این گونه می‌باشد که ابتدا مدلی با مشخصات شکل ۱ و جدول ۱ در نرم افزار SAP2000 مطابق شکل ۲ طراحی می‌گردد و سپس به المان‌های قطری رسم شده که جای

مورد مقاومت برشی، نحوه قرارگیری بازشوها و میدان کششی قطری دیوار برشی فولادی جدار نازک به روش اجزا محدود، تحقیق کردند و با توجه به معادلات پیشنهادی به بررسی مقاومت تخریب پانل دیوار برشی و نحوه قرارگیری بازشو مستطیل شکل، دایره‌ای شکل و ... پرداختند.

در این مقاله برای بررسی تاثیر اندرکنش خاک - سازه بر روی سیستم دیوار برشی فولادی هم‌بند، تحت شتاب‌نگاشت حوزه‌ی دور و نزدیک، در ابتدا مدل‌های سازه‌ای با تعداد طبقات و پیکربندی‌های مختلف انتخاب شده و بر اساس آیین‌نامه‌ی طراحی ساختمانها در برابر زلزله [۱۵] با نرم افزار SAP2000 طراحی شده‌اند و سپس تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی تحت هفت شتاب‌نگاشت حوزه‌ی نزدیک و هفت شتاب‌نگاشت حوزه‌ی دور بر روی آن‌ها انجام شده است.

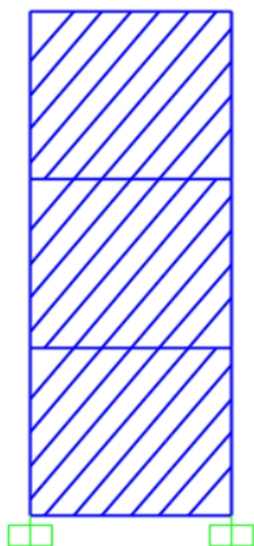
۲- صحت سنجی مدل سازی در نرم افزار

به منظور صحت سنجی مدل‌سازیها در نرم افزار، مشخصات مدل دیوارهای برشی از مطالعه‌ی آزمایشگاهی دو نمونه دیوار برشی فولادی شکل‌پذیر سه طبقه که توسط قلهکی و صبوری در سال ۲۰۰۸ [۶] انجام شده بود، انتخاب شده است. در این پژوهش آزمایشگاهی، دو نمونه دیوار برشی فولادی شکل‌پذیر سه طبقه دارای ورق نازک با مقیاس یک سوم تحت بارگذاری دوره‌ای مورد آزمایش قرار گرفته شد. دیوارهای مذکور دو

جدول ۱. مشخصات مکانیکی اعضا استفاده شده در مدل Sap2000 [۶]

Table 1. Mechanical specifications of members used in Sap2000 model

اعضاء	$F_y (N/mm^2)$	$E (kN/mm^2)$
ورق	۱۸۰	۲۰۶
ستون	۳۶۶	۲۰۶
تیرهای میانی	۳۱۰	۲۰۶
تیر فوقانی	۳۶۶	۲۰۶



شکل ۲. مدل طراحی شده در نرم افزار SAP2000

Fig. 2. Model designed in SAP2000 software

دیوار برشی فولادی شبیه‌سازی شده‌اند، مطابق آیین‌نامه AISC مفاصل پلاستیک دیوار برشی فولادی اختصاص می‌گردد و در نهایت نمودار بار-تغییر مکان مدل طراحی شده در نرم افزار با نمونه آزمایشگاهی مقایسه می‌گردد. اتصالات تیر و ستون صلب و اتصال دیوار برشی به تیرهای مجاور مفصلی در نظر گرفته شده است.

جدول ۱ اطلاعات مربوط به مشخصات و پارامترهای مکانیکی ورق‌ها و دیگر اجزاء نمون‌ها را نشان می‌دهد.

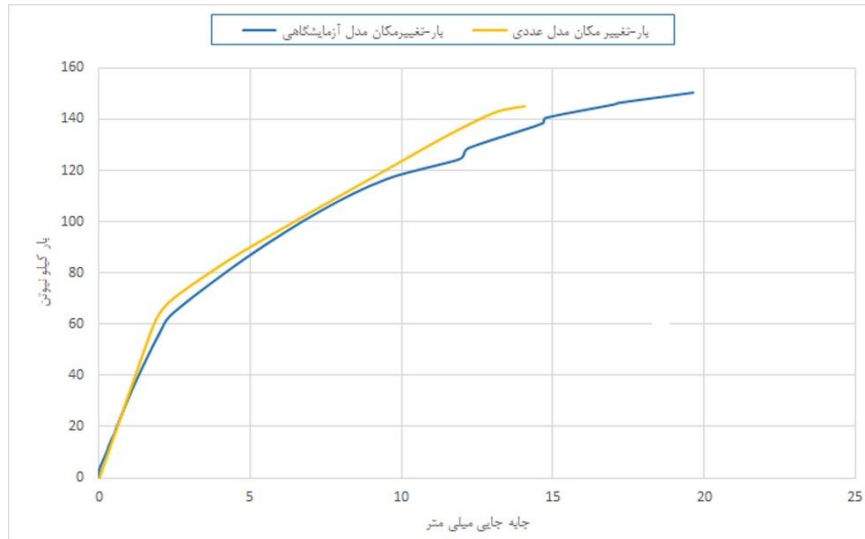
جهت اعتبارسنجی مدل‌ها، از مدل اتصال صلب تیر به ستون استفاده شده است و همچنین تحلیل استاتیکی غیرخطی^۱ با کنترل تغییر مکان و با توزیع مثلی نیرو انجام گرفته است. در این روش، بار اعمالی به قاب به تدریج افزایش یافته تا آنجا که تغییر مکان نقطه‌ی مشخص شده به مقدار مورد نظر برسد. پس از تحلیل، از آنجا که در نتایج آزمایشگاهی جابه‌جایی طبقه اول به عنوان مینا قرار گرفته بود، جابه‌جایی این طبقه به همراه برش پایه ایجاد شده، از نرم افزار استخراج و به صورت نمودار بار-تغییر مکان ترسیم گردید و سپس این نمودار با نمودار بار-تغییر مکان استخراج شده از منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی مقایسه گردید. شکل ۳ مقایسه نمودار عددی مدل نرم افزار Sap2000 و نمودار آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، نمودارها به لحاظ سختی، تغییر مکان نهایی و مقاومت تسلیم شدگی با یکدیگر مطابقت خوبی دارند. علاوه بر این، برای صحت سنجی اندرکنش خاک - سازه به روش مخروطی از نرم افزار CONAN استفاده کردیم. نرم افزار CONAN یک برنامه‌ی تحلیلی سریع می‌باشد که از تعدادی فرمول در زبان برنامه نویسی فرترن، برای به دست آوردن توابع امپدانس خاک، بر اساس مشخصات خاک و

بسامد زاویه‌ای سازه استفاده می‌کند. ابتدا طبق تیپ بندی استاندارد ۲۸۰۰ زلزله‌ی ایران ویرایش چهارم، دو نمونه خاک تیپ ۲ و ۴، انتخاب شده و مشخصات (جدول ۲) آنها وارد برنامه‌ی CONAN شده است تا توابع امپدانس خاکها به دست آورده شود. سپس ضرایب سختی و میرایی به دست آمده برای هر نوع خاک، به نرم افزار SAP2000 معرفی شده و به سازه‌های مورد بررسی، اختصاص داده شده است. در جدول ۳ و ۴ می‌توان ضرایب دینامیکی خاک تیپ ۲ و ۴ را که از نرم افزار CONAN استخراج شده است، ملاحظه کرد.

دوره تناوب اصلی سازه‌ها در حالتی که تکیه‌گاه به صورت اندرکنشی

1 Pushover



شکل ۳. مقایسه نمودار بار-تغییر مکان نتایج عددی نرم افزار SAP2000 با نمونه آزمایشگاهی

Fig. 3. Comparison of load-displacement diagram of numerical results of SAP2000 software with laboratory sample

جدول ۲. مشخصات خاک مورد استفاده در تحلیل ها

Table 2. Soil characteristics used in the analysis

خاک	E (MPa)	G (MPa)	γ (kg/m ³)	ν	V_s (m/s)
تیپ دو	۱۷۱۲	۶۵۹	۲۱۰۰	۰/۳	۵۶۰
تیپ چهار	۱۰۷	۳۸	۱۷۰۰	۰/۴	۱۵۰

جدول ۳. ضرایب دینامیکی خاک به دست آمده از نرم افزار CONAN تیپ خاک ۲

Table 3. Soil dynamic coefficients obtained from CONAN soil type 2 software

سازه	بسامد زاویه‌ای (rad/s)	H		V		R		T	
		سختی	میرایی	سختی	میرایی	سختی	میرایی	سختی	میرایی
۵ طبقه	۱۱/۴۷	5.42E+10	1.6E+09	6.53E+10	2.73E+09	1.32E+13	1.4E+11	1.88E+13	1.82E+11
۱۰ طبقه	۶/۷۲	5.44E+10	1.91E+09	6.58E+10	3.15E+09	1.36E+13	2.21E+11	1.92E+13	2.95E+11
۲۰ طبقه	۳/۲۰	5.46E+10	2.86E+08	6.62E+10	4.2E+09	1.38E+13	4.38E+11	1.94E+11	6.10E+11

جدول ۴. ضرایب دینامیکی خاک به دست آمده از نرم افزار CONAN تیب خاک ۴

Table 4. Soil dynamic coefficients obtained from CONAN soil type 4 software

سازه	بسامد زاویه‌ای □ (rad/s)	H		V		R		T	
		سختی	میرایی	سختی	میرایی	سختی	میرایی	سختی	میرایی
۵ طبقه	۱۱/۴۸	3.21E+09	2.80E+08	3.57E+09	5.38E+08	6.93E+11	3.32E+10	8.96E+11	3.16E+10
۱۰ طبقه	۵/۷۲	3.29E+09	3.07E+08	4.18E+09	5.78E+08	8.22E+11	2.88E+10	1.02E+12	2.94E+10
۲۰ طبقه	۳/۰۹	3.32E+09	3.59E+08	4.35E+09	6.44E+08	8.91E+11	3.51E+10	1.08E+12	3.98E+10

جدول ۵. مقایسه ی دوره تناوب اصلی سازه به دست آمده از نرم افزار SAP2000 و استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ی ایران ویرایش چهارم

Table 5. Comparison of the main periodicity of the structure obtained from SAP2000 software and 2800 Iranian earthquake standard, fourth edition

خاک تیب چهار		خاک تیب دو		مدل
T _{آیین‌نامه}	T _{SAP2000}	T _{آیین‌نامه}	T _{SAP2000}	
۰/۵۲۶۲	۰/۵۴۷۱	۰/۵۳۳۹	۰/۵۳۴۵	C-SPSW-5-1.25-2.4
۰/۴۱۳۷	۰/۴۳۵۲	۰/۴۲۱۵	۰/۴۲۲۰	C-SPSW-5-1.25-3.2
۰/۳۰۶۸	۰/۳۲۷۰	۰/۳۱۶۷	۰/۳۱۷۴	C-SPSW-5-1.25-4.8
۰/۹۸۳۶	۱/۰۰۶۸	۰/۹۳۰۲	۰/۹۳۴۰	C-SPSW-10-1.25-2.4
۰/۸۲۹۵	۰/۸۴۱۵	۰/۷۴۵۳	۰/۷۴۹۰	C-SPSW-10-1.25-3.2
۰/۶۰۳۹	۰/۶۲۳۲	۰/۵۵۵۴	۰/۵۶۱۷	C-SPSW-10-1.25-4.8
۱/۹۸۱۸	۲/۰۲۹۰	۱/۹۴۹۱	۱/۹۶۳۰	C-SPSW-20-1.25-2.4
۱/۷۹۳۹	۱/۸۱۱۹	۱/۵۹۲۵	۱/۶۰۶۳	C-SPSW-20-1.25-3.2
۱/۳۵۰۵	۱/۳۶۴۰	۱/۱۸۳۴	۱/۱۹۶۸	C-SPSW-20-1.25-4.8

از جدول ۵ مشخص است، زمان تناوب اصلی سازه به روش مخروطی در نرم افزار SAP2000 که در حالت پایه اندرکنشی به دست آمده، با دوره تناوب آییننامه به روش زیرسازه تفاوت چندانی نداشته و قابل قبول می باشد. بنابراین، توابع امیدانسی به دست آمده از نرم افزار CONAN و نحوه

می باشد از نرم افزار Sap2000 به دست آمده، با دوره تناوب اصلی موثر سازه (که در پیوست پنجم استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ی ایران ویرایش چهارم به دست آمده در حالتی که اندرکنش خاک - سازه در نظر گرفته شده است) مقایسه گردید که نتایج آن در جدول ۵ قابل مشاهده است. همانطور که

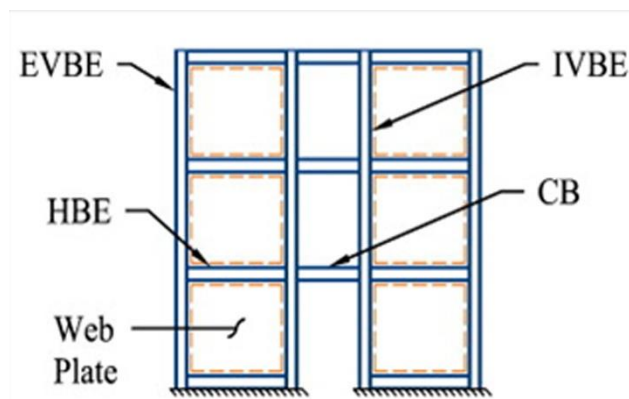
و نهایتاً طراحی می‌گردد. هر نوار (مانند یک عضو خرابایی) فقط قادر به تحمل نیروی محوری کششی بوده و سطح مقطع آن برابر عرض نوار در ضخامت ورق است. مطالعات نشان داده است که حدود ۱۰ نوار در هر پانل می‌تواند نتایج مناسبی را به همراه داشته باشد [۱۷]. آیین‌نامه فولاد آمریکا و کانادا دیوار برشی فولادی را به عنوان یک سیستم باربر جانبی پذیرفته‌اند. در این آیین‌نامه‌ها به منظور طراحی دیوارهای برشی فولادی با ورق نازک ابتدا طراحی اولیه مقاطع تیر، ستون و ورق دیوارها مشابه یک خرپای قائم با مهاربندهای صرفاً کششی انجام می‌شود. بر این اساس به جای هر ورق فولادی، یک بادبند معادل در نظر گرفته می‌شود. پس از تعیین سطح مقطع هر مهاربند، ضخامت ورق فولادی از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{2A_b \sin \theta \sin 2\theta}{L \sin^2 2\alpha} \quad (1)$$

که در آن θ زاویه بین مهاربند و ستون، L عرض دهانه قاب، A_b سطح مقطع مهاربند معادل و α زاویه میدان کشش قطری که از رابطه (۲) به دست می‌آید، می‌باشند:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{tL}{2A_c}}{1 + th \left(\frac{1}{A_B} + \frac{h^3}{360I_c L} \right)} \quad (2)$$

که t ضخامت ورق جان، h ارتفاع طبقه، A_B سطح مقطع تیر، A_c سطح مقطع ستون‌های کناری، I_c ممان اینرسی ستون‌های کناری می‌باشد. مطالعه‌ای در مورد رفتار و مکانیزم دیوار برشی فولادی هم‌بند در دانشگاه ایلینویز توسط فاهنستوک^۱ و بورلو^۲ در سال ۲۰۱۲ میلادی [۸] انجام گرفت. در این مطالعه رابطه (۳) برای درجه هم‌بندی دیوار برشی فولادی هم‌بند سازه‌های چند طبقه ارائه شده است:



شکل ۴. دیوار برشی فولادی هم‌بند

Fig. 4. Connected steel shear wall

مدل‌سازی خاک به روش مخروطی در نرم افزار SAP2000 مناسب است. نام‌گذاری مدل‌های مورد استفاده به این گونه است که، از چپ به راست ابتدا تعداد طبقات، بعد طول تیر پیوند به متر و در آخر طول دهانه دیوار برشی به متر آمده است.

