پوهنتون پولی تخنیک کابل
مجله علم و تکنالوژی
جلد ۵۰ - شماره ٤
حوت - سال ١٤٠١ - هـ.ش.
تاریخ دریافت اثر: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱
تاریخ قبـولی اثر: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱
P-ISSN: 2305 - 896X
KPU-JST

مقایسه تحلیل غیر خطی ستاتیکی و تحلیل دینامیکی چوکات های فلزی

پوهنیار دیپلوم انجینر محمد ناصر امین[1*]، پوهاند دوکتور امان الله فقیری[2]

[1*]استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمان ها، پوهنتون پولی تخنیک کابل، ناحیه ۵، کابل، افغانستان.
ایمیل آدرس: naser.amin@kpu.edu.af

[2]استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمان ها، پوهنتون پولی تخنیک کابل، ناحیه ۵، کابل، افغانستان.
ایمیل آدرس : amanullah.faqiri@kpu.edu.af

خلاصه:

از آنجایی که افغانستان دریک منطقه زلزله خیز فعال قرار دارد، عملکرد زلزله یی ساختمانهای در معرض پدیده زلزله همیشه یک بحث جدی است. این مقاله به بررسی تفاوت‌ها در پاسخ زلزله یی و رفتار یک چوکات فلزی به روشهای تحلیل ستاتیکی غیرخطی و تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی در افغانستان می‌پردازد. تعمیر مورد نظر در این تحقیق یک چوکات ۱۲ منزله فلزی می باشد. پارامترهای رفتار و پاسخ ساختمان مانند قوه برشی، انحراف منزل و زاویه دوران به‌دست‌آمده از تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی غیرخطی و تحلیل ستاتیکی غیرخطی با هم مقایشه شده است. بحث مختصری در مورد ظرفیت کلی ساختمان و بوجود آمدن مفصلهای پلاستیکی و خصوصیات آن نیز صورت گرفته است. نتیجه این مطالعه به شکل عمومی نشان میدهد که تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی دقیقترین نوع تحلیل برای دریافت پاسخ غیرالاستیک ساختمان در مقابل قوه زلزله بوده که می تواند خصوصیات رفتار ساختمان را بطور واقعی آن پیش بینی کند. از روش تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی در تحلیل ساختمانهای کم منزل به دلیل مصرف بیش از حد زمان در این روش، استفاده نمی شود. در چنین حالات، تحلیل ستاتیکی غیر خطی وسیله معتبری برای ارزیابی سختی، استحکام و شکل‌پذیری یک ساختمان در محدوده غیرالاستیک است که در زمان کم انجام می شود.

اصطلاحات کلیدی: تحلیل ستاتیکی غیر خطی، تحلیل دینامیکی، ضریب برش اساس، انحراف طبقه، نیروی برشی

[*]مؤلف مسئول

۱. مقدمه:

زلزله یکی از جدی ترین بلاهای طبیعی است که توسط بشر شناخته شده است. زلزله با آزاد شدن ناگهانی انرژی در پوسته زمین ایجاد می شود که این انرژی باعث بوجود آمدن امواج لرزه یی می شود. در طبیعت، نیروهای زلزله خطرات طبیعی تصادفی و نامشخص هستند. وقوع زلزله غیر قابل پیش‌بینی است، اما می‌توانیم اقدامات پیشگیرانه را برای غلبه بر مشکلات در هنگام زلزله اتخاذ کنیم. یک انجنیر به ابزارهایی مختلف برای تجزیه و تحلیل ساختمانهای تحت تأثیر این نوع نیروها نیاز دارد. بارهای زلزله برای ارزیابی عملکرد ساختمان با درک روشنی از این که خطر باید پیش بینی گردد، مدل سازی می شود[۱].

زلزله در مکانهای مختلف، شدت لرزشهای متفاوتی ایجاد میکند و آسیبهای وارده به ساختمانها در مکانهای مختلف نیز متفاوت است. همچنان انواع مختلف مواد که ساختمانها از آن ساخته میشوند دارای خواص و رفتار مختلف میباشد. بنابراین لازم است ساختمانی ساخته شود که در برابر زلزله ای با شدت خاصی از تکان دادن ساختمان مقاوم باشد. از آنجایی که افغانستان نیز در یک منطقه زلزله خیز فعال قرار دارد، برای تعیین پاسخ زلزله یی، انجام تحلیل زلزله ای ساختمان با استفاده از روشهای مختلف موجود ضروری است [۲].

برای پایداری و مقاومت در مقابل بارهای زلزله لازم است تا ساختمانهای دیزاین شود که عملکرد خوب تحت بارهای زلزله داشته باشد. شکل پذیری ساختمان را میتوان با استفاه از فلز یا فولاد به حیث مواد اصلی چوکات در سیستم افزایش داد. از چوکاتهای فلزی به طور گسترده در مناطق با خطر زلزله یی بالا برای ساختمانهای کم منزل و متوسط منزل استفاده میشود. این چوکات ها نقش مهمی در صنعت ساخت و ساز دارند زیرا مقرون به صرفه، پایدار، بادوام، و مصئون هستند [۳].

در سالهای اخیر عملکرد زلزله یی ساختمانهای در معرض زلزله همواره به موضوع حیاتی تبدیل شده است. بنابرین این تحقیق برای دریافت خواص و رفتار چوکاتهای فلزی در مناطق زلزله خیز افغانستان، خواص و رفتار یک چوکات فلزی را به شیوه های غیر خطی ستاتیکی و غیر خطی دینامیکی مورد مطالعه قرار می دهد.

۲. هدف تحقیق:

هدف عمدۀ این تحقیق عبارت از مطالعه مقایسوی پاسخ، خواص و رفتار چوکاتهای فلزی در مقابل قوه زلزله به شیوه تحلیل غیر خطی ستاتیکی و تحلیل دینامیکی میباشد. مرحله پلاستیکیت مقطع و زمان یا مرحله بوجود آمدن مفصلهای پلاستیکی در چوکاتهای فلزی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برعلاوه درک ظرفیت مکمل ساختمان و استفاده از پلاستکیت مقطع برای دیزاین اقتصادی ساختمانها، یکی از اهداف دیگر این تحقیق میباشد.

۳. مرور کلی بر تحلیل دینامیکی و تحلیل ستاتیکی غیر خطی

۳,۱ تحلیل ستاتیکی غیر خطی

تحلیل ستاتیکی غیرخطی که بنام "Pushover Analysis" نیز یاد میشود همانطور که از نام "Pushover" مشخص است، ساختمان را فشار می دهد تا به حداکثر ظرفیت تغییر شکل خود بر سد. تحلیل ستاتیکی غیر خطی بهبودی نسبت به تحلیل ستاتیکی یا دینامیکی خطی دارد، زیرا امکان رفتار غیرالاستیکی ساختمان را فراهم

می‌کند[۴]. این به درک تغیرشکل و ایجاد درز در ساختمان در هنگام وقوع زلزله کمک میکند و نوعی درک منصفانه از تغیرشکل ساختمان و تشکیل مفصلهای پلاستیکی در ساختمان را به دست میدهد.

