

زمین شناسی

Geology

دفتر فنی مهندسی

سازه گستر

یادمان سازان هرمزگان

مدیریت : مهندس محمد عالی پور
عضو نظام مهندسی ساختمان
همراه : ۰۹۱۷۳۶۲۷۰۰۱
تلفن : ۰۷۶۱-۶۶۷۹۵۴۵
۰۹۱۷۳۶۲۲۰۰۸

www.sazegostar7001.mihanblog.com
E-mail : m3627001@yahoo.com



دفتر فنی مهندسی

سازه گستر

یادمان سازان هرمزگان

پیگیری کلیه مراحل شهرداری تا انتهای سافت و ساز - اجراء کلیه پروژه های سافت و ساز
کروکی (UTM) طراحی - نقشه - نظارت - اجرا

مجمع زیتون ساختمان اهورا مجمع ملکه آسمانها مجمع ستاره و نیلی

پل رسالت

بندرعباس - بین چهارراه رسالت تا میدان صادقیه - ساختمان اهورا - طبقه ۷ - واحد ۲۳
۰۹۱۷۳۶۲۲۰۰۸ تلفن : ۰۷۶۱-۶۶۷۹۵۴۵ همراه : ۰۹۱۷۳۶۲۷۰۰۱



فهرست

- 1- تشکیل زمین 1
- 1-1- جهان و کهکشان راه شیری 1
- 2-1- منظومه شمسی 1
- 2- کانی ها و سنگ ها 3
- 1-2- کانی شناسی 3
- 2-2- تشکیل کانی ها 4
- 1-2-2- تشکیل کانی های آذرین 4
- 2-2-2- تشکیل کانی های رسوبی 5
- 3-2-2- تشکیل کانی های دگرگونی 5
- 3-2- روش شناسایی کانی ها 5
- 3- سنگ ها 8
- 1-3- سنگ های آذرین 9
- 1-1-3- سنگ های آذرین درونی و بیرونی 9
- 2-1-3- توف 10
- 2-1-3- پوکه معدنی 10
- 2-3- سنگ های رسوبی 11
- 1-2-3- سنگ های رسوبی تخریبی 11
- 2-2-3- سنگ های رسوبی تبخیری 13
- 3-2-3- سنگ های دگر گونی 13
- 4- خصوصیات مهندسی سنگ ها 14
- 1-4- خصوصیات فیزیکی 14
- 2-4- خصوصیات مکانیکی 15
- 1-2-4- تعیین مقاومت فشاری سنگ (مقاومت تک محوری) 15
- 2-2-4- مدول الاستیسیته 18

21	3-4- عوامل موثر بر مقاومت سنگ
23	5- خاک
23	1-5- دانه بندی خاک ها
23	1-1-5- روش دانه بندی
26	2-5- خصوصیات مهندسی خاکها
28	3-5- خاک های مسئله دار
28	1-3-5- خاک های رسی
30	2-3-5- خاک های خورنده
31	3-3-5- خاک های انحلال پذیر
31	4-3-5- خاک های رمبنده
31	5-3-5- خاک های واگرا
32	6- زمین شناسی ساختمانی
32	1-6- نظریه تکتونیک صفحه ای: Plate Tectonic Theory
33	1-1-6- نظریه و فرضیه های آن
36	2-6- مشخصات هندسی لایه های زمین
36	1-2-6- امتداد
37	2-2-6- شیب و جهت شیب
38	3-6- ساختمان های شکل پذیر (چین ها)
39	1-3-6- طبقه بندی چین ها
39	4-6- ساختار های شکننده
40	1-4-6- گسل
40	1-1-4-6- مشخصات گسل ها
40	2-2-4-6- انواع گسل
42	7- زمین لرزه
43	1-7- اصطلاحات