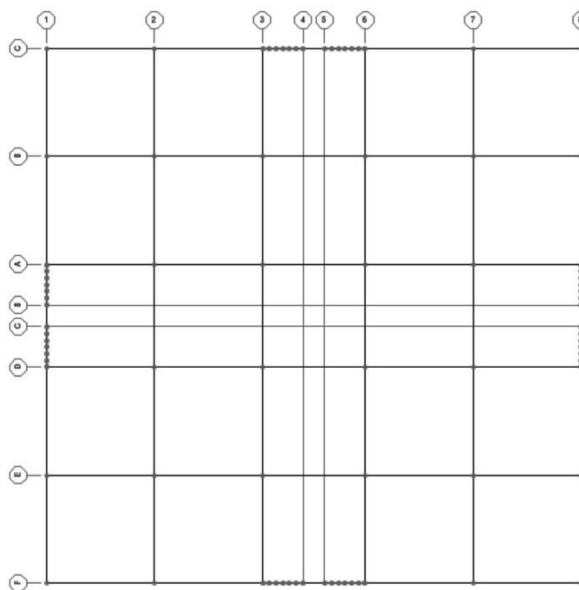
۳- مبانی طراحی سیستم دیوار برشی فولادی هم‌بند

سیستم دیوار برشی فولادی در آمریکای شمالی و ژاپن به عنوان سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی در مناطق با لرزه‌خیزی بالا استفاده می‌شود. دیوار برشی به یک قاب فولادی با یک ورق نازک که توسط تیرها و ستون‌ها احاطه شده است و دارای اعضای مرزی افقی (HBE) و اعضای مرزی قائم (VBE) است، محدود شده است. به دلیل تقاضاهای معماری، سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی به طور معمول در محیط اطراف هسته ساختمان قرار داده می‌شود. جهت قرار دادن بازشوها در هسته، ممکن است طبیعتاً دو دیوار برشی در مجاور هم قرار گیرند. بنابراین، کششی منطقی در سیستم دیوار برشی وجود دارد تا دو دیوار برشی در سطح طبقات را با تیرهایی پیوند سازد. نمونه‌ای از دیوار برشی‌های فولادی هم‌بند در شکل ۴ مشاهده می‌شود. در شکل ۴، CB تیر پیوند، IVBE ستون داخلی دیوار برشی، EVBE ستون خارجی دیوار برشی و HBE تیر پانل می‌باشد.

یکی از روش‌های طراحی دیوار برشی فولادی، روش مدل‌سازی نواری می‌باشد. در روش مدل‌سازی نواری که برای اولین بار در دهه ۸۰ میلادی توسط کولاک و همکاران بر اساس مطالعات و آزمایش‌های به عمل آمده در دانشگاه آلبرتا کانادا معرفی گردید [۱۶]. در این روش ورق فولادی با تعدادی نوار مورب صرفاً کششی جایگزین گردیده و سپس سیستم تحلیل

1 Fahnestock

2 Borello



شکل ۵. نمای سازه های طراحی شده

Fig. 5. View of designed structures

سایر اعضا را تعیین می کند، تعیین مود رفتاری آن اهمیت زیادی دارد، لذا برای شناسایی نحوه ی رفتار تیر همبند، آنچه که در آیین نامه AISC2005 درباره تیر پیوند بادبند برون محور تعریف شده است را می توان برای تیر همبند دیوار برشی فولادی کوبله گسترش داد. بر طبق آیین نامه چنانچه $1.6MP/VP < e < VP$ تیر همبند در برش تسلیم می شود و چنانچه $e > 2.6MP/VP$ تیر همبند در خمش تسلیم می شود [۲۰].

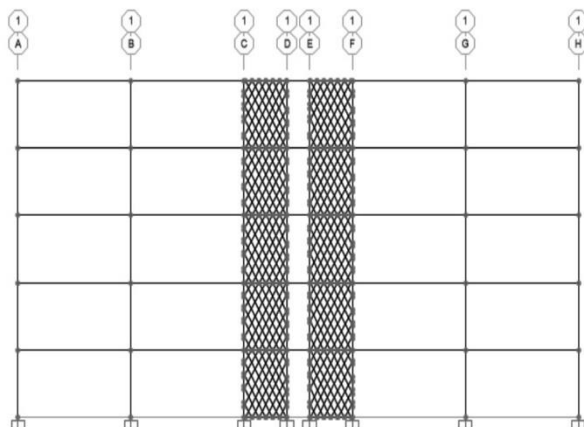
۴- فرضیات و مشخصات مدل ها

مطابق شکل ۶ و ۵، پلان مربع شکل با ۵ دهانه ی ۶ متری جهت تحلیل سازه ها در نظر گرفته شده است. سیستم باربر جانبی که دیوار برشی فولادی همبند می باشند که در هر چهار جهت قرار دارند. مدل های مورد مطالعه شامل سازه های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه با طول تیر پیوند ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵ متر و طول دهانه ۲/۴، ۳/۲، ۴/۸ متر دیوار برشی فولادی می باشد. ارتفاع طبقات ۳/۲ متر در نظر گرفته شده و کاربری ساختمانها مسکونی می باشد. شدت بار مرده طبقات، بار مرده بام، بار زنده طبقات و بار زنده بام به ترتیب ۶۰۰، ۵۰۰، ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است. سازه ها برای دو نمونه خاک تیپ دو و چهار، بر اساس طبقه بندی استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ی ایران ویرایش چهارم [۱۸]، شتاب مبنای طرح ۰/۳۵ و ضریب اهمیت ۱، در نرم افزار ETABS طراحی شده اند و با توجه به آیین نامه

$$DC = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{2M_{P(CB)i}}{e}(L+e)}{2M_{P(EVBE)l} + 2M_{P(IVBE)l} + \sum_{i=1}^n [4M_{P(HBE)} + 2M_{P(CB)i} + F_y L h_i (t_i \sin 2\alpha_i - t_{i+1} \sin 2\alpha_{i+1})]} \quad (3)$$

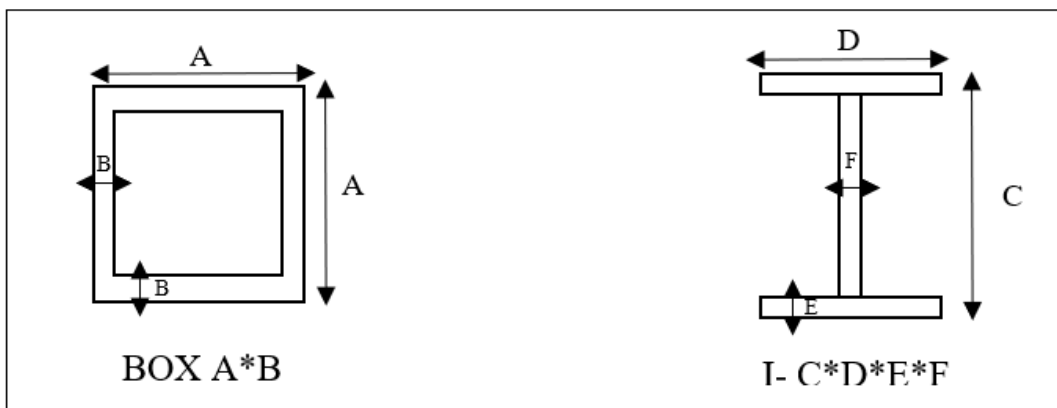
$M_{P(CB)}$ لنگر پلاستیک تیر همبند، L طول دهانه دیوار برشی، e طول تیر همبند، $M_{P(EVBE)}$ لنگر پلاستیک ستون بیرونی، $M_{P(IVBE)}$ لنگر پلاستیک ستون درونی، $M_{P(HBE)}$ لنگر پلاستیک تیر دیوار برشی، F_y تنش تسلیم ورق جان، t ضخامت ورق جان، H ارتفاع طبقه، α زاویه میدان کشش قطری می باشد. در واقع درجه همبندی (DC) از نسبت کل لنگرها که در برابر نیروی کوبله مقاومت می کند، به دست می آید. DC یک رابطه ی ساده برای تعیین سطح تقابل بین دو پایه است. برای سیستم غیر همبندی، نیروی جانبی نیروی محوری خالصی برای هر پایه فراهم نمی کند و DC صفر است. برای سیستم همبند کامل، بار فقط برای نیروی محوری هر پایه داخلی مقاومت می کند و DC واحد است.

همچنین از آنجایی که در نحوه ی استهلاک انرژی سازه های کوبله، مشخصات تیر همبند نقش مهمی دارد و در سازه های طراحی شده تیر همبند به صورت فیوز عمل می کند و با رفتار شکل پذیری، تلاش های طراحی در



شکل ۶. پلان سازه های طراحی شده

Fig. 6. Lan designed structures



شکل ۷. جزئیات مقاطع قوطی ستون‌ها و مقاطع تیرهای I شکل

Fig. 7. Details of column sections of columns and sections of I-shaped beams

المان‌های نواری طبق شکل ۲ طراحی می‌کنیم. سازه‌های ۲۰ و ۱۰ و ۵ طبقه بعد از بارگذاری، مطابق با آیین نامه ی AISC [۱۹]، طراحی و با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمانهای فولادی) [۱۴] کنترل شدند. اتصالات تیر به ستون و اتصالات پای ستونها به صورت گیردار و اتصالات المان‌های نواری دیوار برشی فولادی به صورت مفصلی میباشد. مقاطع مدل‌های مورد نظر برحسب نوع خاک تپ دو و چهار (جدول ۲) بر اساس طبقه بندی استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ی ایران طراحی شده است که در جداول ۸-۶ نوع مقاطع طراحی شده ذکر شده است. همچنین جزئیات مقاطع تیرهای I شکل و مقاطع قوطی ستون‌ها در شکل ۷ آمده است.

سازه‌های فولادی آمریکا، ضریب رفتار سازه‌ها ۸ در نظر گرفته شده است. مصالح فرض شده برای مدل‌سازی و تحلیل از فولاد ST37 با تنش تسلیم ۲۴۰، تنش نهایی ۳۷۰ مگاپاسکال، مدول الاستیسیته ۲۱۰۰۰۰ مگاپاسکال و نسبت پواسون ۰/۳ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در نرم افزار ETABS به جای دیوار برشی فولادی از مهاربند معادل استفاده شده است که بعد از طراحی سازه‌ها و به دست آوردن مساحت مهاربندهای معادل و با استفاده از فرمول‌های ۲ می‌توان ضخامت دیوار برشی هر طبقه را به دست آورد و سپس سازه‌های طراحی شده را برای تحلیل به نرم افزار SAP2000 منتقل کرده و دیوار برشی را در این نرم افزار به صورت

جدول ۶. مشخصات مقاطع طراحی شده سیستم دیوار برشی فولادی همبند سازه ۵ طبقه

Table 6. Specifications of designed sections of steel shear wall system connecting 5-story structure

تیر دهانه‌های اطراف دیوار برشی فولادی (mm)		تیر دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دهانه‌های اطراف دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دیوار برشی فولادی همبند (cm)		ضخامت ورق در دیوار برشی فولادی همبند (mm)		طبقه
تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	
IPE 240	IPE 240	IPE 240	IPE 220	BOX 25x1.5	BOX 20x1.5	BOX 35x2	BOX 30x2	2	1.5	۱
IPE 240	IPE 240	IPE 240	IPE 220	BOX 25x1.5	BOX 20x1.5	BOX 35x2	BOX 30x2	2	1.5	۲
IPE 240	IPE 240	IPE 240	IPE 220	BOX 25x1.5	BOX 20x1.5	BOX 35x2	BOX 30x2	1.5	1.3	۳
IPE 240	IPE 240	IPE 240	IPE 220	BOX 25x1.5	BOX 20x1.5	BOX 25x2	BOX 25x1.5	1.5	1.3	۴
IPE 240	IPE 240	IPE 240	IPE 220	BOX 25x1.5	BOX 20x1.5	BOX 25x2	BOX 25x1.5	1.3	1.1	۵

۵- تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی مدل‌ها

در مواردی که ارزیابی دقیق‌تری از رفتار سازه و تلاش‌های لرزه‌ای ایجاد شده مد نظر باشد، لازم است از روش تحلیل دینامیکی بهره جست. مطابق استاندارد ۲۸۰۰ زلزله‌ی ایران، روش‌های تحلیل دینامیکی مختلفی برای تحلیل سازه‌ها به کار می‌رود، در این روش‌ها نیروی جانبی زلزله، با استفاده از بازتاب دینامیکی سازه بر اثر حرکت زمین ناشی از زلزله، از خود نشان می‌دهد، تعیین می‌گردد. این روش‌ها شامل روش تحلیل طیفی و روش تحلیل تاریخیچه زمانی می‌باشد. در روش تحلیل دینامیکی تاریخیچه زمانی، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه ساختمان و با به کارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه‌ها

انجام می‌شود. در این مقاله، برای انجام تحلیلهای تاریخیچه زمانی غیرخطی از شتابنگاشت‌های استخراج شده از سایت Peer Berekely استفاده شده است که هفت شتابنگاشت برای حوزه نزدیک و هفت شتابنگاشت برای حوزه دور انتخاب شده است. در جدول ۱۰ و ۹ اسامی و ایستگاه‌های مربوط به نگاشتهای انتخابی حوزه ی نزدیک و دور و سایر مشخصات آنها قابل مشاهده است. این شتابنگاشتها بر اساس روش ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ی ایران ویرایش چهارم [۱۷]، برای شهر تهران و خاک نوع دو و چهار مقیاس سازی شدند و طیف میانگین آنها با طیف استاندارد آیین نامه مقایسه گردید (شکل ۸). در ضمن تعداد کل تحلیل‌های انجام شده در نرم افزار SAP2000، ۲۱۶ عدد تحلیل می‌باشد.

جدول ۷. مشخصات مقاطع طراحی شده سیستم دیوار برشی فولادی همبند سازه ۱۰ طبقه

Table 7. Specifications of designed sections of steel shear wall system connecting 10-story structure

تیر دهانه‌های اطراف دیوار برشی فولادی (mm)		تیر دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دهانه‌های اطراف دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دیوار برشی فولادی همبند (cm)		ضخامت ورق در دیوار برشی فولادی همبند (mm)		طبقه
تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	تیپ چهار	تیپ دو	
IPE 300	IPE 270	I 45x25x1.5x1.2	I 45x25x1.5x1.2	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x3	6	5.5	۱
IPE 300	IPE 270	I 45x25x1.5x1.2	I 45x25x1.5x1.2	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x3	6	5.5	۲
IPE 300	IPE 270	I 45x25x1.5x1.2	I 45x25x1.5x1.2	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x3	6	5.5	۳
IPE 300	IPE 270	I 45x25x1.5x1.2	I 45x25x1.5x1.2	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x3	6	5.5	۴
IPE 300	IPE 270	I 45x25x1.5x1.2	I 45x25x1.5x1.2	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 45x3	BOX 40x2	4	3.5	۵
IPE 300	IPE 270	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.5x1	BOX 35x2	BOX 35x1.5	BOX 45x3	BOX 40x2	4	3.5	۶
IPE 300	IPE 270	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.5x1	BOX 35x2	BOX 35x1.5	BOX 45x3	BOX 40x2	4	3.5	۷
IPE 300	IPE 270	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.5x1	BOX 35x2	BOX 35x1.5	BOX 45x3	BOX 40x2	4	3.5	۸
IPE 300	IPE 270	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.5x1	BOX 35x2	BOX 35x1.5	BOX 35x3	BOX 35x2	2	1.5	۹
IPE 300	IPE 270	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.5x1	BOX 35x2	BOX 35x1.5	BOX 35x3	BOX 35x2	2	1.5	۱۰

جدول ۸. مشخصات مقاطع طراحی شده سیستم دیوار برشی فولادی همبند سازه ۲۰ طبقه

Table 8. Specifications of designed sections of steel shear wall system connecting the 20-story structure

تیر دهانه های اطراف دیوار برشی فولادی (mm)		تیر دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دهانه های اطراف دیوار برشی فولادی (cm)		ستون دیوار برشی فولادی همبند (cm)		ضخامت ورق در دیوار برشی فولادی همبند (mm)		طبقه
تیر دو	تیر چهار	تیر دو	تیر چهار	تیر دو	تیر چهار	تیر دو	تیر چهار	تیر دو	تیر چهار	
IPE 350	IPE 300	I 45x25x2x1	I	BOX 50x3	BOX 50x2	BOX 75x5	BOX 70x4	7.5	6	۱
IPE 350	IPE 300	I 45x25x2x1	I	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 75x5	BOX 70x4	7.5	6	۲
IPE 350	IPE 300	I 45x25x2x1	I	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 75x5	BOX 70x4	7.5	6	۳
IPE 350	IPE 300	I 45x25x2x1	I	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 75x5	BOX 70x4	7.5	6	۴
IPE 350	IPE 300	I 45x25x2x1	I	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 60x4	BOX 60x4	6	5.5	۵
IPE 350	IPE 300	I 40x25x2x1	I 40x25x1.5x1	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 60x4	BOX 60x4	6	5.5	۶
IPE 350	IPE 300	I 40x25x2x1	I 40x25x1.5x1	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 60x4	BOX 60x4	6	5.5	۷
IPE 350	IPE 300	I 40x25x2x1	I 40x25x1.5x1	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 60x4	BOX 60x4	6	5.5	۸
IPE 350	IPE 300	I 40x25x2x1	I 40x25x1.5x1	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 60x4	BOX 60x4	5	5	۹
IPE 350	IPE 300	I 40x25x2x1	I 40x25x1.5x1	BOX 45x3	BOX 45x2	BOX 50x4	BOX 50x4	5	5	۱۰
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x4	5	5	۱۱
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x4	5	5	۱۲
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 50x4	BOX 50x4	4.5	4.5	۱۳
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 45x3	BOX 45x2	4.5	4.5	۱۴
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 45x3	BOX 40x2	BOX 45x3	BOX 45x2	4.5	4.5	۱۵
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 35x3	BOX 35x2	BOX 45x3	BOX 40x2	4.5	4.5	۱۶
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 35x3	BOX 35x2	BOX 45x3	BOX 40x2	3.5	3	۱۷
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 35x3	BOX 35x2	BOX 45x3	BOX 40x2	3.5	3	۱۸
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 35x3	BOX 35x2	BOX 45x3	BOX 40x2	2.5	3	۱۹
IPE 350	IPE 300	I 40x25x1.5x1	I 40x25x1.2x1	BOX 35x3	BOX 35x2	BOX 45x3	BOX 40x2	2.5	3	۲۰

