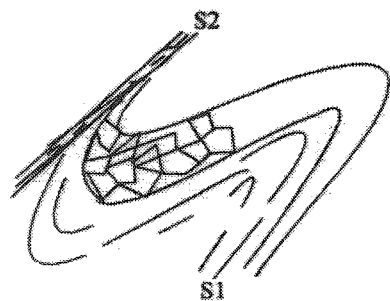
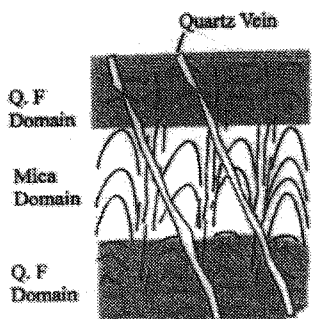


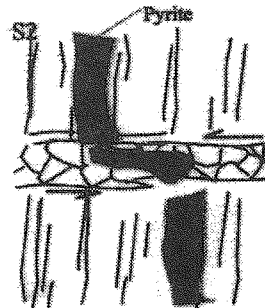
a)



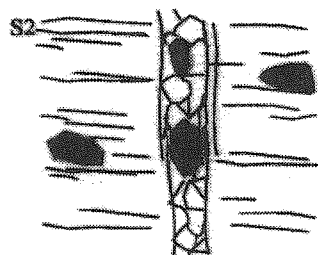
b)



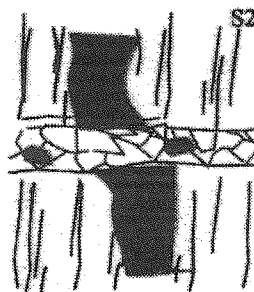
c)



d) Quartz vein & Truncated pyrite

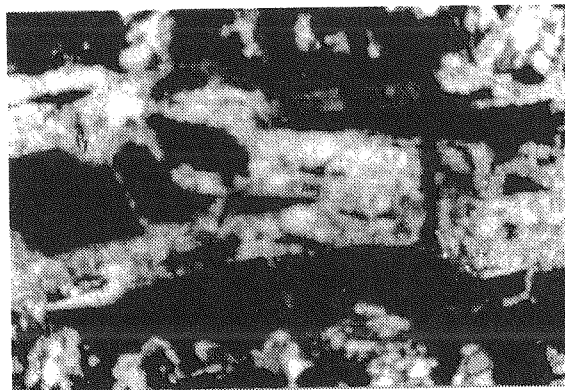


e) Transtention crack filled by quartz & idiomorph pyrite



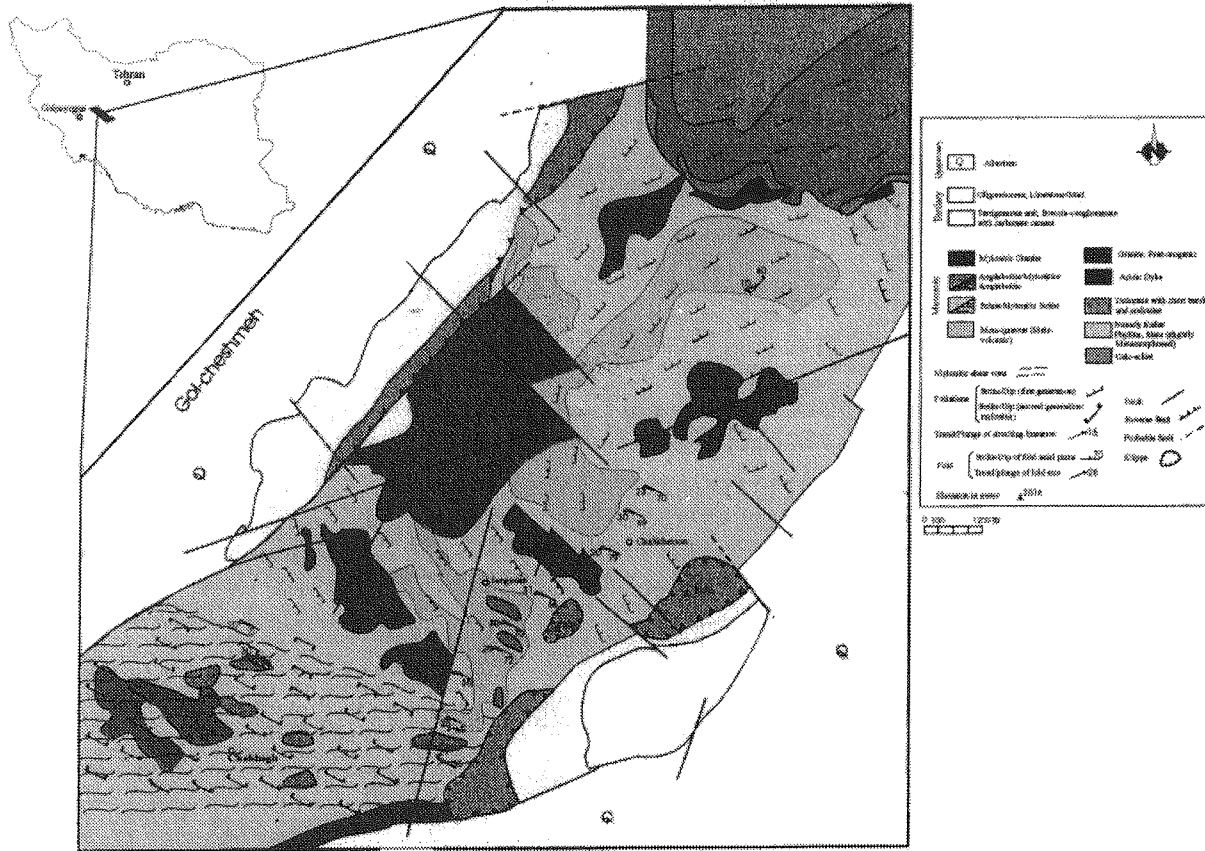
f) Transtention crack filled by aragonite & pyrite