تحلیل غیرخطی ستاتیکی یک روش ا ست که در آن ساختمان تحت بارگذاری ثقلی و سا سلهء بار جانبی کنترول شده با تغیرمکان یکنواخت قرار میگیرد. این یک تحلیل ستاتیکی افزایشی است که برای تعیین رابطه تغیرمکان و نیرو یا منحنی ظرفیت برای یک ساختمان یا عنصر ساختمان استفاده میشود[۱]. بار بطور مداوم از طریق رفتار الاستیک و غیرالا ستیک افزایش می‌یابد تا زمانی که به شرایط نهایی بر سد، یا تا زمانی که اجزای ساختمان از کار بیفتند. بارهای جانبی نشان دهنده محدوده برش درقسمت تحتانی (برش اساس) از بارگذاری زلزله است و ترتیب آن متناسب با توزیع کتله در طول ارتفاع ساختمان است.

تحلیل ستاتیکی غیر خطی میتواند بینش قابل توجهی در مورد پیوندهای ضعیف در عملکرد زلزله یی یک ساختمان ارائه دهد. تحلیل استاتیکی غیر خطی برای سا ختمانهای چوکات کم ارتفاع و پیریود کوچک و بدون هیچ گونه بی‌نظمی ساختاری مناسب‌تر است [۵]. هدف اصلی در استفاده از این روش کاهش قابل توجه تلاش محاسباتی بدون کاهش اعتبار نتایج است.

۳,۲. تحلیل دینامیکی غیر خطی

تحلیل دینامیکی که به نام تحلیل تاریخچه زمانی نیز معروف است یک تخنیک مهم برای تحلیل زلزله یی ساختمان است. به ویژه زمانی که پاسخ ساختمان ارزیابی شده غیرخطی باشد. برای انجام چنین تحلیلی، یک تاریخچه زمانی معرف زلزله برای ساختمان در حال ارزیابی، مورد نیاز است. تحلیل تاریخچه زمانی یک تحلیل گام به گام از پاسخ دینامیکی یک ساختمان به یک بارگذاری مشخص است، که ممکن است با زمان تغییر کند [۶].

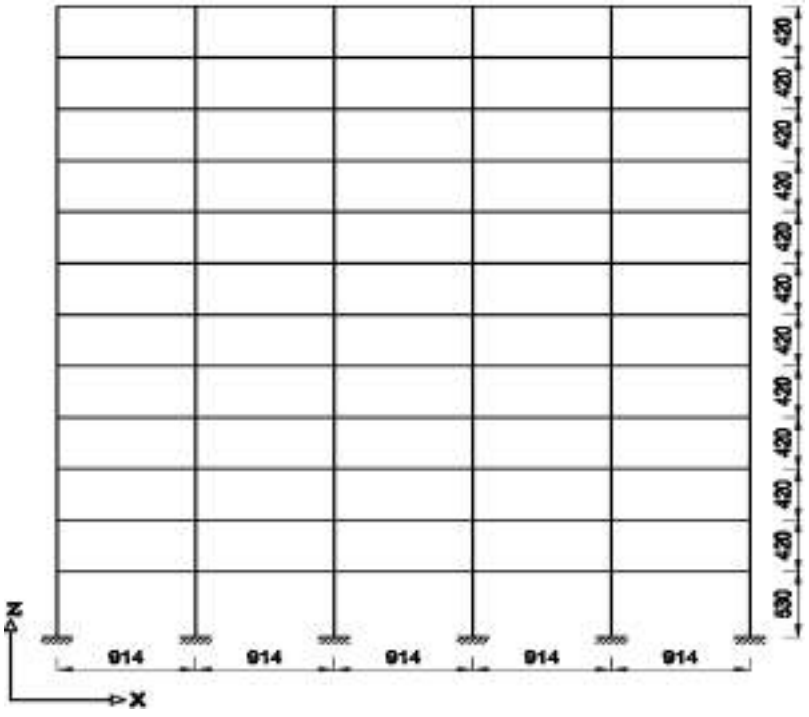
زمانی که هدف بررسی رفتار غیرخطی دقیق ساختمانها باشد، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی باید انجام شود. در این روش ساختمان در معرض رکوردهای واقعی یا مصنوعی حرکت زمین قرار میگیرد. پارامترهای حرکت زمین ممکن است تعجیل، سرعت یا تغیرمکان یا هر سه باهم ترکیب شوند[۱]. این امر باعث میشود که این روش تحلیل کاملاً متفاوت از سایر روشهای تحلیل تقریبی باشد زیرا نیروهای انرشیا مستقیماً از حرکات زمین تعین میشوند و پاسخهای ساختمان چه در تغیرشکل ها و چه در نیروها به عنوان تابعی از زمان با در نظر گرفتن خواص دینامیکی ساختمان محاسبه میشود [۴]. تحلیل دینامیکی غیر خطی یک تحلیل بسیار زمان گیر میباشد و زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که پاسخ یا رفتار غیر الاستیکی یک ساختمان هدف باشد یا ساختمان مورد نظر پلان مغلق داشته باشد.

۴.ابعاد و خصوصیات دیزاین چوکات

برای این تحقیق یک چوکات فلزی ۱۲ منزله که دارای ۵ وایه ای ۹۱۴cm میباشد در نظرگرفته شده است. این ساختمان در Seismic Design Category, SDC=D قرار دارد. همچنان نوعیت خاک ساحه ساختمان نیز نوع D فرض شده است. بنابر این این چوکات از نوع (Special Moment Resisting Frame) طراحی شده است. ارتفاع طبقه اول ۵۳۳cm و ارتفاعات طبقات بالایی به ترتیب ۴۱۹cm تعین شده است. در تحلیل ساختمانی، بار (پوشش) سقف ۵,۷۱kN و بار منازل وسطی ۸,۶۴kN محاسبه شده است[۷]. فولاد ASTM A572 درجه ۵۰ به عنوان ماده فلزی برای ستونها و گادر ها با حداقل حد سیالیت FY=34.5kN/cm2 و مودول الاستیکی E=20500kN/cm2 استفاده

شده است. تحلیل ساختمان توسط روش اجزاء محدود صورت گرفته با در نظرداشت تحلیل اعضای ساختمان ابعاد مقاطع ستون ها و گادرها دیزاین گردیده است. طبق کود ساختمانی افغانستان (ASC)، ساختمانهای فلزی به روش تشنجات ASD و یا روش LRFD طراحی میشوند [۸]، [۹]. در این تحقیق از روش LFRD استفاده شده و عناصر برای حداکثر ترکیب بارها طراحی شده اند.

جدول ۱ مقطعهای استفاده شده در ستونها و گادرها را فهرست می کند و شکل ۱ چوکات مورد نظر را نشان می دهد.



شکل ۱. چوکات مورد نظر

جدول ۱. مقطع های استفاده شد در چوکات

شماره	*سطح*	*گادرها*	*ستونها*
۱	منزل ۱ الی ٤	IPE600 (600x200x12x19)	H400x678 (448x427x82x50.5)
۲	منزل ٥ الی ۱۲	IPE600 (600x200x12x19)	H400x340 (406x403x42.9x26.5)

۵.بارهای وارده:

طبق کود ساختمانی افغانستان (ASC) زلزله طراحی، اثرات زلزله است که دو سوم اثرات مربوط به حداکثر زلزله (MCER) در نظر گرفته میشود. نیروهای جانبی زلزله از توزیع عمودی نیروی برش اساس در سراسر ساختمان به اساس فورمول ذیل محاسبه میشود:

$$V = C_S * W$$

که در آن W وزن کل ساختمان است و C_S یک ضریب برش اساس است که توسط کود ساختمانی افغانستان طوری ذیل تعیین میشیود.