جدول ۹. شتاب‌نگاشت‌های نزدیک گسل انتخاب شده

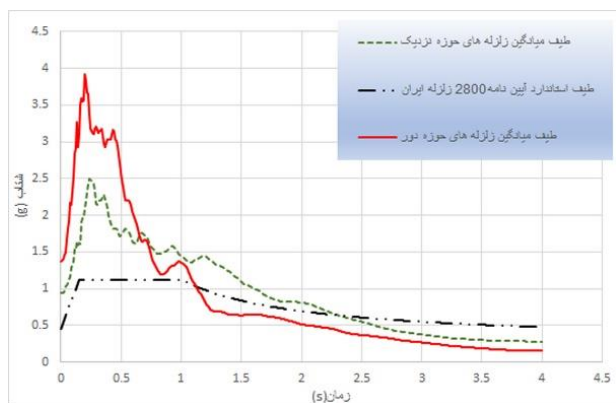
Table 9. Accelerometers near selected faults

ردیف	نام زلزله	نام ایستگاه ثبت	سال میلادی	PGV (cm/s)	PGA (g)	PGV/PGA	شدت زلزله	(R-JB) فاصله از گسل (km)	مدت زمان موثر (S)	سرعت موج برشی (m/s)
۱	Kocaeli – Turkey	Duzce	۱۹۹۹	۵۵/۶۶	۰/۳۶	۱۵۴/۰۶	۷/۵۱	۱۳/۶۰	۱۱/۸۰	۲۸۱/۸۶
۲	Northridge – 01	N Hollywood-Coldwater can	۱۹۹۴	۲۱/۴۵	۰/۳۱	۶۹/۱۹	۶/۶۹	۷/۸۹	۱۶/۰۰	۳۲۶/۴۷
۳	Imperial Valley	El Centro Array #4	۱۹۷۹	۳۹/۶۵	۰/۴۸	۸۲/۶۰	۶/۵۳	۴/۹۰	۱۰/۳۰	۲۰۸/۹۱
۴	Chi-Chi	CHY 101	۱۹۹۹	۱۰۹/۲۰	۰/۳۹	۲۸۰	۷/۶۲	۹/۹۴	۳۰/۴	۲۵۸/۸۹
۵	Kobe – Japan	Port Island	۱۹۹۵	۹۰/۶۷	۰/۳۴	۲۶۶/۶۷	۶/۹۰	۳/۳۱	۱۱/۵۰	۱۹۸/۰۰
۶	Landers	Coolwater	۱۹۹۲	۴۳/۴۲	۰/۴۱	۱۰۵/۹۰	۷/۲۸	۱۹/۷۴	۱۰/۶۰	۳۵۲/۹۸
۷	Loma Prieta	Capitola	۱۹۸۹	۳۸/۰۲	۰/۵۱	۷۴/۵۴	۶/۹۳	۱۵/۲۳	۱۳/۲۰	۲۸۸/۶۲

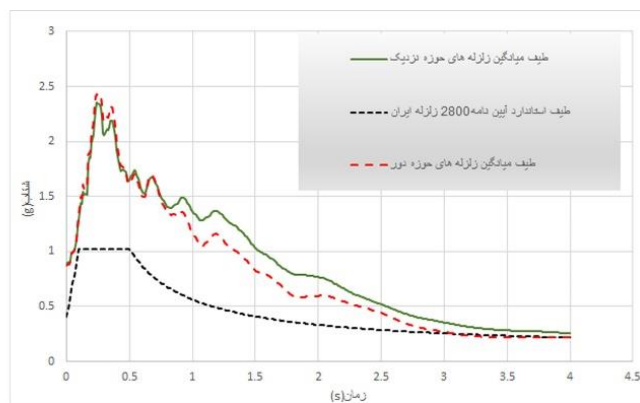
جدول ۱۰. شتاب‌نگاشت‌های دور از گسل انتخاب شده

Table 10. Accelerometers away from the selected fault

ردیف	نام زلزله	نام ایستگاه ثبت	سال میلادی	PGV (cm/s)	PGA (g)	PGV/PGA	شدت زلزله	(R-JB) فاصله از گسل (km)	مدت زمان موثر (S)	سرعت موج برشی (m/s)
۱	Kocaeli – Turkey	Goynuk	۱۹۹۹	۱۱/۰۷	۰/۱۳	۸۵/۱۵	۷/۵۱	۳۱/۷۴	۱۱/۴۰	۳۴۷/۶۲
۲	Northridge – 01	Glendale-Las Palmas	۱۹۹۴	۱۱/۳۳	۰/۳۶	۳۱/۴۷	۶/۶۹	۲۱/۶۴	۱۱/۵۰	۳۷۱/۰۷
۳	Imperial Valley	Niland fire Station	۱۹۷۹	۱۲/۲۱	۰/۱۱	۱۱۱	۶/۵۳	۳۵/۶۴	۲۶/۴۰	۲۱۲/۰۰
۴	Chi-Chi	TAP095	۱۹۹۹	۲۸/۹۷	۰/۱۴	۲۰۶/۹۳	۷/۶۲	۱۰۷/۸۰	۲۱/۰۰	۲۰۶/۲۴
۵	Kobe – Japan	Kakogawa	۱۹۹۵	۲۶/۸۷	۰/۳۲	۸۳/۹۶	۶/۹۰	۲۲/۵۰	۱۳/۲۰	۳۱۲/۰۰
۶	Landers	Fort Irwin	۱۹۹۲	۱۶/۵۱	۰/۱۲	۱۳۷/۵۸	۷/۲۸	۶۲/۹۸	۱۳/۵۰	۳۶۷/۴۳
۷	Loma Prieta	Gilroy Array	۱۹۸۹	۱۶/۹۷	۰/۳۲	۵۳/۰۳	۶/۹۳	۲۲/۶۸	۱۱/۵۰	۳۳۳/۸۵



(ب)



(الف)

شکل ۸. مقایسه‌ی طیف میانگین زلزله‌های دور و نزدیک گسل با طیف استاندارد آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله‌ی ایران و ویرایش چهارم (الف) خاک تیپ دو (ب) خاک تیپ چهار

Fig. 8. Comparison of the mean spectrum of far and near earthquakes of faults with the standard spectrum of 2800 Iranian Earthquake Regulations Fourth Edition (A) Type II soil (b) Type IV soil

با توجه به جدول ۱۱، مقدار ماکزیمم، مینیمم، سطح ۸۴ درصدی و میانگین نتایج استخراج شده را می‌توان در شکل ۹ نمودار میله‌ای مشاهده کرد. با توجه به جدول ۱۱ و شکل ۹، سازه‌های قرار گرفته بر روی خاک سخت (تیپ ۲) تحت شتاب نگاشت‌های نزدیک گسل در بیشینه تغییر مکان بام خود تغییرات ناچیزی دارند که برای سازه‌های ۵ طبقه کاهش، برای سازه‌های افزایش و برای سازه‌های ۲۰ طبقه افزایش همراه است. در شتابنگاشت‌های دور از گسل نیز این تغییرات ناچیز بوده و برای سازه‌های ۵ طبقه کاهش، برای سازه‌های ۱۰ طبقه افزایش و برای سازه‌های ۲۰ طبقه با افزایش همراه است. در سازه‌های واقع بر روی خاک نرم (تیپ ۴) تحت شتابنگاشت‌های حوزه‌ی دور و نزدیک، اثر اندرکنش خاک - سازه بیشتر است و سبب افزایش مقادیر بیشینه تغییر مکان بام شده است. در شتابنگاشت‌های دور از گسل برای سازه‌های ۵ طبقه، سازه‌های ۱۰ طبقه و سازه‌های ۲۰ طبقه افزایش را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان پس از بررسی جدول ۱۱ و شکل ۹ به این نتیجه رسید که در خاک‌های سخت تغییر مکان بام در حالت پایه ثابت و اندرکنش تفاوتی با هم ندارد و می‌توان از اندرکنش خاک-سازه در هنگام طراحی چشم پوشی کرد اما برای طراحی سازه بر روی خاک‌های نرم حتما باید اندرکنش خاک-سازه را لحاظ نمود. با توجه به جدول ۱۲، مقدار ماکزیمم، مینیمم، سطح ۸۴ درصدی و

۶- نتایج و بحث

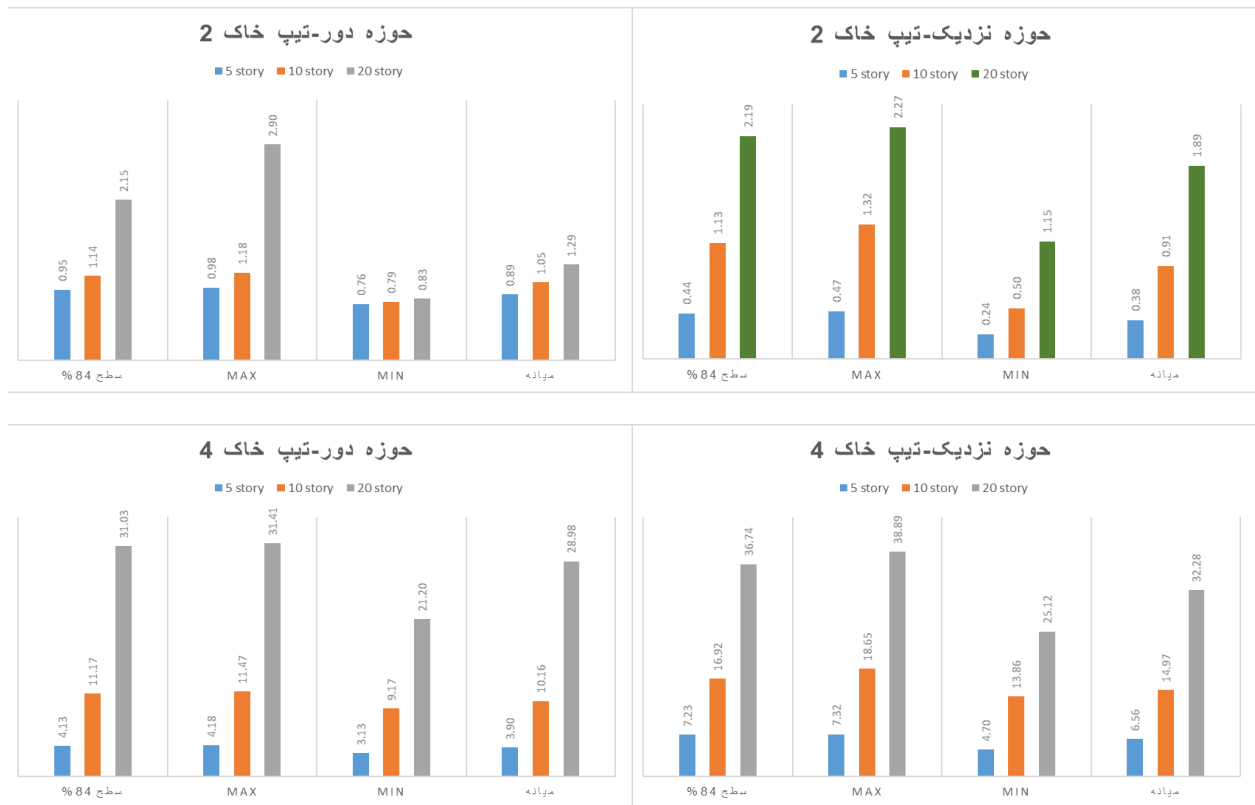
جهت بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه در رفتار سیستم دیوار برشی فولادی همبند تحت بار رکوردهای حوزه دور و نزدیک، بر اساس روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی، ابتدا درصد تغییرات بیشینه تغییر مکان بام جدول ۱۱، شتاب بام کل سازه‌ها جدول ۱۲ و نسبت برش پایه به وزن موثر تجمعی جدول ۱۳ در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت، محاسبه شده است. در ادامه درجه همبندی (DC) سیستم دیوار برشی فولادی همبند، برای سازه‌های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه با طول تیر پیوند ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵ متر و طول دهانه ۲/۴، ۳/۲، ۴/۸ متر دیوار برشی فولادی جدول ۱۴ برای همه‌ی سازه‌ها محاسبه شده است و بعد از آن رفتار تیر همبند در جدول ۱۵ مورد بررسی قرار گرفته است و در انتها، نسبت بیشینه دریافت سیستم دیوار برشی فولادی همبند، برای سازه‌های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه با طول تیر کوبله ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵ متر و طول دهانه ۲/۴، ۳/۲، ۴/۸ متر دیوار برشی فولادی تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل، در هر دو حالت پایه ثابت و اندرکنشی با دو تیپ خاک ۲ و ۴ مطابق نمودارهای شکل‌های ۲۰-۱۴ ارائه شده است. همچنین در جداول ۱۷ و ۱۶ درصد تغییرات میانگین دریافت‌ها و حداکثر دریافت نمودارها در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت محاسبه شده است.

جدول ۱۱. مقایسه ی بیشینه تغییر مکان بام سازه ها در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله‌های دور و نزدیک گسل (ادامه دارد)

Table 11. Comparison of the maximum displacement of roofs of structures in the interactive ground state compared to the fixed ground state under the average of near and near fault earthquakes (Continude)

تیپ چهار		تیپ دو		تیپ دو		تیپ چهار		مدل
حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		
افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	
کاهش	۳/۳۵	افزایش	۶/۵۶	افزایش	۰/۹۱	افزایش	۰/۳۳	C-SPSW-5-1.25-2.4
افزایش	۴/۱۰	افزایش	۵/۸۹	افزایش	۰/۸۹	افزایش	۰/۴۲	C-SPSW-5-2.5-2.4
افزایش	۳/۹۰	افزایش	۷/۱۵	افزایش	۰/۸۴	افزایش	۰/۳۸	C-SPSW-5-3.75-2.4
افزایش	۳/۳۶	افزایش	۵/۰۷	افزایش	۰/۸۸	افزایش	۰/۳۱	C-SPSW-5-1.25-3.2
کاهش	۴/۰۵	افزایش	۷/۳۲	کاهش	۰/۹۸	کاهش	۰/۴۷	C-SPSW-5-2.5-3.2
کاهش	۴/۱۸	افزایش	۶/۹۶	افزایش	۰/۷۶	کاهش	۰/۲۴	C-SPSW-5-3.75-3.2
افزایش	۳/۷۵	افزایش	۵/۳۵	افزایش	۰/۹۲	کاهش	۰/۴۲	C-SPSW-5-1.25-4.8
افزایش	۳/۱۳	افزایش	۷/۰۶	کاهش	۰/۹۵	کاهش	۰/۴۳	C-SPSW-5-2.5-4.8
افزایش	۳/۹۵	افزایش	۴/۷۰	افزایش	۰/۸۳	کاهش	۰/۳۶	C-SPSW-5-3.75-4.8
افزایش	۹/۲۵	افزایش	۱۴/۳۱	کاهش	۰/۹۳	افزایش	۱/۰۵	C-SPSW-10-1.25-2.4
افزایش	۱۰/۱۶	افزایش	۱۵/۱۵	افزایش	۱/۰۱	افزایش	۰/۹۵	C-SPSW-10-2.5-2.4
افزایش	۱۱/۴۷	افزایش	۱۸/۶۵	کاهش	۰/۹۶	افزایش	۰/۸۸	C-SPSW-10-3.75-2.4
افزایش	۱۱/۰۵	افزایش	۱۴/۱۲	افزایش	۱/۱۱	افزایش	۰/۵۷	C-SPSW-10-1.25-3.2
افزایش	۱۰/۷۳	کاهش	۱۴/۹۷	افزایش	۰/۷۹	افزایش	۰/۵۳	C-SPSW-10-2.5-3.2
افزایش	۹/۱۷	افزایش	۱۶/۳۴	افزایش	۱/۰۸	افزایش	۰/۵۰	C-SPSW-10-3.75-3.2

افزایش	۱۰/۱۰	افزایش	۱۳/۸۶	افزایش	۱/۱۰	افزایش	۱/۳۲	C-SPSW-10-1.25-4.8
افزایش	۱۱/۱۹	افزایش	۱۴/۵۵	افزایش	۱/۱۸	افزایش	۰/۹۱	C-SPSW-10-2.5-4.8
افزایش	۹/۹۵	افزایش	۱۶/۰۵	افزایش	۱/۰۵	افزایش	۱/۰۲	C-SPSW-10-3.75-4.8
افزایش	۲۸/۹۸	افزایش	۳۵/۴۸	افزایش	۲/۲۶	افزایش	۲/۱۳	C-SPSW-20-1.25-2.4
افزایش	۳۰/۳۹	افزایش	۳۷/۱۸	افزایش	۲/۹۰	افزایش	۱/۸۹	C-SPSW-20-2.5-2.4
افزایش	۳۱/۴۱	افزایش	۳۸/۸۹	افزایش	۱/۴۰	کاهش	۲/۰۹	C-SPSW-20-3.75-2.4
افزایش	۲۵/۲۵	افزایش	۳۰/۱۶	افزایش	۱/۲۹	افزایش	۱/۱۵	C-SPSW-20-1.25-3.2
افزایش	۳۰/۵۷	افزایش	۳۲/۲۸	افزایش	/۹۰	افزایش	۲/۲۷	C-SPSW-20-2.5-3.2
افزایش	۲۹/۷۶	افزایش	۳۳/۵۵	افزایش	۰/۸۳	افزایش	۲/۱۰	C-SPSW-20-3.75-3.2
افزایش	۲۱/۲۰	افزایش	۲۵/۱۲	افزایش	۱/۰۷	افزایش	۱/۴۲	C-SPSW-20-1.25-4.8
افزایش	۲۲/۷۴	افزایش	۲۵/۸۶	افزایش	۱/۱۳	افزایش	۱/۶۷	C-SPSW-20-2.5-4.8
افزایش	۲۵/۲۵	افزایش	۲۷/۶۶	افزایش	۱/۴۸	افزایش	۱/۴۳	C-SPSW-20-3.75-4.8



شکل ۹. مقادیر استخراج شده از جدول ۱۱ بیشینه تغییر مکان بام سازه‌ها

Fig. 9. Values extracted from Table 11 Maximum displacement of roofs of structures

با افزایش طول تیر هم‌بند (طول دیوار برشی ثابت)، شتاب سازه‌ها تحت میانگین رکوردهای نزدیک گسل و دور از گسل، افزایش می‌یابد.