شکل (۶) = a موقعیت برگواره های نوع اول و نوع دوم در مقطع نازک chmol نشان می دهد b = برگواره سطح محوری توسعه این برگواره در ریز چین های سنگ های دگرگونی منطقه (مقطع نازک 78.se3) c = ارتباط رگه های کوارتزی برگواره s_1 و s_2 در مقطع نازک 78.Ech 1 d = رگه کوارتزی و بریدگی پیریت های اولیه e = توسعه رگه های کوارتزی حاوی پیریت طلا دار f = رگه حاوی آراگونیت و پیریت و قطع شدگی پیریت های اولیه.



تصویر (۶) وضعیت یکسری از رگه های کانه دار طلا که برگواره غالب را قطع می کند را نشان می دهد. در رگه بلورهای آراگونیت و قطعاتی از پیریت های طلا دار قطع شده زمینه سنگ مشاهده می شود.

STRUCTURAL & GEOLOGICAL MAP OF NORTH-EAST OF GOLPAYEGAN



نقشه (1)

مراجع

Golpayegan Quadrangle Map, 1:250000, Geological Survey of Iran, Map No.E7.
 [5] Ramsay, J.G. and Huber, M.I(1987), The Techniques of modern structural geology. Volume1: Strain Analysis. Academic press, London.
 [6] Ramsay, J.G. and Huber, M.I(1987), The Techniques of modern structural geology. Volume2: Folds & Fractures. Academic press, London.

[1] سهندی، محمدرضا، حاج ملاعلی، عبدالعظیم و کاظمی، مصطفی (۱۳۶۰) مختصری در مورد مجموعه متامورفیک منطقه مویه مینرالیزاسیون طلا در این منطقه گزارش سازمان زمین شناسی کشور ص ۷۰.
 [2] شریفی، مرتضی (۱۳۷۶) زمین شناسی و پترولوژی سنگ های دگرگونی و آذرین شمال شرق گلپایگان رساله کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.
 [3] فرهنگی - عباس (۱۳۶۱) طرح اکتشافی و تجهیز معادن طلای مویه (شرح مفصل عملیات انجام شده از سال ۵۹ لغایت ۶۰) انتشارات اداره کل معادن و ذوب فلزات.
 [4] Thiele, etal. (1968) Explanatory Text of the

اثر مؤلفه قائم زلزله بر پاسخ ساختمانهای متکی بر تکیه گاههای لغزشی

اصغر فولادگر
دانشجوی دکترا

حمزه شکیب
دانشیار

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این مطالعه پاسخ لرزه ای ساختمان یک طبقه ایده آل متکی بر تکیه گاه لغزشی خالص تحت حرکات قوی زمین با تحریک سه مؤلفه ای (دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم) جهت بررسی اثر مؤلفه قائم زلزله مورد ارزیابی قرار گرفته است. سختی لایه لغزشی در دو جهت افقی به صورت کشسان بسیار سخت - کاملاً مومسان در نظر گرفته شده است. یک منحنی اندرکنش دایره ای بین تنش ها در دو جهت افقی و عمود بر هم به گونه ای که مؤلفه قائم زلزله بر تنش های عمودی تأثیر می گذارد و حد تابع تسلیم دایره ای را در هر زمان تغییر می دهد، بکار گرفته شده است. تأثیرات اندرکنش در دو جهت افقی و اثر مؤلفه قائم بر روی پاسخ های افقی بررسی شده است. پاسخ ها تحت تحریکات سه مؤلفه ای و دو مؤلفه ای با پاسخ ها تحت تحریک یک مؤلفه ای که به طور مستقل در هر جهت اعمال گردیده، مقایسه شده است. نتایج این تحقیق، نشان می دهد که اثر مؤلفه قائم زلزله بر پاسخ ساختمانهای متکی بر تکیه گاههای لغزشی قابل توجه می باشد که لازم است برای این گونه سازه ها، خصوصاً سازه های با پیوند کم در نظر گرفته شود.