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I}}$$

در اینجا S_{DS} پارامتر تعجیل طیف پاسخ طراحی برای ولایت کابل برای دوره کوتاه است که قیمت آن ۰,۸۵۳۳ بدست آمده است، R ضریب اصلاح پاسخ که طبق جدول ۳۱۱,۶,۲,۳,۲-۱ کود ساختمانی افغانستان برای چوکات های خاص فلزی ۸ میباشد. I: فکتور اهمیت زلزله برای ساختمان و ساکنان آن است (جدول ۳۰۵,۳-۱ کود ساختمانی افغانستان). این ساختمان برای استفاده معمولی است بنابراین می توان این فکتور را ۱ تعیین نمود.

$$C_S = \frac{۰.۸۵۳۳}{\frac{۸}{۱}} = ۰.۱۰۷$$

مقدار برش اساس مساوی است به

$$V = C_S * W = ۰.۱۰۷ * ۱۹۰۹۴ = ۲۰۴۳[\text{kN}]$$

برش اساس به صورت مجموعه ای از نیروهای جانبی در هر سطح طبقه و در سقف توزیع می شود.

$$F_x = V * C_{vx}$$

F_x: نیروهای جانبی در سطح x،

C_{vx}: ضریب توزیع عمودی

ضریب توزیع عمودی توسط رابطه ذیل بدست میآید:

$$C_{vx} = \frac{W_x * h_x^k}{\sum_{i=۱}^{n} W_i * h_i^k}$$

w_x یا w_i: وزن‌های مؤثر ساختمان به (kN) که به سطح i یا x تعلق دارند.

h_i &h_x: ارتفاعات از اساس ساختمان تا سطح i یا x (سانتی متر).

k: یک توان مربوط به پریود ساختمان که برای اهتزاز مرتبه بالا در نظر گرفته میشود.

برای دریافت این توان باید پریود اساسی ساختمان را دریافت کرد.

T: پریود اساسی تقریبی ساختمان به صورت ذیل محاسبه می شود:

$$T = C_t * h_n^x$$

Hn : ارتفاع ساختمان بوده و ضرایب Ct و X از جدول ۳۱۱,۶,۸,۲,۱-۲ کود ساختمانی افغانستان تعیین میشود. برای چوکات های فلزی ضریب Ct برابر با ۰,۰۷۲۴ و x برابر با ۰,۸ دریافت شده است. به این ترتیب پیریود اساسی ساختمان مساوی است به:

$$T = C_t * h_n^x = ۰.۰۷۲۴ * ۵۱.۵۳^{۰.۸} = ۱.۶۹\ s$$

برای ساختمان های که پریود ۰,۵ ثانیه یا کمتر دارند k=1 و برای ساختمان های با پریود ۲,۵ ثانیه یا بیشتر k=2.

برای ساختمان های که پریود ۰,۵ تا ۲,۵ ثانیه دارند، k باید توسط انترپولیشن خطی بین ۱ و ۲ تعیین شود. پس از انتر پولیشن برای پریود ۱,۶۹، قیمت k=1.6 به دست می آید.

به عنوان جایگزین، پریود تقریبی Ta به ثانیه را می توان از معادله ذیل برای ساختمانهای با ارتفاع کمتر از ۱۲ طبقه که در آن سیستم مقاوم در برابر نیروی زلزله تماماً از چوکات های مومنت فلزی یا کانکریتی تشکیل شده و ارتفاع طبقه حداقل ۳ باشد، تعیین کرد.

T = 0.1N

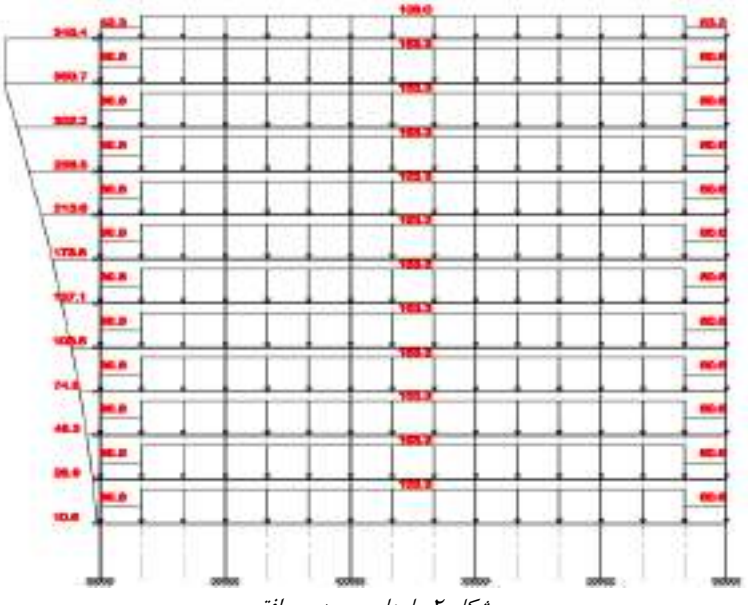
جایی که

N = تعداد منازل.

نیروهای جانبی زلزله برای هر منزل در جدول ۲ لست شده و با بارهای عمودی در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نیروهای جانبی

Level i	F_i[KN]
۱	۱۰.۵۷
۲	۲۶.۸۹
۳	۴۸.۳۰
۴	۷۴.۰۸
۵	۱۰۳.۸۰
۶	۱۳۷.۱۱
۷	۱۷۳.۷۹
۸	۲۱۳.۶۴
۹	۲۵۶.۴۹
۱۰	۳۰۲.۲۲
۱۱	۳۵۰.۷۰
۱۲	۳۴۵.۴۳



شکل ۲. بارهای عمودی و افقی

۶. تحلیل غیر خطی ستاتیکی:

برای اجرای تحلیل غیر خطی ستاتیک ابتدا ظرفیت مومنت پلاستیکی و تشنج سیالیت مقطع را به شرح ذیل دریافت میکنیم:

$$M_p = Z_x * F_y$$
$$N_y = A * F_y$$

جدول ۳ مقادیر ظرفیت مومنت پلاستیکی و تشنج سیالیت مقاطع استفاده شده را فهرست می کند

جدول ۳ ظرفیت مومنت پلاستیکی و تشنج سیالیت مقاطع

شماره	نوع مقطع	مساحت [cm2]	مودول پلاستیکی Zx [cm3]	مودول پلاستیکی Zy [cm3]	مومنت پلاستیکی Mpx [kN*cm]	مومنت پلاستیکی Mpy [kN*cm]	تشنج سیالیت [kN]
۱	H400x678	۸۶۴	۱۵۴۰۰	۷۶۸۵	۵۳۰۸۹۶	۲۶۴۹۳۱	۲۹۷۹۰.۷
۲	H400x340	۴۳۳	۶۹۹۷	۳۵۴۳	۲۴۱۲۱۳	۱۲۲۱۴۰	۱۴۹۳۰
۳	IPE 600	۱۵۶	۳۵۱۲	۴۸۶	۱۲۱۰۷۲	۱۶۷۵۵	۵۳۷۹

تحلیل غیر خطی ستاتیکی توسط پروگروام DYNAT 2 اجرا میشود. پروگرام DYNAT 2 پروگرام است که بطور خاص برای انجام تحلیل ستاتیکی غیر خطی و تحلیل دینامیکی ساختمان کود شده است. برای تحلیل ساختمان در این برنامه، نقاط هندسی ساختمان به شکل کوردینانت و متغیرها به کود تبدیل شده و وارد پروگرام میشود. تحلیل غیر خطی ستاتیکی مطابق با معادله ذیل توسطه پروگرام DYNAT 2 انجام شده است:

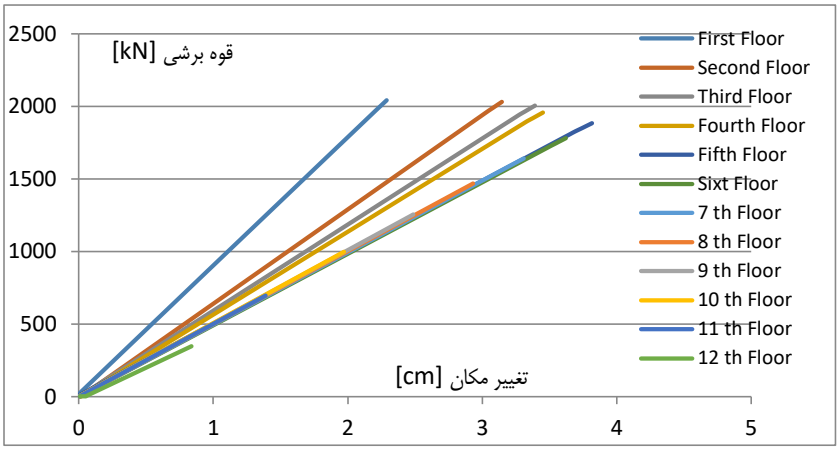
$$P = \{P_d\} + \lambda * \{H\}$$

Pd بار ثابت و موقت عمودی ساختمان است،H ، بار افقی است و l ضریب بزرگنمایی بار افقی است .هنگامی که l برابر با ۱ است، ساختمان در محدوده تقاضای خود بارگذاری میشود. در تحلیل غیرخطی ستاتیکی این ساختمان، دو نوع بار و یک نوع تغیرمکان در نظر گرفته شده است. در ابتدا ساختمان در محدوده تقاضای خود با ۱۰ مرحله بار عمودی و ۱۰۰ مرحله بار افقی بارگذاری میشود که هر دو به ترتیب دارای بزرگی ۰,۱ و ۰,۰۱هستند .این بارگذاری همان بارگذاری است که ساختمان برای آن طراحی شده است و پاسخ ساختمان در محدوده الاستیکی آن است. ثانیاً برای پی بردن به ظرفیت کامل ساختمان، ۴۰۰ قدم تغیر مکان افقی در جهت X با اندازه ۰,۲ سانتی متر در بالای ساختمان به بارهای عمودی و افقی اضافه میشود. از نتایج تحلیل غیر خطی ستاتیکی، ظرفیت برشی کل هر طبقه، انحراف طبقه، تغیرمکان و تشکیل مفصلهای پلاستیکی در انتهای گادرها و ستونها مشخص میشود.

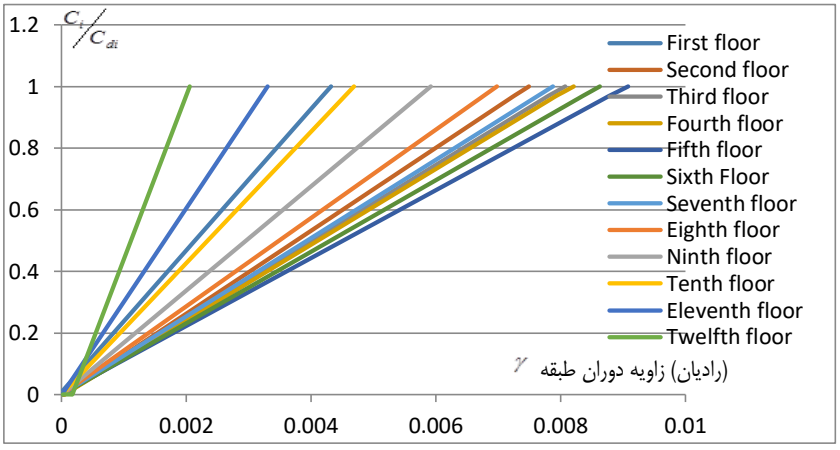
۶,۱ نتایج تحلیل غیر خطی ستاتیکی:

ظرفیت ساختمان در محدوده تقاضای آن:

در ابتدا ساختمان در محدوده تقاضای آن که عبارت است از بار ثابت، موقت و ضریب بارگذاری بار جانبی (مساوی به یک) می باشد، بارگذاری می شود. شکل ۳ رابطه بین نیروی برشی طبقه و انحراف طبقه را که رفتار ساختمان به شکل ارتجاعی است، نشان میدهد. نتیجه نیروی برشی طبقه و انحراف طبقه را نشان میدهد که طبقات دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم بیشترین انحراف طبقه را دارا اند و طبقات اول، هشتم، نهم، دهم، یازدهم و دوازدهم دارای انحراف طبقه کمتری هستند.



شکل ۳. رابطه بین نیروی برشی طبقه و تغییر مکان

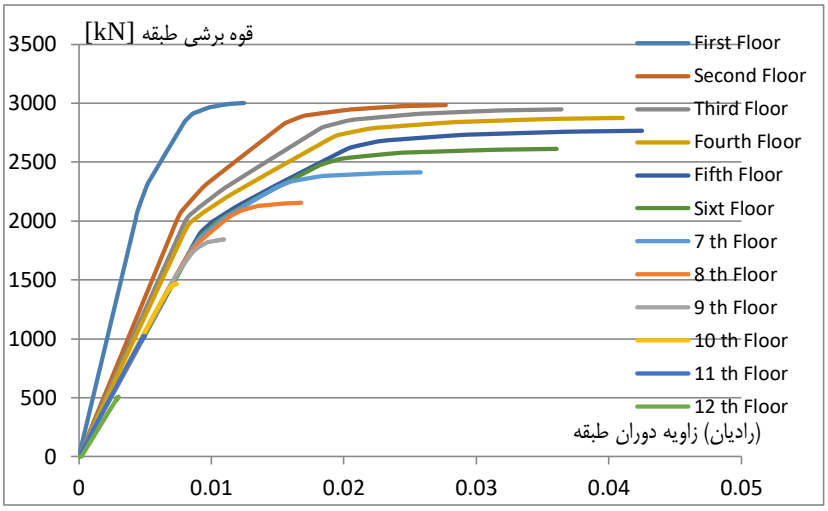


شکل ۴ رابطه بین زاویه دوران طبقه و ضریب برش نسبت به ضریب برشی طراحی نشان می دهد.

۶,۲ ظرفیت مکمل ساختمان و تشکیل شدن مفصلهای پلاستیکی:

برای پی بردن به ظرفیت کامل ساختمان ۴۰۰ قدم تغیر مکان افقی در جهت X با اندازه ۰,۲ سانتی متر در بالای ساختمان به بارهای عمودی و افقی اضافه میشود.

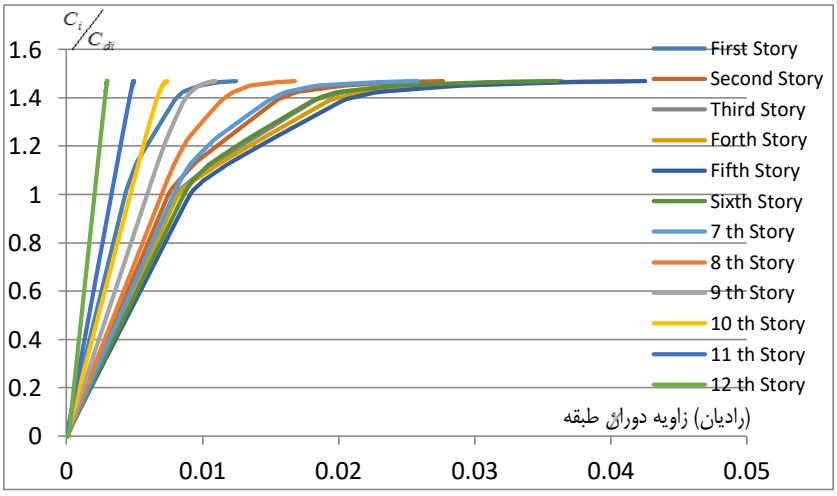
شکل ۵ رابطه بین نیروی برشی طبقه و انحراف منزل را نشان میدهد. نتیجه نیروی برشی طبقه و انحراف طبقه نشان میدهد که طبقات دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم بیشترین انحراف طبقه را دارند و طبقات اول، هشتم، نهم، دهم، یازدهم و دوازدهم دارای انحراف کمتری هستند.