با توجه به جدول ۱۳، مقدار ماکزیمم، مینیمم، سطح ۸۴ درصدی و میانگین نتایج استخراج شده را می‌توان در شکل ۱۰ به صورت نمودار میله‌ای مشاهده کرد.

با توجه به جدول ۱۳ و شکل ۱۱، مقادیر درصد تغییرات نسبت برش پایه به وزن موثر سازه تمام سازه‌ها در مقایسه دو حالت اندرکنش و پایه ثابت تحت زلزله‌های حوزه ی نزدیک خاک سخت سازه‌های ۵ طبقه افزایش، در سازه‌های ۱۰ طبقه افزایش و در سازه‌های ۲۰ طبقه کاهش در نسبت برش پایه به وزن موثر سازه روبه رو شده اند. همچنین در زلزله‌های دور از گسل این تغییرات در سازه‌های ۵ طبقه، سازه‌های ۱۰ طبقه و در سازه‌های ۲۰ طبقه با افزایش همراه بوده است. در سازه‌های واقع بر روی خاک نرم تحت زلزله‌های حوزه ی نزدیک، با کاهش نسبت برش پایه به وزن موثر سازه در سازه‌های ۵ طبقه، در سازه‌های ۱۰ طبقه و در سازه‌های

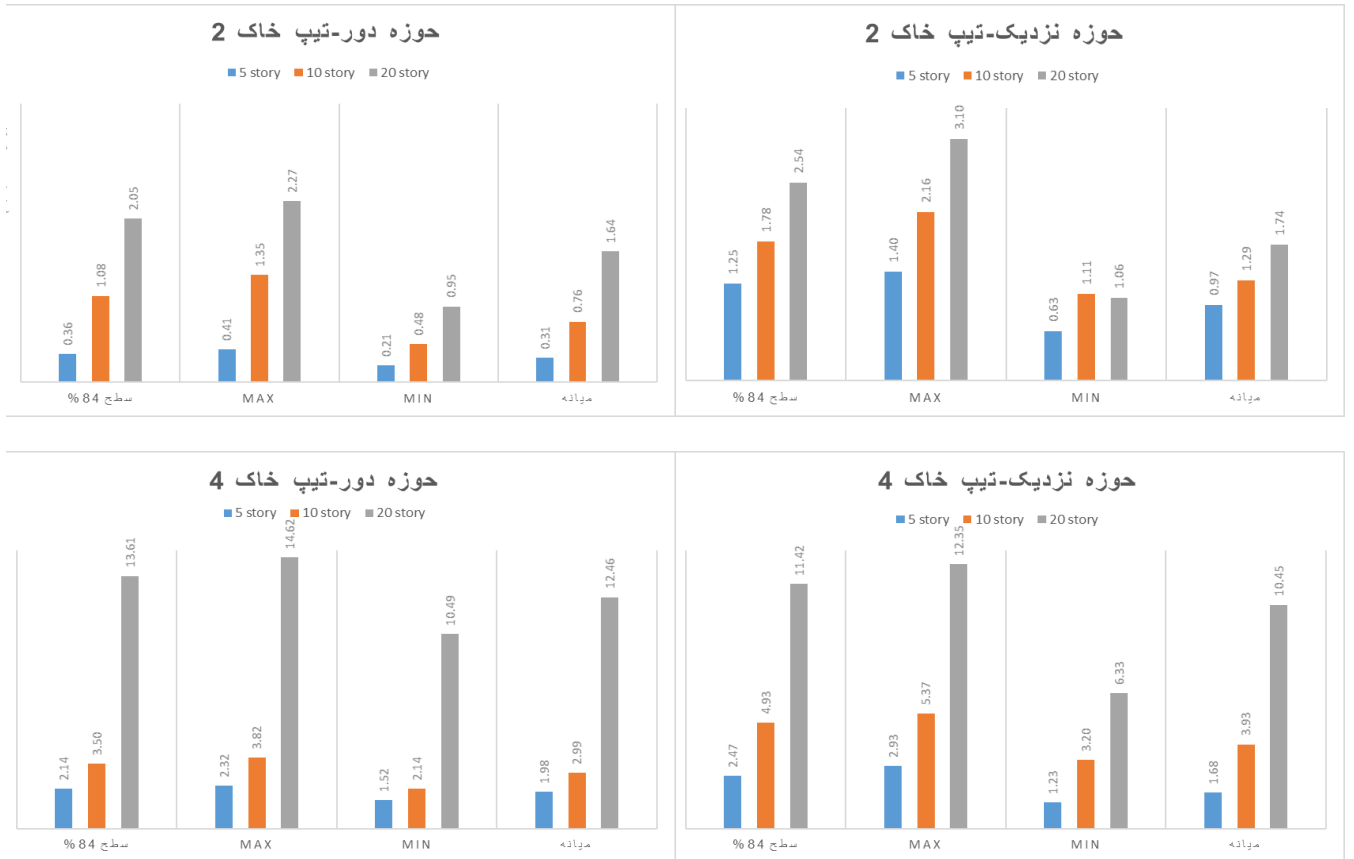
میانگین نتایج استخراج شده را می‌توان در شکل ۱۰ به صورت نمودار میله‌ای مشاهده کرد.

پس از بررسی جدول ۱۲ و شکل ۱۰، مقادیر درصد تغییرات بیشینه شتاب بام تمام سازه‌ها در مقایسه دو حالت اندرکنش و پایه ثابت تحت زلزله‌های حوزه ی نزدیک خاک سخت سازه‌های ۵ طبقه، در سازه‌های ۱۰ طبقه و در سازه‌های ۲۰ طبقه با کاهش در بیشینه شتاب بام روبه رو شده اند. همچنین در زلزله‌های دور از گسل این تغییرات در سازه‌های ۵ طبقه، سازه‌های ۱۰ طبقه و در سازه‌های ۲۰ طبقه تا کاهش همراه بوده است. در سازه‌های واقع بر روی خاک نرم تحت زلزله‌های حوزه ی نزدیک، با کاهش بیشینه شتاب بام در سازه‌های ۵ طبقه، در سازه‌های ۱۰ طبقه و در سازه‌های ۲۰ طبقه همراه بوده و در زلزله‌های حوزه ی دور برای سازه‌های ۵ طبقه، برای سازه‌های ۱۰ طبقه و برای سازه‌های ۲۰ طبقه کاهش مشاهده شده است. اندرکنش خاک-سازه با کاهش شتاب سازه تحت میانگین رکوردهای نزدیک گسل و دور از گسل، در مقایسه با پایه ثابت مواجه می‌باشد. همچنین

جدول ۱۲. مقایسه ی بیشینه شتاب بام سازه ها در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله‌های دور و نزدیک گسل

Table 12. Comparison of maximum roof acceleration of structures in the interactive ground state compared to the fixed ground state under the average of far and near fault earthquakes

تیپ چهار		تیپ دو		تیپ دو		تیپ چهار		مدل
حوزه‌ی دور		حوزه‌ی نزدیک		حوزه‌ی دور		حوزه‌ی نزدیک		
افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	
کاهش	۱/۹۹	کاهش	۲/۷۶	کاهش	۰/۲۸	افزایش	۰/۶۳	C-SPSW-5-1.25-2.4
کاهش	۱/۸۱	کاهش	۱/۳۶	کاهش	۰/۲۱	افزایش	۰/۷۵	C-SPSW-5-2.5-2.4
کاهش	۲/۰۶	کاهش	۱/۳۷	کاهش	۰/۴۱	افزایش	۰/۹۷	C-SPSW-5-3.75-2.4
کاهش	۱/۷۰	کاهش	۱/۳۰	کاهش	۰/۲۵	کاهش	۰/۸۶	C-SPSW-5-1.25-3.2
افزایش	۱/۹۹	کاهش	۱/۲۳	کاهش	۰/۳۱	کاهش	۱/۰۵	C-SPSW-5-2.5-3.2
کاهش	۱/۷۱	کاهش	۱/۶۸	کاهش	۰/۲۵	کاهش	۱/۲۷	C-SPSW-5-3.75-3.2
کاهش	۱/۵۲	کاهش	۲/۱۰	کاهش	۰/۳۴	کاهش	۱/۴۰	C-SPSW-5-1.25-4.8
کاهش	۲/۳۲	کاهش	۱/۸۰	افزایش	۰/۳۲	افزایش	۰/۹۲	C-SPSW-5-2.5-4.8
کاهش	۱/۹۸	کاهش	۲/۹۳	افزایش	۰/۳۱	کاهش	۱/۱۵	C-SPSW-5-3.75-4.8
کاهش	۲/۳۱	کاهش	۳/۲۰	کاهش	۰/۷۶	افزایش	۱/۳۹	C-SPSW-10-1.25-2.4
کاهش	۲/۵۲	کاهش	۳/۵۱	کاهش	۰/۸۵	کاهش	۲/۱۶	C-SPSW-10-2.5-2.4
کاهش	۳/۲۲	کاهش	۴/۴۶	کاهش	۱/۰۹	افزایش	۱/۸۴	C-SPSW-10-3.75-2.4
کاهش	۳/۲۷	کاهش	۳/۹۳	کاهش	۱/۳۵	افزایش	۱/۲۳	C-SPSW-10-1.25-3.2
کاهش	۲/۵۲	کاهش	۴/۲۱	کاهش	۰/۵۳	کاهش	۱/۱۱	C-SPSW-10-2.5-3.2
کاهش	۳/۴۹	کاهش	۵/۳۷	افزایش	۰/۵۹	کاهش	۱/۱۸	C-SPSW-10-3.75-3.2
کاهش	۳/۸۲	کاهش	۵/۳۲	کاهش	۰/۴۸	افزایش	۱/۱۲	C-SPSW-10-1.25-4.8
کاهش	۲/۹۹	افزایش	۳/۸۹	کاهش	۰/۵۸	کاهش	۱/۴۸	C-SPSW-10-2.5-4.8
کاهش	۲/۱۴	کاهش	۳/۷۳	کاهش	۰/۹۲	کاهش	۱/۲۹	C-SPSW-10-3.75-4.8
کاهش	۱۲/۴۶	کاهش	۱۰/۹۳	کاهش	۰/۹۵	کاهش	۱/۶۱	C-SPSW-20-1.25-2.4
کاهش	۱۲/۹۰	کاهش	۱۲/۳۵	کاهش	۱/۵۲	کاهش	۱/۷۴	C-SPSW-20-2.5-2.4
کاهش	۱۳/۱۶	کاهش	۱۱/۰۶	کاهش	۱/۱۱	کاهش	۳/۱۰	C-SPSW-20-3.75-2.4
کاهش	۱۰/۸۹	کاهش	۹/۱۰	کاهش	۱/۳۸	کاهش	۲/۴۳	C-SPSW-20-1.25-3.2
کاهش	۱۴/۶۲	کاهش	۸/۳۱	کاهش	۲/۲۷	کاهش	۲/۲۸	C-SPSW-20-2.5-3.2
کاهش	۱۱/۱۷	کاهش	۹/۳۴	کاهش	۱/۶۴	کاهش	۲/۰۹	C-SPSW-20-3.75-3.2
کاهش	۱۰/۴۹	کاهش	۶/۳۳	کاهش	۲/۱۰	کاهش	۱/۱۸	C-SPSW-20-1.25-4.8
کاهش	۱۳/۲۶	کاهش	۱۰/۴۵	کاهش	۱/۸۸	افزایش	۱/۰۶	C-SPSW-20-2.5-4.8
کاهش	۱۰/۶۸	کاهش	۸/۹۷	کاهش	۱/۷۱	افزایش	۱/۰۸	C-SPSW-20-3.75-4.8



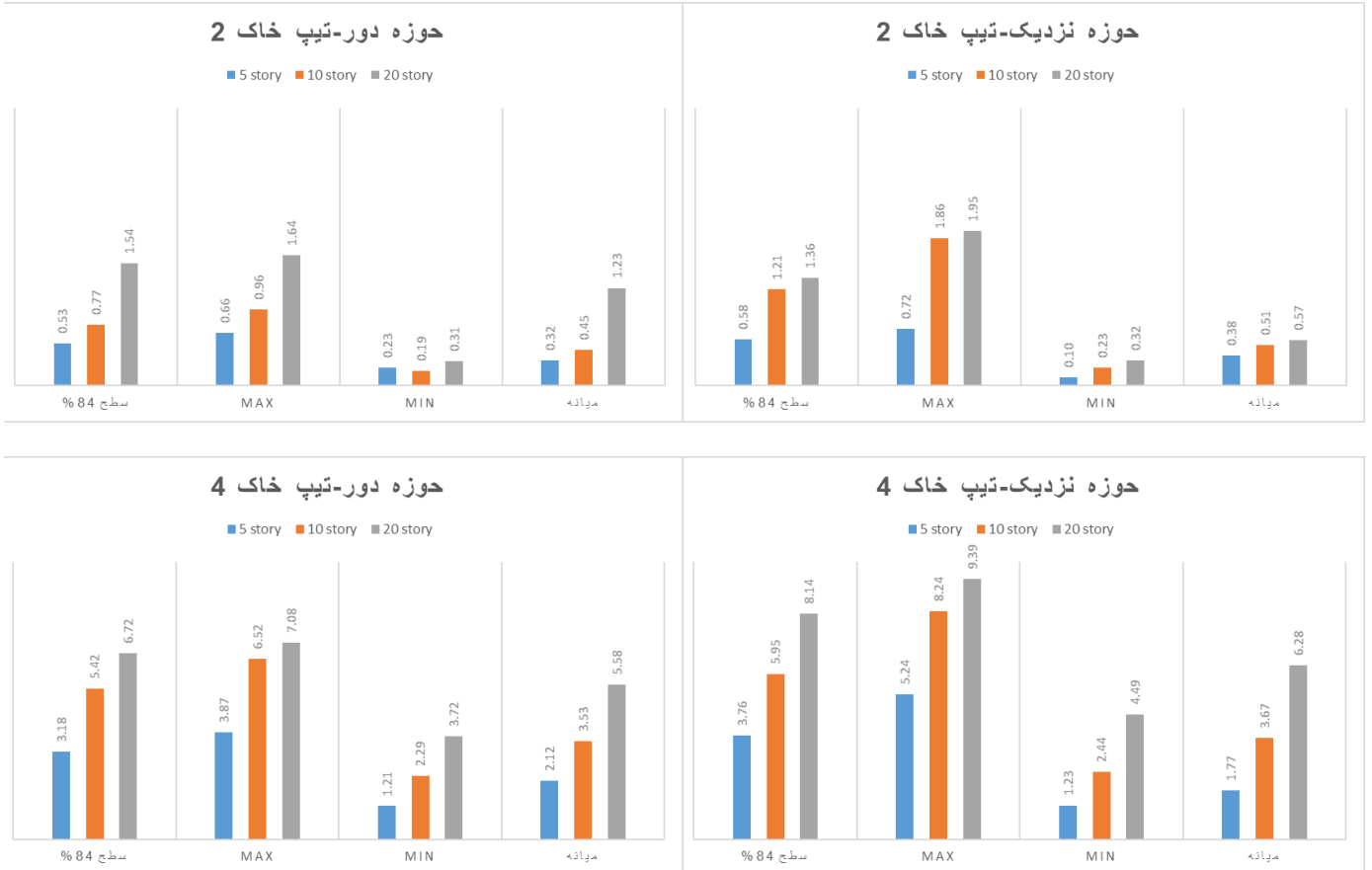
شکل ۱۰. مقادیر استخراج شده از جدول ۱۲ بیشینه شتاب بام سازه‌ها

