



## بررسی نقش مخاطرات هیدروژئومورفولوژی و ویژگی سازند های سطحی در تعیین کاربری اراضی شهری و پایداری و ناپایداری بسترهای طبیعی (زیر ساخت ها) در فونداسیون ساخت و سازها

موسی عابدینی<sup>1</sup> استادیار دانشگاه محقق اردبیلی

Musaabedini@yahoo.com

### چکیده:

از بین 41 نوع بلایای طبیعی در دنیا، حدود 31 مورد آن در کشورمان شناخته شده است. ایران در بین 10 کشور اول گریبانگیر با بلایای طبیعی، رتبه هفتم را دارد. همه ساله پدیده های مورفودینامیک، لغزش، ریزش، سقوط سنگها، بهمن های مواد تخریبی شیبها، بهمن های برفی، سیلابهای مخرب و هر از چند گاهی زلزله های شدید موجب خسارت مالی و جانی زیادی در کشورمان می شوند. عمدتاً اغلب خسارتهای ناشی از زلزله و... مربوط به نوع، کیفیت و مقاومت سازه ها و مصالح و طراحی و معماری نیست بلکه بخشی مهمی از آنها مربوط به ویژگیهای بستر طبیعی (زیر ساخت ها مانند ویژگی سازند های سطحی، تشکیلات و سنگهای زیربنایی مراکز شهری) و با دخالت غیر مستقیم پدیده های ژئومورفولوژی است. نطفه اولیه مقر (Site) اغلب شهرهای قدیمی و نیز شهرکهای ابتدا در زمینهای با توپوگرافی نسبتاً هموار شکل گرفته و می گیرد. ولی بتدریج با گسترش فضای کالبدی، شهرها و شهرکها و... اراضی بیشتری اشغال نموده و با تنگناهای هیدروژئومورفولوژی (Hydro geomorphology) زیادی برخورد می کنند. تلاش مهندسی عمران، معماری و مسکن و شهرسازی در ارتباط با کیفیت و مقاومت مصالح و سازه ها، نوع و سبک معماری و کاربری اراضی، بدون بهره گیری از داده های هیدروژئومورفولوژی در ایجاد بنا ها و ساخت و سازهای شهری، پایدار نخواهد بود...

**کلید واژه ها:** مخاطرات هیدروژئومورفولوژی، تنش برشی، معماری و زیرساخت، پایداری و ناپایداری، کاربری صحیح اراضی

### مقدمه:

داده های هیدروژئومورفولوژی اطلاعات مفیدی در زمینه وضعیت زیر ساخت ها و تعیین مناطق بحرانی و ناپایدار، مکان یابی و استقرار نوع و کیفیت سازهها مطابق با بستر های طبیعی مختلف را برای مهندسی عمران، معماری و مسکن و شهرسازی و برنامه ریزی و مدیریت شهری فراهم می نماید. زلزله ضعیفی با شدت حدود 3 ریشتر با بیش از مجیز به چندین میلیون اسب بخار نیرو می باشد، لغزش کوچکی در بخشی از سطوح شیبدار قادر است هزاران تن مواد را جابجا کند. نحوه جابجایی گسلها فعال، میزان شیب زمین، بافت، ترکیب، درصد ماسه و رس و سیلت، زمین های کارستی، کیفیت سازند ها و نوسان آب سفرهای سطحی، ویژگی روانگرایی، نیکسوتروپی... سازند ها نقش به سزایی را در تشدید یا کاهش تلفات مالی و جانی بویژه در زمان زمین لرزه ها دارند. احداث ساختمانهایی سنگین و مترکم گاهی در دامنه ها منجر به وقوع زمین لغزش می شود. تاثیر توپوگرافی (پستی و بلندی) در ناپایداری زمین و پیدایش زمین لغزشها و بویژه در مواقع وقوع زمین لرزه مهم پدیده ای بسیار واضح برای ژئومورفولوژیست ها است (رجانی، 1373) - (روستانی، 1384) - (عابدینی، 1384). معمولاً اراضی با میزان پستی و بلندی نسبی بین 301 الی 500 متر در کیلومتر مربع با حساسیت متوسط و 800 متر در کیلومتر مربع با حساسیت زیاد، مستعد برای زمین لغزش هستند و در زمان زمین لرزه ها و بارشهای سنگین مخاطره آمیز هستند (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380). هدف اصلی این تحقیق نشان دادن اهمیت مسائل هیدروژئومورفولوژی و رابطه آنها با عمران معماری و مکان یابی صحیح ساخت و سازها است. بالا بردن نیروی ارتجاعی سازه و طراحی منظر زیبا جهت پایداری ساخت و سازه ها، بسیار ضروری است ولی کافی نیست. زیرا اهمیت تحقیقات هیدروژئومورفولوژی اغلب بعد از وقوع فاجعه انسانی و مالی معلوم می شود (رجانی، 1373).

### بحث و نتایج:

فرایند های ژئومورفیک از لحاظ چگونگی عمل و تغییر در ریخت شناسی زمین به دو دسته دیاستروفیسم<sup>2</sup> (آرام بطئی) و کاتاستروفیسم<sup>3</sup> (ناگهانی شدید) تقسیم می شود

<sup>1</sup> - موسی عابدینی ( دکتراي تخصص ژئومورفولوژی ) استادیار دانشگاه محقق اردبیلی Musaabedini@yahoo.com

<sup>2</sup> Diastrophism-  
<sup>3</sup> -Catastrophic



نقش حرکات بطئی دیاستروفیسم مانند فرونشینی تدریجی یک منطقه که در طول هزاران یا میلیونها سال آثار و بازخورد این عمل از لحاظ ژئومورفولوژی شهری بعنوان خطر تهدید کننده (مخاطره) ملموس نیست و معمولاً اگر میزان فرونشینی یا فرازش منطقه زیر کاربری شهری و شبکه ارتباطی سریع نباشد جزو مخاطرات ژئومورفیک در نقشه های کاربری اراضی شهری مشخص نمی شود.

ویژگی سازند های زمین شناسی و سطحی و فرونشست (سوبسیدانس - Subsidence):

فرونشست زمین در اثر عوامل زیر منجر به ناپایداری پی ساختمانها و آسیب دیگی آنها را بدنبال دارد:

2- فرونشست ناشی از تکتونیک (زمین ساخت) 3- فرونشست ناشی از بارگذاری در مواد سست و تورب زارها) 3- فرونشست ناشی استحصال بی رویه آبهای زیر زمینی .. 4- فرونشست ناشی از ذوب لایه یخ زده زیرین خاکهای مناطق مجاور یخچالی (مناطق از شهرهای آلاسکا و کانادا، سیبری) عوامل فرونشست و محدودیت ها و موانع در توسعه شهری:

زمین ها کارستی: در توسعه اشکال کارست، هفت فاکتور با درجات متفاوت نظیر، لیتولوژی، تکتونیک، ناهمواری، هیدرولوژی، آب و هوا، پوشش گیاهی و زمان، کاملاً بطور سیستماتیک مؤثرند کارستی شدن یکی از معضلات کاربری زمین شهری و تاسیسات انسان ساخت است. سنگهای کربناته، ژپس، مارنهای آهکی، سنگ نمک و سازند های نمک دار و قبل انحلال جزو سنگهای کارستی هستند. آبهای سرد و گرم هر دو در انحلال و ایجاد حفرات و دالانها و غارهای زیر زمینی در سنگهای کربناته مؤثرند. معمولاً مرزهای شیلی و خطوط گسله می توانند محل تمرکز فروچاله ها و غار ها باشند. فرو چاله ها (Sinkholes) شامل اشکال سطحی چاله مانند و یا گودی مخروطی شکل بسته می باشند که آنها نفوذی در آنها بسمت درون سازندهای آهکی و زیر زمینی زهکشی می شوند. در بین انواع فرو چاله ها (انحلالی، مدفون، فرو نشستی، مدفون و فرونشستی با عمق معادل 1 تا 50 و عرض 1 تا 200 متر و نیز فرونشستی با عرض 1 تا 100 متر که غالباً در زیر سازند های خاکی به ضخامت 2 تا 15 متر شکل می گیرند لذا در کاربری اراضی شهری و طراحی مهندسی مخاطره آمیز هستند و بایستی با کنترل های میدانی دقیقاً شناسائی و در نقشه های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی، آورده شوند. از طرفی وجود حفر های بزرگ در سنگهای آهکی بصورت غار های بزرگ در لایه های عمقی و غار های کوچک معمولاً در لایه سطحی، ایجاد تاسیسات و ساختمانهای بزرگ، شهری در روی زمین های کارستی به مراتب مخاطره آمیز است. آب چاههای فاضلاب، آبیاری درختان و فضای سبز و .. بداخل زمین نفوذ کرده و با انحلال و ایجاد حفر زیر زمینی، زمینه نشست ساختمانها و تخریب آنها را فراهم می کند. وجود غارها و دالانهای فراوان در زیر زمین و فرو ریختن سقف آنها و صدمه به پلها و سایر تاسیسات شهری، آلودگی آبهای زیرزمینی به دلیل نفوذ پذیر بودن سنگهای آهکی، مشکلات مربوط به فاضلاب شهری، کنترل سیلاب و الگوهای زهکشی، ساخت پل، تونل و سد اشاره نمود (زمریدیان، 1378).

-فرونشست زمین بواسطه استحصال بی رویه آب:

یکی دیگر از عوامل فرونشست تدریجی زمین، بویژه در سطح دشت ها و جلگه، استحصال بی رویه آب سفره های زیر زمینی است. بعنوان مثال برداشت زیاد آب تحت پمپاژ، منجر به فرونشست و پیدایش شکافها ئی در سطح دشت رفسنجان شده است. فرونشست زمین بواسطه برداشت بیش از ظرفیت آبهای سفره های زیر زمینی، آب در محدود های شهری، منجر به نشست، کج شدگی و در نهایت تخریب ساخت سازها را بدنبال دارد.

-فرونشست زمین بواسطه تکتونیک:

در محل بین دو گسل فعال بخشی از سطح زمین بصورت تدریجی فرونشست می کند که اصطلاحاً به بخش افتاده، گرابن می گویند. بهتر است در برنامه ریزی محیطی و مهندسی عمران جهت کاربری اراضی، ابتدا میزان فعالیت و جابجائی گسل ها بر آورد شود، اگر میزان جابجائی در سال نزدیک به نیم سانتی متر و بیش آن باشد برای ساخت سازها مخاطره است. دومین نوع فرونشست حاصل از پدیده تیکسوتروپی است، هنگام تکانه ای حاصل از زلزله و پر شدن منافذ سازند ها در اثر فشردگی، که گاهی با آب پس دادن منجر به روانگرایی نیز می شود، فرو نشست سازند های را بدنبال دارد.

-فرونشست زمین بواسطه بار گذاری:

افزایش بار یا بار گذاری بر روی زمین های تورب زار: مواد تورب قادر به نگهداشت آبی حدود 10 برابر وزن خود اش می باشند (بدلیل تخلخل بالا و سست بودن). بعلاوه در زیر فشار وارده می تواند 10 تا 75 درصد منقبض شود. لذا افزایش بار ساختمان بر روی لایه هایی که زیرشان مواد تورب منجر به کاهش مقاومت برشی شده در نهایت نشست، پخشیدگی و یا خزش تورب را به دنبال خواهد داشت. در اثر فرو نشست و جابجائی سازه های شهری نیز آسیب دیده و یا تخریب خواهند شد. آزمایشات نشان داده که برخی سازند های سست خاکی بر اثر جذب آب و اشباع اولیه فرو ریزند. به عبارتی ساختمان داخلی خاک حدود 10 درصد ضخامت خاک می توان فرونشست داشته باشد. معمولاً پتانسیل ریمبندگی در خاکهای با تراکم خشک کمتر از  $1/5 \text{ t/m}^3$ ، حد روانی کمتر از 30 و رطوبت کمتر از 15٪ و در مناطق افلیمی خشک دارای بیشترین مقدار است (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380).

- حرکات کاتاستروفیسم (ناگهائی شدید).

از حرکات کاتاستروفیسم، بعنوان بلایای طبیعی می توان به وقوع پدیده های زمین شناسی آتشفشان، زلزله، بهمین ها، لغزشهای توده ای ناگهانی اشاره نمود لذا در فرایند برنامه ریزی شهری به مکان گزینی و تعیین مناطق پایدار و دور از گسلهای فعال خطوط زلزله و کوههای آتشفشانی در مرحله گازی و نیمه فعال (تفتان در ایران) و یا هیدروترمال (سبلان در استان اردبیل ایران) توجه ویژه ای شود. فلات ایران از لحاظ تکتونیک فعال است و نزدیک به 99 درصد سرزمین