کلمات کلیدی

ساختمان های متکی بر تکیه گاه لغزشی، مؤلفه قائم زلزله

Effect of Vertical Earthquake Component on The Response of The Pure - Friction Buildings

H. Shakib
Associate Professor

A. Fuladgar
Ph.D Student

Department of Civil Engineering,
University Tarbiat Modarres

Abstract

In this study, seismic response of an idealized single storey structure with sliding support to three directional (i.e. two horizontal and the vertical components) earthquake ground motion is investigated. The frictional forces mobilized at the sliding support are assumed to have ideal Coulomb-friction characteristics. A circular interaction curve between stresses in two orthogonal directions is assumed and the vertical stresses in base are affected by vertical component earthquake. The effects of bidirectional interaction and vertical components of stress in base on the response are investigated by comparing the responses to three components earthquake excitations with the corresponding responses produced by two components earthquake excitation and the application of single component excitation in each direction independently. The results indicated that effects of vertical component are significant and should be considered in low period structures.

Key Words

Pure - Friction Buildings, Vertical Component of earthquake

بررسی کرده اند. آنها نتیجه گرفتند که اثر مؤلفه قائم بر روی پاسخ ها مخصوصاً تحت حرکات هارمونیک تکیه گاه، قابل توجه می باشد. مستقل و همکاران [۱۲] اثرات مؤلفه قائم حرکت زمین را در مورد زلزله ال سنترو، بر پاسخ های سیستم های جداساز از نوع Resilient-Friction Base Isolator (R-FBI) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که برای زلزله ال سنترو ۱۹۴۰، اثر مؤلفه قائم بر روی پاسخهای افقی سیستم های R-FBI عموماً حدود یک درصد می باشد.

موخا [۱۳] و همکاران یک سری مطالعات تجربی بر روی تکیه گاههای لغزشی انجام دادند و نتیجه گرفتند که بین مؤلفه های نیروهای اصطکاکی ایجاد شده در لایه لغزشی، نیروهای ناشی از اندرکنش به میزان قابل توجهی می تواند وجود داشته باشد.

پاسخ سازه های جدا شده از زمین با تکیه گاه لغزشی خالص تحت حرکات هارمونیک تکیه گاه بطور همزمان در دو جهت و همچنین تحت زلزله های واقعی توسط جانگید [۸ و ۷] بررسی شده است. در ایران نیز فلاح و سعادتپور [۱۶]، محمدی تهرانی، تهرانی زاده و حسنی [۱۷]، شکیب و مذهب [۱۸] بر روی سیستمهای لغزشی، مطالعات جالبی انجام داده اند که در این مطالعات از اثر مؤلفه قائم زلزله صرف نظر شده است.

حد تنش های اصطکاکی تابعی از تنش های عمودی بر روی فونداسیون می باشد و از این رو وقتی سیستم لغزشی تحت حرکات عمودی زمین لرزه قرار می گیرد، تنش های اصطکاکی نیز تغییر خواهند کرد.

با وجود انجام تحقیقات متعدد در این زمینه، تعداد بسیار اندکی مطالعه در خصوص رفتار لرزه ای ساختمانهای با تکیه گاه لغزشی تحت تحریکات همزمان سه مؤلفه زلزله (دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم) انجام گرفته است.

در این مقاله پاسخ ساختمان ایده ال شده با تکیه گاه لغزشی خالص تحت تحریکات همزمان و غیر همزمان سه مؤلفه زلزله های طیس (۱۹۷۸) و نورتریج (۱۹۹۴) مورد بررسی قرار می گیرد که با انجام یک سری مطالعات پارامتریک اثر مؤلفه قائم بر پاسخ این سیستم ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نکاتی در خصوص طراحی آنها ارائه می گردد.

سیستم و مدل سازه ای

یک ساختمان ایده ال شده کثسان متکی بر روی یک تکیه گاه لغزشی خالص در شکل ۱ نشان داده شده است. این سیستم به صورت یک ساختمان برشی یک طبق سه بعدی

انتقال حرکت زمین به سازه ها به طور مؤثری می تواند از طریق یک سیستم جداساز از زمین در محل فونداسیون، کنترل شود. در این سیستم ها می بایست یک نگرش خاص در طراحی فونداسیون مدنظر قرار گیرد تا شدت حرکت انتقالی زمین به سازه فوقانی محدود شود. در سالهای اخیر طراحی ضدلرزه ای به روش جداسازی، توجه قابل ملاحظه ای را به خود جلب کرده است. این روش جداسازی توانایی بسیار مهمی در حفظ ساختمانها در برابر زلزله ایجاد می کند. مفهوم اصلی در روش جداسازی عبارتست از کاهش فرکانس اصلی سازه به مقادیری پایین تر تا حدی که انرژی زلزله ها در این فرکانسها بسیار کم شود. با تعبیه سیستم جداساز در فونداسیون سازه، انرژی قابل توجهی از زلزله تلف گردیده که در نتیجه شتابهای انتقالی به سازه فوقانی به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد.

سیستم های جداساز متعددی شامل تکیه گاههای لاستیکی لایه ای (Laminated Rubber Bearing)، تکیه گاههای غلنگی (Roller Bearing) معرفی شده اند. اخیراً، تحقیقات گسترده ای بر سیستم های جداساز از نوع اصطکاکی خالص انجام شده است. ساده ترین نوع سیستم اصطکاکی عبارتست از: سیستم اصطکاکی خالص (Pure-Friction) که به سیستم های P-F معروف [۸-۱] می باشند.