Fig. 10. Values extracted from Table 12 Maximum roof acceleration of structures

جدول ۱۳. مقایسه ی بیشینه نسبت برش پایه به وزن موثر تجمعی در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله‌های دور و نزدیک گسل

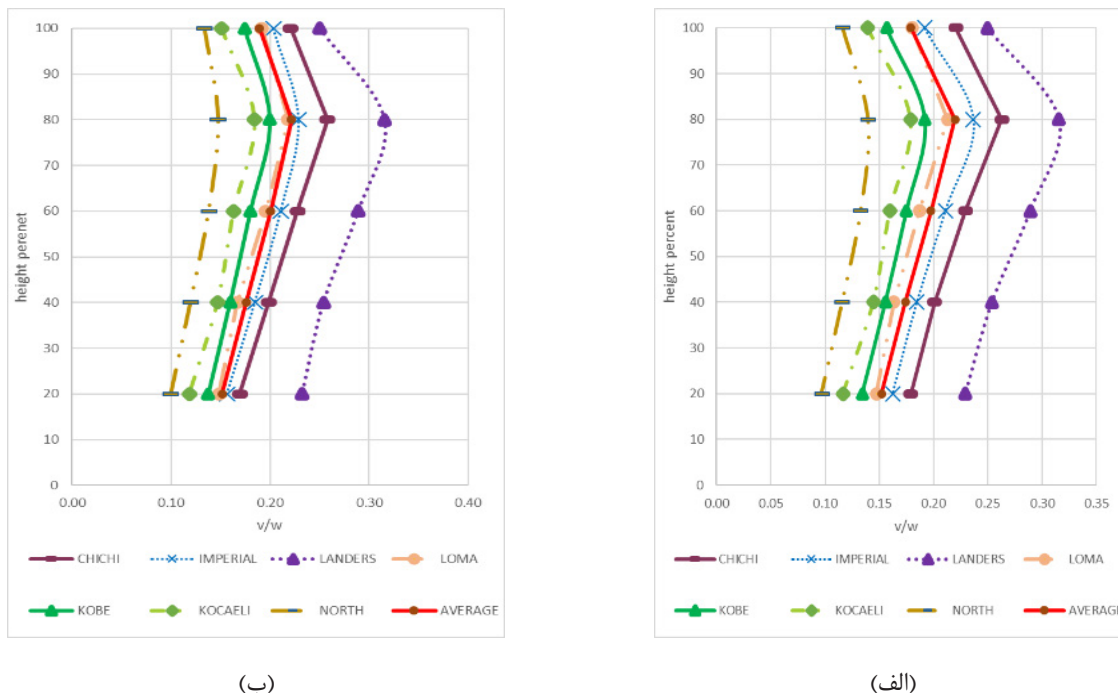
Table 13. Comparison of the maximum ratio of base shear to cumulative effective weight in the interactive base state compared to the fixed base state under the average of near and near fault earthquakes

تیپ چهار		تیپ دو		تیپ دو		تیپ چهار		مدل
حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		
افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	افزایش/کاهش	درصد تغییر	
کاهش	۲/۶۶	کاهش	۱/۳۵	افزایش	۰/۶۶	کاهش	۰/۱۹	C-SPSW-5-1.25-2.4
کاهش	۲/۱۲	افزایش	۱/۲۳	کاهش	۰/۳۲	کاهش	۰/۵۶	C-SPSW-5-2.5-2.4
کاهش	۲/۰۸	کاهش	۱/۷۷	افزایش	۰/۲۹	افزایش	۰/۷۲	C-SPSW-5-3.75-2.4
کاهش	۳/۸۷	کاهش	۱/۳۴	افزایش	۰/۳۲	کاهش	۰/۳۸	C-SPSW-5-1.25-3.2
افزایش	۱/۷۵	افزایش	۱/۴۴	افزایش	۰/۳۵	افزایش	۰/۱۰	C-SPSW-5-2.5-3.2
افزایش	۱/۷۰	کاهش	۳/۰۹	افزایش	۰/۶۲	کاهش	۰/۴۴	C-SPSW-5-3.75-3.2
افزایش	۱/۲۱	کاهش	۲/۶۱	کاهش	۰/۲۳	افزایش	۰/۲۰	C-SPSW-5-1.25-4.8
کاهش	۲/۲۲	کاهش	۵/۲۴	کاهش	۰/۲۸	کاهش	۰/۵۱	C-SPSW-5-2.5-4.8
کاهش	۳/۳۸	کاهش	۳/۵۲	افزایش	۰/۳۱	افزایش	۰/۳۱	C-SPSW-5-3.75-4.8
افزایش	۲/۴۴	کاهش	۸/۲۴	افزایش	۰/۳۵	افزایش	۰/۲۳	C-SPSW-10-1.25-2.4
کاهش	۳/۵۳	کاهش	۵/۲۲	کاهش	۰/۷۱	افزایش	۱/۸۶	C-SPSW-10-2.5-2.4
کاهش	۲/۲۹	کاهش	۳/۰۹	افزایش	۰/۹۶	افزایش	۰/۵۱	C-SPSW-10-3.75-2.4
کاهش	۴/۴۳	کاهش	۳/۶۷	افزایش	۰/۱۹	کاهش	۰/۴۰	C-SPSW-10-1.25-3.2
کاهش	۳/۱۵	کاهش	۴/۷۷	کاهش	۰/۳۱	کاهش	۰/۴۱	C-SPSW-10-2.5-3.2
کاهش	۴/۸۲	کاهش	۳/۵۴	افزایش	۰/۴۹	کاهش	۰/۹۳	C-SPSW-10-3.75-3.2
کاهش	۵/۵۴	کاهش	۲/۴۴	افزایش	۰/۴۵	کاهش	۰/۴۸	C-SPSW-10-1.25-4.8
کاهش	۶/۵۲	کاهش	۲/۹۱	افزایش	۰/۳۶	افزایش	۰/۶۶	C-SPSW-10-2.5-4.8
کاهش	۳/۰۳	کاهش	۳/۸۸	افزایش	۰/۷۹	افزایش	۰/۹۷	C-SPSW-10-3.75-4.8
کاهش	۵/۷۳	کاهش	۶/۲۸	کاهش	۰/۴۷	افزایش	۰/۳۲	C-SPSW-20-1.25-2.4
کاهش	۴/۳۸	کاهش	۹/۳۹	افزایش	۰/۳۱	کاهش	۰/۵۷	C-SPSW-20-2.5-2.4
کاهش	۵/۳۹	کاهش	۷/۸۲	افزایش	۱/۳۸	افزایش	۰/۷۲	C-SPSW-20-3.75-2.4
کاهش	۶/۶۱	کاهش	۴/۴۹	افزایش	۰/۹۶	کاهش	۰/۴۹	C-SPSW-20-1.25-3.2
کاهش	۴/۷۹	کاهش	۶/۷۷	کاهش	۱/۲۳	افزایش	۱/۰۲	C-SPSW-20-2.5-3.2
کاهش	۳/۷۲	کاهش	۵/۷۵	افزایش	۰/۹۳	افزایش	۰/۴۴	C-SPSW-20-3.75-3.2
کاهش	۶/۸۵	کاهش	۷/۸۶	افزایش	۱/۲۹	کاهش	۱/۹۵	C-SPSW-20-1.25-4.8
کاهش	۷/۰۸	کاهش	۵/۹۵	کاهش	۱/۵۴	افزایش	۰/۳۶	C-SPSW-20-2.5-4.8
کاهش	۵/۵۸	کاهش	۵/۴۰	افزایش	۱/۶۴	کاهش	۱/۳۹	C-SPSW-20-3.75-4.8



شکل ۱۱. مقادیر استخراج شده از جدول ۱۳ بیشینه برش پایه به وزن موثر تجمعی

Fig. 11. Values extracted from Table 13 Maximum base shear to cumulative effective weight



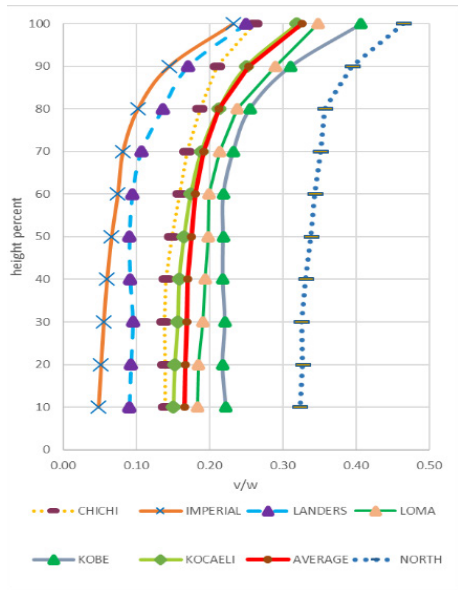
شکل ۱۲. مقادیر بیشینه (v/w) مدل ۵-۱٫۲۵-۳٫۲، تحت زلزله های نزدیک گسل و خاک تپ ۲، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 12. Maximum values (v/w) of model 5-1.25-3.2, under earthquakes near type 2 faults and soils, a) fixed base, b) interactive base

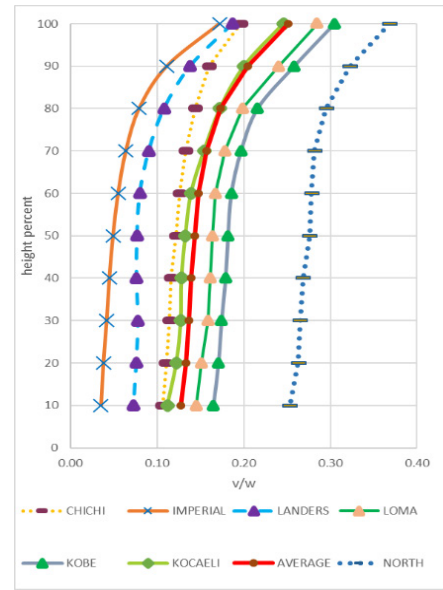
برابر $0/63$ می باشد و در سازه ۲۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت و حالت پایه اندرکنش برابر $0/83$ می باشد. همچنین مقادیر درجه همبندی تحت زلزله حوزه نزدیک گسل تپ خاک ۴، در سازه ۵ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/50$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/52$ می باشد در سازه ۱۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $1/07$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $1/02$ می باشد در سازه ۲۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $1/45$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $1/49$ می باشد. در زلزله حوزه دور از گسل تپ خاک ۴، در سازه ۵ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/43$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/44$ می باشد در سازه ۱۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/79$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/80$ می باشد در سازه ۲۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/99$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/97$ می باشد. همچنین مودهای رفتاری تیر همبند سازه های طراحی شده مورد بررسی قرار گرفت است و نتیجه آن در جدول ۱۵ قابل ملاحظه می باشد. همانطور که از جدول ۱۵ مشاهده می شود، اکثر تیرهای همبند در مود برشی (که رفتاری مناسب تری می باشد) قرار دارند و همین موضوع

۲۰ طبقه همراه بوده و در زلزله های حوزه دور برای سازه های ۵ طبقه، برای سازه های ۱۰ طبقه و برای سازه های ۲۰ طبقه کاهش مشاهده شده است. همچنین اندرکنش خاک-سازه بر روی برش پایه سازه ها، مخصوصاً زمانی که خاک زیر سازه نرم باشد، تاثیر زیادی می گذارد. زمانی که طول دهانه دیوار برشی فولادی افزایش می یابد، با کاهش برش پایه سازه ها مواجه هستیم. شکل های ۱۴-۱۲، نمودارهای (v/w) برخی از مدل ها می باشد.

در جدول ۱۴ هم مقادیر درجه همبندی سازه ها در دو حالت پایه اندرکنش و ثابت آمده است که مشاهده می شود تحت زلزله حوزه نزدیک گسل تپ خاک ۲، در سازه ۵ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/44$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/47$ می باشد در سازه ۱۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/95$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/94$ می باشد در سازه ۲۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $1/22$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $1/21$ می باشد. در زلزله حوزه دور از گسل تپ خاک ۲، در سازه ۵ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت برابر $0/36$ و در حالت پایه اندرکنش برابر $0/35$ می باشد در سازه ۱۰ طبقه (DC) در حالت پایه ثابت و حالت پایه اندرکنش



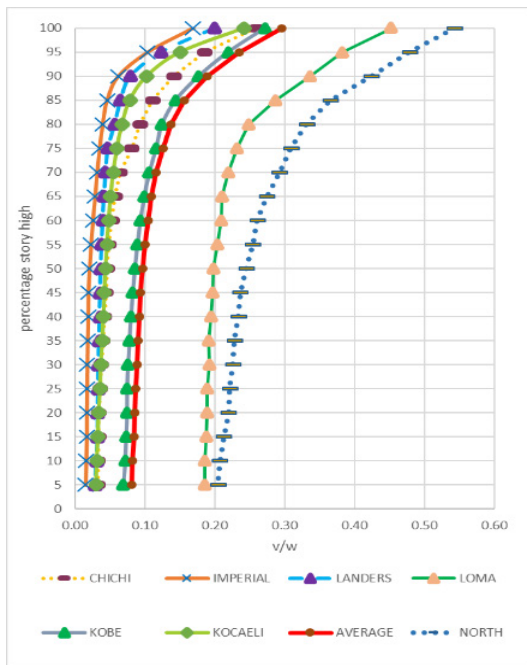
(ب)



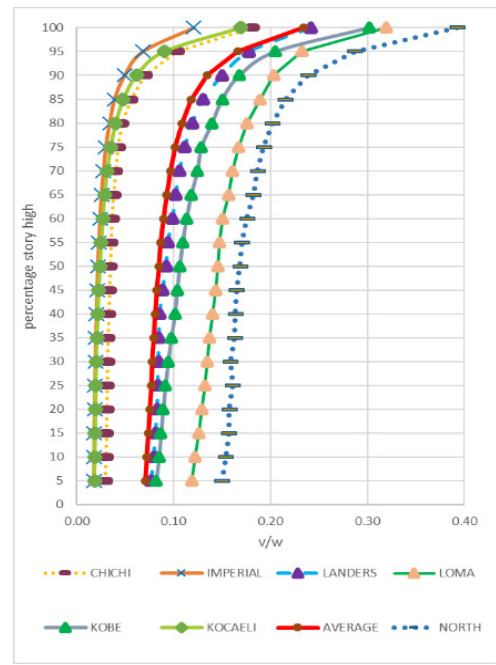
(الف)

شکل ۱۳. مقادیر بیشینه (v/w) مدل ۱۰ طبقه پایه ثابت، تحت زلزله های دور از گسل و خاک تپ ۴، (الف) مدل ۱۰-۳٫۷۵-۳٫۲، (ب) مدل ۱۰-۱٫۲۵-۳٫۲

Fig. 13. Maximum values (v/w) of model 10 fixed base floor, under earthquakes far from fault and soil type 4, a) model 10-3.75-3.2, b) model 10-1.25-3.2



(ب)



(الف)

شکل ۱۴. مقادیر بیشینه (v/w) مدل ۲۰ طبقه پایه ثابت، تحت زلزله های دور از گسل و خاک تپ ۲، (الف) مدل ۲۰-۲٫۵-۴٫۸، (ب) مدل ۲۰-۲٫۵-۲٫۴

Fig. 14. Maximum values (v/w) of model 20 of fixed base floor, under earthquakes far from fault and soil type 2, a) model 20-2.5-2.4, b) model 20-2.5-4.8

جدول ۱۴. مقدار درجه همبندی مدل‌ها (DC) در حالت پایه اندرکنشی و حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله‌های حوزه دور و نزدیک گسل

Table 14. The degree of degree of correlation of models (DC) in the interactive ground state and the fixed ground state below the average of earthquakes in the near and near fault areas

تیپ چهار				تیپ دو				مدل
حوزه‌ی دور		حوزه‌ی نزدیک		حوزه‌ی دور		حوزه‌ی نزدیک		
پایه اندرکنش	پایه ثابت	پایه اندرکنش	پایه ثابت	پایه اندرکنش	پایه ثابت	پایه اندرکنش	پایه ثابت	
۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴۴	۰/۴۴	C-SPSW-5-1.25-2.4
۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۲۸	C-SPSW-5-2.5-2.4
۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۲	C-SPSW-5-3.75-2.4
۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۴۳	C-SPSW-5-1.25-3.2
۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۲۳	C-SPSW-5-2.5-3.2
۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۹	C-SPSW-5-3.75-3.2
۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۴۰	C-SPSW-5-1.25-4.8
۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۰	C-SPSW-5-2.5-4.8
۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۶	C-SPSW-5-3.75-4.8
۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۹۴	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۹۳	۰/۹۱	C-SPSW-10-1.25-2.4
۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۶۳	۰/۶۷	C-SPSW-10-2.5-2.4
۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۵۶	C-SPSW-10-3.75-2.4
۰/۷۱	۰/۷۴	۱/۰۱	۱/۰۳	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۹۴	۰/۹۵	C-SPSW-10-1.25-3.2
۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۶۵	C-SPSW-10-2.5-3.2
۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۴۹	۰/۵۴	C-SPSW-10-3.75-3.2
۰/۷۴	۰/۷۹	۱/۰۲	۱/۰۷	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۹۱	۰/۹۳	C-SPSW-10-1.25-4.8
۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۵۷	۰/۶۳	C-SPSW-10-2.5-4.8
۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۴۸	C-SPSW-10-3.75-4.8
۰/۸۹	۰/۸۹	۱/۰۳	۱/۰۴	۰/۸۰	۰/۷۹	۱/۰۳	۱/۰۳	C-SPSW-20-1.25-2.4
۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۷۳	۰/۷۵	C-SPSW-20-2.5-2.4
۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۶۲	۰/۶۴	C-SPSW-20-3.75-2.4
۰/۹۷	۰/۹۹	۱/۲۷	۱/۲۵	۰/۸۳	۰/۸۰	۱/۱۴	۱/۱۳	C-SPSW-20-1.25-3.2
۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۷۶	۰/۸۰	C-SPSW-20-2.5-3.2
۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۶۶	C-SPSW-20-3.75-3.2
۰/۸۸	۰/۹۴	۱/۴۹	۱/۴۵	۰/۸۲	۰/۸۳	۱/۲۱	۱/۲۲	C-SPSW-20-1.25-4.8
۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۷۷	۰/۸۱	C-SPSW-20-2.5-4.8
۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۶۱	۰/۶۳	C-SPSW-20-3.75-4.8

