A study of the effect of boundaries on siesmic behavior of concrete gravity dams considering dam-reservoir-foundation interaction

مجید پاسبانی خیاوی[1] ، زکریا توبه[2]،یوسف زندی[3]، توکل رمضانی[4]

1-استاد یار دانشگاه محقق اردبیلی گروه عمران – سازه-هیدرولیکی

2- دانشجوي كارشناسي ارشد عمران- سازه‌هیدرولیکی دانشگاه آزاد اسلامي واحد اهر

3 - استاد یار گروه عمران –سازه دانشگاه آزاد تبریز

4- دانشجوی کار شناسی ارشد ژئوتکنیک دانشگاه آزادعلوم تحقیقات واحد آذربایجانشرقی

zakariatobeh@yahoo.com

Abstract

The present research accomplished linear dynamic analysis concrete gravity dam in time domain with Ansys software considering boundary effects. Also for dynamic analysis with software, horizontal and vertical component of El Centro accelerogram apply to dam-reservoir-foundation. Dam-reservoir-foundation interaction effects is regarded in the model and Newmark method is used for dynamic analysis. Also, for modeling from finite element method with 4-node isoparametric elements and For end of reservoir boundary condition used Sommerfeld boundary condition. With regarded to the geometry of the concrete dam, 2-dimentional modeling is performed with Ansys software. System consist of a tall concrete gravity dam which is placed on flexible foundation, and a reservoir with a horizontal floor and absorbent that continuoused to the extreme. System circumference of the dam- reservoir - foundation is assumed continuous. Foundation is made of bed-rock and water into reservoir is nonviscous, compressible, with low displacement and dam is elastic solid with liner behavior. Also with Ansys software is considered the appropriate boundary conditions for modeling wave's distribution from the far- end boundary reservoir and reflection from floor reservoir and for define behavior of the concrete dam material, is used from plane straine model. Consequently by chainging the infinite boundaries consist of far-end reservoir ,foundation's depth and coefficient of floor reservoir absorption investigated boundaries effects on seismic response of concrete gravity dam by considerimg dam-reservoir-foundation interaction and this infinite boundaries truncated in distent that exhibit seismic behavior of concrete gravity dam suitability.

Keyword:dynamic analysis, concrete gravity dam, interaction, boundary condition

1- مقدمه

سدها از جمله مهمترین سازه هایی هستند که باید در تحلیل، طراحی و ساخت آنها دقت کافی جهت ایمنی هر چه بیشتر طرح به کار برده شود. زیرا با توجه به حجم عملیات این گونه سازه ها، چنانچه فقط ایمنی مد نظر قرار گیرد، طرح غیر اقتصادی و در مواردی غیرعملی خواهد

1- استاد یار مدعو گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامي واحداهر

3- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد تبریز

شد. بنابراین به منظور تأمین هر دو مسئلهٔ ایمنی و اقتصادی سدها به طور همزمان، باید به انتخاب مدل هرچه دقیق تر، برای تحلیل و طراحی مبادرت کرد. مسألهٔ ایمنی سدهای بتنی در برابر زلزله، همیشه مورد توجه بوده و به عنوان عاملی عمده در طراحی و تحلیل سدهای بتنی و برآورد ایمنی سدهای موجود در نواحی زلزله خیز مطرح شده و با توجه به قرارگیری کشورمان بر روی کمربند زلزله اهمیت این موضوع بیشتر جلوه می کند. به طور کلی دلیل اهمیت مقاومت سدها در برابر زلزله این است که سیلاب و شکست احتمالی یک سد بزرگ تمامی سرمایه گذاری انجام شده برای احداث سد و تأسیسات وابسته به آن را نابود کرده و خسارات مالی و جانی فوق العاده ای را در پایین دست سد سبب می شود. برای تحلیل دینامیکی سد لازم است تأثیر وجود مخزن و شرایط مرزی آن در پاسخ دینامیکی سد در نظر گرفته شود. در هنگام وقوع زلزله، حرکت زمین باعث تغییر مکان وجه بالادست سد شده که سبب ایجاد فشار هیدرودینامیکی در مخزن می شود. بنابراین رفتار دینامیکی سد و مخزن مستقل از یکدیگر نبوده و لازم است تحلیل آنها با هم و با در نظر گرفتن شرایط مرزی مناسب سد- مخزن- فونداسیون انجام گیرد [1].