44	2-7- امواج لرزه ای
44	1-2-7- امواج درونی
45	2-2-7- امواج سطحی
46	3-7- تعیین مرکز سطحی زمین لرزه
46	4-7- شدت زمین لرزه
47	5-7- بزرگی زمین لرزه
48	6-7- انرژی زمین لرزه
49	7-7- دوره بازگشت زمین لرزه ها
49	8-7- تقسیم بندی گسل ها از نظر فعالیت
50	8- آبهای زیرزمینی
50	1-8- منطقه بندی
51	2-8- اشکال مختلف آب در خاک
52	3-8- لایه آبدار (آبخوان یا سفره آب زیرزمینی)
53	4-8- پارامترهای هیدرودینامیکی آب زیرزمینی
53	1-4-8- تخلخل
53	2-4-8- آبدهی ویژه (تخلخل موثر)
53	3-4-8- نگهداشت ویژه
54	4-4-8- ضریب ذخیره
55	5-8- حرکت آب های زیرزمینی
56	6-8- قنات
57	7-8- آلودگی آبهای زیرزمینی
57	1-7-8- لندفیل
61	1-7-8- استفاده اقتصادی از لندفیل
61	8-8- ژئوسنتتیک
62	1-8-8- ژئوتکستایل

63	2-8-8- جی سی ال
63	3-8-8- ژئوممبران
64	4-8-8- ژئوگرید
64	5-8-8- ژئومت
66	9- طبقه بندی مهندسی توده سنگ
66	1-9- روش R MR
69	2-9- روش های نگهداری تونل ها
71	10- زمین شناسی در سدسازی
71	1-10- انواع سد بر اساس نوع مصالح
71	1-1-10- سدهای خاکی
73	2-1-10- سدهای بتنی
74	2-2-10- اجزای سد
75	3-10- آب بندی سدها
75	4-10- زمین شناسی سدها
76	1-4-10- عوامل مؤثر در انتخاب ساختگاه سد
80	11-تونل
81	1-10- بررسی ها و اطلاعات زمین شناسی
85	2-10- روش های حفاری تونل
85	1-2-10- روش های حفاری سنتی
86	2-2-10- روش های حفاری مکانیزه
87	3-10- حفاری در زمین های نرم
87	1-3-10- دیوار با سپر فولادی
87	2-3-10- دیوار برلین

فصل اول

تشکیل زمین

1- تشکیل زمین

1-1- جهان و کهکشان راه شیری

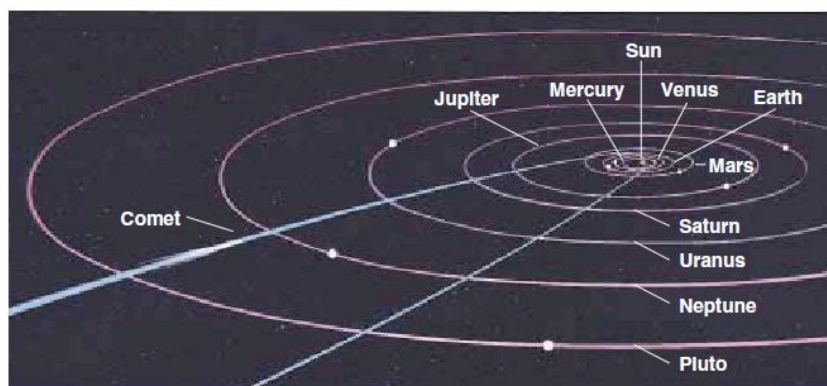
با توجه مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته سن جهان در حدود 16 میلیارد سال می باشد. کره زمین بخشی از منظومه شمسی است که از خورشید، سیارات و اقمار و سیاره مانند ها و ستاره های دنباله دار تشکیل شده است. خورشید یکی از ستارگان کهکشان راه شیری است. یکی از 10^{11} ستاره ای که در این کهکشان وجود دارد. کهکشانی عدسی شکل که قطری معادل 70000 سال نوری دارد. (هر سال نوری فاصله ای است که نور در مدت یک سال می پیماید).