جدول ۱۵. مدهای رفتاری تیر همبند

Table 15. Behavioral modes of the connecting arrow

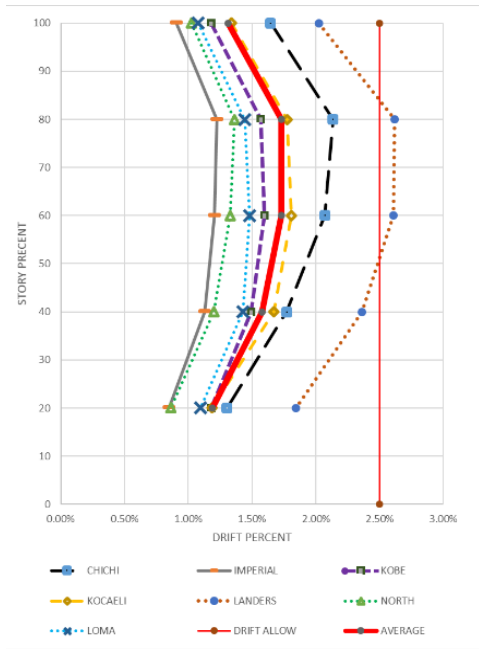
خاک تیپ دو	خاک تیپ چهار	مدل
حوزه نزدیک	حوزه نزدیک	
برشی	برشی	C-SPSW-5-1.25-2.4
برشی	برشی	C-SPSW-5-2.5-3.2
برشی	برشی	C-SPSW-5-3.75-4.8
برشی	برشی	C-SPSW-10-1.25-2.4
برشی	برشی	C-SPSW-10-2.5-3.2
خمشی	خمشی	C-SPSW-10-3.75-4.8
برشی	برشی	C-SPSW-20-1.25-2.4
خمشی	خمشی	C-SPSW-20-2.5-3.2
خمشی	خمشی	C-SPSW-20-3.75-4.8

همانطور که از جدول ۱۶ و شکل ۲۲ مشاهده می شود، در خاک سخت (تیپ ۲)، نسبت پیشینه دررفت در حالت اندرکنشی تحت میانگین رکوردهای نزدیک گسل و دور از گسل برای حداکثر و میانگین دررفت در سازه های ۵ طبقه، سازه های ۱۰ طبقه و سازه های ۲۰ طبقه افزایش داشته است. با توجه به جدول ۱۶، مقدار ماکزیمم، مینیمم، سطح ۸۴ درصدی و میانه نتایج استخراج شده را می توان در شکل ۲۳ به صورت نمودار میله ای مشاهده کرد.

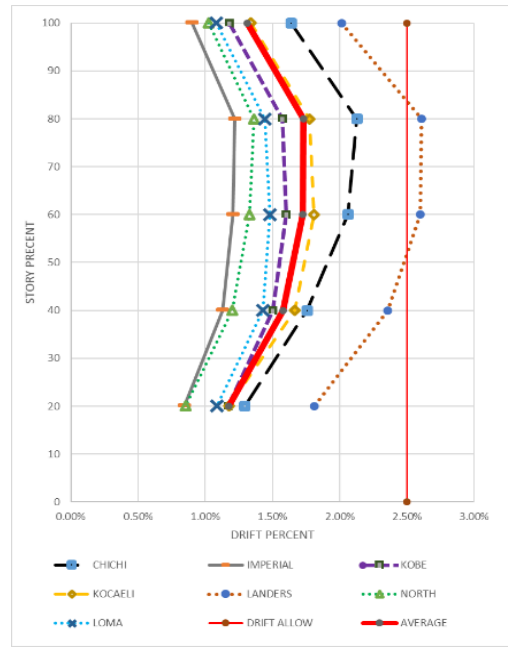
با توجه به جدول ۱۷ و شکل ۲۳ در خاک نرم (تیپ ۴)، تحت میانگین رکوردهای نزدیک گسل و دور از گسل برای حداکثر و میانگین دررفت در سازه های ۵ طبقه، ۱۰ طبقه و ۲۰ طبقه با افزایش مواجه هستند. همچنین پس از بررسی جداول ۱۷ و ۱۶، اندرکنش خاک-سازه بر روی دررفت سازه ها در خاک های سخت و خاک نرم تاثیر زیادی دارد مخصوصاً زمانی که خاک زیر سازه نرم باشد. زمانی که طول دهانه دیوار برشی افزایش می یابد (طول تیر همبند ثابت)، جذب انرژی سازه افزایش یافته و با کاهش دررفت همراه هستیم.

نشان دهنده این است که قاب فولادی در این طراحی بر این اساس بوده که صفحه فولادی در سطح مقاومت پلاستیک سازه کاملاً تسلیم شده است و در این مرحله المان های قاب اطراف صفحه فولادی بر اساس ظرفیت نهایی این صفحه طراحی می شود. در این حالت مقاطع تیر و ستون های دیوار برشی فولادی در برابر بارهای جانبی مقاومت بالایی داشته و در محدوده الاستیک باقی می ماند. به دلیل وجود تیرهای پیوند، سهم بیشتری از برش طبقه توسط قاب اطراف صفحه فولادی تحمل می شود. بنابراین صفحه فولادی سهم کمتری از بار جانبی را تحمل کرده و ضخامت کمتری خواهد داشت. با نازک تر شدن صفحات فولادی، تیرهای طبقات که باید تحمل کافی برای میدان کششی را داشته باشد نیز مقطعی سبک تر خواهند داشت.

شکل های ۲۱-۱۵، نمودار دررفت برخی از مدل ها می باشد و نتایج تمام تحلیل دررفت ها را می توان در جداول ۱۷ و ۱۶ مشاهده کرد. با توجه به جدول ۱۶، مقدار ماکزیمم، مینیمم، سطح ۸۴ درصدی و میانه نتایج استخراج شده را می توان در شکل ۲۱ به صورت نمودار میله ای مشاهده کرد.



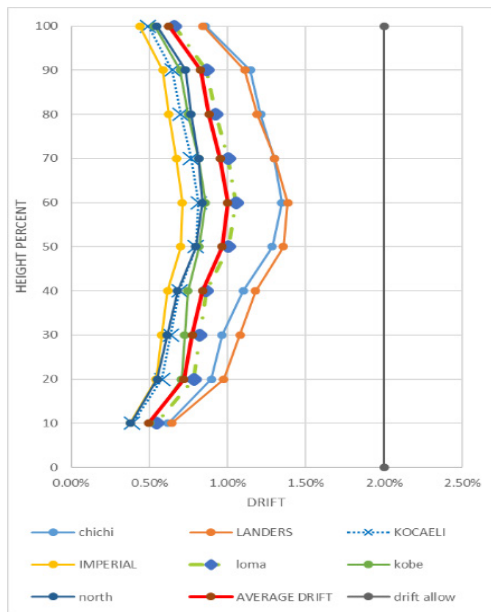
(ب)



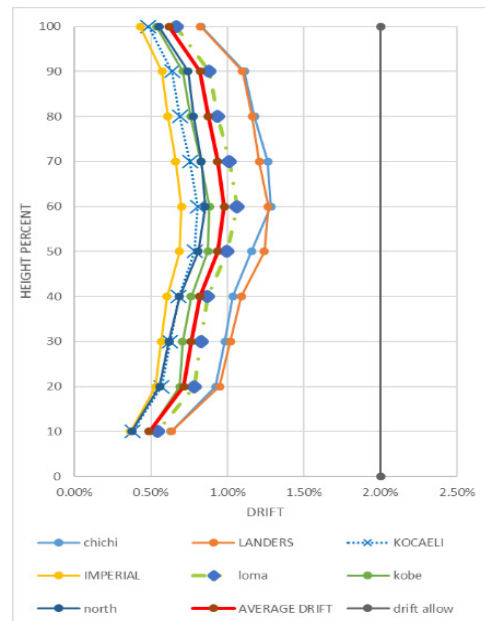
(الف)

شکل ۱۵. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۵-۱.۲۵-۲.۴، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تپ ۲، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 15. Maximum values of drift ratio of model floors 5-1.25-2.4, under close records of fault and soil type 2, a) fixed base, b) interactive base



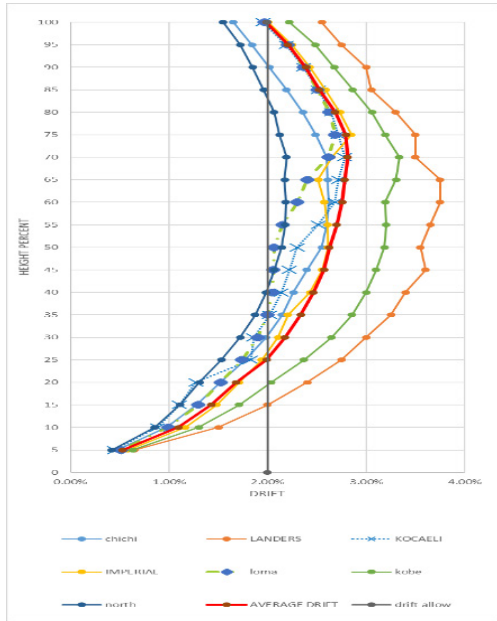
(ب)



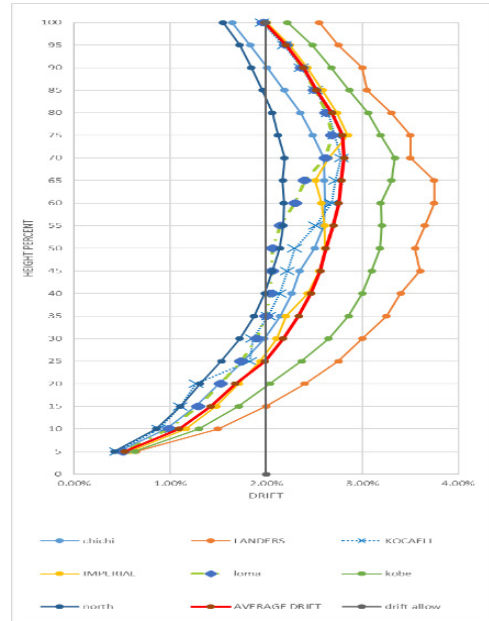
(الف)

شکل ۱۶. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۱۰-۱.۲۵-۴.۸، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تپ ۲، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 16. Maximum values of drift ratio of model floors 10-1.25-4.8, under close records of fault and soil type 2, a) fixed base, b) interactive base



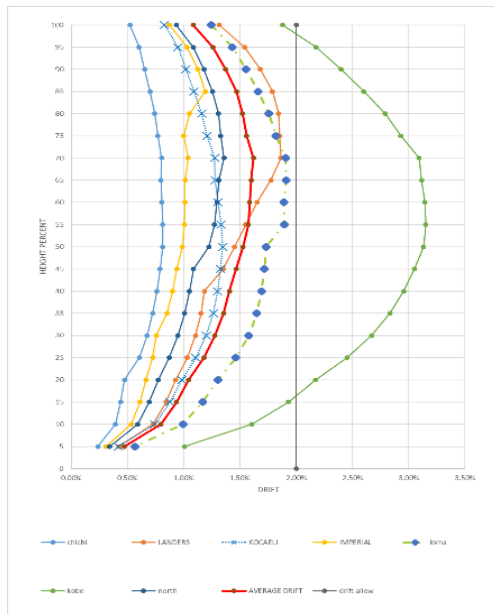
(ب)



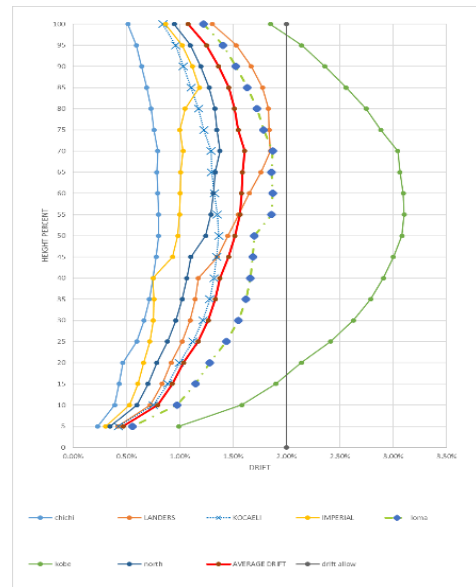
(الف)

Fig. 17. Maximum values of drift ratio of model floors 20-2.5-2.4, under close records of type 2 faults and soils, a) fixed base, b) interactive base

شکل ۱۷. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۲۰-۲٫۵-۲٫۴، تحت رکوردهای نزدیک از گسل و خاک تپ ۲، (الف) پایه ثابت، (ب) پایه اندرکنشی



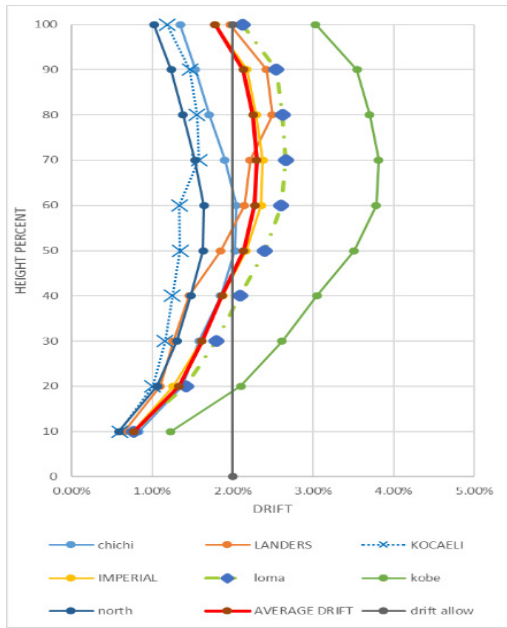
(ب)



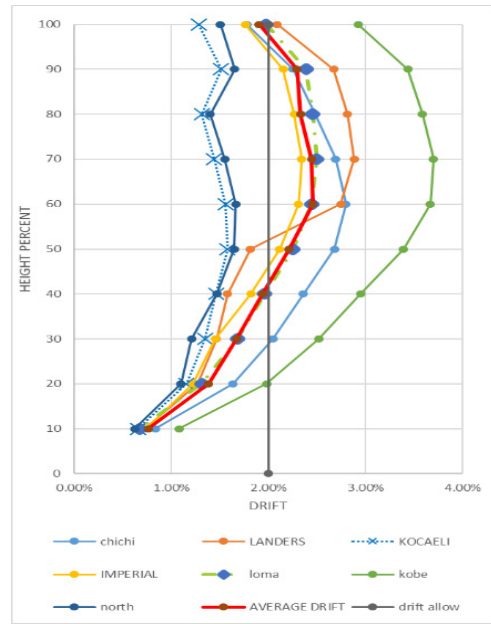
(الف)

شکل ۱۸. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۲۰-۲٫۵-۴٫۸، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تپ ۲، (الف) پایه ثابت، (ب) پایه اندرکنشی

Fig. 18. Maximum values of drift ratio of model floors 20-2.5-4.8, under close records of fault and soil type 2, a) fixed base, b) interactive base



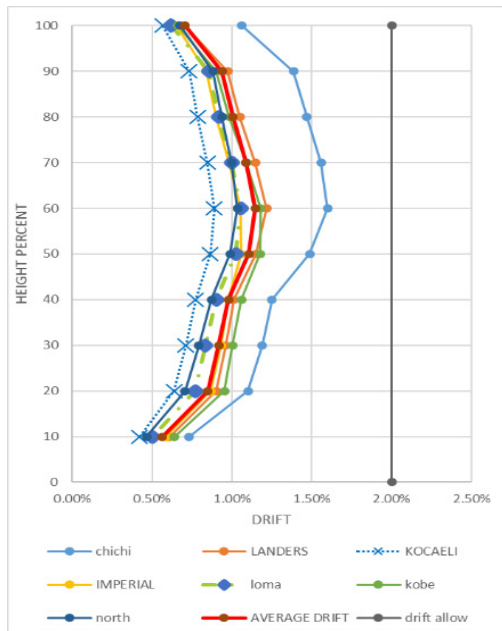
(ب)



