



اثر جداسازی لرزه ای سازه نیروگاههای هسته ای بر کاهش شتاب تحت اثر زلزله های میدان نزدیک

هاشم شریعتمدار*^۱، محمود میری^۲، وحید صادقی^۳

۱- دکترای سازه-زلزله و استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکترای سازه و استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سیستان و بلوچستان
shariatmadar@um.ac.ir

خلاصه

در این مقاله با توجه به شتاب های مجاز برای زلزله های سطوح عملکرد و توقف چرخه واکنش های هسته ای برای تجهیزات و سازه در نیروگاههای اتمی، اثر استفاده از جداسازهای لرزه ای لاستیکی سرب (LRB) در کاهش شتاب زلزله مورد بررسی قرار گرفت. جهت تحلیل، بخش اصلی نیروگاههای PWR^۱ و تجهیزات درونی آن در نرم افزار ANSYS بصورت کامل و سه بعدی مدل سازی شد. جداسازها بر مبنای آیین نامه IBC2000 طراحی و با لحاظ نمودن رفتار غیر خطی آنها در سازه مدل گردید. نتایج تحلیل ها نشان می دهد که افزایش سختی جداسازها منجر به میانگین کاهش 90% برای شتاب سازه و تجهیزات می شود. همچنین تحلیل مدال سیستم ترکیبی سازه - جداساز نشان می دهد که لحاظ نمودن سیستم به صورت یک سازه یک درجه آزادی جهت محاسبه پرید طراحی طبق آیین نامه IBC2000 توصیه شده برای سازه های معمولی قابل استفاده برای نیروگاه ها نیز می باشد.

کلمات کلیدی: جداسازی لرزه ای، نیروگاه هسته ای، کاهش شتاب، زلزله میدان نزدیک

۱. مقدمه

چنانچه در اثر زلزله یک نیروگاه هسته ای دچار آسیبی شود که منجر به انفجار یا نشت مواد رادیو اکتیو گردد، اثرات آن جبران ناپذیر و طبق نظرات دانشمندان تا ده ها هزار سال بعد در آن منطقه باقی خواهد ماند. [1]، در نتیجه جهت ممانعت از رخداد چنین حوادثی استانداردهای سختگیرانه ای در مورد حد اکثر شتابهای وارده به این سازه ها و تجهیزات درونی آنها وجود دارد. به عنوان نمونه استاندارد 1.6 NRC RG ایالات متحده امریکا، استاندارد شماره NS-G-3.3 سازمان جهانی انرژی هسته ای [2]، و بسیاری کشورهای دیگر، میزان DBE²، را در دو سطح OBE³ و SSE⁴ به ترتیب برابر 0.15g و 0.3g تعریف کرده اند. در بهترین حالت طراحی شتاب تجهیزات از سطح OBE معادل $1.47 (m/s^2)$ تجاوز نمی کند. و چنانچه شتاب نیروگاه به 0.3g برسد کل آن به صورت اتوماتیک خاموش خواهد گردید. [3]

متداولترین راه حل مهندسی جهت کاهش شتابها در سازه استفاده از جداسازی لرزه ای سازه در پی توسط LRB ها می باشد. البته استفاده از این روش همراه با جابجایی پی نسبت به زمین خواهد بود، که با تکنولوژیهای امروزی میزان آن فقط تا 0.4 متر مجاز شمرده شده است. مشکل دیگر زلزله های میدان نزدیک دارای دوره تناوب، بیشینه جابجایی، سرعت و شتاب بالا می باشد [4]، که استفاده از LRB ها برای آنها به دلیل محدودیتهاشان زیاد مورد توجه قرار نگرفته [5]. با این حال تحقیقات صورت گرفته در زمینه جداسازی لرزه ای نیروگاههای هسته ای را می توان به چهار دسته تقسیم بندی کرد:

الف: تحقیقاتی که خود جداسازهای لرزه ای را جهت استفاده در نیروگاهها مورد آزمایش و بررسی قرار می دهند. [6,7,8]

ب: تحقیقاتی که جداسازی مخازن مایع موجود در نیروگاهها با سطح آزاد و قابلیت تلاطم را مطالعه می کنند. [9,10]

ج: تحقیقاتی که جداسازی لرزه ای تجهیزات و اجزاء داخل نیروگاه را بررسی می کنند. [11,12]

¹ Pressurized water reactor

² Design basis earthquake

³ Operating basis earthquake

⁴ Safe shot down



د: تحقیقاتی که جداسازی لرزه ای کل یک نیروگاه را مورد کار قرار می دهند. [13,14]

