آنالیزیک قاب پرتال بر اساس تعریف سختی فنر پیچی معادل ، مبتنی بر اندر کنش خاک و سازه

محسن زارع پور نصیر آبادی

دانشجوی مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان (تلفن : ۰۹۱۷۳۱۷۵۲۱۵)

چکیده:

گاهی تخمین چرخش پی ضرورت دارد. این مشکل مربوط به پی هایی است که در معرض لنگرهای لرزه ای قرار دارند که ایجاد لرزش می کنند. اما برای چرخش های ایستایی مانند زمانی که ستون لنگر واژگون کننده وارد می کند، نوعی تخمین چرخش ضرورت دارد .چرخش پی باعث افت لنگر ناشی از تحلیل سازه می شود به طوری که گاهی اوقات ،مقدار این افت به حدی است که کاملا مقدار لنگر ناشی از تحلیل سازه را خنثی می کند و این جمله به این معناست که رفتار مجموعه ستون ، پی و خاک زیر آن به صورت یک تکیه گاه مفصلی می باشد .چرخش پی به پارامتر هایی از قبیل :ضریب پواسون خاک (μ)، مدول الاستیسیته خاک ، زیر پی(E_S)، ضلعی از پی که لنگر بر روی آن عمل می کند (B)، ضلع دیگر پی (L)، لنگر واژگونی که توسط بعد B پی در مقابل آن مقاومت می شود (M) و مقدار ضریب تاثیر I_θ ، که برای پی های صلب و ا نعطاف پذیر با توجه به نسبت $\frac{L}{B}$ مقادیری به صورت جدول ارائه شده اند، بستگی دارد.حال در این طرح یک قاب پرتال یک دهنه را که بر روی یک پی انعطاف پذیر قرار دارد و تحت یک بار گذاری می باشد را به کمک برنامه ETABS آنا لیز شد و مقدار لنگر های ستون ها محاسبه گردید . سپس برای خاکهای با E_S های مختلف مقدار دوران پی را بدست آوردیم و بر اساس این دوران یک فنر پیچشی با یک سختی مناسب ، محاسبه گردید .بعد این فنر با سختی بدست آمده را دوباره در تکیه گاه قاب قرار دادیم وآن را آنالیز کردیم و باز هم مقدار θ (دورا ن پی) و از روی آن مقدار K را محا سبه کردیم. حال این عمل را آنقدر تکرار شد . تا K به سمت یک عددی همگرا شد و سپس این سختی را به عنوان سختی فنر پیچشی معادل انتخاب گردید در این مقاله نمودار تغییرات K (سختی فنر پیچشی معادل)براساس تغییرات Es (مدول الاستیسیته خاک زیر پی)و همچنین نمودار تغییرات نسبت لنگری که بعد از معادل سازی بدست می آیدبه لنگر اولیه حاصل از آنالیز قاب بر اساس تغییرات Es ارائه شده است. از این تحقیق نتیجه می گیریم که هر چه مقدار Es خاک بزرگتر بوده مقدار دوران پی وافت لنگر های ستون کوچکتر و مقدار سختی فنر معادل بزرگتر می شود .

کلمات کلیدی :

چرخش پی ، اندر کنش خاک وسازه ،افت لنگر ،سختی فنر پیچشی معادل ،ETABS

مقدمه :

گـرچه درمحاسـبات نـیروی اعمالی زلزله بر سازه ، معمولاً تکیه گاه آن صلب و تغییر شکل ناپذیر فـرض مـی گـردد و از انعطاف پذیری خاک زیر سازه صرفنظر میشود، ولی مشاهدات وتجربیات گذشـته ، نشانگر این واقعیت است که عامل تغییر شکل پذیری خاک ، علاوه بر تغییر خصوصیات حرکـت آزاد زمیـن (Free- field-motion) درسـطح،که بـه صورت مفصل عمل می کند ، ممکن است به علت اندرکنش یاسازه ،تغییرات قابل ملاحظه ای در واکنش سازه در مقابل زلزله نیز ایجاد نماید .

اندرکـنش سـازه و خاک رامی توان به صورت عامل تغییر حرکت آزاد زمین توسط سازه و خاک اطراف پی دانست که در مقایسه با حالتی که پی صلب فرض گردد ، دارای اثرات ذیل می باشد :

الف) شکل مودها و تواتر های سازه را تغییر می دهد .