1-2- منظومه شمسی

خورشید، سیارات داخلی و خارجی، ستاره های دنباله دار و شهابسنگ ها از تشکیل دهنده های این مجموعه اند. خورشید 99.98% کل جرم منظومه شمسی را دربردارد. از خورشید که به سمت خارج حرکت می کنید سیارات کوچک با وزن مخصوص بالا می بینید که به سمت خارج بلعکس می شود. جرم خورشید 332 هزار برابر زمین و چگالی 1.41 دارد ولی چگالی زمین 5.5 است که در منظومه شمسی از بقیه بیشتر است. در کنار زمین بین دیگر سیارات منظومه شمسی، مریخ هم دارای میدان مغناطیسی است.

از مهمترین نظریه های تشکیل زمین و منظومه شمسی می توان به نظریه ستاره های دوتایی (*Double Star*) اشاره کرد. فرضیه این نظریه بر این اساس استوار است که در نتیجه برخورد دو ستاره و انفجار رخ داده (انفجار سوپر نوا) منظومه شمسی تشکیل شده است.

سیاره های موجود در منظومه شمسی به دو دسته سیارات خاکی غیر خاکی تقسیم بندی می شوند. سیارات خاکی شامل عطارد، زهره، زمین و مریخ و سیارات غیر خاکی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون و پلوتو تقسیم می شوند. بر اساس فرضیات موجود سن منظومه شمسی حدود 4.6 میلیارد سال تخمین شده شده است. مهمترین روش های سن یابی استفاده از روش رادیو اکتیو است.



سیارات منظومه شمسی

بین سیارات از عطارد تا منظومه شمسی نظم برقرار است. این نظم که به قانون باد معروف است فاصله نسبی سیارات از خورشید را نشان می دهد.

	عطارد	زهره	زمین	مریخ	فضای خالی	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون	پلوتو
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	0	3	6	12	24	48	96	192		384
مقدار محاسبات	4	7	10	16	28	52	100	196		388
فاصله واقعی	3.8	7.2	10	15.2		52	95	192	301	395

فصل دوم

کانی ها و سنگ ها

2- کانی ها و سنگ ها

1-2- کانی شناسی

کانی یا مینرال واحد اصلی تشکیل دهنده سنگ هاست. ماینا (*Mina*) یک واژه یونانی به معنای کندن است. ریشه کلمه *Mineral* از همین واژه استخراج شده است.

کانی را در تعریف میتوانیم اینگونه معرفی کنیم:

کانی یک ماده جامد، طبیعی، غیر آلی، با ساختمان های بلوری منظم و ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابت است. به این ترتیب یخ (می تواند مایع شود)، زغال (آلی است)، الماس های مصنوعی (طبیعی نیست) کانی محسوب نمی شوند.

سنگ ها ممکن است از یک یا چند کانی مختلف تشکیل شده باشند. برای مثال سنگ آهک از کانی کلسیت با فرمول شیمیایی CaCO_3 تشکیل شده است و سنگی مانند گرانیت از چند کانی مختلف (کوارتز، مسکویت، ارتوز و ...) تشکیل شده است.

ELEMENT	CHEMICAL SYMBOL	COMMON ION(S)
Oxygen	O	O^{2-}
Silicon	Si	Si^{4+}
Aluminum	Al	Al^{3+}
Iron	Fe	Fe^{2+} and Fe^{3+}
Calcium	Ca	Ca^{2+}
Magnesium	Mg	Mg^{2+}
Potassium	K	K^{1+}
Sodium	Na	Na^{1+}

اغلب کانی های فراوان روی سطح زمین از 8 عنصر اصلی تشکیل شده اند. این عناصر عبارتند از:

2-2- تشکیل کانی ها

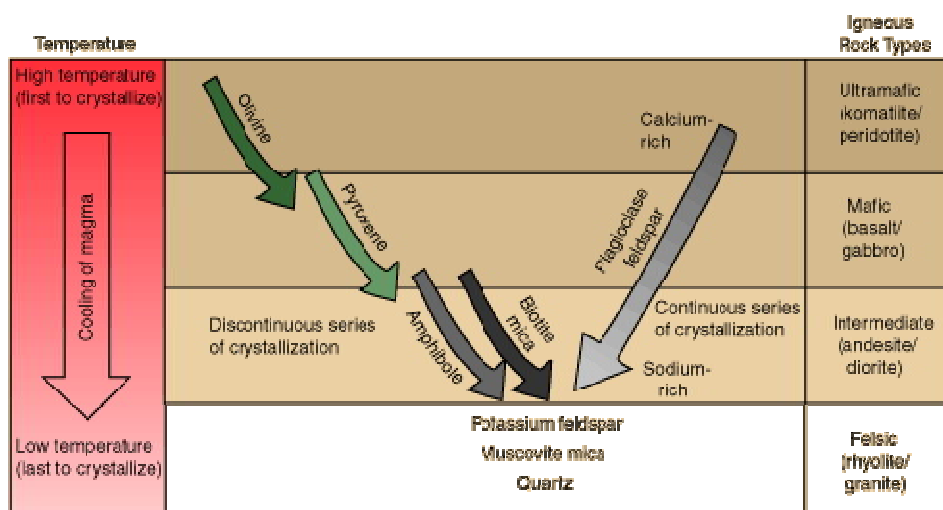
سه مکانیزم برای تشکیل کانی ها وجود دارد:

- 1- آذرین
- 2- دگرگونی
- 3- رسوبی

2-2-1- تشکیل کانی های آذرین

در این روش کانی ها از ماده‌ی مذاب جدا شده و ته‌نشین می‌شوند. ترتیب تشکیل کانی‌ها در این روش به نقطه ذوب آنها بستگی دارد و از قانون بوون تبعیت می‌کند. به این ترتیب که ابتدا کانی‌هایی تشکیل می‌شوند که نقطه‌ی ذوب بالاتری دارند و با کاهش دمای مذاب کانی‌هایی با نقطه‌ی ذوب پایین‌تر تشکیل می‌شوند کانی‌هایی که دمای ذوب بالاتری دارند، عمدتاً حاوی عناصر آهن، منیزیم و کلسیم بوده (مانند اولیوین، پیروکسن و پلاژیوکلاز) و با کاهش دما شاهد حضور و افزایش عناصر آلومینیوم، Na و K و Si در ترکیب کانی‌ها هستند و کانی‌هایی همانند مسکویت، کوارتز و آلبیت تشکیل می‌شوند.

افزایش Si, Al, K, Na در ترکیب کانی‌ها	کاهش Mg, Fe در ترکیب کانی‌ها	اولیوین	1500 C°	کاهش دما
		پیروکسن		
		آمفیبول		
		مسکویت		
		کوارتز	600 C°	



- قانون گلدیش

کانی‌هایی که در دما و فشار بالاتر تشکیل می‌شوند زمانی که به سطح زمین می‌رسد - به دلیل اختلاف دمای تشکیل کانی‌ها با دمای سطح زمین - زودتر تحت تأثیر هوازدگی و فرسایش قرار می‌گیرند است و کانی‌هایی که در دما و فشار پایین‌تر تشکیل می‌شوند، در سطح زمین پایداری بیشتری دارند. این قانون به اصل گلدیش معروف است. بنابراین کوارتز پایدارترین کانی در سطح زمین است.

2-2-2- تشکیل کانی‌های رسوبی

این کانی‌ها حاصل ته‌نشینی یون‌ها و ترکیبات اشباع شده در حوزه‌ی رسوبی می‌باشد. به این کانی‌ها، کانی‌های رسوبی شیمیایی گفته می‌شود.

مانند کلسیت (حاصل ترکیب یون‌های کلسیم و کربنات: تشکیل کانی کلسیت)

نمک (ترکیب یونهای کلر و سدیم: تشکیل کانی هالیت)

گچ یا ژپس (ترکیب یون‌های سولفات و کلسیم: تشکیل ژپس).