ایران از لحاظ پهنه بندی خطر زلزله، جزء مناطق با ریسک بالا و متوسط می باشد. لذا شناخت وضعیت زمینساخت، خاک، نوع مصالح و مقاومت سازها، دوری و نزدیکی به خطوط غسل های فعال و میزان شیب و غیره، در مدیریت و برنامه ریزی محیطی و مهندسی عمران بسیار اساسی است. خطر زلزله حداقل 35 کشور را در سطح جهان در بر می گیرد و خود عامل ناکامیهای زندگی و اکثر مرگ و میرها است. طبق پهنه بندی خطر نسبی زمین لرزه، بیش از 80٪ از مساحت کشور ایران با خطر نسبی بالا و حدود 18٪ آنبا خطر نسبی متوسط و نزدیک به 2٪ آمن با خطر نسبی پائین قرار دارند (شریعت جعفری، 1370). ساخت سازه هاییکه در سطوح شیبدار و نسبتاً پر شیب دامنه ها، تپه ها، بنا شده اند به مراتب از بناهای سطوح کم شیب دشت ها و جلگه ها و.. ریسک پذیرند. زلزله های کانسو چین (1920)، سانفراسیسکو (1957)، آلاسکا (1964)، رودبار منجیل (1369)، زلزله اردبیل (1377) موجب تحریک وقوع حرکات توده ای شد. حرکات زمین لرزه از لحاظ سرعت (طول و زمان) و نیز دامنه، در سازند های سست سطحی (خاکها)، بیشتر از سنگها به ثبت رسیده است. برای مثال شتابهای ثبت شده در زلزله 1985 میشیگان 5 برابر متفاوت بود. در روی سازند های خاکی مقاوم و سفت (0/04) و در بخش مرکزی مکزیکوسیتی (روی سازند های بستر دریای خشک شده بنا شده بود، شتاب 0/2 ثبت شد. زلزله سان سالوادور در سال 1986 بسیار متوسطی بود ( $m^4=5/4$ ) ولی منجر به کشته شدن 1500 و مجروح شدن 10 هزار و بی خانمان شدن 250 هزار نفر شد. علت این امر وجود لایه های خاکستر آتشفشانی به ضخامت 25 متر در زیرنستگاه اغلب نقاط شهر بود (مقیمی و گودرزی، 1382). لذا دامنه حرکت زمین در طی لرزشی 3 ثانیه ای و عبور امواج از سازند خاکسترهای آتشفشانی به سمت بالا، تا پنج برابر افزایش یافته بود (حالت رزونانس) و منجر به خسارت و تخریب عظیم شد. اغلب زلزله هائی که بیش از 100 نفر کشته بر جای گذاشته اند در مناطق تکتونیکی فعال، اتفاق افتاده است. وسعت این مناطق در کره زمین، بیش از 12 هزار کیلومتر است. زلزله شیلی (1960) و آلاسکا (1964) هر دو در مناطق زمین ساختی همگرایی (Convergence) بصورت زیر رانش (Subduction) و برخورد صفحات زمین ساختی رخ دادند (مقیمی و گودرزی، 1382). زمین لرزه های زیادی نیز در حواشی این صفحات تکتونیکی فعال رخ می دهند. از جمله زمین شهر نیوکاسل (Newcastle) استرالیا در دسامبر سال 1989 یک زمین لرزه میان صفحه ای است و بیش از سه تا چهار بلیون دلار به استرالیا خسارت وارد کرده است و اولین خسارتی که در تاریخ این کشور ثبت شده است. در کشورمان ایران جابجائی گسل بیم منجر به زمین لرزه نسبتاً شدید و تخریب شهر بوم و حومه آن شد و بیش از 30000 هزار قربانی گرفت. خسارتهای زیاد و فجایع معمولاً در اثر پس لرزه ها یا تکرار لرزه ها رخ می دهد، زمین ها شکاف بر می دارند، حرکات توده ای مواد تشدید می شود، در حالیکه در همین مواقع میزان جمعیت متراکم و زیاد است. شدت زلزله و آزاد شدن انرژی پتانسیل آن نمی تواند شاخص خوبی در تحلیل خسارات زلزله و اثرات تخریب یان باشد. زیرا در رخ دادن خسارات و تلفات عوامل دیگری نظیر، فاصله از کانون زلزله وضعیت سنگ بستر، تکتونیک، سازند های سطحی، توپوگرافی، تراکم ساختمانی و جمعیتی، بلاخره نوع، شکل و ماهیت ساخت و سازه های بستگی دارد. بعنوان نمونه زلزله کوبه ژاپن بر اثر جابجائی عرض گسل که گسیختگی را ناگهانی ایجاد نمود. بخاطر اینکه این زلزله در بندر پر جمعیت و شهر صنعتی رخ داد و در این مناطق غالب خانه های مسکونی با سقف های سنگین و سفالی، در روی خاکهای نرم بندر و نیز گورستان زباله ها برای مقابله با سیکلونهای حاره ای بنا شده بودند نه برای زلزله. لذا در زلزله کوبه ژاپن در سال 1995، 550 نفر کشته شد و 300 هزار نفر بی خانمان شدند (گودرزی، 1378). کشور ژاپن یک الگوی جهانی فنون و تکنیکهای مقابله با زلزله است و به اجمال به چهار روش متناسب با ویژگیهای طبیعی ژاپن که جهت مقابله با خسارتهای زلزله و کاهش اثرات آن بکار می گیرند، را نام می بریم:

1- ایجاد ساختمانهای بلبرینگ دار متحرگ (یا ساختمانهای ریلی): 2- استفاده از سازه های صنعتی متنوع چوبی و فلزی، تاشو سبک (اخیراً در کشور های پیشرفته بیش از 45 درصد و در کشور ما تقریباً 1٪ استفاده می شود). 4- افزایش دادن مقاومت سازه ها و مصالح ساختمانی (مقاوم سازی): 3- ایجاد گودالهای عمیق یا چاه های تخلیه نیروهای برشی عرضی زلزله.

الف- رفتار و واکنش سازند های سطحی و زمین شناسی در برابر نیروهای زمین ساخت:

فعالیت های زمین ساختی عامل مهم بوجود آورنده تغییرات در توپوگرافی (پستی بلندی) است (عابدینی، 1384) تغییرات توپوگرافی و تشدید پدیده های مورفودینامیک فعال (مخاطرات ژئومورفیک) موجب خسارتهای مالی و جانی در مناطق شهری و جادها می شوند (این پدیده ها نظیر ریزش، انواع لغزش، سقوط سنگها، جریانات گلی، گسیختگیها، جریانات واریزه ای سنگ و خاک بهمین ها، خزش و غیره می شوند. نتایج بررسیهای مورفوتکتونیک و مورفودینامیک اراضی در نقشه های ژئومورفولوژی بصورت مناطق پر خطر، با خطر متوسط و کم خطر بصورت نقشه های مورفودینامیکی نیز مشخص شده و در اختیار کاربران قرار میگیرد (عابدینی، 1378، 1384). نقشه مورفودینامیک منطقه هرزندات شهرستان مرند و ژئومورفولوژی منطقه هادیشهر در آذربایجان شرقی). عموماً سنگهای درای کانیهای مقاوم (مانند کوارتز) سنگهای سیلسی، کانیهای با فرم آرایش هندسی منظم، ریز (آپلتیک) سنگهای مقاومتری را در برابر نیروهای برشی و فشاری نشان می دهند. اصلاح مهندسی سنگهای تازه برونزد یافته در سطح زمین، جهت فونداسیون ساختمانی بندرت اقتصادی و مورد نیاز می باشد. سنگ ضعیف و هوازده به سطح زمین را بهتر می توان حفر کرد و یا در آن شمع کاشت (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380 ص 200) و جهت حفظ پایداری توده سنگهای شکافدار نیز میتوان ملاط سیمان تزریق نمود.

<sup>4</sup>-moment magnitude

<sup>5</sup>- تزریق سیمان مقاومت سنگهای شکافدار را دو برابر افزایش می دهد (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380 ص 200).