سازه های لغزشی تحت تحریکات هارمونیک تکیه گاه بوسیله مستقل و همکاران [۱] و وسترمو و آوادیا [۳] مطالعه شده است. همچنین پاسخ یک سازه برشی تحت تحریکات زلزله توسط مستقل و تنباکوجی [۲] مورد بررسی قرار گرفته است. یونیس و تاج بخش [۴] اعمال یک سیستم دوبعدی لغزش نسبی بین اجسام صلب را مورد ارزیابی قرار داده اند. مدل های تجربی بر روی میز لرزه به وسیله لی و همکاران [۵]، ایبا و همکاران [۶] برای مقایسه با نتایج محاسباتی در مورد سازه های لغزشی تحت تحریک سینوسی [۵] و حرکات زلزله های واقعی در سه جهت [۶] بررسی شده است. در مسائل مربوط به سازه های لغزشی عموماً یک ناپیوستگی وجود دارد و آن به دلیل وجود معادلات حرکت مختلف برای فازهای لغزشی و غیر لغزشی است. در نتیجه حل معادلات دیفرانسیل حرکت دارای یک پیچیدگی خاص خواهد بود. برای فائق شدن بر این مسئله، یانک و همکاران [۹] پیشنهاد کردند که یک فنر مجازی در محل تکیه گاه لغزشی مدل شود که آن فنر دارای سختی خیلی زیاد برای حالت غیر لغزش و صفر برای حالت لغزش باشد. لین و تاج بخش [۱۰] و لیو و همکاران [۱۱] با در نظر گرفتن یک مدل دوبعدی، اثرات مؤلفه قائم زلزله را بر روی پاسخ سیستم های جداساز لغزشی خالص

$$M_s = \begin{bmatrix} m_b & & & & & & & \\ & m_b & & & & & & \\ & & m_b & & & & & \\ & & & m_s & & & & \\ & & & & m_s & & & \\ & 0 & & & & m_s & & \\ & & & & & & m_s & \\ & & & & & & & m_s \end{bmatrix} \quad (2)$$

که در آن m_b جرم فونداسیون و m_s جرم سازه فوقانی می باشد. در المان فنر و میراگر، رابطه زیر بین تراکشن های (traction) عمل کننده روی تکیه گاه لغزشی و تغییر مکانهای نسبی وجود دارد که بصورت زیر بیان می شود:

$$t = D\delta \quad (3)$$

که بسط ماتریسی آن در این حالت برابر است با:

$$\begin{bmatrix} t_{s1} \\ t_{s2} \\ t_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{s1} & 0 & 0 \\ & k_{s2} & 0 \\ sy_m & & k_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix} \quad (4)$$

که t ، D و δ به ترتیب عبارتند از: بردار تراکشن، ماتریس الاستیسیته و بردار تغییر مکانهای نسبی. t_{s1} و t_{s2} تراکشن های برشی در جهات x ، y و t_n فشار تماس عمودی می باشد. k_{s1} ، k_{s2} و k_n به ترتیب سختی های برشی در دو جهت x ، y و سختی عمودی می باشند.

ماتریس سختی المان فنر و میراگر عبارتست از: $k_c = Da$ که در آن a سطح فونداسیون است. اگر تنش ها از مقاومت برشی تکیه گاه لغزشی زیادتر شود لغزش اتفاق می افتد. تابع تسلیم عبارتست از:

$$F_s = t_s + \kappa \quad (5)$$

که در آن:

$$t_s = \sqrt{t_{s1}^2 + t_{s2}^2} \quad (6)$$

و

$$\kappa = \mu t_n \quad (7)$$

در رابطه فوق μ ضریب اصطکاک است. در تابع تسلیم یک منحنی اندرکنش دایره ای بین تنش ها در دو جهت افقی عمود برهم فرض شده است. تنش های عمودی t_n در فونداسیون

مدل شده که شامل یک دال صلب است که به کمک چهار ستون بر روی یک کف صلب متکی بر المانهای لغزشی قرار گرفته است که این سیستم سازه ای در معرض حرکات سه مؤلفه ای زلزله قرار می گیرد.

سازه فوقانی حول دو محور افقی عمود بر هم و محور قائم، متقارن می باشد. در واقع هیچ کوپل پیچشی با حرکات جانبی ایجاد نمی شود. نیروهای قائم منتقل شده به تکیه گاه لغزشی شامل بار ثقلی و مؤلفه قائم زلزله، به طور یکنواخت به سطح تماس بر روی تکیه گاه لغزشی توزیع می شود. سختی لایه لغزشی در دو جهت افقی به صورت کشسان بسیار سخت - کاملاً مومسان می باشد. سازه فوقانی می تواند در اثر بارهای جانبی بدون بلندشدگی بلغزد. ضریب اصطکاک بین شالوده و کف در طول تحریک، ثابت باقی می ماند و با سرعت، شتاب، جهت لغزش و نیروی قائم وارده تغییر نمی کند. جرم ستونها در مقایسه با جرم دال و کف ناچیز است و حرکتهای زمین به طور یکنواخت به شالوده ساختمان وارد می شود. تکیه گاه لغزشی بوسیله یک المان فنر و میراگر مدل می شود. جرم فونداسیون که باکف صلب مدل شده است بر روی المان فنر و میراگر قرار می گیرد. تحت شرایط استاتیکی، المان فنر و میراگر در معرض نیروی عکس العمل عمودی ناشی از نیروی وزن ساختمان قرار می گیرد.