شکل ۵. رابطه بین نیروی برشی طبقه و انحراف طبقه

شکل ۶ رابطه بین زوایای دوران طبقه و ضریب برشی نسبت به ضریب برشی طراحی.

این رابطه نشان می دهد که همه طبقات دارای نسبت ظرفیت به تقاضای یکسان هستند که برابر با ۱,۵ است. به این معنی که اگر ۱,۵ برابر نیروهای برشی اساس طراحی اعمال کنیم، ساختمان همچنان پایدار خواهد بود.



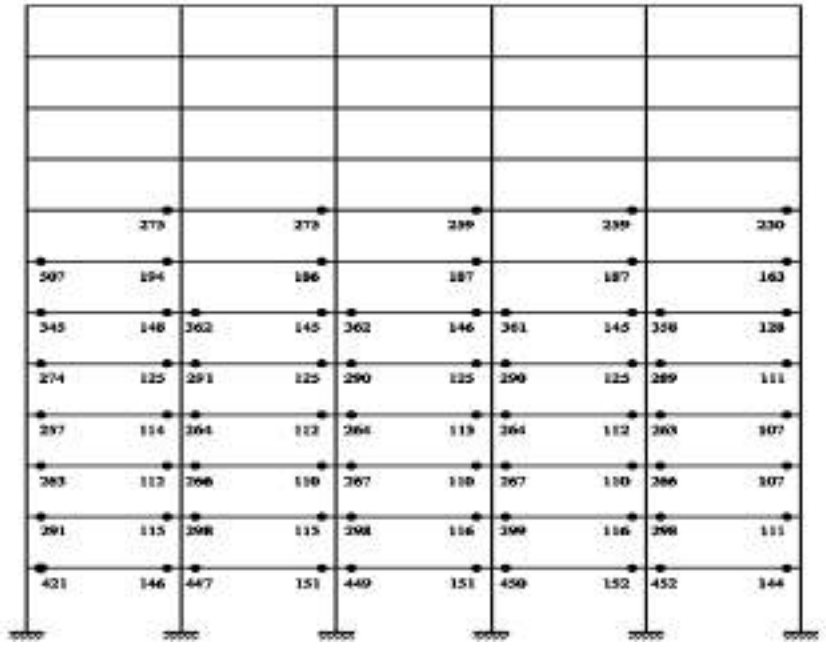
شکل ۶. رابطه بین نیروی برشی طبقه و زاویه چرخش طبقه

اساساً، یک مفصل پلاستیکی نشان‌دهنده رابطه نیرو-تغیرمکان موضعی یک عنصر را از طریق فازهای الاستیک و غیرالاستیک آن تحت بارهای زلزله نشان میدهد. مفصلها نقاطی روی ساختمان هستند که انتظار میرود درز خورده گی و سیالیت با شدت نسبتاً بالاتری رخ دهد به طوری که با نزدیک شدن به بارگذاری دورانی نهایی، تغیرشکل و تغیرمکان بالایی را نشان میدهند. مفصلها در دو انتهای گادر و پایه قرار دارند، موقعیت مفصلها در فاصله کمی از اتصالات قرار دارد. مفصل های پلاستیکی زمان بوجود می آیند که مقدار مومنت انحنایی و تشنج محوری بیشتر از مقادیر ظرفیت مومنت پلاستیکی و تشنج سیالیت مقاطع میشوند.

$$N > N_y,\ M > Mp$$

همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، گادرها از طبقه اول تا طبقه هشتم به حد سیالیت میرسند و دارای مفصلهای پلاستیکی هستند، ستونها به حد سیالیت نمیرسند. همچنان برخی از مفصلهای پلاستیکی در قدم های کمتر از ۱۱۰ رخ میدهند. در مرحله ۱۱۰، ساختمان تنها با نیروهای عمودی و افقی بارگذاری میشود. گادرهایی که در آنها مفصلهای پلاستیکی در قدمهای کمتر از ۱۱۰، در قدمهای ۱۱۰ و در قدمهای تا ۱۲۰ ایجاد میشوند، نقاط ضعف ساختمان هستند. بنابراین میتوان گفت که این مفاصل نمی توانند ۴۰۰ مرحله تغیرمکان افزایشی را تحمل کنند.

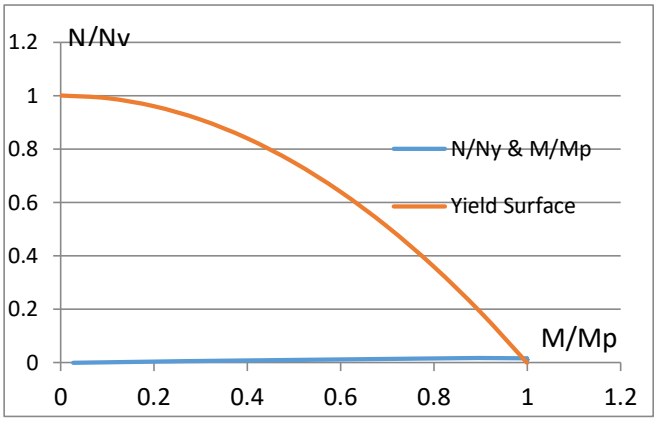
مفصلهای سمت راست هر گادر زودتر از مفصلهای چپ هر گادر تسلیم میشود زیرا مومنت ناشی از نیروهای زلزله ای و مومنت ناشی از بارهای عمودی در مفصل سمت راست علامت یکسانی دارند و در مفصل چپ علامت متفاوتی دارند. بنابراین، مفصلهای سمت راست تحت انحنای شدید تسلیم میشوند.



شکل ۷. تشکیل مفصل های پلاستیکی

شکل ۸ رابطه قوه محوری و مومنت انحنایی در سمت راست گادر منزل اول را نشان میدهد. در گادر مذکور قوه محوری بسیار کم است و مومنت انحنایی تاثیر بسزایی در پروسه پلاستیزه شدن دارد.

شکل ۹ دیاگرام مومنت انحنایی گادر سمت راست منزل اول از اثر بارهای عمودی و افقی نشان میدهد.