در رابطه با آسیب دیدگی سدهای بتنی در اثر زلزله می توان به سدهای بتنی Koyna در هند، Hesingfengkiang در چین و سفید رود در ایران در اثر زلزلهٔ منجیل اشاره کرد. البته آمار موجود در این زمینه نشان می دهد که تاکنون هیچ سد بتنی در اثر زلزله دچار شکست کامل نشده است. در حقیقت تا به حال تنها دلیل تخریب سدهای بتنی، شکستگی در فونداسیون آنها بوده است. با این حال تاریخچهٔ نسبتاً خوب به هیچ وجه از اهمیت مسأله ایمنی سدهای بتنی در برابر زلزله نمی کاهد. زیرا تاکنون هیچ سدی در برابر شدیدترین زلزلهٔ محتمل در حالت مخزن پر قرار نگرفته است [2].

در واقع آنچه پاسخ سدهای بتنی در برابر زلزله را از مسائل معمولی دینامیک سازه ها پیچیده تر می سازد، اندرکنش سد با محیط اطرافش (مخزن و فونداسیون) در هنگام وقوع زلزله است. مسائل مربوط به اندرکنش سازه و سیال زمانی به وجود می آید که بین دو سیستم حرکت نسبی وجود داشته باشد. یکی از مسائل مهم در بحث مربوط به اندرکنش سیال- سازه، اندرکنش بین سیستم سد- مخزن در هنگام وقوع زلزله می باشد. اندرکنش یک سد با آب ذخیره شده در پشت آن سبب افزایش پریود ارتعاشات سد می شود. دلیل این امر آن است که سد نمی تواند بدون تغییرات مکانی آب مماس بر آن حرکت کند. آبی که همراه سد حرکت می کند، سبب افزایش جرم کلی حرکت داده شده به دلیل زلزله می شود. این جرم افزوده، پریود ارتعاشات طبیعی سد را افزایش داده و نیروهای اینرسی به وجود آمده، به علت زلزله را تحت تأثیر قرار می دهد همچنین می تواند سبب افزایش میرایی در حین جذب امواج فشاری در مرزهای مخزن و انتشار به سمت بالادست گردد. این اثرات سبب می شود که پاسخ لرزه ای سد نسبت به حالت مربوط به سد با مخزن خالی متفاوت باشد. در سدهای بتنی، فشار هیدرودینامیکی معمولاً به وسیلهٔ افت انرژی در مرزهای مخزن تحت تأثیر قرار می گیرد [3].

یک فاکتور مهم برای طراحی سدها در مناطق لرزه خیز، بررسی تأثیر فشار هیدرودینامیکی به وجود آمده در اثر حرکت زمین بر روی سد می باشد. در هنگام وقوع زلزله، سد که به زمین متصل است، نوسان می کند، در حالی که آب پشت سد به دلیل نیروی برشی ناچیز بین کف مخزن و محیط سیال به صورت مستقیم تحت تأثیر حرکت زمین قرار نمی گیرد و تنها در اثر ارتعاشات سد در محیط مخزن، فشار هیدرودینامیک ایجاد می شود که به سمت بالادست مخزن منتشر می گردد و انرژی را با خود از محیط دور می کند [4].

با توجه به نامحدود بودن بعضی دامنه ها، لازم است برای مدل سازی عددی، این دامنه ها در یک فاصله محدودی قطع شوند. در صورتی که اجزای دور دامنه های فیزیکی، روی پاسخ سازه و نواحی نزدیک آن تأثیر ناچیزی داشته باشد، این فرض مدل سازی رضایت بخش می باشد. فرض می شود که در فاصلهٔ دوردست، دامنه دارای خواص ثابتی بوده و همگن می باشد. بنابراین رفتار آن را می توان خطی در نظر گرفته و دامنهٔ دوردست را به صورت ساده تحلیل کرد. وجود چنین شرایطی از نکته نظر فیزیکی نیز قابل قبول می باشد. در حقیقت فرض می شود که ناهمگنی موجود در دامنهٔ دوردست به علت دور بودن از سازه، تأثیر بسیار ناچیزی روی پاسخ سازه دارد. نامحدود بودن دامنهٔ دوردست در دینامیک موج دارای اهمیت زیادی می باشد. در این شرایط امواجی که به سمت مرز نامحدود حرکت می کنند، مجدداً به سمت دامنهٔ مورد مطالعه منعکس نمی شوند. به عبارت دیگر در انتقال موج، انتقال انرژی از دامنهٔ نزدیک سد به مرز دوردست برگشت ناپذیر است. این مکانیزم، استهلاک انتشاری نامیده می شود. تأثیر چنین استهلاکی روی پاسخ سازه شبیه استهلاک ناشی از لزجت می باشد که در آن یک بخش از انرژی مکانیکی سازه به صورت برگشت ناپذیر به گرما تبدیل می شود. در هر دو حالت پاسخ سازه به طور محسوسی کاهش می یابد. این شرایط دقیقاً منطبق با شرایط سد می باشد که با مخزن مجاور و فونداسیون اندرکنش دارد. لذا با توجه به نامحدود بودن مخزن و فونداسیون