در هیچکدام از موارد فوق یک نیروگاه هسته ای به همراه تجهیزات درونی آن به صورت کامل و سه بعدی مدلسازی نشده. و در معهود موارد نیز تجهیزات به صورت الگوهای ساده شده جرم و میله مدل گردیده اند که چنین مدلهایی از دقت کافی در نشان دادن رفتار سازه برخوردار نیست. علاوه بر اینکه تحلیلهای صورت گرفته اکثرا تحلیلهای طیفی بوده و در مواردی که تحلیلهای دینامیکی تاریخچه زمانی صورت گرفته، شتابنگاشتها جهت همپایه شدن با ضرائب کاهنده ای اثر حقیقی خود را از دست داده اند. در این مقاله جهت بررسی موارد فوق یک نیروگاه هسته ای به همراه تجهیزات درونی آن به صورت کامل و سه بعدی در نرم افزار ANSYS مدل شد، سپس در حالت با پی گیردار و ایزوله شده تحت زلزله های میدان نزدیک مورد تحلیل قرار گرفت. تا ضمن آشکار نمودن مشکلات آئین نامه های طراحی راهکاری جهت رفع آنها ارائه گردد. همچنین اثرات استفاده از آنها بر میزان شتابها بررسی گردید.

۲. توصیف مدل، مدلسازی و آنالیز در نرم افزار ANSYS

بخش اصلی سازه در نیروگاههای هسته ای یعنی Containment building، برای مقاومت در برابر تشعشع و نیروهای ناشی از انفجار تجهیزات درونی و یا حملات هوایی طرح می گردد. در نتیجه در تمامی دنیا دارای ابعادی تقریباً مشابه می باشد. به همین دلیل نتایج بدست آمده از ساخت یک مدل می تواند برای سایر نیروگاهها نیز معتبر باشد [16,17]. جهت تحقیق در این مقاله مدلی از نیروگاه 1600 مگاواتی EPR در فرانسه که عیناً در کشورهای آلمان، فنلاند و انگلستان نیز ساخته شده و پیشرفته ترین نمونه جهان در حال حاضر می باشد در نرم افزار ANSYS ایجاد می گردد [18]. این کار در دو بخش مدلسازی سازه و تجهیزات که در دنباله توضیح داده می شود صورت گرفته است.

۲-۱- مدلسازی سازه

به طور کل سازه نیروگاه متشکل از بتن، آرماتور و تاندونهای پیش تنیده می باشد. بتن به صورت خطی و با استفاده از المانهای حجمی SOLID45، مدل می شود. چنانچه بعداً مشاهده خواهد شد نیازی به مدلسازی آرماتورها و مدلسازی بتن به صورت غیر خطی نمی باشد. تاندونهای پیش تنیده نیز با استفاده از المان مخصوص این کار یعنی LINK10، مدل می گردند.

برای مدلسازی جداسازهای LRB، از المان COMBIN39، که فتر با سختی قابل تعریف می باشد استفاده می کنیم. و برای تعریف نمودار نیرو تغییر مکان آن به صورت زیر عمل می شود. ابتدا D_D (جابجایی طرح) را با استفاده از رابطه IBC2000 16-81، مطابق زیر بدست می آوریم.

$$D_D = 0.248 \frac{d_n}{L} * \frac{g_n}{4\pi^2} = \frac{3.05 * 0.1}{4\pi^2} D_D = (g/4\pi^2) \quad (m) \quad (1)$$

که SD_1 در رابطه فوق حداکثر شتاب طیف طرح در زمان تناوب 1 ثانیه می باشد. T_D ، دوره تناوب طرح و B_D ، ثابتی میباشد که بر اساس میرایی معادل ویسکوز جداگر در جابجایی طرح (جدول 1, 2, 2, 1623, IBC2000) بدست می آید. سپس با توجه به رابطه زیر (IBC2000.16.80) با جایگذاری پررود طرح 2 ثانیه می توانیم K_{eff} را به دست آوریم. W در رابطه زیر وزن کل نیروگاه می باشد.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{eff} * g}} \rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{128960889}{K_{eff} * 9.81}} \rightarrow K_{eff} = 152992968.4 \quad (kg/m)$$

(2)

برای رفتار دو خطی ایزولاتورها داریم، [19]:

$$\beta = 2\pi * 152992968 * 0.248^2 * 0.1 = 5912276 \quad (3) \quad D_D W_D = 2\pi K_{eff}$$