فونداسیونهای واقع بر روی سنگ (فشارهای بار بری ایمن)

خاکها معمولاً قدرت تحمل بارهای پائینتری را دارند، ولی سنگ سالم و دست نخورده می تواند اغلب بارهای مهندسی را تحمل نماید. با وجود این مشخص کردن نوع سنگها، تراکم شکستگیها (شامل ترکهای ریز (1cm- 1cm) ، درزه ها (1 cm-1cm) ، گسلها (بیش از 1 متر) و لایه بندی، کلیواژ و سطوح تورق باشد. معمولاً شکستگیها موجب تغییر شکل غیر الاستیکی در سازند های سنگی شده و نیز کاهش مقاومت توده سنگ تا حدود یک پنجم الی و مقاومت سنگ بکر تا یک دهم می شوند. مقادیر ارائه شده در جدول ( 1 ) برای طراحان شهری و برنامه ریزان راهنمای بسیار مفیدی است که میزان مقاومت و پایدار ی بستریهای طبیعی سنگی برای بار گذاری فونداسیونها را به روشهای تجربی، تخمین و بر آورد میشود (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380).

جدول ( 1 ) انواع سازند های زمین شناسی به شدت خرد شده و مقادیر فشار بار بری ایمن

انواع سازند سنگی	مقادیر معمولی فشار باربری ایمن	به شدت خرد و متلاشی شده و یا دارای لایه بندی نازک
سنگهای آذرین مقاوم (داسیت، آندزیت، گرانیت، ریولیت و...)	10 MPa	6 MPa
سنگهای آهکی (چرت _ آهک پر مین) و ماسه سنگهای مقاوم	4 MPa	3 MPa
شستهها و اسلیتتها	3 MPa	2 MPa
گل سنگهای مقاوم، ماسه سنگهای نرم	2 MPa	1 MPa
شیل، گچ محکم، گل سنگ نرم	750 KPa	400 KPa

به عقیده لاما، (1978) رفتار مکانیکی و میزان انحلال در توده سنگ ها بیشتر تابع رفتار درز و شکافها ست تا رفتار سنگ بکر. بر اساس نتایج آزمایشگاهی جدول ( 2 ) مطابق طبقه بندی دریک (1989) نقل از جنینگز میزان تحمل فشار و یا مقاومت مکانیکی سنگهای رسوبی منطقه مانند ماسه سنگ، شیل، آئیدرید، سنگ آهک ، مرمر، دولومیتها نسبت به سنگهای آذرین بسیار پائین است<sup>۶</sup>.

جدول ( 2 ) مقاومت مکانیکی سنگها در برابر نیروهای کمپرسیونی غیر محوری فورد دریک 1989 بر حسب بار (bar)

نوع سنگ	سنگ آهک	مرمر	آئیدرید	شیل	سنگ سیمه	پازرات	گرانیت	کوارتز
مقاومت مکانیکی بر حسب بار	345 - 3450	3600-620	460 - 2400	800-220	2300-300	2400-120	3600-800	6300-1500

پدیده های مورفودینامیک فعال و بالقوه تهدید کننده یا مخاطرات ژئومورفیک برای توسعه شهر و خطوط ارتباطی شهرها با بزرگ شدن و اشغال فضای بیشتر در طول زمان با موانع و تنگناهای ژئومورفیک خطرناک مواجه می شوند. از جمله این پدیده های پر ریسک میتوان غسل های فعال، زمین های آهکی، لغزش، ریزش، سقوط سنگها، سوتیراژ، جریانات گلی، جریان خرد شده سنگها (وازیزه ها)، جریان بهمین بهمین تخریب سست، بهمین های برفی، مخروط افکنه های فعال و مناطق ناپایدار باتلاقی، مناطق رسی و... را نام برد. معمولاً بالا بودن سطح سفرهای آبهای زیرزمین در اراضی زیر کاربری شهری یا برای کاربری اراضی، مسئله ساز است. وجود لایه های سنگی ناتراوا در زیر مواد نفوذ پذیر آبرفتی و یا غیر آبرفتی (نزدیک به سطح زمین، منجر به خیس و اشباع شدن مواد سطح زمین در فصول بارندگی) (جائیکه فونداسیون ساختمانها می نشینند) می شود. هر چقدر درصد رس در این سازند های بیشتر باشد، میزان تورم، الاستیسیت و حد خمیری آن بالا میرود. لذا خیس شدن متوالی فونداسیون سازه ها، تخریب شیمیائی و انحلال و کاهش مقاومت داخلی مواد و افزایش تنش برشی آنها، کج شدگی و ترک برداشتن پی بنا ها و حتی ریزش آنها را بدنیاال خواهد داشت. از آنجائیکه ساختمان داخلی خاک حدود 10٪ ضخامت خاک می تواند فرونشست داشته باشد. معمولاً پتانسیل رمبندگی در خاکهای با تراکم خشک کمتر از 1.5 t / m<sup>3</sup>، حد روانی کمتر از 30 و رطوبت کمتر از 15٪ و در مناطق اقلیمی خشک دارای بیشترین مقدار است (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380). بالا بودن آب سفرهای سطح ارضی زیر زمینی مسائل عدیده ای را در ساختار و برنامه ریزی شهری نظیر کندن، پر شدگی چاه فضا، نشت آب به اگو و کانالهای زیر زمینی و نیز مترو شهری، کج شدگی و احیاناً افتادن تیر های انتقال برق بتونی، پرشدگی چاههای آب و آلودگی آنها، پرشدگی قبور و نشت سطوح قبور، ترک برداشتن سطوح آسفالت و کاهش صرفه

<sup>۶</sup> - وضعیت مقاومت مکانیکی انواع سنگها بر حسب بار از دریک 1989 نقل از جنینگز : کمتر از 350 بار بسیار ضعیف - 700 تا 1750 بار قوی و بالاتر 1750 بار بسیار قوی می باشد.



اقتصادی آن و غیره را دارد. در کشورمان شهرهای متعددی وجود دارد که بخش عمده‌ای یا محدودی از اراضی آنها در زمین‌های با سطح آبهای زیر زمینی بالا گسترش یافته‌اند. از جمله میتوان به شهرهای کاشان، سوسنگرد، زابل، بخش‌های جنوب تهران با مواد ریزدانه مخروط افکنه ای و... اشاره کرد.

- لغزش (land slide): این پدیده در نواحی مختلف جهان همه ساله در اثر بارشهای شدید و هیدراتاسیون سازند های سست بروی سازند های نسبتاً سخت و نیز نفوذ ناپذیر و با نفوذ ناپذیری کم رخ می دهد. پدیده زمین لغزش گاهی دلیل دخالت انسانها در پای دامنه ها با ایجاد ترانشه جاده و نیز در اثر انفجارات معدن کاری تشدید می شود. اغلب زمین لغزشهای بزرگ در اثر وقوع زلزله و آب دادن سازند های سست ماسه ای و رسی با ترکیبی از پاره سنگ و گراول شکل می گیرند. بدلیل کوهستانی بودن کشورمان مسیر راه آهن و راه های شوسه نیز از پای کوهها عبور میکنند که بالقوه با ریسک زمین لغزش مواجه هستند. بعلاوه ایجاد بریدگی بواسطه خطوط راه آهن جاده، لرزش های وسایط نقلیه و قطارها محرک مواد تخریب سست دامنه ها بویژه در زمان بارشهای سنگین می باشند. اغلب زمین لغزشها همراه با تلفات و مصیبتها بوده اند تنها زمین لغزش آرمرو در کلمبیا (جریان لاهار) در سال 1985، 22000 هزار قربانی گرفت (گودرزی، 1378) در برزیل به موجب قانون 1959، ساختمان سازی از یک ارتفاع معین به بالا غیر قانونی و منع شده است. زیرا پاکسازی دامنه ها از جنگل و بار گذاری در شیبهای نسبتاً تند، منجر به تشدید وقوع زمین لغزشها میشود. زمین لغزش میگون در ایران بر اثر جابجائی و فرازش گسل میگون رخ داد.