ب) قسمت اعظم انرژی ارتعاشی ، توسط میرایی هندسی یا تشعشعی

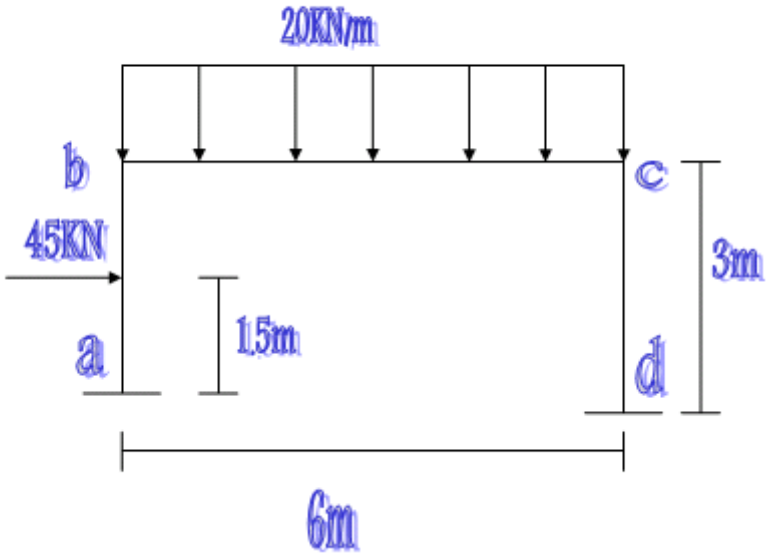
(Geometricd or radiation damping) و میرایی داخلی با مصالح

(Internd or materid damping) مربوط به خاک زیرپی ، زائل می گردد .

تأثیر پدیده اندرکنش برروی واکنش سازه ممکن است در مقایسه با واکنش سازه واقع بر تکیه گاه صـلب ، بسته به خصوصیات سازه وخاک ،به صورت کاهنده و تقلیل دهنده (attenuation) ویا به صـورت افزایـنده وتقویـت کنـنده (amplification) باشـد . مـوارد اشاره شده در فوق نشانگر این واقعیـت اسـت کـه بررسـی و تعیین رفتار سازه در مقابل زلزله صرفنظر نمودن از پدیده اندر کنش سازه و خاک ،کاری عبث و بی نتیجه میباشد .

سازه انتخابی

سـازه انتخابی یک قاب پرتال یک دهنه با طول دهانهٔ ٦m وارتفاع ۳ m می باشدبه طوری که تحت یک بارگسترده یکنواخت قائم ۲۰ KN/M درامتداد bc ویک بار متمرکز ٤٥KN که در میانهٔ امتداد ab واقـع شده است ،قرار دارد . ابعاد ستون را $۰/٤۲^{m} \times ۰/٤۲^{m}$ انتخاب کرده همچنین فرض را بر ایـن گذاشـتیم که سازه دارای یک پی انعطاف پذیربا ابعاد $۰/۵^{m} \times ۲^{m} \times ۳^{m}$ می باشد ومقدار E_C را برابر $۲۷/٦ \times ۱۰^{۳}$ Mpa اختیار کردیم .



آنالیز سازه

برنامه ای که برای آنالیز این سازه استفاده شده است برنامه ETABS میباشد . مراحل آنالیز به این صورت است که در ابتداسازه را تحت بارهای وارد شده به آن ، مدل کردیم به گونه ای که در آنالیز اولیه تکیه گاه را به صورت گیر دار درنظر گرفتیم و سپس لنگر پای ستونها را بدست آورده آنها را یادداشت کردیم . ($M_{ab} = ۳۰ , kN$ و $M_{dc} = ۲۵/۳۷ kN$)

محاسبه مقداردوران پی :

مقدار دوران پی را ار رابطهٔ زیر بدست می آوریم :

رابطهٔ (۱) θ I $\frac{M}{B^2 L}$ $\frac{1-\mu^2}{E_S}$ $= \tan\theta$

که دراین رابطه :

M : لنگر واژگونی که توسط بعد B پی درمقابل آن مقاومت می شود .

M : ضریب پواسون (۰/۵ – ۰/۱)

E_s : مدول الاستیسیتهٔ خاک زیر پی

B: ضلعی از پی که لنگر برروی آن عمل می کند .