2-2-3- تشکیل کانی‌های دگرگونی

در این روش کانی‌ها اولیه (آذرین - دگرگونی یا رسوبی) که حاصل فرآیندهای آذرین، دگرگونی یا رسوبی هستند، زمانی که تحت تأثیر عوامل دگرگونی قرار می‌گیرند (دما، فشار، سیالات) با تغییر ترکیب و یا ساختمان بلوری، به کانی جدیدی تبدیل می‌شوند. به این فرآیند اصطلاحاً دگرگون شدن گفته می‌شود.

2-3- روش شناسایی کانی‌ها

1- رنگ

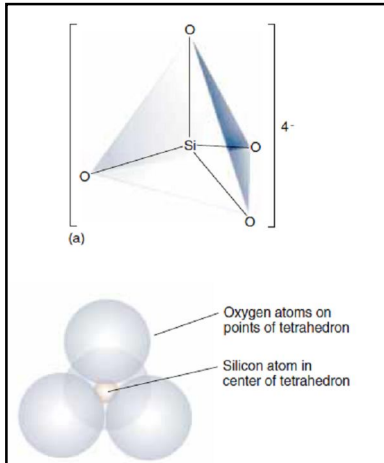
با توجه به عناصر تشکیل دهنده هر کانی رنگ آن هم می‌تواند متغیر باشد.

2- ترکیب شیمیایی

هرکانی ترکیب شیمیایی تقریباً ثابتی دارد. مثلاً گچ با ترکیب CaSO_4 ، کلسیت با ترکیب CaCO_3

کانی ها را از نظر ترکیب شیمیایی به رده های مختلفی تقسیم بندی می کنند. که فراوان ترین آنها سیلیکات ها می باشد یعنی دارای بنیان SiO_2 هستند، مانند اکثر کانی های آذرین.

در کنار سیلیکات ها رده های کربنات با بنیان CO_3 ، سولفید SO_4 ، نیترات NO_3 و ... وجود دارد.



3- ساختمان بلوری

تمام کانی ها در یکی از 7 شبکه ی بلوری ممکن تشکیل می شوند. به عبارت دیگر هر کانی ساختار بلوری مختص خود دارد. در شکل روبرو انواع ساختار های بلوری نشان داده شده است.



4- بو

5- جلاء

جلا حاصل برخورد نور به سطح کانی و بازتاب آن است. دو دسته اصلی انواع جلا را می توان فلزی و غیر فلزی نامید.

جلای غیر فلزی خود به انواع صمغی و ابریشمی و ... تقسیم می شود.

6- رنگ خاکه

زمانی که کانی را روی چینی بدون لعاب می کشیم از خود رنگی بر جای می گذارد که به آن رنگ خاکه گفته می شود.

7- سختی

یکی ویژگی مهم کانی ها سختی آنهاست. که مقاومت سنگ حاصل را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. برای سختی کانی ها معیار **مووس** ارائه می شود که سختی کانی ها به 10 رده ی اصلی تقسیم می شود. در جدول زیر این مقیاس آورده شده است. همچنین سختی اشیاء طبیعی معادل آنها نیز در ستون سمت راست آورده شده است. برای مثال ناخن سختی برابر با ژئپس دارد.

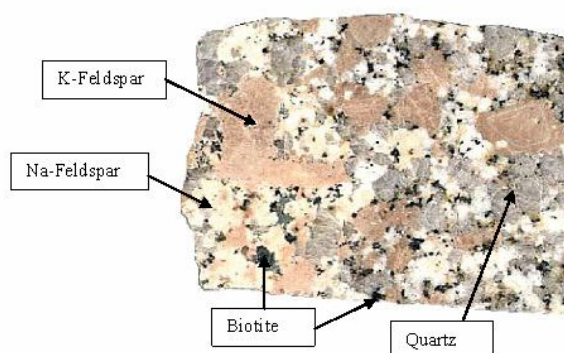
MINERALS OF MOHS SCALE	COMMON OBJECTS
1. Talc	
2. Gypsum	Fingernail
3. Calcite	Copper penny
4. Fluorite	
5. Apatite	Knife blade
	Window glass
6. Orthoclase	
7. Quartz	Steel file
8. Topaz	
9. Corundum	
10. Diamond	