سازه فوقانی بوسیله یک المان مدل می شود که دارای دو گره می باشد. یکی در مرکز جرم فونداسیون و دیگری در مرکز جرم دال صلب. در هر گره سه درجه آزادی در نظر گرفته می شود که آنها عبارتند از: تغییر مکانهای جرم فونداسیون (X_b, Y_b, Z_b) و تغییر مکانهای سازه فوقانی (X_s, Y_s, Z_s) نسبت به زمین در سه جهت عمود بر هم X ، Y و Z (شکل ۱). ماتریس سختی سازه فوقانی با توجه به فرضیات فوق بصورت زیر نوشته می شود:

$$k_s = \begin{bmatrix} k_{bb} & k_{bs} \\ k_{sb} & k_{ss} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 & -k_x & 0 & 0 \\ & k_y & 0 & 0 & -k_y & 0 \\ & & k_z & 0 & 0 & -k_z \\ & & & k_x & 0 & 0 \\ sy_m & & & & k_y & 0 \\ & & & & & k_z \end{bmatrix} \quad (8)$$

که در آن k_x ، k_y ، k_z به ترتیب سختی های سازه فوقانی در جهات X ، Y و Z هستند. ماتریس جرم این سازه، قطری و عبارتست از:

که در تابع تسلیم مؤثر است بوسیله مؤلفه زلزله تغییر می کند. موقعی که تنش ها بر روی تابع تسلیم باشند k_{sy} و k_{sx} صفر در نظر گرفته می شوند. ($k_{sy} = k_{sx} = 0$) بدلیل اینکه مدل کشسان بسیار سخت - کاملاً مومسان یک حد معینی برای سطح تسلیم قائل است در محاسبات نمودی تنش، برای بدست آوردن تنش ها روی سطح تسلیم در هر جزء (increment) از روش برگشت شعاعی (Radial Return Procedure) [15] استفاده شده است.

معادلات تعادل سیستم دینامیکی

معادله دیفرانسیل حاکم حرکت برای کل سیستم (سازه فوقانی و تکیه گاه لغزشی) می تواند به صورت ماتریسی به شکل زیر بیان شود:

$$M \ddot{a} + C \dot{a} + P(a) = -M \ddot{a}_g \quad (8)$$

که در آن a بردار تغییر مکان کل سیستم می باشد که دارای شش مؤلفه است. سه مؤلفه تغییر مکان در فونداسیون و سه مؤلفه تغییر مکان در سازه فوقانی (شکل ۱). M عبارتست از ماتریس جرم قطری کل سیستم، C عبارتست از ماتریس استهلاک و یسکوز کل سیستم، P عبارتست از بردار نیروهای داخلی غیر خطی کل سیستم که تابعی از پارامترهای گره ای می باشد. وقتی که تابع تسلیم در المان فنر - میراگر نقض نشده باشد، $P(a)$ برابر با Ka می شود که K ماتریس سختی کل سیستم است و از جمع بندی کردن (assembling) ماتریس سختی المان سازه فوقانی و ماتریس سختی المان فنر و میراگر بدست می آید و وقتی تابع تسلیم در المان فنر - میراگر نقض شود $P(a)$ از مجموع نیروهای داخلی سازه فوقانی خطی و نیروهای داخلی المان فنر - میراگر که روی سطح تسلیم هستند به دست می آید.

بردار \ddot{a}_g عبارتست از دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه عمودی حرکات زمین ($\ddot{x}_g(t)$, $\ddot{y}_g(t)$, $\ddot{z}_g(t)$). ماتریس استهلاک به صورت ضرائبی از ماتریس جرم و سختی در نظر گرفته می شود.

$$C = \alpha M + \beta K \quad (9)$$

با فرض اینکه دو مود اول طبیعی ارتعاشی سیستم کوپل شده دارای ضرائب استهلاک مشابه β هستند ضرائب α و β به روش ریلی به دست می آید. [۱۴] معادله دیفرانسیل حرکت (معادله ۸) به شکل نمودی و با استفاده از روش «نیومارک بتا» با فرض شتاب متوسط ثابت

در فواصل زمانی Δt حل می شود. در مراحل همگرایی، از روش نیوتون رافسون برای حل مسئله غیر خطی استفاده می شود و تکرار تا آنجائی ادامه پیدا می کند تا به یک تعداد تکرار معین و یا تلورانس خطای قابل قبول نائل شود. از یک تلورانس انرژی برای پایان دادن تکرار و به دست آمدن همگرایی استفاده می شود.

مطالعه عددی

پاسخ یک سازه فوقانی با تکیه گاههای لغزشی تحت زلزله سه مؤلفه ای (دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم) بررسی شده است. پاسخ های سیستم که در این مطالعه انتخاب می شوند عبارتند از: شتاب مطلق سازه فوقانی در جهت X ($\ddot{x}_a = \ddot{x}_s + \ddot{x}_g$) و در جهت Y ($\ddot{y}_a = \ddot{y}_s + \ddot{y}_g$) و تغییر مکان نسبی پی ناشی از لغزش (X_p , Y_p).