که W_D ، همان مساحت حلقه پس ماند (انرژی مستهلک شده در یک چرخه یا سیکل) می باشد. β نیز درصد میرایی معادل ویسکوز است که معادل 10% می باشد. از طرفی داریم:

$$A = W_D = 4Q(D_D - D_Y) \quad (4)$$

که در ابتدای کار به خاطر نداشتن D_Y ، مقدار Q از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = \frac{5912276}{4 * 0.248} = \frac{W_D}{4D_D} = 5959955.7 \quad (kg) \quad (5)$$

و با استفاده از رابطه (6) و داریم:

$$K_2 = K_{eff} - Q/D = 152992968 - \frac{5959955.7}{0.248} = 128960889 \quad (kg/m) \quad (6)$$



و با توجه به اینکه میزان سختی ثانویه به اولیه را برای ایزولاتورهای لاستیکی سربی 0.1 فرض می کنند داریم:

$$\alpha = 0.1 \rightarrow K_1 = K_2/0.1 = 1289608890(\text{kg/m}) \quad (7)$$

مجدداً D_Y را محاسبه می نمائیم:

$$D_Y = Q/K_1 = \frac{6073091.5}{1289608890} = 0.0462 \text{ (m)} = 4.62 \text{ (mm)} \quad (8)$$

در نتیجه داریم:

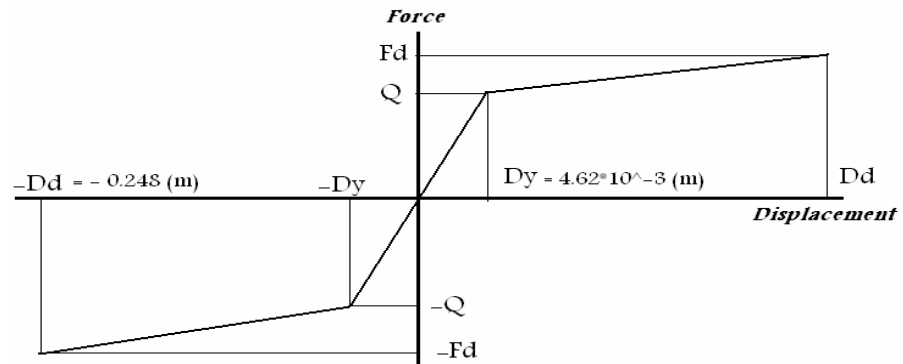
$$Q = W_D/4 (D_D - D_Y) = 6073091.5 \text{ (kg)} \quad (9)$$

و F_D که معادل نیروی اعمال شده به جداساز در جابجایی D_D می باشد برابر خواهد شد با:

$$F_D = K_2 (D - D_Y) + Q = 37459592.66 \text{ (kg)} \quad (10)$$

نتیجه محاسبات فوق در شکل زیر به صورت نمودار نیرو- تغییر مکان برای المان COMBIN39 به نرم افزار داده می شود. و جهت ایجاد حلقه های

هیستریزس گزینه بازگشت بر طبق شیب در مبدا به هنگام باربرداری را تنظیم می نمائیم (شکل ۱).



شکل ۱- نمودار نیرو - جابجایی جداساز لاستیکی سربی برای دوره تناوب 2 ثانیه

مقادیر بدست آمده برای Q و F_D تقسیم بر تعداد جداسازها شده و به نرم افزار داده می شوند (همانند فنرهای موازی). برای سایر دوره تناوبهای طرح نیز

جداسازها مشابه فوق محاسبه شده و خلاصه نتایج در جدول ۱ آمده است.

T	$D_Y(\text{mm})$	$Q(\text{kg})$	$D_D(\text{mm})$	$F_D(\text{kg})$	$K_1(\text{kg/m})$
2 _s	4.62	6073091	248	37459592.7	1289608890
2.5 _s	5.79	4874087.7	311	29108574.84	825349690.3
3 _s	6.95	4059626.5	373	25040130.26	573159507.2