فصل سوم

سنگ‌ها

3- سنگ‌ها

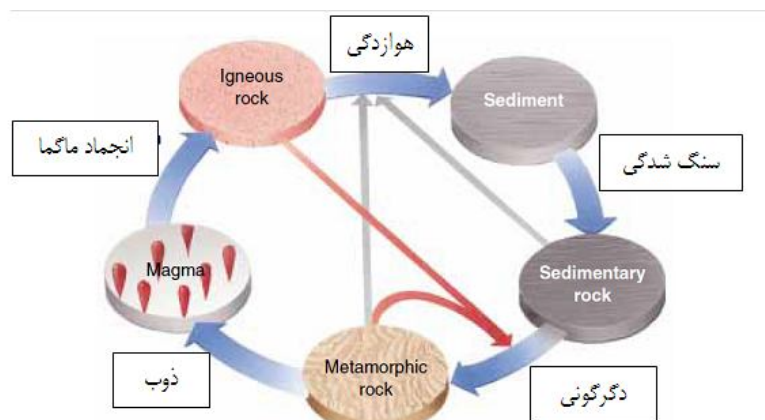
چنانچه در فصل دوم اشاره شد، حاصل ترکیب یک یا چند کانی سنگ‌ها تشکیل می‌شوند. به شکل زیر دقت کنید. سه کانی فلدسپات، بیوتیت و کوارتز در کنار هم، سنگ گرانیت را تشکیل داده‌اند.



تمامی سنگهای زمین را از نظر منشا یا مکانیسم تشکیل می‌توان به 3 دسته اصلی تقسیم کرد:

1- سنگهای آذرین 2- سنگهای دگرگونی 3- سنگهای رسوبی

در حقیقت بین این سنگ‌ها ارتباط وجود دارد، به طوری که به علت پویایی کره زمین مدام تشکیل شده و به انواع دیگر تبدیل می‌شوند. چرخه تشکیل سنگها را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.