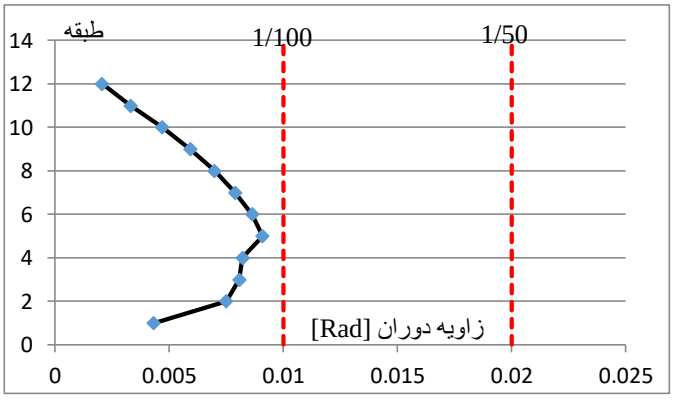


شکل ۸ رابطه قوه محوری و مومنت انحنایی گادر



شکل ۹ دیاگرام مومنت گادر سمت راست منزل اول

شکل ۱۰ توزیع انحراف طبقه ای در طول ارتفاع ساختمان را نشان می دهد. طبقه پنجم ساختمان دارای بیشترین انحراف طبقه و طبقه دوازدهم کوچکترین انحراف طبقه را دارد. به طور کلی در تحلیل ستاتیکی غیر خطی، بزرگترین انحراف منزل کوچکتر از ۱/۱۰۰ یا ۰,۰۱ است.



شکل ۱۰ رابطه انحراف و منازل

۶,۳ تحلیل دینامیکی ساختمان:

طبق کود ساختمانی افغانستان (ASC) حرکت زمین زلزله طراحی، حرکات زمین زلزله است که دو سوم حرکات حداکثر زلزله (MCER) در نظر گرفته میشود. خطر حد اکثر زلزله (MCER) برای ساختمان مورد هدف، طیف پاسخ ولایت

کابل است که مربوط به یک زلزله بسیار نادر با دوره کوتاه ۰,۲ ثانیه و دوره ۱,۰ ثانیه با احتمال تجاوز ٪۲ در ۵۰ سال میباشد. طیف پاسخ طراحی کود ساختمانی افغانستان (ASC) به صورت ذیل می باشد:

$$S_a(T,h)\begin{cases} S_{DS}(۰.۴ + ۰.۶\,T/T_0) & T \le T_0 \\ S_{DS} & T_0 < T \le T_S \\ S_{D1}/T & T_S < T \end{cases}$$

$$T_S = S_{D1}/S_{DS} \quad T_0 = 0.2S_{D1}/S_{DS}$$

T پریود طبیعی و h ضریب دمپنگ ساختمان است.

تعجیل طیف پاسخ برای ۱ ثانیه S_1 و ۰,۲ ثانیه S_S، که توسط کود ASC تعیین شده و توسط نقشه های تعجیل طیفی در دوره کوتاه ۰,۲ ثانیه و دوره ۱,۰ ثانیه برای همه موقعیتها در سراسر افغانستان ارایه میشود[۱۰].

برای کابل، نقشه خطر افغانستان و کود ساختمان افغانستان مقادیر زیر را ارائه میدهد:

$$S_S = 1.28g$$
$$S_1 = 0.51g$$

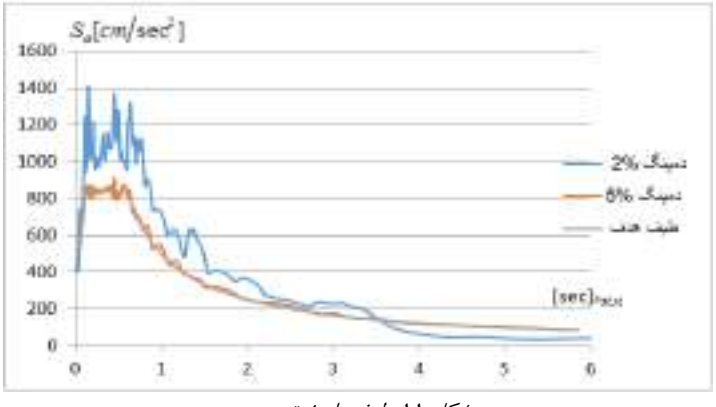
حداکثر تعجیل های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای دوره های کوتاه S_{MS} و دوره ۱ ثانیه S_{M1} تنظیم شده برای انواع خاکها به شرح زیر تعیین میشوند:

$$S_{MS} = F_a * S_s = 1.28*1 = 1.28g$$
$$S_{M1} = F_V * S_1 = 0.51*1.5 = 0.765g$$

پارامترهای شتاب پاسخ طیفی زلزله طراحی به شرح زیر تعیین شود:

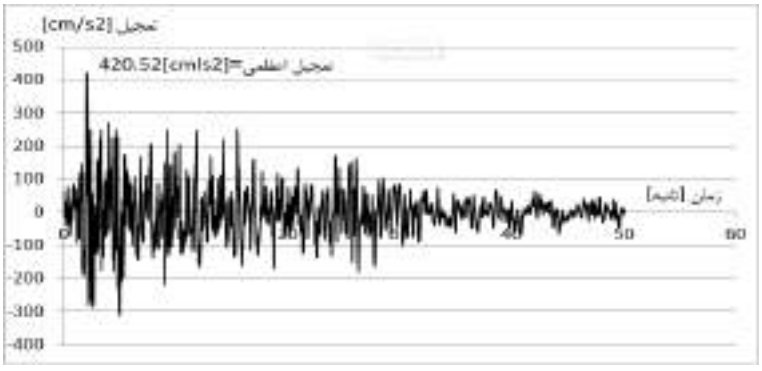
$$S_{DS} = 2/3*S_{MS} = 2/3*1.28 = 0.8533g$$
$$S_{D1} = 2/3*S_{M1} = 2/3*0.765 = 0.51g$$

طیف تعجیل پاسخ هدف کود ساختمانی افغانستان (ASC) برای ولایت کابل با دمپنگ ۵ درصد در شکل ۱۱ نشان داده شده است. برای انجام تحلیل پاسخ زلزله یی دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی، حرکت زلزله یی زمین شبیه سازی شده با طیف پاسخ ایجاد شده است. طیف پاسخ حرکت زمین شبیه سازی شده با طیف هدف مربوطه مطابقت دارد.



شکل ۱۱ طیف پاسخ تعجی

حرکت زمینی ایجاد شده مصنوعی دارای خصوصیات فازی موج حرکت زمین ثبت‌شده (El Centro NS) است. گراف زمانی تعجیل این سلسله حرکت مصنوعی زمین در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲ گراف سلسله زمانی تعجیل حرکت مصنوعی زمین

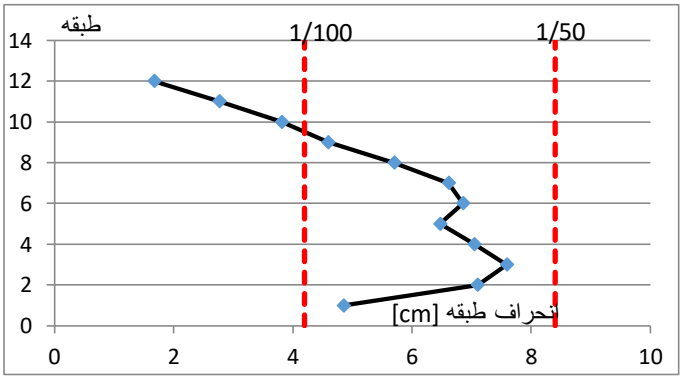
۷. نتایج تحلیل دینامیکی ساختمان:

در این تحقیق، حرکت ورودی زمین در جهت X در نظر گرفته شده است. از روش نیومارک-β با $\beta=1/4$ برای ادغام عددی استفاده میشود. فاصله زمانی محاسبه پاسخ $\Delta t = ۰.۰۲$ ثانیه برای مدت زمان ۵۰ ثانیه و تعداد ۲۵۰۰ قدم های محاسبه در نظر گرفته شده است. برعلاوه مترکس ریلی با ضریب دمپنگ ۲٪ پذیرفته شده است.