- مخاطرات محیطی بهمن مواد خشک و بهمن های برفی (Avalanche): حرکات ناگهانی مواد تخریبی سست یا توده برفهای دامنه ها را تحت عوامل ثقل، زمین لرزه، انفجارات رعد و برق و... به سمت پای کوهها و دره ها را بهمن میگویند. پدیده بهمن نیز بصورت یکی از عوامل مورفودینامیک مخاطره آمیز در برنامه ریزیهای محیطی محسوب می شود. اغلب جاده ها ارتباطی کشورمان بویژه در منطقه سرد سیر آذربایجان و کردستان و... از مناطق کوهستانی برفگیر عبور میکنند. علاوه بر این برخی روستاها و مناطق زراعی و محدوده شهرها در پای مناطق کوهستانی برفگیر واقع شده اند. لذا بهمن ها با روفت و روب سازند های سطحی از سطوح دامنه ها یکی از عوامل و تنگناهای ژئومورفیک پر خطر در کاربری اراضی مد نظر باشند. حرکات سریع بهمن و یخ در سال 1962 در شهر ران راچیرکا در پرو بیش از 3500 نفر را کشت (Sutcliffe, 1980).

- سقوط و ریزش سنگها (Rock fall): سقوط و ریزش سنگها از مهمترین پدیدههای مورفودینامیک مناطق کوهستانی است در اغلب زلزله های جهان ریزش تخته سنگهای عظیم گاهی همراه با قطعات یخی در مناطق سر منجر به تخریب بخشی از شهر شده است. جریان واریزه های سنگی و خاکی: در مناطق کوهستانی تحت تاثیر سیستم فرسایش پریگلاسیر، سنگها بواسطه فرایند یخبندان و ذوب مجدد یخ، بشدت متلاشی شده، خرده ریزهای سنگی را بوجود می آورند. این مواد خرد شده سنگی گاهی بصورت جویبار سنگها بصورت آرام تحت نیروی ثقل و روانابها و غیره به پای دره ها و دامنها جابجا می شوند. ولی گاهی این خرده سنگها و در حجم زیادی بصورت واریزه ها های دامنه ای، تحت دخالت عوامل تشدید کننده جابجائی زلزله ها و غیره بصورت ناگهانی با سرعت زیاد جریان یافته و گهگاهی نیز با تلفات جانی ملی همراه می باشند. جریان بهمن مواد خشک که عمدتاً خرده سنگها بودند در سال 1969 در ایالت ویرجینیا آمریکا 519 نفر را کشته و 7328 خانه را تخریب نمود. بواسطه جریان خرده سنگها با سرعت 133 متر بر ثانیه، در زلزله ماشه در شهر یونگهای پرو در سال 1970، 25000 هزار نفر کشته شد (مقیم و گودرزی نژاد، 1378).

- خزش (Creep): عوامل متعددی در پدیده خزش سازند های سطحی سطوح شیبدار موثرند. خزش عمدتاً حرکات پیوسته و یکپارچه سازند های سطحی سست بواسطه یخبندان و ذوب مجدد یخ صورت می گیرد. تناوب خیس شدن و تورم و خشک شدن (انقباض) نیز منجر به خزش بطئی لایه ای خاکها می شود. پدیده مورفودینامیک خزش منجر به کج شدن درختان، دکلهای برق و تلفن و نیز فونداسیون بناها می شود.

- طبقه بندی سنگها مقاومت لیتولوژیکی (سختی و نرمی توسط نگارنده):

مقاومت سنگها به نوع، شکل، رنگ، نحوه آرایش کانیها درصد رطوبت، میزان هوازگی، تکتونیزه شدن (گسل و درز و شکاف و درز و شکافهای مکانیکی آن دارد) (عابدینی، 1384). در این مورد سختی و نرمی سنگها در ارتباط با تخریب فرسایش فیزیکی و شیمیایی (هوازگی) بررسی می شوند و تقسیم بندی آنها کمک شایانی در مورد عمران و کاربری اراضی شهری دارد. پدیده نشست در سنگها (سوتیراژ) بسیار ناچیز می باشد ولی وجود حفرات انحلالی زیاد و پوسیدگی سنگ بواسطه خالی شدن مواد و عناصر و کانیهای قابل انحلال در مسائل پی و سنگ مهم است. بعنوان نمونه در سنگ آهکهای پر از حفره و درز و شکاف (متخلخل و گرانیهایی پوسیده) بعد از ایجاد فونداسیون امکان نشست حاصل از بار گذار بسیار بالا است. معمولاً نشست و گسیختگیهای فرورونده در تحت فشار بار ساختمانها، به عوامل مختلفی مقاومت سنگ، تراکم گسل، درز و ترکهای تکتونیک و مکانیکی (میزان شکستگی) میزان، ابعاد و عمق حفرات، میزان تنش ها و بارها دارد. اغلب سنگها از لحاظ مقاومت لیتولوژیکی در اقلیم آذربایجان توسط نگارنده، عابدینی 1378، 1384) به صورت زیر تقسیم بندی شده اند:

1- سازند های بسیار مقاوم: در صورت وقوع آتشفشان جدید و سنگهای حاصل از روانه گدازه داسیتی و آندزیتی، بازالت ها 2- سازند های مقاوم: سنگهای داسیتی - آندزیتی - بازالتی - سنگهای گرانیتی غیر پوسیده - گنایس - هورنفلس ریزدانه (با کانیهای میکا، کوارتز، کانیهای رسی - با 200 (MPa) UCS) - مرمریت - ماسه سنگهای کوارتزی که بخوبی ذرات آنها توسط سیمان سیلیسی به متصل شده اند. - از این سنگها جهت کارهای احداث فونداسیون ساختمانها بعنوان سنگ پی ها در اقلیم مشابه آذربایجان میتوان استفاده کرد. احداث فونداسیون سنگین بر روی این سازند های زمین شناسی بخاطر اتصال دانه ها و استحکام بالا، در شرایطی که توسط نیروهای تکتونیک دارای گسلش و درز و ترکهای زیادی نباشد، پیشنهاد می شود.



3- سازند های نیمه مقاوم: سنگ آهکهای مارندار، کنگلومراهای، توف ها و خاکسترهای آتشفشانی، تراسهای آبرفتی قدیمی نیمه متراکم، شیل ها، شسیت ها، سنگ آهک در اقلیم خشک سنگ مقاومتری است ولی در اقلیم پرباران خزری ایران بسیار نامقاوم و در اقلیم نیمه خشک کردستان، خراسان و آذربایجان، بدلیل نفوذ آب چه بصورت آب جاری و چه توسط آب ذوبان و یخ بصورت اسید ضعیف (بدلیل داشتن  $CO_2$ ) موجب انحلال سنگ می شود. شیل ها و شسیت ها در اثر اعمال نیروهای کمپرسیونی از حالت کانیهای مفصل رسی غالباً به متصل تبدیل شده اند و داری سطوح متورق می باشند، در مجموع تحمل بار آنها ضعیف بوده و با مقدار 20 الی 120 (MPa) (UCS) در اثر بار گذاری توسط فونداسیون سازه، براحتی دچار برش می شوند.