جدول ۱- مشخصات جداسازها برای دوره های تناوب ۲, ۲,۵ و ۳ ثانیه

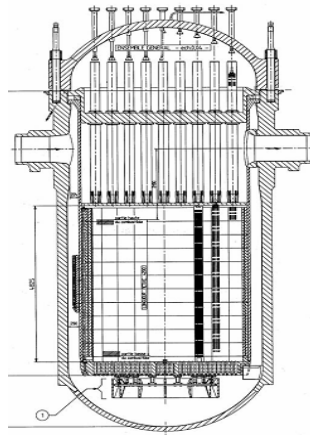
۲-۲- مدلسازی تجهیزات

مدل راکتور

از موارد خاص در مدلسازی Reactor می توان به اضافه نمودن وزن سوخت و Heavy reflector که هیچکدام دارای سختی جانبی نمی باشند و

هر دو توسط Core barrel مهار شده اند به چگالی دیواره نگهدارنده این بخشها در نیمه پایینی Core barrel اشاره نمود. در مدل کردن سایر

بخشها فرض خاصی صورت نگرفته است. تصویری از Reactor که مدل آن در نرم افزار ساخته شده در شکل ۲ مشاهده می شود.



شکل ۲- برشی از راکتور و تجهیزات درونی

– مدل Steam generato [18]

در نیروگاه مدل شده چهار عدد ژنراتور بخار وجود دارد که عینا مشابه یکدیگر هستند. از جمله فرضیاتی که در مدلسازی این بخش صورت گرفته می توان به در نظر گرفتن یک لوله به جای تمامی ۵۰۰۰ تیوبی که آب چرخه اولیه در آن جریان دارد اشاره نمود. به دلیل غیر ممکن بودن محاسبه و عدم نیاز به داشتن نیروهای اعمال شده، کلیه تیوپها به صورت یک میله با ممان اینرسی معادل تمامی تیوپها مدل شده که چگالی آن به گونه ای محاسبه شده تا در بر گیرنده وزن تمامی مجموعه اصلی به همراه Boorated water درون آن باشد.

– مدل Pressurizer [18]

در مدل سازی چگالنده فرض عمده صورت گرفته را می توان افزودن وزن هیترهای الکتریکی چسبیده به کلاهک پائین به چگالی همان بخش نگهدارنده اش دانست.

مدل Pump [18]

در ساخت مدل پمپ می توان به اضافه نمودن آب درون کلاهک پائین یا همان Pump casing چگالی این بخش اشاره نمود. همچنین از مدل کردن چرخش میله میانی در پمپ به دلیل اینکه هیچگونه لنگری ایجاد نمی کند صرف نظر شده است. لازم به ذکر میباشد که چهار عدد پمپ خنک کننده نیز عینا مشابه می باشند.

– مدلسازی اتصال تجهیزات به سازه [18]

اتصال کلیه تجهیزات به سازه از طریق تکیه گاههای متقارن و مفصلی دور تجهیزات می باشد که رینگهای نگهدارنده را به تکیه گاههای بتنی متصل می کنند

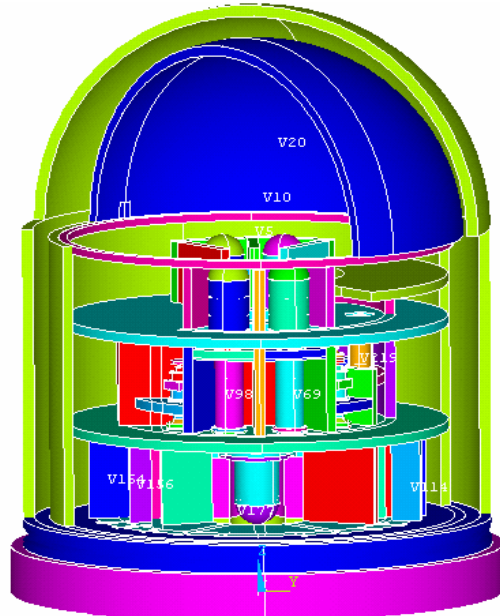
۳-۲ مدلسازی میرایی

اختصاص 5% میرایی به کل سازه و تجهیزات از طریق دادن ضرائب α و β به نرم افزار صورت می گیرد. که از روش رایلی [20]، به صورت زیر به دست می آید.

$$\alpha = \frac{\zeta \cdot 2 \omega_1 \cdot \omega_2}{(\omega_1 + \omega_2)} \quad (11)$$

$$\beta = \zeta^2 / (\omega_1 + \omega_2) \quad (12)$$

1 و 2 و 0) فرکانسهای سازه در مد اول و دوم ارتعاشی می باشند. با استفاده از یک تحلیل مدال ساده که توسط نرم افزار ANSYS صورت میگیرد می توان آنها را به دست آورد. نهایتاً در شکل ۳ برشی از مدل ساخته شده در نرم افزار را مشاهده می نمائید. (برای مشاهده بهتر تجهیزات، بسیاری از قسمتهای سازه ای برداشته شده اند).