L :ضلع دیگر پی

I_θ : ضـریب تأثیرکه برای پی های صلب و انعطاف پذیر با توجه به نسبت $\frac{L}{B}$ با استفاده از جدول ۱ بدست می آید .

جدول ۱ :ضرایب تأثیر I_θ جهت محاسبهٔ چرخشی پی

$\frac{L}{B}$	I_θ پی انعطاف پذیر	I_θ پی صلب
۰/۱	۱/۰٤٥	۱/٥۹
۰/۲	۱/٦	۲/٤۲
۰/٥	۲/٥۱	۳/٥٤
۰/۷٥	۲/۹۱	۳/۹٤
۱	۳/۱٥	٤/۱۷
۱/٥	۳/٤۳	٤/٤٤
۲	۳/٥۷	٤/٥۹
۳	۳/۷	٤/٤۷
٥	۳/۷۷	٤/۸۷
۱۰	۳/۸۱	٤/۹۸
۱۰۰	۳/۸۲	٥/۰٦

حـال دراین تحقـیق خاکهـای مختلف با مدول الاستیسیتهٔ مختلف را به عنوان خاک زیر پی درنظر گرفـته ، ومقـدار ضـریب پـواس (μ) تمـام خاکها را عدد ثابت ۰/۳ ملاک محاسبات قرار داده ، و همچنیـن ضـلعی از پـی را کـه لنگر برروی آن عمل می کند را ضلع ۳ متری در نظر گرفته ایم . با توجـه بـه توضـیحات بـالا تـنها پارمترهایـی کـه ازرابطهٔ ۱ باقی می مانند مقادیر I_θ و M میباشند که مقـدار I_θ ،بـا مشـخص شدن مقادیر L و B و همچنین نوع پی (انعطاف پذیر – صلب) بااستفاده ازجدول شمارهٔ ۱ بدست آمده ومقدار M هم ، همان لنگر حاصل ازآنالیز قاب می باشد .

μ_S نسبت پواسون	E_S lb/in^2	E_S mn/m^2	نوع خاک	
۰/۲۰– ۰/٤۰	۱ ۵۰۰–۳ ۵۰۰	۱۰/۳۵–۲٤/۱۵	Loose sand	ماسهٔشل
۰/۲۵–۰/٤۰	۲ ۵۰۰–٤ ۰۰۰	۱۷/۲۵–۲۷/٦۰	Medium dense sand	ماسه با تراکم متوسط
۰/۳۰–۰/٤۵	۵ ۰۰۰–۸ ۰۰۰	۳٤/۵–۵۵/۲۰	dense sand	ماسهٔ تراکم
۰/۲۰–۰/٤۰	۱ ۵۰۰–۲ ۵۰۰	۱۰/۳۵–۱۷/۲۵	Silty sand	ماسهٔ لای دار
۰/۱۵–۰/۳۵	۱۰ ۰۰۰–۲۵ ۰۰۰	٦۹/۰۰–۱۷۲/۵۰	Sand and gravel	ماسه و شن
۰/۱۵–۰/۳۵	۳۰۰–۷۵۰	۲/۰۷–۵/۱۸	soft clay	رس نرم
۰/۲۰–۰/۵۰	۷۵۰–۱ ۵۰۰	۵/۱۸–۱۰/۳۵	Medium clay	رس متوسط
۰/۲۰–۰/۵	۱ ۵۰۰–۳ ۵۰۰	۱۰/۳۵–۲٤/۱۵	Stiff clay	رس سفت

بدست آوردن I_θ : چون مقدار B= ۳ و L = ۲ وپی ما از نوع انعطاف پذیر می باشد درنتیجه :

$$\frac{L}{B}=0.67$$

حال بااستفاده از جدول ۱واینتر پوله کردن مقدار I_θ رابرابر۲/۸ بدست می آوریم .

سپس جداولی مانند جداول ۳ و ٤ ترسیم نموده و مقادیر θ را برای هر خاک با مدول الاستیستهٔ خاص خود ، با استفاده از رابطهٔ ۱ برای دو ستون ab و dc بدست آورده و درجدول یاد داشت کردیم .

بدست آوردن سختی فنر پیچشی معادل

حال با معلوم بودن مقدار θ برای خاکهای با مدول الاستیسیتهٔ مختلف میتوانیم برای تمام خاکها ، با استفاده از رابطهٔ ۲ مقدارسختی فنرپیچشی را بدست آوریم .