4- سازند های نا مقاوم: مارنهای مارنهای نمکدار و گچ دار، پهنه های رسی، آبرفتهای جوان تحکیم نیافته و نامتراکم، کنگلومراها با میان لایه های رسی و مارنی در مهندسی معماری و عمران برای فونداسیون بناها، بالقوه مخاطرات ژئومورفیکی می باشند. لذا در صورت امکان از اختصاص اراضی رسی، پهنه های مارنی گچدار و نماد و آهکی بدلیل مسائل، انحلال، فرونشست، روانگرایی، تورم تفاضلی این سازند ها موقع یخ زدن و ذوب مجدد، به کاربری های شهری اجتناب نمود. ولی سطوح آبرفتهای جوان و میتوان با اعمال اصولی مهندسی و تطبیق فونداسیون ساز ها، ابعاد و اندازه آنها میتوان به زیر کاربری های کم تراکم و سبک برد.

- رفتار سازند های سطحی سست در ارتباط با زمین لرزه و روانگرایی (Liquefaction)

معمولاً روانگرایی خاک در زمان زلزله ها عامل مهم پیدایش حرکات توده ای و نیز ریزش و کج شدگی و خرابی ساختمانهای می شود. اغلب خاکهای دانه ریز با درصد زیاد رس، قدرت جذب رطوبت بالائی دارند، لذا پایداری خاکها بیشتر توسط میزان رس و یا میزان درصد رطوبت آنها، ارزیابی می شود. خاکهای رسی حاوی کمتر از 25٪ کانیهای رسی (رسیهای مونت مورنیت، ایلپیت، و...) روی هم رفته پایدارتر و مقاومند و مقدار شاخص خمیرائی آنها Plasticity Index بسیار پائینتر می باشد و نیز مقادیر  $\theta$  کمتر از 20 درجه می باشد. شاخص خمیرائی (Plasticity Index) نشانگر تغییر درصد آب مورد نیاز جهت افزایش مقاومت تا 100 برابر می باشد. حد روانگرایی یا روانی (Liquid Limit)، حداقل رطوبتی که که خاک تحت تاثیر وزن خود جریان پیدا می کند. خاک دست خورده در حد روانی دارای مقاومت برشی حدود 1 کیلو پاسکال می باشد. نشانه خمیری خاک طبیعی برابر 7/5 بوده که افزودن 4 درصد آهک به مقدار 4/2 و یا با افزودن 8 درصد سیمان به مقدار 2 کاهش می یابد. در کاربری اراضی سطوح شیبدار گاهی ماهیبتاً سازندها دارای PI بالاتر و ناپایدارند (اگر سازند های سطحی آبرفتی و کوهرفتی، تیل ها و مورنهای یخچالی که قرار است به زیر کاربری شهری بروند در صورتیکه مقدار ذرات رسی (با قطر کمتر از 0/002 میلیمتر حدود 75٪ یا بالاتر این مقدار را دارا باشد، اصطلاحاً این سازند، سازند رسی پلاستیک هست و شاخص خمیرائی PI برای این سازند ها استفاده می شود. عدم توجه درصد سازند رسی و حد خمیرائی در اغلب نقاط شهری کشورمان موجب ترک، برداشتن، نشست فونداسیون، کج شدگی و حتی تخریب بناها را بدنبال داشته است. بعنوان نمونه بررسیهای میدانی از نوع و کیفیت سازند های سطحی (دانه سنجی، PL, Ec, PH) و زمین شناسی و عملکرد تکنونیک اینجانب در منطقه شمالشرق تبریز محدوده ولعصر باغمیشه بوده است. آزمایشات اینجانب در منطقه ناپایدار شمشارق تبریز بیانگر بالا بودن حد خمیرائی (PL = 8/9)، 45 درصد رس در مارنهای، فرازش بخش گسل تبریز، توالی لایه های شیبدار مارنی و آهکهای مارندار که همه و همه نشانگر ناپایداری این منطقه و نامناسب بودن آن برای ساخت ساز های شهری است. درحالی که آسمانخراشهای تبریز کلان شهر تبریز در این سطوح توپوگرافی شیبدار استقرار یافته است. بررسیهای کاربری اراضی شهر تبریز نشاندهنده این موضوع که خیزش سریع شهر و توجه سرمایه داران تبریز به این بخش کاملاً مخاطره آمیز از شهر در طول سه دهه بوده است. در زمین لغزش میگون در ایران در ارتباط فعالیت گسل میگون لایه های سنگی شیبدار در روی لایه های سست زیرین به حرکت درآمدند و آسیب دیدگی ساختمانها ناشی از حرکات لایه سنگی بود. آزمایشات نشان داده که خاکهای حاوی کمتر از 25٪ درصد کانیهای رسی معمولاً مقاومتر بوده و دارای PI (شاخص خمیرائی) کمتر و  $\theta$  کمتر از 20 درجه می باشند. از طرفی تاثیر توپوگرافی در ناپایداری زمین و پیدایش زمین لغزشها و بویژه در مواقع وقوع زمین لرزه مهم می باشد. معمولاً اراضی با میزان پستی و بلندی نسبی بین 301 الی 500 متر در کیلومتر مربع با حساسیت متوسط و 800 متر در کیلومتر مربع با حساسیت زیاد، مستعد برای زمین لغزش هستند و در زمان زمین لرزه ها و بارشهای سنگین مخاطره آمیز هستند. لذا ایجاد ساخت و سازها در این نوع توپوگرافی ها تا حد امکان پرهیز نمود. در زلزله های سال 1999 در کواکلی ترکیه و چی چی تایوان روانگرایی (بدلیل وجود بیش از 35 درصد ماسه با ماتریکس رسی بالا) شدیدی رخ داد (قهرمانی و همکاران 1385). هم چنین در زلزله 2002 میلادی چنگوره-اوج ایران که منجر به روانگرایی در 5 کیلومتری آبدره شد، علت آن وجود سازند های ریز دانه ماسه و رسی و ایجاد فشردگی و پرشدن فضاهای خالی بود و با آب دادن (تیکسوتروپی) و گذشتن از مرز آتربرگ، سازند ها به همراه نشست روانگرا شدند. مارسال (Marsal, 1965) در آزمایشهای برشی روی ماسه به این نتیجه رسید که مهمترین عامل موثر بر مقاومت برشی و تراکم پذیری خاکهای دانه ای، پدیده خرد شدن ذرات می باشد که در هنگام اعمال فشار همه جانبه و یا تنش انحرافی به وجود می آید. افزودن میکرو سیلیکا به مقدار 3 تا 4 درصد باعث کاهش آلومینیم و موجب کنترل سولفاتها و در کاهش اترینگایت (Ettringite) در خاکهای رسی دارای سولفات با غلظت بالا دارد و از طرفی موجب بالا رفتن PH خاک می شود و در نتیجه تاثیر فوق العاده ای بر روی افزایش مقاومت فشاری و برشی دارد (جان علی زاده چوب بستنی، 1382). زمین لغزش روستای سفید آب در شمالغرب قزوین بواسطه زیر بری رودخانه سفید آب و نیز بواسطه هیدراتاسیون مواد تخریبی و سست دامنه شیبدار بر روی مواد ماسه سنگی شیل دار، صورت گرفت و در سطح زمین ترکهای ظاهر شد و کل روستای سفید آب در روی سطح جایجا شونده قرار داشت که آسیب جدی وارد شد.