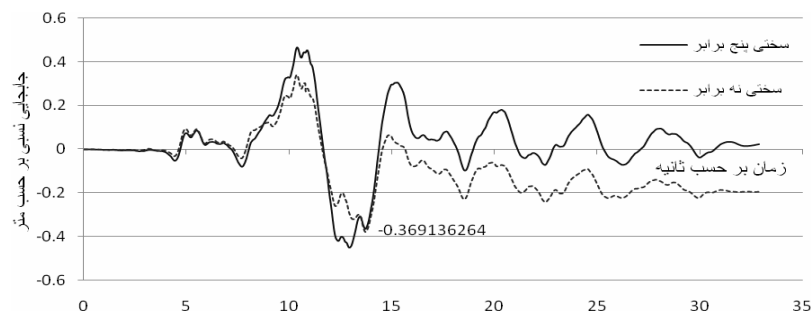


شکل ۳- برشی از مدل ساخته شده در نرم افزار ANSYS

پس از اتمام ساخت مدل در نرم افزار ANSYS سازه تحت زلزله های طیس و ناغان مورد تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی قرار می گیرد.

۰۳- بررسی و تحلیل نتایج

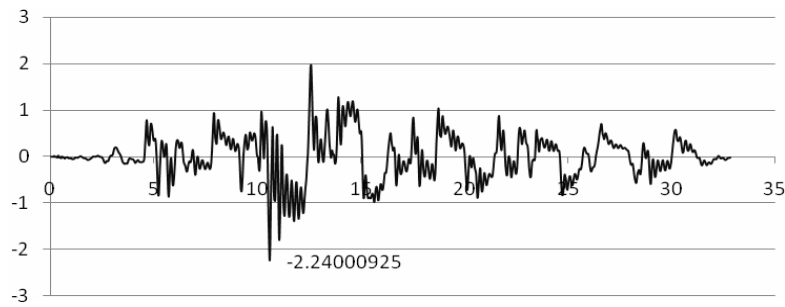
با نتایج بدست آمده از تحلیلها کفایت روابط IBC2000 برای طرح جداساز جهت نیروگاههای هسته ای بررسی و با کنترل میزان جابجایی نسبی بین بالا و پائین پی ملاحظه می شود (شکل ۴) میزان جابجایی در بیشترین حد به 0.369 متر می رسد. که در محدوده مجاز (0.4 متر) قرار می گیرد.



شکل ۴- مقایسه جابجایی نسبی بالا و پائین جداسازهای با دوره تناوبهای 1 و 1.34 ثانیه. (سختی 5 برابر و سختی 9 برابر)

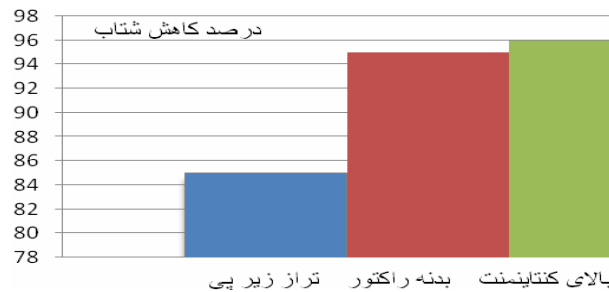
- اثر کاهش شتاب

بعد از بررسی شتاب در سازه ایزوله شده با $T=1$ ثانیه مشاهده می نمائیم در تمامی بخشهای تجهیزاتی میزان PGA کمتر از سطح $OBE = 1.47(m/s^2)$ شده است. ولی در مورد سازه همراه با بالا رفتن در ارتفاع شتاب در بیشترین حد خود بعد از جداسازی کمی از این حد تجاوز کرده و به $2.24(m/s^2)$ می رسد. که باز هم از سطح $SSE = 0.3g$ کمتر است. (شکل ۵)



شکل ۵ - نمودار شتاب زمان سازه ایزوله شده در بالای کنتاینمنت تحت زلزله طیس.