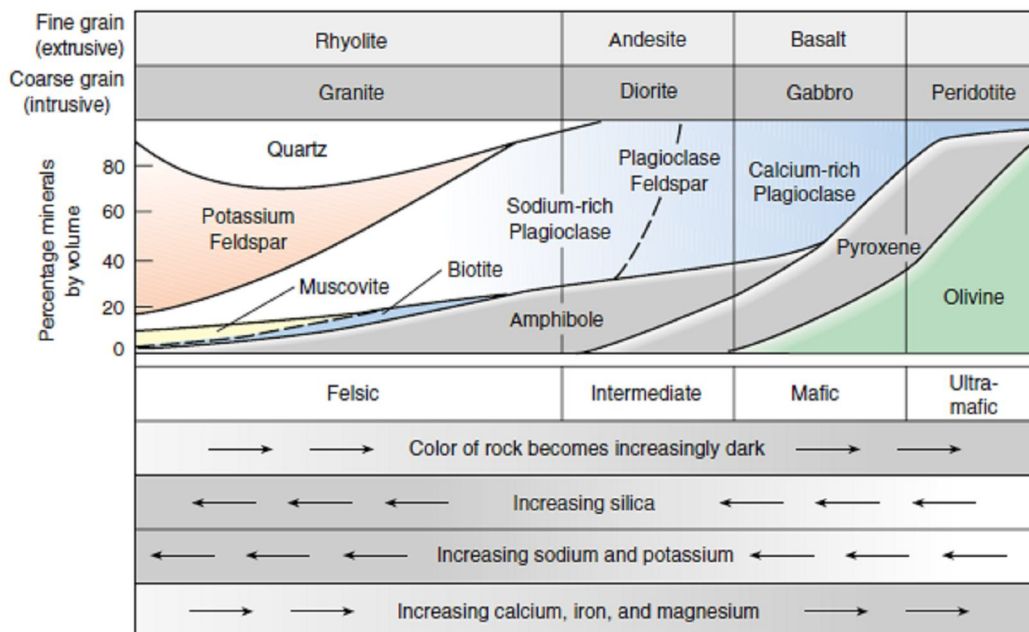


1-3- سنگ های آذرین

1-1-3- سنگ های آذرین درونی و بیرونی

تمامی این سنگها (*Igneous Rocks*) از ماده ای مذاب به نام ماگما تشکیل می شوند. ماگما، به مذاب حاصل از ذوب سنگ ها گفته می شود. چنانچه ماگما درون زمین سرد شود و به سنگ جامد تبدیل شود سنگ آذرین درونی تشکیل می شود در حالی که اگر این ماگما به صورت آتشفشان به سطح زمین راه یابد و پس از آن سرد شود، سنگ آذرین خروجی یا بیرونی تشکیل می شود. تفاوت اصلی سنگ های آذرین درونی و بیرونی در اندازه بلور های آنهاست. سنگهای آذرین درونی به دلیل اینکه در زمان طولانی سرد می شوند، فرصت کافی برای رشد بلور های آن وجود دارد بنابراین بلورهای آن رشد کرده و با چشم غیر مسلح به راحتی قابل تشخیص هستند. در حالی که در سنگ های آذرین بیرونی به دلیل سرعت سرد شدن، بلورها فرصت رشد کردن ندارند و بافت سنگ ریز بلور خواهد بود. در جدول زیر انواع سنگ های آذرین و تفاوت های اصلی آنها آورده شده است.

بازالت	آندزیت	ریولیت	بیرونی	بلور های ریز دانه
گابرو	دیوریت	گرانیت	درونی	بلورهای درشت در حد سانتی متر
بازیک	حد واسط	اسیدی	نوع سنگ	
>45%	45-60%	<60%	میزان سیلیس	
Ca , Mg , Fe		Si-Al-K-Na	عناصر اصلی	
تیره و سیاه و سبز	خاکستری تا سبز روشن	رنگ روشن	رنگ	



در این لینک می توانید تصاویر انواع مختلف سنگ های آذرین درونی و بیرونی را مشاهده کنید.

<http://geology.com/rocks/igneous-rocks.shtml>

2-1-3- توف

توف ها خاکسترهای آتشفشانی هستند که عمدتاً حاصل آتشفشانهای با ترکیب اسیدی یا حد واسط هستند. این آتشفشان ها به علت اینکه گاز و مواد فرار زیادی در ماگما دارند به علت فشار زیادی که ای گازها ایجاد می کند عمدتاً حالت انفجاری دارند و مواد مذاب به صورت خاکستر به هوا پرتاب می شوند. این مواد مذاب پس از ته نشینی روی زمین به یکدیگر جوش خورده و توف ها را تشکیل می دهند. توف های سبز کرج نمونه ای از این سنگ ها هستند. در صورتی که خاکستر های آتشفشانی در حوضه های رسوبی ته نشین شوند با رسوبات وارد شده به حوضه ترکیب شده و سنگی تحت عنوان **توفیت** را ایجاد می کنند.

2-1-3- پوکه معدنی

پوکه های معدنی (سنگ پا) سنگ های آتشفشانی سبکی هستند که به علت خروج گاز از درون ماده مذاب در هنگام تبدیل به سنگ ، حفره های زیادی در آن ایجاد شده است و به همین دلیل چگالی آن بسیار پایین است. مکانیسم تشکیل این سنگ ها به توف ها شباهت دارد با این تفاوت که پوکه های معدنی قطعات مذابی هستند که پس از پرتاب

شدن از دهانه آتشفشان، گاز از آن خارج شده و سنگ متخلخلی را ایجاد کرده است. اگر ماگمای اولیه ترکیب بازیک داشته باشد سنگ تشکیل شده را اسکوری و در صورتی که ترکیب مذاب اسیدی باشد آن را پامیس می نامند.