جدول (3) مقادیر شاخصهای پلاستیکی و حد روانی بر مبنای گرانولومتری سازند های سطحی منفصل

	طبقه بندی خاک		اندازه دانه (طبق نتیجه گرانولومتری) به mm	مقادیر شاخص		
	نوع	طبقه و علائم اختصاری لاتین		Liquid (LL) (Limit)	Plasticity (PI) (Index)	$\phi$
	گراول (شن)	G	2-60			>32
	(ماسه)	S	0/062			>32
	سیلت	ML	0/002-0/006	30	5	32
	سیلت و رس	MH	0/002-0/06	70	30	25
	رس خمیری	CL	<0/002	35	20	28
	مواد آلی	CH	<0/002	70	45	19
		O	-			<10

چسبندگی سازند ها (Cohesion) ناشی از بهم پیوست ذرات خاک حاصل می شود که میزان چسبندگی معمولاً در خانواده رس ها اهمیت شایانی از لحاظ مقاومت برشی و فرسایش دارد. زاویه اصطکاک داخلی ( $\phi$ ) در ماسه ها بیشتر از سازند های ریزدانه رسی است. از نقطه نظر مهندسی ژئوتکنیک خرد شدن دانه ها باعث نشست در خاک و سازه بر روی آن می شود. علاوه بر این قابلیت رزهکشی خاک کاهش یافته و در نتیجه ممکن است فشار آب منفذی در اثر بار گذاری افزایش و نهایتاً پایداری خاک به مخاطره بیافتد (غیائیان و شفیقی، 1382). برای تثبیت خاکهای رسی لایه دار، 2 تا 4 درصد آهک و برای تثبیت رس سنگین، 3 تا 8 درصد آهک هیدراته (برحسب وزن خشک خاک) استفاده می شود (Brown, 2000). نتایج آزمایشات نشان داده که برخی سازند های سست خاکی بر اثر جذب آب و اشباع اولیه فرو ریزند. به عبارتی ساختمان داخلی خاک یعنی حدود 10٪ ضخامت خاک می توان فرونشست داشته باشد. معمولاً پتانسیل رمبندگی در خاکهای با تراکم خشک کمتر از 1/5 t/m<sup>3</sup>، حد روانی کمتر از 30 و رطوبت کمتر از 15٪ و در مناطق اقلیمی خشک دارای بیشترین مقدار است (قاضی فرد و نعیم امامی، 1380). بنا به مشاهدات و گزارش توهنو یاسودا در زلزله ژاپن سال 1986 توکاجی-اوکی، خاکهای حاوی 90٪ ریزدانه، 18٪ رس، روانگرا ئی پیدا کردند (قهرمانی و همکاران، 1385). بررسیها نشان داده که ML=4 حد آستانه ناپایداری مواد سست سازند های خاکی و سنگی دامنه است. زلزله با ML=5 حد آستانه سیلان، روانگرائی خاک و گسترش جانی سازند های خاکی است و در ML=6، 6/5 حرکات توده ای بهمین های سنگی و بهمینهای خاکی شدید از مخاطرات ژئومورفیک برای ساخت و سازه های شهری می باشند (شریعت جعفری، 1375). در مجموع از لحاظ ژئومورفولوژی سطوح آبرفتی پر شده و تراسهای آبرفتی دوران چهارم (کواترن) با ترکیبی از پاره سنگها، قلوه سنگها، گراول، با درصد پائین ماسه و رس (معمولاً کمتر از 20٪) در سطوح هموار دشتها و جلگه ها، اگر مسائل زهکشی آنها بطور اصولی اعمال شود و منطقه تحت تاثیر نوسان سفرهای آبی سطحی و سیلابها نباشد، از لحاظ توپوگرافی و زیر ساخت برای فونداسیون بناها و عبور خطوط ارتباطی پایدار و کم خطر می باشند (عابدینی، 1385). این گونه ترکیبی از سازند ها، حتی در قلمرو اقلیمی سردسیر و سرد تحت فرایند یخبندان و ذوب مجدد، تنش های تفاضلی انقباضی و انساطی محسوسی ندارند.

رسوبات و نیز نهشته های قدیمی (موروثی) با کمپلکسی از درصد پاره سنگهای متوسط و درشت زیاد، با ماتریس ریزدانه (رسی، مارن، لیمون) کمتر در صورتیکه اتصال دانه ها به کمک سیمانی تامین شده باشد و تعادل نسبی خود را کسب نموده باشند مناطقی پایدار و مناسبی در اقلیم نیمه خشک و خشک برای عبور جاده ها، ایجاد تاسیسات استراتژیک و فونداسیون سازه های شهری می باشند.

کروت ها یا پوسته های مواد آلمین دار (بوکسیتی<sup>7</sup> و آهن دار (فروژنیوز<sup>8</sup>) و آهنکی سفت و سخت شده، در آب هوای بین المدارین، هم از لحاظ پایداری و هم از نظر عرضه مواد زیر ساخت جاده ها و راه های آهن و نیز برای بناهای سبک مناسب می باشند. مهندسین عمران بایستی ضخامت قشر سخت شده سطحی خاک را از لایه زیرین تحکیم نیافته، با جورشدگی و اتصال بین دانه ای ضعف تعیین نمایند، زیرا قشر زیرین لایه سخت شده، دارای تحمل ظرفیت بار پائینی است. بر آورد، ترکیب مواد، جورشدگی، تحکیم یافتگی و گرانولومتری مواد و عناصر زیرین این لایه ها ضرورت دارد. گاهی لایه سفت و سخت شده سطحی با سنگ مادر (Bed rock) اشتباه گرفته می شود. اقدام به احداث بناهای متراکم و یا سنگین شهری میشود. از آنجائیکه ضخامت قشر سخت شده بیش از 2 متر نیست (متوسط 1 متر باشد)، غالباً لایه زیرین این قشر جوشن سخت از مواد تحکیم نیافته، با جورشدگی و اتصال بین دانه ای ضعف می باشند، مکان گزینی بعنوان مقر یا نشستگاه (Site) مناسب نمی باشند.