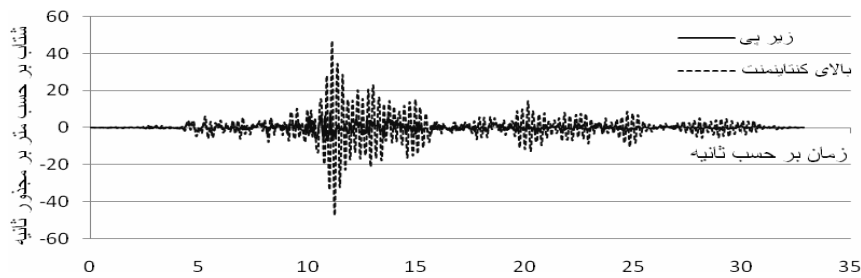
میزان درصد کاهش شتاب برای بخشهایی از نیروگاه در اثر استفاده از جداسازی لرزه ای در شکل ۶ نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می شود میزان درصد کاهش شتاب همراه با بالا رفتن ارتفاع نقاط افزایش یافته است.



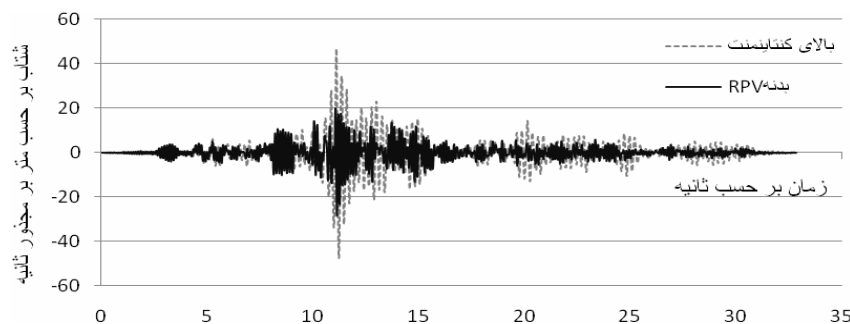
شکل ۶ - درصد کاهش شتاب برای سه نقطه مختلف در حالت سازه ایزوله شده نسبت به سازه گیردار.

– اثر همفاز کننده

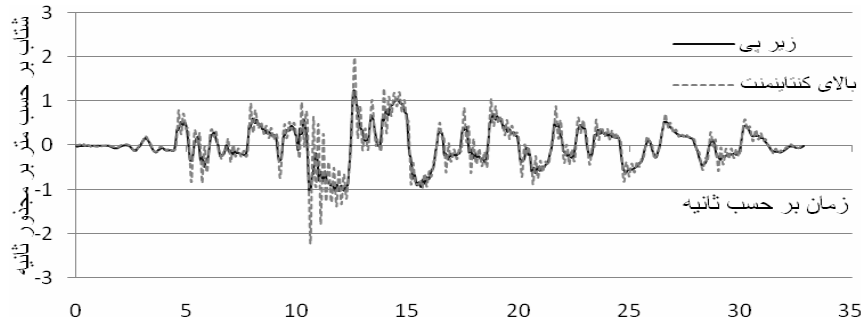
شتاب همفاز و دارای اختلاف اندازه کم در بین بخشهای مختلف سازه و تجهیزات بیانگر حرکت یکنواخت کل مجموعه با یکدیگر و در نتیجه داشتن جایجائیهای نسبی کمتر بین بخشهای مختلف می باشد. که منجر به تنشهای کمتر خواهد شد. جهت مشاهده اثر همفاز کننده شتاب ایزولاتورها به شکلهای ۷ تا ۱۰ مراجعه شود.



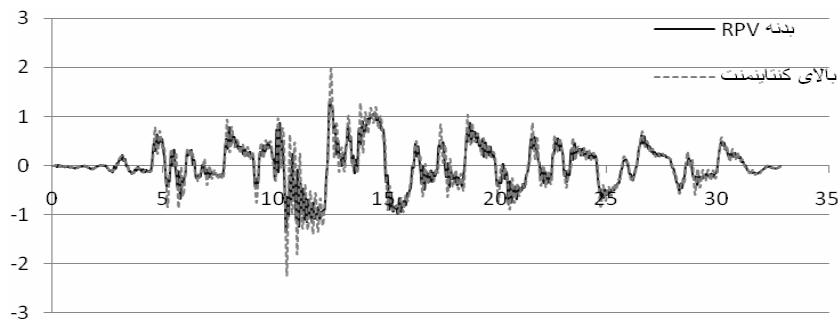
شکل ۷ - مقایسه شتاب ناشی از زلزله طیس برای دو نقطه زیر پی و بالای کنتاینمنت در حالت سازه با پای گیردار.