شتاب مطلق سازه فوقانی ناشی از زلزله مستقیماً با نیروهای طراحی (نیروهای برشی و ممانهای خمشی) ارتباط دارد و اندازه تغییر مکان بین سازه جدا شده و زمین از نقطه نظر طراحی سیستم لغزشی در پی از اهمیت بسزائی برخوردار است. به جهت مطالعه اثرات تحریک زلزله دو مؤلفه ای و سه مؤلفه ای، پاسخ سیستم با و بدون مؤلفه قائم با سیستم یک مؤلفه ای (در هر جهت افقی به طور مستقل یک مؤلفه وارد می شود) مقایسه خواهد شد. از دو تحریک زلزله بسیار قوی در این مطالعه استفاده می شود. دو زلزله انتخابی عبارتند از: زلزله طبس ایران ۱۹۷۸ و زلزله نورتریج آمریکا ۱۹۹۴. زلزله طبس بدلیل اینکه یکی از قویترین زلزله های ایران می باشد و مؤلفه قائم آن نیز قابل توجه است، انتخاب شده است و زلزله نورتریج نیز یک زلزله بسیار قوی است که برای طراحی سازه های جدا شده توسط آیین نامه ها توصیه شده است. سه مؤلفه زلزله نورتریج در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این مطالعه پاسخهای سیستم با و بدون مؤلفه قائم به ترتیب به عنوان سه مؤلفه ای (three components) و دو مؤلفه ای (two components) در نظر گرفته شده است. پاسخ سیستم همچنین برای مؤلفه های مشابه (درجهت X و Y فقط) که به طور مستقل در هر جهت عمل می کنند و بدین دلیل هیچ اندرکنشی بین تنشهای اصطکاکی در دو جهت عمود بر هم افقی وجود ندارد، به عنوان زلزله یک مؤلفه ای (single component) در نظر گرفته شده است.

در این مطالعه پریود سازه فوقانی با تکیه گاه صلب (بدون لغزش) در جهت X و Y یکسان در نظر گرفته می شود $T_s = 2\pi \sqrt{\frac{m_s}{k_x}} = 2\pi \sqrt{\frac{m_s}{k_y}}$ و نسبت پریود در جهت Z به جهت X یا Y برابر 0.5 در نظر گرفته شده است. نسبت

استهلاک سیستم در سه جهت ۵ درصد استهلاک بحرانی می باشد. ضریب اصطکاک تکیه گاه لغزشی $\mu = 0.1$ و نسبت جرمها m_b/m_s برابر یک است. در سطح لغزش، در حالت غیر لغزشی (داخل سطح تسلیم) سختی های برشی و عمودی مقادیر خیلی بالایی عددی در نظر گرفته شده است.

پاسخ سیستم نسبت به زمان شروع لغزش حساس می باشد مخصوصاً وقتی مؤلفه قائم در نظر گرفته شود. برای همین می بایست در محاسبات عددی فاصله زمانی Δt خیلی کوچک در نظر گرفته شود. بعد از سعی و خطای فراوان نتیجه گرفته شد که $\Delta t = 0.002$ برای تمام موارد، جوابهای دقیقی ارائه خواهد کرد. در مورد زلزله نورتریج در بعضی از زمانها و در بعضی از پریودهای سازه ای در همسایگی انتقال فاز خطی به غیر خطی و در جاهایی که تغییرات شتاب زیاد بود، $\Delta t = 0.002$ نیز استفاده شده است. تلورانس همگرایی برای تکرار $\frac{|E(i)|}{|E(i)|} = 10 \times 10^{-16}$ انتخاب شد. ماکزیمم تعداد تکرار در هر قدم زمانی عدد ۱۵ در نظر گرفته شد.

در شکل های ۳ و ۴ تغییرات زمانی شتاب مطلق سازه فوقانی (\ddot{x}_a, \ddot{y}_a) و تغییر مکان پی لغزشی در جهات X و Y برای زلزله نورتریج ۱۹۹۴ یک مؤلفه ای، دو مؤلفه ای و سه مؤلفه ای رسم شده است. شکل ۳ نشان می دهد که طبیعت تغییرات شتاب تقریباً برای سه مورد مشابه است و می توان نتیجه گرفت شتاب مطلق سازه فوقانی برای حرکت زمین در حالت دو مؤلفه ای در مقایسه با یک مؤلفه ای کمتر می باشد و شتاب مطلق سازه فوقانی برای حرکت زمین سه مؤلفه ای نسبت به حرکت زمین دو مؤلفه ای یا یک مؤلفه ای مختلف می باشد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است تغییر مکان دائم پی برای حالت های حرکت زمین سه مؤلفه ای و یک مؤلفه ای با هم فرق می کند. اختلاف زیادی در تغییر مکان ماکزیمم پی بین حرکت زمین دو یا سه مؤلفه ای نمی باشد. منتها این اختلاف در حرکت زمین یک مؤلفه ای نسبت به دو مورد دیگر زیاد است.

طیف شتاب مطلق سازه فوقانی $[\sqrt{(\ddot{x}_a)_{max}^2 + (\ddot{y}_a)_{max}^2}]$ با و بدون تکیه گاه لغزشی در شکل ۵ برای نشان دادن قابلیت تأثیر سازه های جدا شده برای دو زلزله طیس و نورتریج رسم شده است. همانطور که در شکل به وضوح مشخص است، تکیه گاه لغزشی بطور قابل ملاحظه ای در کاهش پاسخ سازه فوقانی تحت زلزله مؤثر است.