رابطه۲

$$K=\frac{M}{\theta}$$

(θ را باید برحسب رادیان در فرمول قرار داد)

پس ازاینکه مقدار K بدست آمد ، مراحل زیر را انجام می دهیم :

۱- یک فنر پیچشی باسختی K به جای تکیه گاه گیر دار قرار داده و تکیه گاه را در دوجهت دیگر فیکس در نظر میگیریم .

۲- قاب را تحت بارهای وارده قرار می دهیم و سپس قاب را آنالیزکرده ولنگرپای ستون را بدست می آوریم .

۳- با استفاده از رابطهٔ ۱مقدارθ را بدست می آوریم که البته مقدار لنگری راکه این بار دراین رابطه قرار می دهیم لنگری است که طبق موردقبل(مورد ۲) بدست آمده است .

٤- پس ازبدست آوردن مقدار θ آن رادر رابطهٔ $k = \frac{M}{\theta}$ قرار می دهیم (θ برحسب رادیان) ومقدار K را بدست می آوریم .

٥- مراحل بالا را (۱ تا٤) آنقدر تکرارمی کنیم تا مقدار سختی فنر پیچشی بدست آمده به سمت یک عدد همگرا شود و سپس این عدد رابعنوان سختی فنر پیچشی معادل انتخاب می کنیم .در این تحقیق تعدادتکراری که باعث شد عدد K بسمت یک عدد همگرا شود٦ مرحله میباشد.

همانطور که از جداول ۳ و ٤ ملاحظه می شود مراحل بالا برای دو ستون ab و cd بااین توضیح که خاکهای مختلف با مدول الاستیسیتهٔ مختلف را به عنوان خاک زیر پی انتخاب کرده ایم ، انجام شده است .

(جدول ۳ و٤ صفحات بعد)