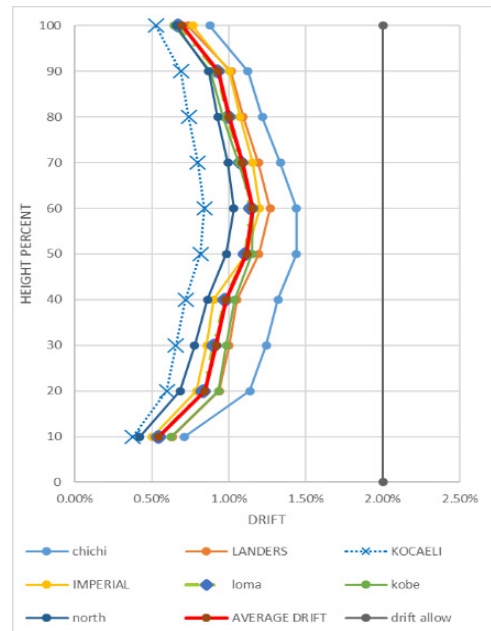
(الف)

شکل ۱۹. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۱۰-۲٫۵-۲٫۴، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تپ ۴، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 19. Maximum values of drift ratio of model floors 10-2.5-2.4, under close records of fault and soil type 4, a) fixed base, b) interactive base



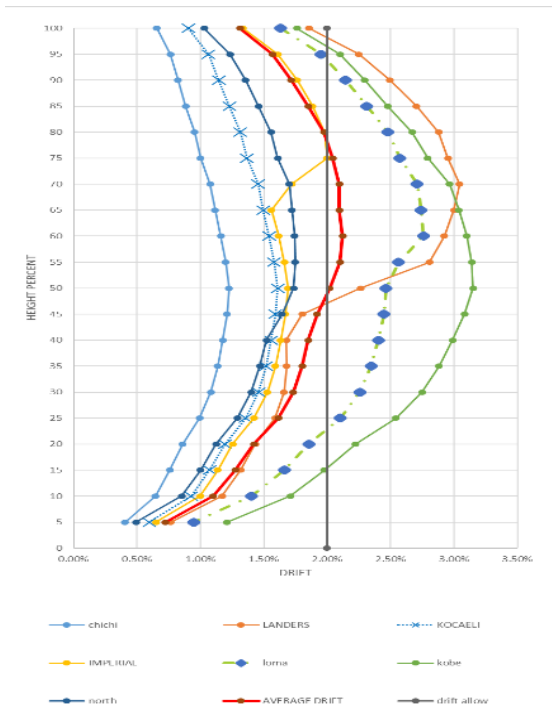
(ب)



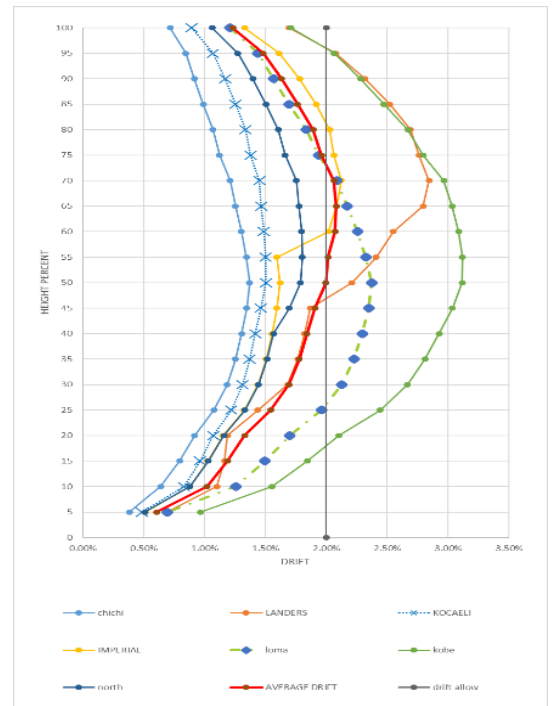
(الف)

شکل ۲۰. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۱۰-۳٫۷۵-۴٫۸، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تپ ۴، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 20. Maximum values of drift ratio of model floors 10-3.75-4.8, under close records of fault and soil type 4, a) fixed base, b) interactive base



(ب)



(الف)

شکل ۲۱. مقادیر بیشینه نسبت دررفت طبقات مدل ۲۰-۱.۲۵-۴.۸، تحت رکوردهای نزدیک گسل و خاک تیب ۴، الف) پایه ثابت، ب) پایه اندرکنشی

Fig. 21. Maximum values of drift ratio of model floors 20-1.25-4.8, under close records of fault and soil type 4, a) fixed base, b) interactive base

جدول ۱۶. مقایسه ی بیشینه نسبت دررفت در سازه ها در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله های دور و نزدیک گسل - خاک تیپ

Table 16. Comparison of maximum drift ratio in structures in the interactive ground state compared to the fixed ground state under the average of far and near earthquakes fault-type 2 soil

حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		مدل
میانگین دررفت ها (%)		حداکثر دررفت (%)		میانگین دررفت ها (%)		حداکثر دررفت (%)		
افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	
افزایش	۰/۴۴	افزایش	۰/۹۱	افزایش	۰/۲۹	افزایش	۰/۱۳	C-SPSW-5-1.25-2.4
افزایش	۰/۱۹	افزایش	۰/۱۴	افزایش	۰/۲۲	افزایش	۰/۰۹	C-SPSW-5-2.5-2.4
افزایش	۰/۴۵	افزایش	۰/۲۷	افزایش	۰/۲۳	افزایش	۰/۰۴	C-SPSW-5-3.75-2.4
افزایش	۰/۲۵	کاهش	۰/۲۵	افزایش	۰/۲۷	افزایش	۰/۰۲	C-SPSW-5-1.25-3.2
کاهش	۰/۱۵	کاهش	۰/۵۳	افزایش	۰/۲۰	کاهش	۰/۱۷	C-SPSW-5-2.5-3.2
کاهش	۰/۱۸	افزایش	۰/۲۷	افزایش	۰/۰۸	کاهش	۰/۱۰	C-SPSW-5-3.75-3.2
افزایش	۰/۱۳	کاهش	۰/۲۴	کاهش	۰/۲۲	کاهش	۰/۵۶	C-SPSW-5-1.25-4.8
کاهش	۰/۳۵	افزایش	۰/۴۴	افزایش	۰/۰۴	کاهش	۰/۱۰	C-SPSW-5-2.5-4.8
افزایش	۰/۳۱	افزایش	۰/۱۲	افزایش	۰/۰۳	کاهش	۰/۲۸	C-SPSW-5-3.75-4.8
کاهش	۰/۵۱	افزایش	۰/۳۲	افزایش	۲/۰۹	افزایش	۱/۸۹	C-SPSW-10-1.25-2.4
افزایش	۱/۱۳	کاهش	۰/۴۶	افزایش	۱/۶۲	افزایش	۲/۰۱	C-SPSW-10-2.5-2.4
افزایش	۰/۴۴	کاهش	۰/۴۹	افزایش	۱/۸۱	افزایش	۱/۶۳	C-SPSW-10-3.75-2.4
افزایش	۰/۳۸	افزایش	۰/۳۵	افزایش	۱/۷۶	افزایش	۱/۳۶	C-SPSW-10-1.25-3.2
افزایش	۰/۷۹	افزایش	۰/۵۱	افزایش	۱/۹۲	افزایش	۱/۲۰	C-SPSW-10-2.5-3.2
افزایش	۰/۴۴	افزایش	۰/۴۴	افزایش	۱/۵۱	افزایش	۱/۴۸	C-SPSW-10-3.75-3.2
افزایش	۱/۲۹	افزایش	۰/۸۳	افزایش	۱/۶۵	افزایش	۲/۳۰	C-SPSW-10-1.25-4.8
افزایش	۱/۶۱	افزایش	۱/۳۷	افزایش	۲/۱۶	افزایش	۳/۳۴	C-SPSW-10-2.5-4.8
افزایش	۰/۹۸	افزایش	۰/۷۹	افزایش	۳/۸۴	افزایش	۳/۶۰	C-SPSW-10-3.75-4.8
افزایش	۲/۶۱	کاهش	۲/۵۵	افزایش	۲/۶۵	افزایش	۱/۹۴	C-SPSW-20-1.25-2.4
افزایش	۱/۸۵	افزایش	۲/۹۰	افزایش	۱/۷۷	افزایش	۱/۳۲	C-SPSW-20-2.5-2.4
افزایش	۱/۹۲	افزایش	۱/۴۰	افزایش	۲/۰۵	افزایش	۱/۵۷	C-SPSW-20-3.75-2.4
افزایش	۱/۹۱	افزایش	۱/۸۸	افزایش	۱/۹۸	افزایش	۱/۷۹	C-SPSW-20-1.25-3.2
کاهش	۲/۳۲	کاهش	۱/۶۳	افزایش	۲/۳۷	افزایش	۲/۱۵	C-SPSW-20-2.5-3.2
افزایش	۲/۰۸	افزایش	۱/۵۲	افزایش	۲/۱۹	افزایش	۱/۹۲	C-SPSW-20-3.75-3.2
افزایش	۳/۳۳	افزایش	۳/۴۴	افزایش	۱/۷۸	افزایش	۱/۵۱	C-SPSW-20-1.25-4.8
افزایش	۲/۸۸	کاهش	۳/۱۴	افزایش	۱/۶۹	افزایش	۱/۳۱	C-SPSW-20-2.5-4.8
افزایش	۲/۴۲	افزایش	۲/۳۱	افزایش	۱/۸۰	افزایش	۱/۲۳	C-SPSW-20-3.75-4.8

جدول ۱۷. مقایسه ی بیشینه نسبت دررفت در سازه ها در حالت پایه اندرکنشی نسبت به حالت پایه ثابت تحت میانگین زلزله های دور و نزدیک گسل-خاک تپ ۴

Table 17. Comparison of the maximum drift ratio in structures in the interactive ground state compared to the fixed ground state under the average of earthquakes far and near fault-type 4 soil

حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		حوزه ی دور		حوزه ی نزدیک		مدل
میانگین دررفت ها (%)	حداکثر دررفت (%)	میانگین دررفت ها (%)	حداکثر دررفت (%)	میانگین دررفت ها (%)	حداکثر دررفت (%)	میانگین دررفت ها (%)	حداکثر دررفت (%)	
افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	افزایش/کاهش درصد تغییر	
کاهش ۰/۹۹	کاهش ۰/۸۲	افزایش ۶/۳۵	افزایش ۵/۲۷	افزایش ۶/۳۵	افزایش ۵/۲۷	افزایش ۶/۳۵	افزایش ۵/۲۷	C-SPSW-5-1.25-2.4
افزایش ۰/۴۵	کاهش ۰/۳۳	افزایش ۸/۵۷	افزایش ۶/۳۲	افزایش ۸/۵۷	افزایش ۶/۳۲	افزایش ۸/۵۷	افزایش ۶/۳۲	C-SPSW-5-2.5-2.4
افزایش ۰/۵۳	کاهش ۰/۴۲	افزایش ۵/۵۵	کاهش ۵/۵۱	افزایش ۵/۵۵	کاهش ۵/۵۱	افزایش ۵/۵۵	کاهش ۵/۵۱	C-SPSW-5-3.75-2.4
کاهش ۱/۳۷	کاهش ۱/۸۶	افزایش ۵/۰۴	افزایش ۴/۳۵	افزایش ۵/۰۴	افزایش ۴/۳۵	افزایش ۵/۰۴	افزایش ۴/۳۵	C-SPSW-5-1.25-3.2
کاهش ۱/۳۱	کاهش ۱/۵۸	افزایش ۶/۱۳	افزایش ۵/۷۲	افزایش ۶/۱۳	افزایش ۵/۷۲	افزایش ۶/۱۳	افزایش ۵/۷۲	C-SPSW-5-2.5-3.2
کاهش ۰/۶۷	کاهش ۰/۹۸	افزایش ۶/۵۱	افزایش ۵/۶۱	افزایش ۶/۵۱	افزایش ۵/۶۱	افزایش ۶/۵۱	افزایش ۵/۶۱	C-SPSW-5-3.75-3.2
افزایش ۱/۹۳	افزایش ۲/۵۳	افزایش ۵/۵۶	افزایش ۴/۶۲	افزایش ۵/۵۶	افزایش ۴/۶۲	افزایش ۵/۵۶	افزایش ۴/۶۲	C-SPSW-5-1.25-4.8
افزایش ۱/۰۵	افزایش ۱/۷۱	کاهش ۴/۹۲	کاهش ۴/۵۵	کاهش ۴/۹۲	کاهش ۴/۵۵	کاهش ۴/۹۲	کاهش ۴/۵۵	C-SPSW-5-2.5-4.8
افزایش ۰/۷۲	افزایش ۱/۳۶	کاهش ۴/۳۶	کاهش ۳/۸۵	کاهش ۴/۳۶	کاهش ۳/۸۵	کاهش ۴/۳۶	کاهش ۳/۸۵	C-SPSW-5-3.75-4.8
افزایش ۹/۰۷	افزایش ۱/۷۵	افزایش ۱۱/۷۲	افزایش ۹/۵۸	افزایش ۱۱/۷۲	افزایش ۹/۵۸	افزایش ۱۱/۷۲	افزایش ۹/۵۸	C-SPSW-10-1.25-2.4
افزایش ۱۰/۱۲	افزایش ۱/۶۷	افزایش ۱۳/۸۵	افزایش ۱۰/۴۱	افزایش ۱۳/۸۵	افزایش ۱۰/۴۱	افزایش ۱۳/۸۵	افزایش ۱۰/۴۱	C-SPSW-10-2.5-2.4
کاهش ۱۰/۳۳	کاهش ۱/۳۹	کاهش ۱۲/۸۶	کاهش ۹/۸۶	کاهش ۱۲/۸۶	کاهش ۹/۸۶	کاهش ۱۲/۸۶	کاهش ۹/۸۶	C-SPSW-10-3.75-2.4
افزایش ۱۱/۰۹	کاهش ۲/۶۶	کاهش ۱۴/۲۷	افزایش ۸/۳۵	کاهش ۱۴/۲۷	افزایش ۸/۳۵	کاهش ۱۴/۲۷	افزایش ۸/۳۵	C-SPSW-10-1.25-3.2
کاهش ۱۱/۸۶	کاهش ۳/۵۷	کاهش ۱۱/۳۲	کاهش ۶/۷۳	کاهش ۱۱/۳۲	کاهش ۶/۷۳	کاهش ۱۱/۳۲	کاهش ۶/۷۳	C-SPSW-10-2.5-3.2
کاهش ۱۲/۴۵	کاهش ۲/۸۷	کاهش ۹/۲۷	کاهش ۵/۹۹	کاهش ۹/۲۷	کاهش ۵/۹۹	کاهش ۹/۲۷	کاهش ۵/۹۹	C-SPSW-10-3.75-3.2
کاهش ۱۲/۳۸	کاهش ۵/۰۶	کاهش ۸/۹۷	کاهش ۷/۳۵	کاهش ۸/۹۷	کاهش ۷/۳۵	کاهش ۸/۹۷	کاهش ۷/۳۵	C-SPSW-10-1.25-4.8
کاهش ۱۳/۱۱	کاهش ۵/۳۵	کاهش ۶/۸۳	کاهش ۵/۲۸	کاهش ۶/۸۳	کاهش ۵/۲۸	کاهش ۶/۸۳	کاهش ۵/۲۸	C-SPSW-10-2.5-4.8
افزایش ۱۱/۴۰	کاهش ۴/۶۹	افزایش ۶/۳۴	افزایش ۵/۵۶	افزایش ۶/۳۴	افزایش ۵/۵۶	افزایش ۶/۳۴	افزایش ۵/۵۶	C-SPSW-10-3.75-4.8
کاهش ۱۷/۷۹	کاهش ۱۳/۹۷	افزایش ۳۲/۹۱	افزایش ۲۵/۷۳	افزایش ۳۲/۹۱	افزایش ۲۵/۷۳	افزایش ۳۲/۹۱	افزایش ۲۵/۷۳	C-SPSW-20-1.25-2.4
کاهش ۱۸/۶۹	افزایش ۱۲/۷۹	افزایش ۲۸/۸۲	افزایش ۲۹/۲۸	افزایش ۲۸/۸۲	افزایش ۲۹/۲۸	افزایش ۲۸/۸۲	افزایش ۲۹/۲۸	C-SPSW-20-2.5-2.4
کاهش ۱۷/۶۱	افزایش ۱۴/۳۵	افزایش ۲۶/۵۱	افزایش ۲۲/۱۹	افزایش ۲۶/۵۱	افزایش ۲۲/۱۹	افزایش ۲۶/۵۱	افزایش ۲۲/۱۹	C-SPSW-20-3.75-2.4
افزایش ۱۹/۴۸	افزایش ۱۶/۶۵	افزایش ۳۰/۱۱	افزایش ۲۸/۱۲	افزایش ۳۰/۱۱	افزایش ۲۸/۱۲	افزایش ۳۰/۱۱	افزایش ۲۸/۱۲	C-SPSW-20-1.25-3.2
افزایش ۱۶/۶۱	افزایش ۱۴/۳۸	کاهش ۲۹/۷۷	کاهش ۲۵/۸۲	کاهش ۲۹/۷۷	کاهش ۲۵/۸۲	کاهش ۲۹/۷۷	کاهش ۲۵/۸۲	C-SPSW-20-2.5-3.2
افزایش ۱۵/۵۷	افزایش ۱۵/۷۴	کاهش ۲۵/۹۹	کاهش ۲۷/۳۱	کاهش ۲۵/۹۹	کاهش ۲۷/۳۱	کاهش ۲۵/۹۹	کاهش ۲۷/۳۱	C-SPSW-20-3.75-3.2
افزایش ۱۷/۶۰	افزایش ۱۵/۳۶	افزایش ۳۵/۷۸	افزایش ۳۲/۵۸	افزایش ۳۵/۷۸	افزایش ۳۲/۵۸	افزایش ۳۵/۷۸	افزایش ۳۲/۵۸	C-SPSW-20-1.25-4.8
افزایش ۱۶/۸۲	افزایش ۱۳/۵۴	افزایش ۳۱/۱۳	افزایش ۲۹	افزایش ۳۱/۱۳	افزایش ۲۹	افزایش ۳۱/۱۳	افزایش ۲۹	C-SPSW-20-2.5-4.8
افزایش ۱۵/۸۶	افزایش ۱۴/۶۷	افزایش ۳۴/۲۱	افزایش ۳۱/۷۲	افزایش ۳۴/۲۱	افزایش ۳۱/۷۲	افزایش ۳۴/۲۱	افزایش ۳۱/۷۲	C-SPSW-20-3.75-4.8