در شکل ۶ تغییرات شتاب مطلق ماکزیمم سازه فوقانی $[\sqrt{(\ddot{x}_a)_{max}^2 + (\ddot{y}_a)_{max}^2}]$ در مقابل پریود سازه فوقانی برای دو زلزله واقعی رسم شده است. همانطور که از روند منحنی ها در شکل ۶ مشخص است می توان دریافت که مؤلفه قائم حرکت بر روی پاسخهای شتاب مطلق اثر قابل توجه دارد.

این تأثیر برای سازه های با پریود کم ($T_s < 0.7$) مؤثرتر می باشد و اثر آن برای ($T_s < 0.7$) کمتر خواهد شد. نتایج این مطالعه نشان می دهد برای سازه های با پریود ($T_s < 0.5$) اگر از اثر مؤلفه قائم صرف نظر شود شتاب مطلق سازه فوقانی ممکن است دست پایین برآورد شود که این، از نقطه نظر طراحی در خلاف جهت اطمینان است. استفاده از حرکت زمین یک مؤلفه ای نیز در مورد شتاب مطلق سازه فوقانی جهت استفاده در طراحی دست بالا خواهد بود. هر چند برای پریودهای کم ($T_s < 0.5$) مقادیر سه مؤلفه ای و یک مؤلفه ای به یکدیگر نزدیک تر می شود.

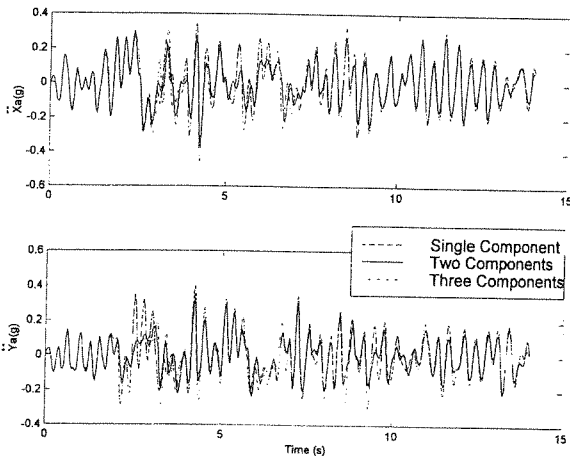
در شکل ۷ و ۸ تغییرات تغییر مکان ماکزیمم $[\sqrt{(x_b)_{max}^2 + (y_b)_{max}^2}]$ و تغییر مکان دائم پی لغزشی $[\sqrt{(x_b)^2 + (y_b)^2}]$ در مقابل T_s رسم شده است. همانطور که از روی منحنی ها مشخص است تغییر مکان دائم و ماکزیمم پی تحت حرکت زمین یک مؤلفه ای کلاً با حرکت دو یا سه مؤلفه ای تفاوت دارد و نمی توان معیار طراحی را براساس حرکت زمین یک مؤلفه ای قرار داد. زیرا در بعضی از سازه ها ممکن است (وابسته به نوع زلزله و پریود سازه) دست پایین و در بعضی دیگر دست بالا باشد. این اختلاف در تغییر مکان، بین حرکت دو مؤلفه ای و حرکت زمین سه مؤلفه ای کمتر می باشد، با این حال اختلافات قابل توجه است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که برای طراحی ایمن این گونه از سازه ها می بایست تحلیل، مبتنی بر تحریکات همزمان هر سه مؤلفه زلزله طرح باشد.

اختلاف تغییر مکان ماکزیمم پی تحت حرکت زمین دو مؤلفه ای و سه مؤلفه ای با توجه به شکل های ۷ و ۸ کمتر از ۸ درصد می باشد. به هر حال می بایست در این مورد تحقیقات گسترده تری انجام شود تا بتوان از آن در طراحی ها استفاده کرد. آنچه مسلم است به هیچ وجه نمی توان از نتایج حرکت زمین یک مؤلفه ای در طراحی تغییر مکان پی استفاده کرد.

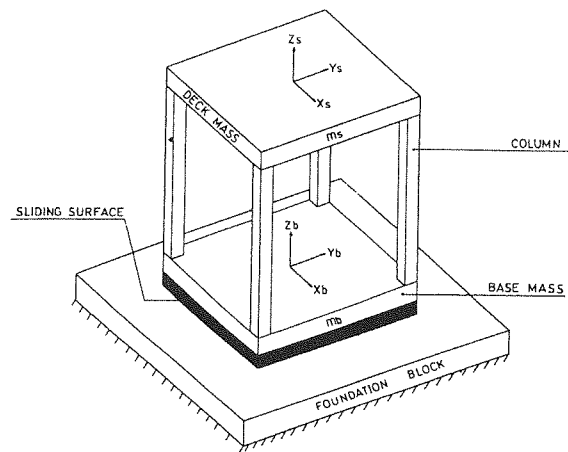
نتیجه گیری

پاسخ ساختمان ایده ال لغزشی خالص تحت مؤلفه های افقی زلزله در دو جهت با و بدون مؤلفه قائم مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج آن با حرکت یک مؤلفه ای (اندرکنش بین تنش های اصطکاکی ایجاد شده در تکیه گاه لغزشی در دو جهت عمود بر هم وجود ندارد) مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که حرکت زمین دو مؤلفه ای نسبت به حرکت زمین یک مؤلفه ای، شتاب مطلق سازه فوقانی را کاهش می دهد و تغییر مکانهای پی لغزشی را وابسته به پریود سازه فوقانی کمتر یا زیادتر می کند.