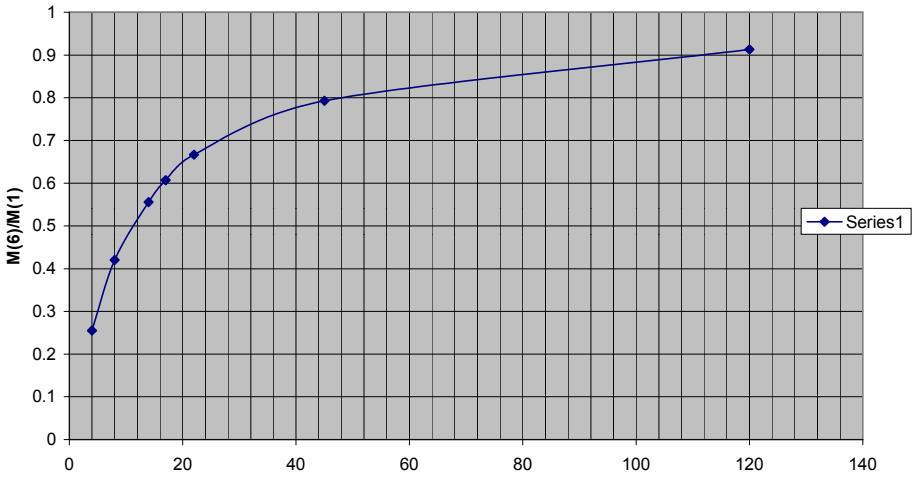
جدول ۳

	M_1	θ_1	$\left[\frac{M}{\theta}\right]_{K_1=}$	M_2	θ_2	K_2	M_3	θ_3	K_3	M_4	θ_4	K_4	M_5	θ_5	K_5	اشخابی M	اشخابی K
E_s= 4	۲۵/۲۷	-۰/۰۵	۲۰۰۰/۵۱	۷/۶	+۰/۰۱۵	۲۰۰۲۵۸	۷/۶۱	+۰/۰۱۵	۲۰۰۲۵۲	۷/۸۱	+۰/۰۱۵۸	۲۰۰۲۲۲	۷/۸۹	+۰/۰۱۵۹	۲۰۰۱۲۵۸		
E_s= 8	۲۵/۲۷	-۰/۲۰۷	۵۰۰۰	۱۱/۹۲	+۰/۰۱۱۸	۹۹۰۰۱۸	۱۱/۸	+۰/۰۱۱۹	۹۹۱۰۲۲	۱۱/۷۸	+۰/۰۱۱۹	۹۹۱۸	۱۱/۹۶	+۰/۰۱۱۹	۹۹۲۱۲۷		
E_s= 14	۲۵/۲۷	-۰/۵۱۶	۹۹۰۱/۲۲	۱۶/۴۱	+۰/۰۰۸۹	۱۹۲۰۰۲۲	۱۶/۲۸	+۰/۰۰۸۹	۱۹۰۱۲۲۰	۱۶/۲۶	+۰/۰۰۸۸	۱۰۰۰۲/۱۷	۱۶/۴۰	+۰/۰۰۸۹	۱۹۲۲۲۲		
E_s= 17	۲۵/۲۷	-۰/۶۲۵	۱۲۰۱۲/۲۲	۱۶/۰۶	+۰/۰۰۷۹	۱۲۰۱۰۲/۰۰	۱۶/۰۲	+۰/۰۰۷۸	۱۲۱۱۲۲/۸	۱۶/۶۴	+۰/۰۰۷۹	۱۲۰۲۸۲/۱	۱۶/۶	+۰/۰۰۷۹	۱۲۰۲۴۲/۱		
E_s= 22	۲۵/۲۷	-۰/۰۱۲۰	۱۰۰۱۲/۱۸	۱۸/۰۲	+۰/۰۰۶۶	۱۰۰۱۲۸/۱۸	۱۸/۰۹	+۰/۰۰۶۶	۱۰۰۰۲۲/۰۲	۱۸/۰۹	+۰/۰۰۶۶	۱۰۰۰۲۲/۰۲	۱۸/۱۲	+۰/۰۰۶۹	۱۰۰۰۲/۱۸		
E_s= 45	۲۵/۲۷	-۰/۰۰۶۷	۳۸۰۰/۲۲	۲۲/۰۹	+۰/۰۰۴۰	۳۲۰۰۲/۱۸	۲۲/۲۲	+۰/۰۰۳۸	۳۲۱۱۰۰/۲	۲۲/۲۶	+۰/۰۰۳۸	۳۲۰۰۲۲/۱	۲۲/۳۸	+۰/۰۰۳۸	۳۲۲۱۲۱/۱۱		
E_s= 120	۲۵/۲۷	-۰/۰۰۲۵	۸۰۰۰۰/۱۸	۲۲/۲۴	+۰/۰۰۱۶	۸۰۰۰۲۲/۱۲	۲۲/۲۷	+۰/۰۰۱۶	۸۰۰۲۲۲/۲۲	۲۲/۲۹	+۰/۰۰۱۶	۸۰۰۲۲۲/۲۲	۲۲/۳۸	+۰/۰۰۱۹	۸۰۰۲۲۲/۲۲		
ستون ab																	

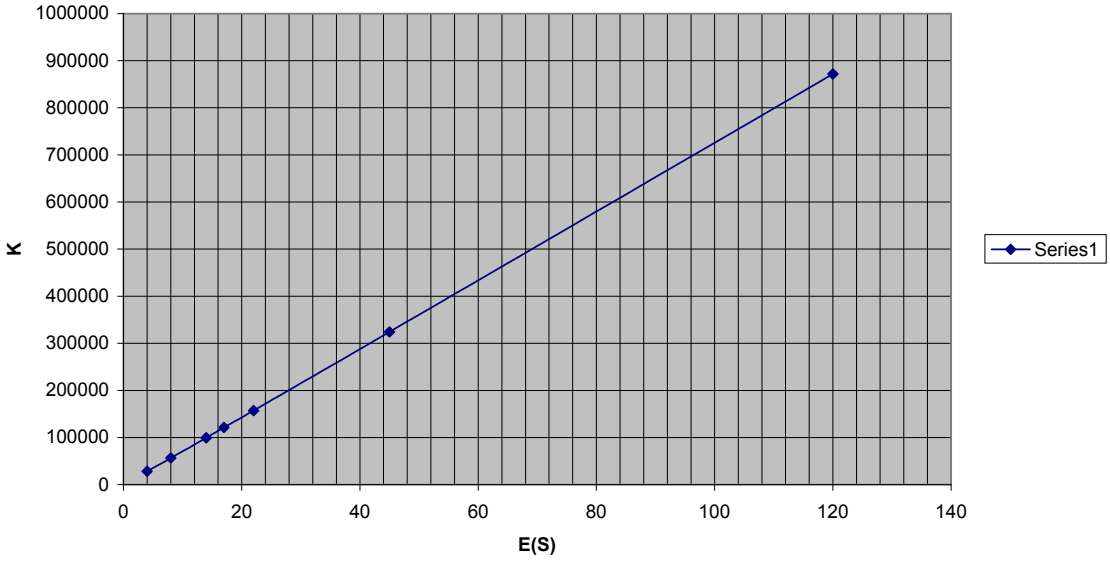
حالا با در دست داشتن مقادیر موجود در جداول ، نمودارهای تغییرات سختی فنر پیچشی معادل بر اساس مدول الاستیسیتهٔ خاک زیر پی (E_s) و همچنین نمدار تغییرات نسبت لنگری که بعداز معادل سازی بدست می آید به لنگر اولیه حاصل از آنالیز قاب ($\frac{M_6}{M_1}$) بر اساس تغییرمدول الاستیسیته خاک (E_s) ترسیم شده است. (مقادیر E_s برای انواع خاکهاکه به عنوان محورX انتخاب شده اند مقادیر متوسط می باشند .)