در دامنه کوهها (سطوح شیبدار بین 10 الی 35 درجه، وجود لایه نفوذ ناپذیر در زیر مواد تخریبی سست با ترکیبی از قطعات سنگی ریز و درشت، گراول، با درصد پائین ماسه، رس و سیلت برای ساخت سازه ها با اصول مهندسی عمران و با تکیه بر داده های زمین شناسی و ژئومورفولوژی بایستی صورت بگیرد. درصد بالای ماسه، بویژه رسی یا سیلت (بیش از 30٪) در زمان هیدراتاسیون بواسطه بارشهای سنگین و نیز تکانهای زمین لرزه ها موجب ناپایداری و جابجائی توده

<sup>7</sup> -Bauxitique  
<sup>8</sup> - Ferruginous



ای (گسیختگی، لغزش، فوراً، سولیفلیکسیون و نیز روانگرا شدن آنها (پدیده تیکسو تروپی) خواهد شد و به فونداسیون بنا ها آسیبهای جدی خواهد رساند. در دامنه کوهها (سطوح شیبدار بین 10 الی 35 درجه، تناوب و توالی لایه نفوذ پذیر مقاوم سنگی به ظاهر پایدار (نظیر سنگهای آذرین مقاوم درز و ترک دار، سنگ آهک مقاوم)، هر چند به ضخامت چندین متر با لایه نفوذ ناپذیر (رسی و ماری) از پر ریسک ترین نقاط برای ایجاد فونداسیون ساختمانها می باشند. زیرا در اثر بارشهای سنگین در اقلیم نیمه خشک و مرطوب آنها در بین لایه نفوذ پذیر فوقانی و نفوذ ناپذیر تحتانی منجر به خیس شدن، گاهی اشباع و روانگرایی آنها شده و علیرغم اعمال اصول مهندسی عمران در مواقع زمین لرزه های شدید غیر قابل کنترل می شوند.

- نهشته های دامنه ای جزء نواحی غیر متناسب و ناپایدار برای ایجاد ساختمانها محسوب می شوند. اغلب این سازند ها مختلف الجنس و اندازه هستند و اگر در داخل این نهشته ها ماتریس ریز دانه (رس، لیمون و سیلت) در حد کافی نباشد، در سطح دامنه های شیبدار در زمان وقوع زلزله جابجایی می شود.  
- کناره تراس های آبرفتی رودخانه های حتی اگر از قله سنگها تشکیل شده باشند و دور از خط سیلاب باشند، از مناطق بالقوه مخاطره آمیز هستند. زیر در اثر وقوع زمین لرزه با بریده شدن، قسمتی از آنها نشست نموده و بخش اعظم پیکره آنها دستخوش تغییر شکل شده و ساختمانها و جاده ها آسیب می بینند. نتیجه گیری:

رفتار سازند های سطحی سست و زمین شناسی در مقابل عناصر اقلیمی (میزان بارش، تغییرات دما، زلزله، تحمل بار (در شیبهای مختلف) بسیار متفاوت است. ترکیب، ضخامت توالی، آرایش و اتصال ذرات در حد خمیرائی و روانگرا شدن آنها بسیار موثر است. وجود مواد قابل انحلال و درصد بالای عناصر و مواد ریز رسی و ماری، لیمونی در سازندها منجر به ناپایداری آنها می شود. در جابجائی و تغییرات سازند های زمین شناسی علاوه بر اقلیم، تحولات زمین ساخت و نقش تعیین کننده دارند. تغییرات آرام (دیاستروفیسم) و سریع کاتاستروفیسم مواد و عناصر پوسته زمین اثراتش در تداخل با مهندسی عمران است. پدیده های مخاطره آمیز ژئومورفولوژی نظیر لغزش، ریزش، خزش، جریانات گلی، سولیفلیکسیون، جریان خرده سنگها، سقوط سنگها، سوتیراژ، سوبسیدانس و غیره... بعنوان تنگنا در عمران و معماری مطرح هستند. نشستگاه شهرها (Site) ترکیب توپوگرافی و ژئومورفولوژی متنوعی را در بر می گیرد و به موازات بزرگ شدن شهرها با موانع و مسائل ژئومورفولوژی بیشتری مواجه می شوند. در مجموع مناطقی با سازند های سطحی با ترکیبی از پاره سنگها، قله سنگها، گراول و با درصد پائین ماسه و رس (با سیمان شدگی و تحکیم یافتگی خوب)، با زهکشی مناسب، شیب کمتر از 30 درصد و دور از گسل های فعال، جریانات سیلابی و فرسایش کناری مناطق پایداری را برای زیر ساخت های شهری و جاده ها میباشند. اغلب خسارتهائی که به ساختمانها و بناها شهری وارد می شود، عمدتاً به زیر ساخت ها و نشستگاه آنها مربوط می شود، نه به معایب معماری و عملیات مهندسی. ناشی از زلزله ها به لذا استفاده از داده های نقشه های مورفودینامیک و ژئومورفولوژی کاربردی در جهت برنامه ریزی محیطی متناسب و طراحی و تطبیق مصالح و فرم معماری برای مهندسی عمران، شهر سازان و معماران بسیار مفید خواهد.

-منابع مورد استفاده:

- 1- رجائی، عبدالحمید (1373) کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین. تالیف. انتشارات قومس. 315-324.
- 2- عابدینی، موسی (1384) بررسی مسائل مورفودینامیک و ناپایداری دامنه های منطقه دیوان داغی. دانشگاه تبریز گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی).
- 3- زمردیان، محمد جعفر (1364) اصول و مبانی عمران ناحیه ای، انتشارات آستان قدس رضوی، ص 51-50.
- 4- شریعت جعفری، محسن (1375) زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی)، انتشارات سازه. ص 105-117.
- 5- قاضی فرد و نعیم امامی (1380) مبانی زمین شناسی مهندسی، انتشارات جهد دانشگاهی واحد اصفهان. 1380 ص 197.
- 6- مقیمی، ابراهیم و گودرزی، شاپور (1382)، مخاطرات محیطی. ترجمه. نوشته کیت اسمیت. انتشارات سمت. ص 205.
- 7- گودرزی، شاپور (1378). ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی. ترجمه (نوشته آریو، کوک و جی. سی. دورکمپ) جلد اول. انتشارات سمت.
- 8- عابدینی، موسی (1378) بررسی مسائل مورفودینامیک حوضه آبریز هرزند چای شهرستان مرند. دانشگاه تبریز، گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی).
- 9- عابدینی، موسی (1385) بررسی مسائل هیدروژئومورفولوژی و کاربری اراضی جنوب شهر اردبیل (حوضه دریاچه شورابیل) و ارائه راهکارهای اساسی. کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت شهری. دانشگاه فردوسی مشهد.
- 10- قهرمانی و همکاران (1385). بررسی رفتار تونلها در برابر زلزله. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، شماره 4. ص 71
- 7-Marsal.R.J( 1965) Discussion of shear strength. Proc of the International Conference on soil Mechanism and foundation engineering ,Vol,3,pp 310-316.
- 11- جان علی زاده چوب بستی، عسکر (1382). تثبیت خاکهای ریز دانه بوسیله افزودن میکروسلیکا به همراه آهک یا سیمان. ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی اصفهان. ص 384-347.
- 12- غیاثیان، حسین و شفیقی، حمید (1382). شکست ذرات خاک در خاکهای دانه ای در آزمایش سه محوری. ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی اصفهان. ص 340 و 341
- 13-Brown, Robert Wade, (2000) Practical foundation engineering handbook-second edition published by McGraw-Hill.
- 14-Sutcliffe, Anthony (1980). The rise of modern urban planing. 1800-1914, Mansall, London.