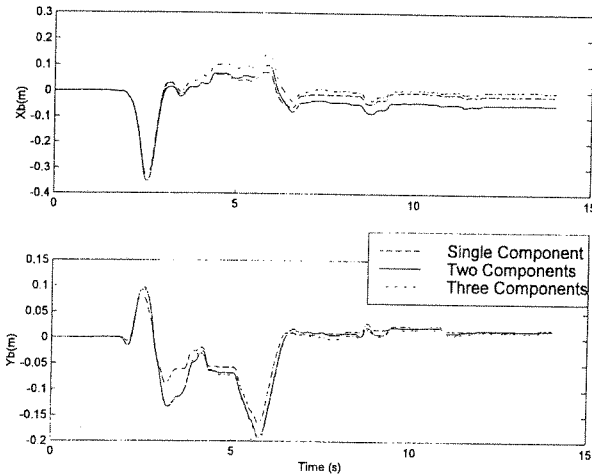
بنابراین اگر از اندرکنش تنش‌های اصطکاکی در دو جهت صرف نظر شود و سازه لغزشی فقط براساس حرکت زمین یک مؤلفه ای طراحی شود، طراحی ممکن است دست بالا و یا دست پایین برآورد شود. پس به هیچ وجه نمی‌بایست در طراحی تغییر مکان پی از حرکت زمین یک مؤلفه ای استفاده کرد. نتایج نشان می‌دهد که شتاب مطلق سازه فوقانی مخصوصاً برای سازه‌های با پریود کم تحت تأثیر مؤلفه عمودی زلزله قرار می‌گیرد. اختلاف خیلی زیاد در تغییر مکان دائم و بیشینه پی مابین حرکت زمین دو مؤلفه ای و سه مؤلفه ای وجود ندارد ولی بهرحال این اختلافات برای بعضی پریودها قابل ملاحظه است. در نهایت معقول است که اثر مؤلفه قائم زلزله برای ارزیابی پاسخهای افقی سازه همیشه مدنظر قرار گیرد.



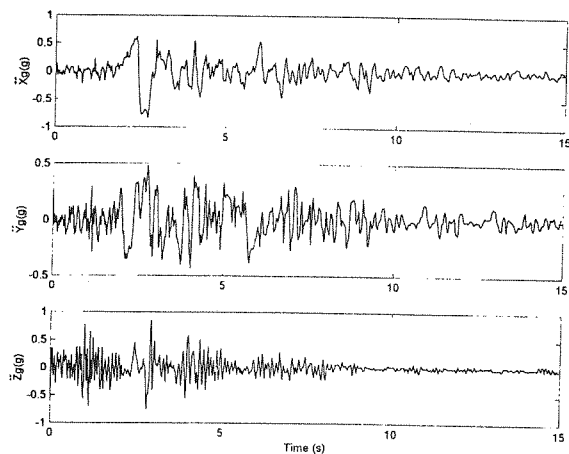
شکل (۳) تغییرات تاریخچه زمانی شتاب مطلق سازه فوقانی برای مؤلفه‌های مختلف زلزله نورتریج ($T_p=0.35$).



شکل (۱) ساختمان ایده‌آل شده یک طبقه با تکیه‌گاه لغزشی.

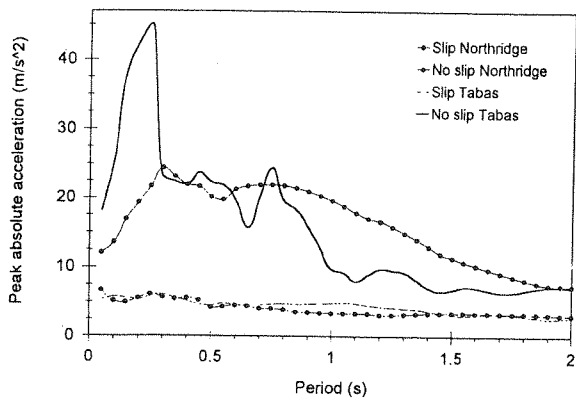


شکل (۴) تغییرات تاریخچه زمانی تغییر مکانهای پایه برای مؤلفه‌های مختلف زلزله نورتریج ($T_p=0.35$).



شکل (۴) شتابنگاشت تصحیح شده برای زلزله نورتریج، ایستگاه رینالدی (Rinaldi Receiving Station)

- a- مؤلفه افقی زلزله در جهت X
- b- مؤلفه افقی زلزله در جهت Y
- c- مؤلفه قائم زلزله در جهت Z



شکل (۵) تغییرات بیشینه شتاب مطلق سازه فوقانی نسبت به پریود با و بدون لغزش برای زلزله‌های طیس و نورتریج.