شکل ۸ - مقایسه شتاب ناشی از زلزله طیس برای دو نقطه بالای کنتاینمنت و بدنه RPV در حالت سازه با پای گیردار



شکل ۹ - مقایسه شتاب یک نقطه زیر پی با بالاترین ارتفاع کنتاینمنت تحت زلزله طیس برای حالت جداسازی شده



شکل ۱۰ - مقایسه شتاب یک نقطه در بالاترین ارتفاع کنتاینمنت با یک نقطه روی بدنه RPV, تحت زلزله طیس برای حالت جداسازی شده

۴. نتیجه گیری

۱- رضایت بخش بودن فرض یک درجه آزادی بودن مجموعه سازه و ایزولاتورها به هنگام طرح اولیه جداسازها و به دست آوردن سختی موثر از رابطه آئین نامه IBC2000

۲- بدست آوردن ضریب تقریبی 1.07, جهت تبدیل دوره تناوب فرض شده برای سازه در روابط طراحی, به دوره تناوب به دست آمده از تحلیل مودال سازه برای مد اول.

۳- کفایت روابط IBC2000, برای طرح ایزولاتور جهت مواجهه سازه با زلزله میدان نزدیکی با زمان نسبتاً کوتاه همانند زلزله ناغان. و عدم کفایت روابط طرح برای مواجهه سازه با زلزله هایی با زمان طولانی همانند زلزله طیس که دارای بیشینه شتاب و سرعت و جابجایی بالا هستند. مشکل پیش آمده در این زلزله افزایش جابجایی نسبی بین بالا و پائین جداسازها از حدود طرح و حدود مجاز عملی می باشد.

در حقیقت جرم 152000 تنی نیروگاه در زلزله های با زمان کوتاه، به دلیل لختی بالا فرصت کافی برای شتاب گرفتن پیدا نمی نماید. ولی در زلزله های با زمان طولانی همانند زلزله طیس، این جرم صلب و عظیم با همان شتاب اندکی که گرفته است به حرکت خود ادامه می دهد و هنگامیکه زمین در حال بازگشت می باشد باعث بروز بیشترین اختلاف جابجایی بین بالا و پائین ایزولاتورها می گردد.

۴- رضایتبخش بودن استفاده از جداسازهای با سختی بالاتر و جابجایی در محدوده جابجایی مجاز در رساندن شتاب تجهیزات به سطحی کمتر از OBE و شتاب سازه به سطحی کمتر از SSE.

هنگامیکه از جداسازهای با سختی بالا استفاده می نمایم در حقیقت زمین در هنگام برگشت نیروی بیشتری را به سازه در خلاف جهتی که قبلاً شتاب گرفته منتقل می نماید و باعث توقف حرکت سازه و همسویی آن با حرکت زمین می شود. که آن نیز به نوبه خود باعث کاهش جابجایی نسبی بین بالا و پائین ایزولاتورها می گردد. و چنانچه این افزایش سختی در محدوده مناسبی باشد می توان میزان شتاب سازه را نیز در بازه مطلوب تنظیم نمود. که به عنوان نمونه استفاده 9 برابر از جداسازهای با $T_D=3(s)$ توانست شتاب در کلیه بخشهای تجهیزاتی را در حد شتاب $OBE = 0.15g$ و شتاب کلیه بخشهای سازه ای را در حد شتاب $SSE = 0.3g$ نگه دارد.

۵- کاهش شتاب در سازه با افزایش دوره طرح جداسازها.

می دانیم با افزایش دوره تناوب طرح جداسازها در حقیقت از ایزولاتورهایی با سختی کمتر در زیر سازه استفاده می شود. سختی کمتر ایزولاتورها باعث انتقال نیروی کمتر از زمین به سازه و در نتیجه شتاب کمتر سازه می گردد.

۶- موثر بودن جداسازها در همفاز نمودن شتاب بخشهای مختلف سازه و تجهیزات.



7- کاهش 85 تا 96 درصدی شتابهای اعمالی به سازه و تجهیزات، کاهش 89 تا 95 درصدی تنش در تجهیزات اصلی نیروگاه، کاهش 93 درصدی اختلاف جابجایی در سازه و کاهش جابجایی در بالای سازه به میزان 30 درصد در اثر استفاده از جداسازهای با سختی بالا و جابجایی در محدوده مجاز.
8- تشابه رفتاری نیروگاههای هسته ای به رفتار سازه های کوتاه علی رغم ارتفاع بلند این سازه ها به دلیل سختی بالای آنها. علت چنین رفتاری را می توان با توجه به مقاطع استوانه ای شکل و تودرتوی این سازه ها که در پلان مشهود می باشند مرتبط دانست. چنین هندسه ای سبب بروز رفتاری شبیه به سازه های با سیستم لوله می گردد که دارای سختی بالا هستند. همچنین مقاطع قطور بتنی این سازه ها در بروز رفتار صلب آنها نقش عمده ای ایفا می نمایند.