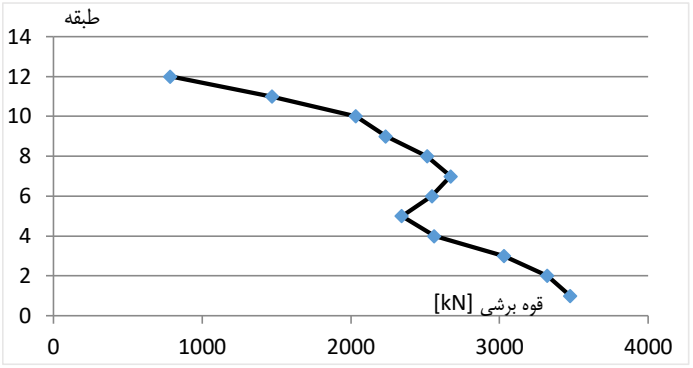
تحلیل پاسخ دینامیکی غیرخطی توسط برنامه DYNAT 2 انجام شده است.

شکل ۱۳ توزیع حداکثر انحراف طبقه هر منزل در امتداد ارتفاع ساختمان را نشان می دهد. شکل ۱۴ توزیع حداکثر نیروی برشی هر منزل را در ارتفاع ساختمان نشان میدهد.

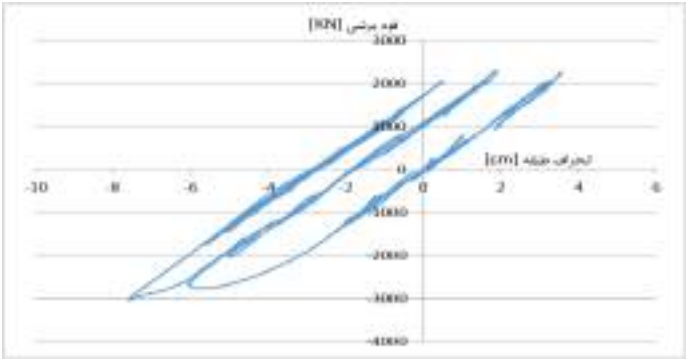
شکل ۱۵ تاریخچه زمانی رابطه بین نیروی برشی و انحراف طبقه منزل سوم را که بیشترین انحراف طبقه را دارد نشان میدهد.



شکل ۱۳ توزیع حداکثر انحراف طبقه



شکل ۱۴ توزیع حداکثر نیروی برشی



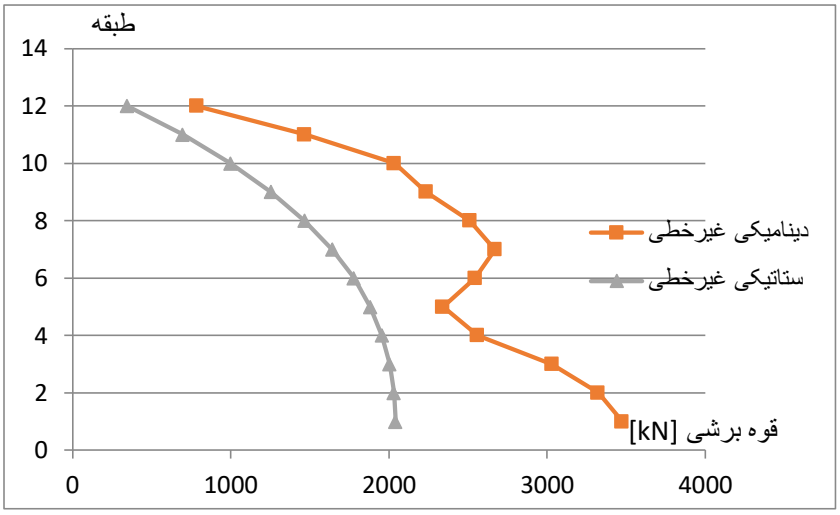
شکل ۱۵ تاریخچه زمانی رابطه بین نیروی برشی و انحراف طبق

ه

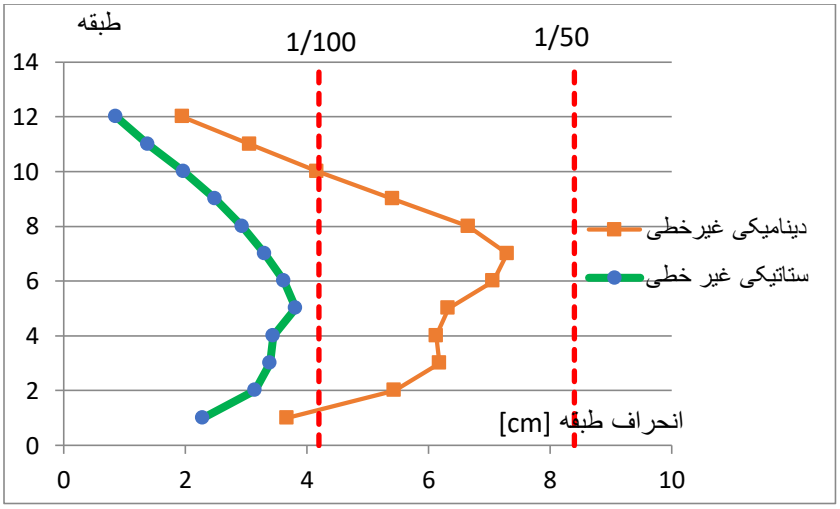
۸. مقایسه پارامترهای تحلیل غیرخطی ستاتیکی و دینامیکی:

شکل ۱۶ نیروی برشی اعظمی بدست آمده با روشهای تحلیل ستاتیکی غیر خطی و تحلیل تاریخچه زمانی را مقایسه میکند. شکل ۱۷ مقایسه توزیع حداکثر تغیرمکان در امتداد ارتفاع ساختمان به دست آمده از تحلیل ستاتیکی غیر خطی و تحلیل دینامیکی غیرخطی را نشان میدهد. شکل ۱۶ رابطه بین منزل و انحراف منازل بدست آمده با روشهای تحلیل ستاتیکی غیرخطی و تحلیل تاریخچه زمانی را مقایسه میکند. نتیجه رابطه بین منازل و انحراف منازل نشان می‌دهد که انحراف هر منزل به‌دست‌آمده از تحلیل ستاتیکی غیرخطی، کوچک‌تر از انحراف منزل به‌دست‌آمده از تحلیل دینامیکی غیرخطی است.