M_6 : لنگری که از بعد از معادل سازی بدست می آید .

M_1 : لنگر اولین حاصل از آنالیز قاب



نمودار تغیرات نسبت لنگری که بعد از معادل سازی بدست می آید به لنگر اولیه حاصل از آنالز قاب بر اساس تغییرات مدول الاستیسیته خاک



نمودار تغییرات سختی فنر پیچشی معادل بر اساس تغییرات مدول الاستیسیته خاک زیر پی

نتیجه گیری :

با استفاده ازتوضیحات مطرح شده به این نتیجه می رسیم که هر چه مدرل الاستیستهٔ خاک زیر پی (E_s) بزرگترباشد مقداردوران پی کمترو مقدار سختی فنر پیچشی معادل بیشتر می باشد . کوچک بودن مقدار دوران وبزرگ بودن سختی فنر پیچشی معادل به این معنا است که خاک زیر پی سختی کافی به عنوان یک تکیه گاه صلب را داراست وافت لنگری که در اثر چرخش پی ایجاد می شود بسیار کوچک می باشد .

مقدار افت لنگر ازرابطه (۳) $\theta = \frac{ML}{4EI}$ بدست می آید که در این فرمول :

M : افت لنگر E : مدول الاستیسیته بتن

θ : دوران پی (بر حسب رادیان) I : ممان اینرسی مقطع ستون می باشد .

L : طول ستون (M)

حال گاهی اوقات پیش می آید که مدول الاستیسیتهٔ خاک زیر پی به اندازه ای کوچک است که باعث می شود مقدار دوران پی آنقدر زیاد شود که افت لنگر ناشی از این دوران کاملاً لنگر پای ستون را خنثی کند و در این حالت است که می گوییم خاک زیر پی سختی کافی برای یک تکیه گاه صلب را ندارد ویا اینکه رفتارمجموعهٔ ستون ، پی و خاک زیر آن نشانگریک تکیه گاه مفصلی میباشد .

یک نتیجهٔ کلی که از این توضیحات گرفته می شود این است که به ازای لنگرهای پای ستونی مختلف و همچنین خاکهای با مدول الاستیسیتهٔ مختلف (E_s) که درزیر پی قرار دارند نمودارمربوط به تغییرات سختی فنر پیچشی معادل (K) ؛ نسبت به مدول الاستهٔ خاک زیرپی (E_s) ترسیم شود تا طراحان باداشتن مدول الاستیسیتهٔ خاک زیر پی و در دست داشتن این نمودار بتوانند به سرعت سختی فنر پیچشی معادل رابدست آورند .

حال در اینجا از آقای مهندس هومن حیدریان عضو هیأت علمی دانشگاه آزاداسلامی واحد استهبان کمال قدردانی و تشکر را دارم که مرا در این مقاله یاری فرمودند .

منابع و مراجع :

۱. تحلیل وطراحی پی ترجمه اردشیر اطیابی ویرایش حمید رضا ولی پور
اصول مهندسی زلزله تألیف : دکتر خسرو برگی