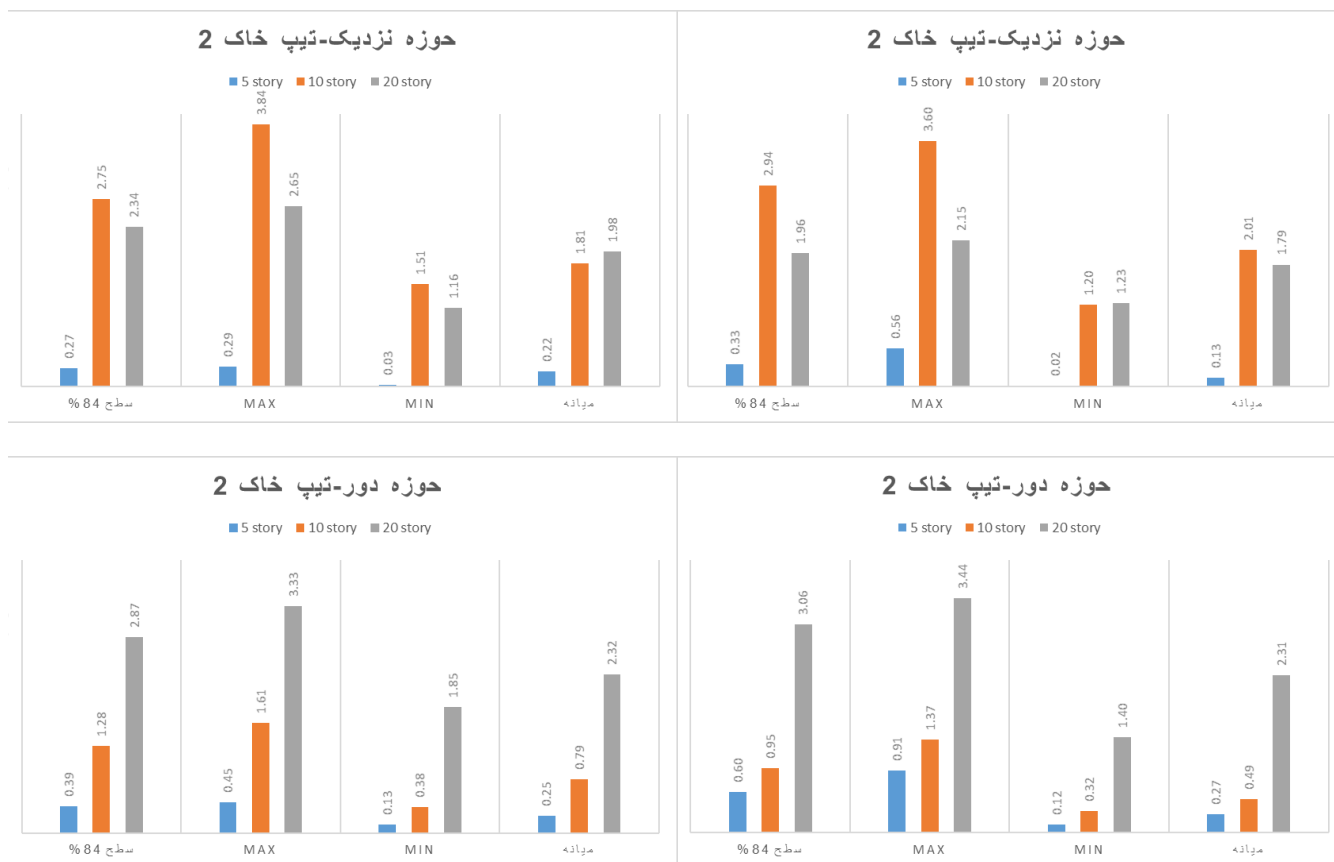


Fig. 22. Values extracted from Table (16) Maximum drift and average drift of structures

شکل ۲۲. مقادیر استخراج شده از جدول ۱۶ بیشینه دررفت و میانگین دررفت سازه‌ها

تفاوت در سازه‌های ۲۰ و ۱۰ طبقه در تپ خاک ۲ مقدار قابل توجهی می‌باشد و نمی‌توان چشم پوشی کرد. همچنین در سازه‌های ۲۰، ۱۰، و ۵ طبقه تپ خاک ۴ تحت زلزله دور و نزدیک تغییرات بیشینه مقادیر بام زیاد است و باید اثر اندرکنش خاک و سازه در طراحی سازه‌ها لحاظ شود.

۲- در مورد مقادیر شتاب هم در تمامی سازه‌های طراحی شده، شتاب‌ها مقادیر کاهشی در حالت اندرکنشی نسبت به حالت پایه، در زلزله حوزه دور و نزدیک و تپ خاک ۲ و ۴ دارند این موضوع بیانگر این است که لحاظ نمودن اندرکنش خاک-سازه بر سازه‌ها، مخصوصاً زمانی که خاک زیر فونداسیون نرم باشد، الزامی است. همچنین در حالتی که طول تیر هم‌بند تغییر کند

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی اثر اندرکنش خاک - سازه بر سیستم دیوار برشی فولادی هم‌بند در سازه‌های ۲۰ و ۱۰، ۵ طبقه با طول تیر پیوندی ۱/۲۵، ۲/۵ و ۳/۷۵ متر و طول دهانه ۲/۴، ۳/۲ و ۴/۸ متر دیوار برشی فولادی، تحت هفت شتاب نگاشت نزدیک گسل و هفت شتاب نگاشت دور از گسل قرار گرفته بر روی خاکهای تپ ۲ و ۴، پرداخته و نتایج زیر حاصل شده است:

۱- تفاوت تغییر مکان بام سازه ۵ طبقه بین پایه اندرکنشی و پایه ثابت در تپ خاک ۲ تحت زلزله دور و نزدیک مقدار ناچیزی می‌باشد ولی این

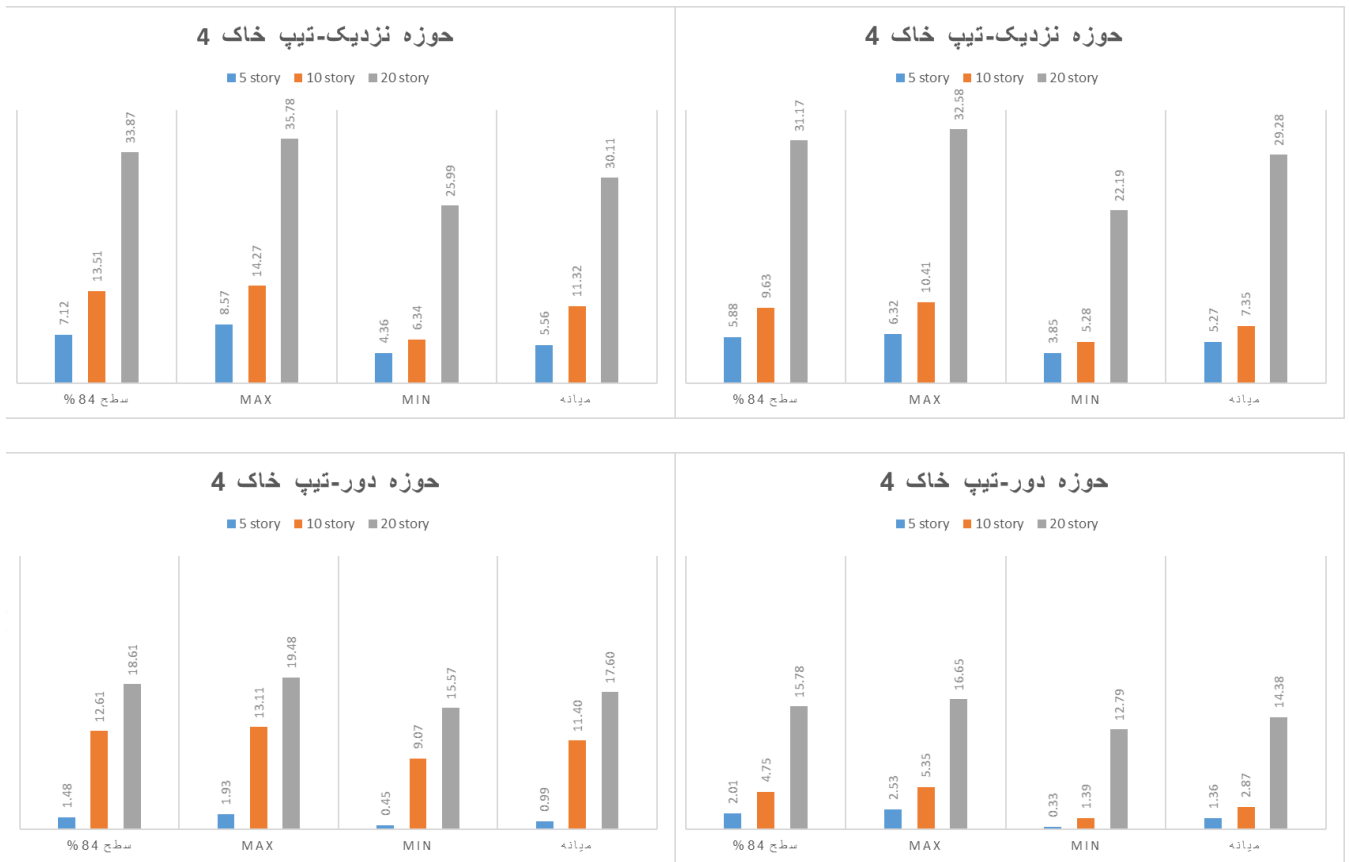


Fig. 23. Values extracted from Table 16 Maximum drift and average drift of structures

شکل ۲۳. مقادیر استخراج شده از جدول ۱۶ بیشینه دررفت و میانگین دررفت سازه‌ها

پایه افزایش و دررفت سازه کاهش می‌یابد.

۵- تعیین درجه هم‌بندی سیستم دیوار برشی فولادی کوپله تأثیری زیادی در طراحی سازه‌ها دارد. عملکرد جذب انرژی در تیرهای هم‌بند کوتاه که در برش جاری می‌شوند، مناسب‌تر است زیرا در مود برشی از تمام ظرفیت مقطع استفاده می‌شود. همچنین سختی تیر پیوند تأثیر بسزایی بر دوره تناوب سازه‌ها و تعیین درجه هم‌بندی دارد.

۶- نتایج نشان می‌دهد که اثر اندرکنش خاک - سازه در سیستم دیواربرشی فولادی هم‌بند، در خاکهای نرم نسبت به خاک سخت، قابل ملاحظه تر است و حتماً اثر آن در طراحی سازه‌ها باید لحاظ شود ولی میتوان

(طول دهانه دیوار برشی ثابت)، با افزایش طول تیر هم‌بند شتاب سازه‌ها افزایش می‌یابد.

۳- با افزایش طول تیر هم‌بند در دیوار برشی فولادی در حالتی که طول دیوار برشی ثابت باشد، دررفت و دوره تناوب سازه‌ها افزایش، برش پایه و درجه هم‌بندی کاهش می‌یابد. همچنین طول تیر هم‌بند تأثیر زیادی بر شکل‌پذیری سازه دارد.

۴- استفاده از دیوار برشی فولادی کوپله در این مقاله نشان داد که این سیستم نسبت به سیستم دیوار برشی، از سختی بیشتری برخوردار است و حتی با افزایش دهانه دیوار برشی فولادی در طول تیر هم‌بند ثابت، برش

Summer 2019

- [10] M.Gholhaki, N.Danayi far, “ Investigation Of Effective Parameters In Seismic Design Of Steel Shear Wall System Based on performance level and comparison with Moment frame”, February 2016
- [11] Hatzigeorgiou, G. D. (2010). Damping modification factors for SDOF systems subjected to near-fault, far-fault and artificial earthquakes. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 39(11), 1239-1258.
- [12] M.Gerami, D. Abdollahzadeh, “ Demand and Capacity of Structural Elements for Steel Moment Resisting Frames in Near Field of Fault”, June 2014
- [13] Hassani, N., Baramia, M., & Amiri, G. G. (2018). Effect of soil-structure interaction on inelastic displacement ratios of degrading structures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 104, 75-87.
- [14] M.Gholhaki, M.J.Afshari(2018). “ Shear Strength degradation of Steel Plate Shear Walls With Optional Located Opening”. *Civil and Mechanical Engineering*, Page 1547-1561
- [15] Iranian National Building Code (INBC), “ Design Steel Building” , 4th Edition, 2012
- [16] Timler, P. A.; Kulak, G. L.; “Experimental Study of Steel Plate Shear Walls”, *Structural Engineering Report No. 114*, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, 1983.
- [17] G. Ghodrati Amiri B. Mirmiran, “THE OPTIMUM METHODS OF STEEL PLATE SHEAR WALL MODELINGS”, *Sharif Journal Civil Engineering*, Spring 2011
- [18] Iranian national seismic design (standard 2008), 4th Edition, 2015
- [19] AISC. (2007), “Steel Plate Shear Wall Design” Chicago
- [20] Li, C.H., Tsai, K.C., Chang, J.T. and Lin, C.H. “Cyclic test of a coupled steel plate shear wall SubStructure”, *Procedia Engineering*, 14, pp.582-589(2011).

از اثر آن در سازه‌های کوتاه مرتبه هنگامی که خاک زیر فونداسیون سخت می‌باشد، چشم‌پوشی کرد.

منابع

- [1] Saeed Sabouri, “Investigating of Behavior Coupled Beam in The Coupled Steel Plate Shear Wall”, *Second National Conference on Structures and Steel*, Iran, 2011
- [2] M. Gholhaki, M. Ghadaksaz, “Investigation of The Link Beam Length Of A Coupled Steel Plate Shear Wall”, *Steel And Composite Structure*, January 2016
- [3] Lubell, A. S.; “Performance of Unstiffened Steel Plate Shear Walls Under Cyclic Quasi Static Loading”, *Master of Science Thesis*, Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada, 1997
- [4] Babak alavi and Helmut Krawinkler, “Effects of near-fault ground motions on frame structures”, *A report of the John A. Blume Earthquake Engineering Center Department of Civil and Environmental Engineering Stanford University*, California, Report No.138, February 2001.
- [5] Kim, Y. S., & Roesset, J. M. (2004). “Effect of nonlinear soil behavior on inelastic seismic response of a structure”. *International Journal of Geomechanics*.
- [6] S. Sabouri-Ghomi, M. Gholhaki, “Experimental Study of Three-Study Ductile Steel plate shear wall”, *Journal Amirkabir*
- [7] El Ganainy, H., & El Naggar, M. H. (2009). Seismic performance of three-dimensional frame structures with underground stories. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(9), 1249-1261.
- [8] Danial J. Borello, Larry A. FAHNESTOCK, “Behavior and mechanism of steel plate shear wall with coupling”, “University of Illinois at Urbana”, March 2012
- [9] M.Gholhaki, S. Balol, O. Reazayfar, “Study Behavior Of thin steel plate shear wall system by effect of the soil-structure Interaction from the Far Field Fault and Near Field Fault Earthquake”, *Sharif Journal Civil Engineering*,

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

E. Yourtchi, M. Gholhaki, O. Rezaifar, A Study on Soil-Structure Interaction on Seismic Response of Coupled Steel Plate Shear Wall subjected to Near and Far-Field Earthquakes, Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) (2022) 5103-5138.

DOI: 10.22060/ceej.2020.18696.6930