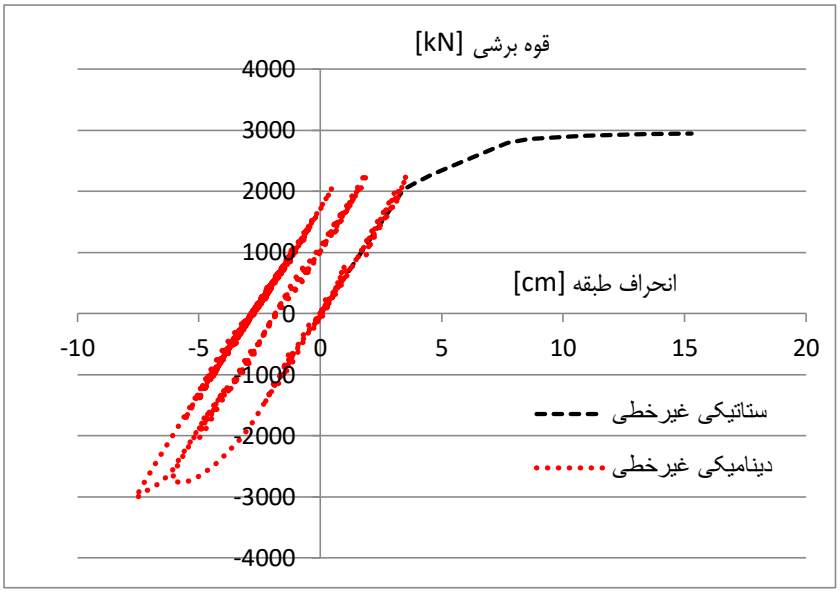
شکل ۱۸ مقایسه تاریخچه زمانی رابطه بین نیروی برشی و انحراف طبقه منزل هفتم را نشان میدهد که بیشترین انحراف طبقه را دارند. نتیجه تحلیل ستاتیکی غیر خطی نشان میدهد که این رابطه در محدوده خطی است و انحراف منازل نسبتاً کوچک است. از سوی دیگر، رابطه نیروی برشی و انحراف طبقه در تحلیل غیرخطی دینامیکی غیرخطی است زیرا غیرخطی بودن مواد در نظر گرفته می‌شود که منجر به تغییر شکل یا انحراف بالا طبقه و ظرفیت جذب نیروی برشی کم می‌شود.



شکل ۱۶ نیروی برشی اعظمی



شکل ۱۷ رابطه بین منزل و انحراف منازل



شکل ۱۸ رابطه بین منزل و انحراف منازل

۹. نتیجه گیری:

روشهای غیرخطی ستاتیکی و تاریخچه زمانی مورد مطالعه قرار گرفت در زیر برخی از مهم ترین نتایج حاصل از تحقیق بدست آمده است:

- تشخیص شده است که تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی دقیق ترین راه برای شبیه سازی پاسخ یا رفتار ساختمانهای است که در معرض سطوح قوی تحریک زلزله قرار دارند.
- تحلیل ستاتیکی غیر خطی الزامات سادگی را که اغلب در پروژه‌های انجنیری روزانه وجود دارد، برآورده می‌کند، زیرا دقیق‌ترین روش، تحلیل دینامیکی غیر خطی، به معلومات پیچیده نیاز دارد و به اندازه کافی ساده نیست که در انجنیری روزانه مورد استفاده قرار گیرد.
- در حالی که تحلیل‌های خطی ستاتیکی نمی‌توانند، الزامات مربوط به تصویر رفتار غیرخطی ساختمانهای فولادی را برآورده کنند، تحلیل ستاتیکی غیرخطی وسیله معتبری برای ارزیابی سختی، شخی، استحکام و شکل‌پذیری یک ساختمان فولادی در محدوده غیرالاستیک است.
- اگر مقطعها طوری دیزاین شود که در زمان وقوع زلزله در حالت الاستیکی باقی بماند قیمت ساختمان از لحاظ اقتصادی بلند میرود.
- با اجرای تحلیل غیر خطی ستاتیکی می توان ظرفیت ساختمان را معلوم نموده و از ظرفیت غیر الاستیکی مقطعها استفاده نموده ساختمان را بطور اقتصادی دیزان نمود.
- تحلیل ستاتیکی غیرخطی اجازه میدهد تا تخمین دقیق از اینکه کدام عناصر ساختمانی در هنگام زلزله تسلیم میشوند و چگونه و چه زمانی مکانیسم های پلاستیکی ایجاد می شوند ، را بدست آورد.

۱۰. پیشنهادات:

در افغانستان دیزاین ساختمانها تنها به اساس روش خطی قوه ستاتیکی صورت میگیرد و استفاده از روش غیر خطی ستاتیکی و تحلیل دینامیکی یا ستفاده از طریقه تحلیل تاریخچه زمانی که به طریقه مصنوعی بوجود میآید، بسیار معمول نیست. با رایج ساختن این میتود ها میتوان ساختمانها را قبل از اعمار بطور دقیق تحلیل، ارزیابی و تحقیق نمود.

به اساس مطالعه فوق پیشنهادهای ذیل در مورد تحقیق بیشتر در این بخش قابل اهمیت است:

- ارزیابی و بررسی ساختمانهای موجوده برای تقویت و ترمیم آن توسط روشهای ذکر شده.
- تحقیق بیشتر در این مورد با استفاده بیشتر از یک ریکارد زلزله مصنوعی.

مأخذ:

[1] A. Das, P. Guha “Comparative Study of the Static and Dynamic Seismic Analysis of RC regular and irregular frame structures” International Journal of Scientific & Engineering Research

[2] P. N. Juni, S.C. Gupta, V. R. Patel “Nonlinear Dynamic Time History Analysis of Multistoried RCC Residential G+23 Building for Different Seismic Intensities” International Journal of Engineering Research & Science, Vol-3, Issue-3, March- 2017

[3] P.Eswaramoorthi, P.Magudeaswaran, A. Dinesh “Pushover Analysis of Steel Frame” International Journal of Advanced Engineering Technology, 08 July 2016

[4] K. A. Zagade, A. Patil, A.Galatage “A Review Paper on Time History Analysis / Non Linear Dynamic Analysis of High Rise Building Using Etabs” International Journal of Creative Research Thoughts, Volume 9, Issue 7 July 2021

[5] N. I. Doudoumis, C. Kotanidis, I. N. Doudoumis “A Comparative Study on Static Push-Over and Time-History Analysis Methods in Base Isolated Buildings” First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland [6] K. V. Rathod, S. Gupta, “A Nonlinear Time History Analysis of Ten Storey Rcc Building”, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 07 Issue: 06 June 2020

[7] Minimum Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2006

[8] Afghan Structural Code, Afghan National Standard Authority, April 2012.

[9] W. T. SEGUI, LRFD Steel Design, University of Memphis U.S., Global Engineering2013

[10] O. S. Boyd, C. S. Mueller, and K. S Rukstales “Preliminary Earthquake Hazard Map of Afghanistan,” US Geological Survey, Reston, Virginia, Report 2007-1137

بیوگرافی مؤلفین



پوهنیار دیپلوم انجنیر محمد ناصر امین استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمانهای پوهنحی ساختمانی پوهنتون پولیتخنیک کابل می باشد. وی فارغ التحصیل رشته ساختمان های صنعتی ومدنی پوهنتون پولی تخنیک کابل در سال ۱۳۸۹ بوده و درجه ماستری را در بخش انجنیری سیول از پوهنتون تویوهاشی کشور جاپان در سال ۱۳۹۶ بدست آورده است. ساحه تحقیق وی ارزیابی سیسمیکی ساختمانهای فلزی و کانکریتی، مطالعه وسایل که باعث کاهش تغیر مکان زلزله در ساختمان میشود و مدیریت کیفیت و مدیریت خطر در پروژه های ساختمانی است.



پوهاند دوکتور امان الله فقیری استاد دیپارتمنت اداره اعمار ساختمانهای پوهنحی ساختمانی پوهنتون پولیتخنیک کابل می باشد. وی فارغ التحصیل به سطح ماستری در رشته ساختمان های صنعتی ومدنی پوهنتون پولی تخنیک کابل در سال ۱۳۷۱ بوده و درجه دوکتورا را در بخش انجنیری سیول از کشور هندوستان در سال ۱۳۹۶ بدست آورده است. ساحه تحقیق وی روش تحقیق، رهبری و مدیریت، مدیریت قرارداد ها و مطالفه خواص کانکریت است.