۵. مراجع

1. Bong Yoo, Jae-Han Lee, Gyeong-Hoi Koo, "Development of analysis methods for seismically isolated nuclear structures", Korea Atomic Energy Research Institute, Republic of Korea
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, (2002), " Evaluation of seismic hazards for nuclear power plants", safety guide NO.NS-G.3.3, IAEA, Vienna
3. T. Tsunematsu, H. Namba, Y. Akutsu, Y. Ohkawa, A. Yagenji, M. Takeda, K. Yajima, Y. Nitta, K. Kobayashi, I. Maeda, Y. Takenaka, (1998), " Effect of seismic isolation on the Tokamak in ITER, Journal of fusion engineering and design", Vol 41, pp 415-420,
4. Chopra A. K. , and Chiltanapakdee C,(2002). " Comparing response of SDF systems to near-fault earthquake motions in the context of spectral regions" Earthquake Engineering and Structural Dynamics; 30, pp.1769-1789
5. C. P. Providakis, (2008), "Effect of LRB isolators and supplemental viscus dampers on seismic isolated buildings under near-fault excitations" Engineering Structures 30, pp1187-1198
6. Bong Yoo, Jae-Han Lee, Gyeong-Hoi Koo, "Development of analysis methods for seismically isolated nuclear structures", Korea Atomic Energy Research Institute, Republic of Korea
7. Bong Yoo, Jae-Han Lee, Gyeong-Hoi Koo, Hyeong-Yeon Lee, Jong-Bum Kim, (2000), "Seismic base isolation technologies for korea advanced liquid metal reactor", Journal of nuclear engineering and design, Vol 199, pp 125-142,
8. F.F. Tajirian, J.M. Kelly, I.D. Aiken, W. Veljovich, (June 1990), " Elastomeric bearings for three-dimensional seismic isolation", ASME PVP Conference, Nashville, Tennessee,
9. M.K. Shrimali, R.S. Jangid, (2002), " Non linear seismic response of base isolated liquid storage tanks to bi- directional excitation", Journal of nuclear engineering design, Vol 217, pp1-20,
10. Kyung Hwan Choa, Moon Kyum Kima, Yun Mook Lim, Seong Yong Cho, (2004), " Seismic response of base-isolated liquid storage tanks considering fluid-structure-soil interaction in time domain", Journal of soil dynamics and earthquake engineering, Vol 24, pp839-852,
11. T. Tsunematsu, H. Namba, Y. Akutsu, Y. Ohkawa, A. Yagenji, M. Takeda, K. Yajima, Y. Nitta, K. Kobayashi, I. Maeda, Y. Takenaka, Effect of seismic isolation on the Tokamak in ITER, (1998), " Journal of fusion engineering and design , Vol 41, pp 415-420,
12. K. Ebisawa, K. Ando, K. Shibata, (2000), "Progress of a research program on seismic base isolation of nuclear components", Journal of nuclear engineering and design, Vol 198, pp 61-74,
13. Prepared by the City of Galena, Alaska, (2007), " Overview of the seismic information relating to a 4s nuclear reactor based power generation facility in galena, Alaska, 3-23.
14. I. Micheli, A. Colaiuda, (2000), "A sensitivity investigation upon the dynamic structural response of a nuclear plant on a seismic isolating devices"
15. IBC2000, (2000), "International building code"
16. Sarah czerniewski, (2009), " The Feasibility of Modern Technologies for Reinforced Concrete Containment Structures of Nuclear Power Plants" Kansas state university college of engineering
17. International Atomic Energy Agency (IAEA) ,(1992), "Pilot studies on management of ageing of nuclear power plant components", IAEA-TECDOC-670, VIENNA,
18. Framatome ANP AREVA Company, (2009), "EPR Nuclear island".
19. Naeim, F. and Kelly, J.M , (1999) , "Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice", John Willy & Sons,
20. Chopra, A. K. Dynamics of structures, (2001), "Theory and Application to Earthquake Engineering "(2 nd edn), Prentice Hall of India