2-3- سنگ های رسوبی

سنگ های رسوبی (*Sedimentary Rock*) به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

1- سنگ های رسوبی تخریبی

2- سنگ های رسوبی تبخیری یا شیمیایی

پیش از معرفی سنگ های رسوبی تخریبی، فرآیند هوازدگی و فرسایش را معرفی می کنیم. هوازدگی عبارتست از خرد شدن سنگ ها و تجزیه آنها به همراه رسوبات و فرسایش حمل این قطعات توسط عامل گرانش، آب یا باد است. سنگی هایی که در سطح زمین می بینیم در شرایطی متفاوت با شرایط اولیه تشکیل خود قرار دارند (حرارت و فشار و ... نسبت به زمان تشکیل آنها تغییر کرده است) بنابراین می بایست خود را با شرایط جدید مطابقت دهند و این زمینه را برای هوازدگی فراهم می کند. فرآیند هوازدگی به دو دسته اصلی تقسیم می شود.

- هوازدگی فیزیکی

- هوازدگی شیمیایی

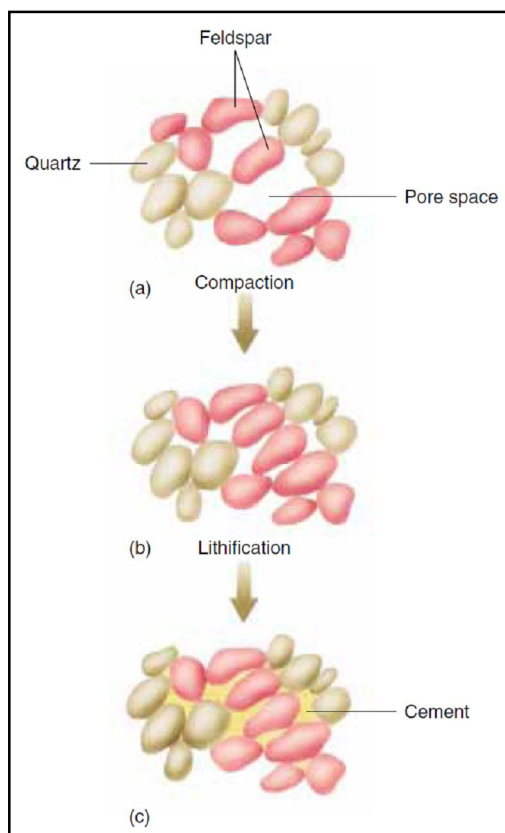
هوازدگی فیزیکی به خردشدگی مکانیکی سنگ ها گفته می شود. منظور از خرد شدگی مکانیکی فرآیندهایی است که با تغییر دما و فشار منجر به شکسته شدن سنگ ها می شود. یخ زدن آب و افزایش حجم آن مثالی از این نوع هوازدگی است. هوازدگی شیمیایی نیز تحت تاثیر واکنش های شیمیایی است که منجر به خرد شدن سنگ ها می شود. آبگیری مهمترین نمونه این نوع هوازدگی است.

1-2-3- سنگ های رسوبی تخریبی

سنگ های رسوبی تخریبی حاصل هوازدگی و فرسایش سنگ های اولیه می باشند. هر سنگی می تواند تحت تاثیر عوامل هوازدگی خرد شود و توسط عوامل فرسایش (آب ، باد) به سمت حوضه های رسوبی حمل شود و در نهایت پس از طی مراحل سنگ شدگی (*lithification*) به سنگ های رسوبی تخریبی تبدیل می شوند.

فرآیند سنگ‌شدگی دو مرحله‌ی متراکم شدن و سیمان شدن را شامل می‌شود.

متراکم شدن حاصل قرار گرفتن رسوبات روی یکدیگر و فشار آوردن توسط وزن لایه‌های فوقانی بر روی آنهاست.



در مرحله **سیمانی شدن** یونهای اشباع در محیط رسوبی یا ذرات ریز رسوبات مانند رس ها فضاها ی خالی بین ذرات رسوبی را پر کرده و باعث چسباندن ذرات رسوبی به یکدیگر می شوند. سیمانی که بین ذرات رسوبی را طی می کند می تواند از جنس سیلیس، آهک، ترکیبات آهن، رس و یا ترکیبات دیگر (باشد. در این بین سیمان سیلیسی دارای بیشترین مقاومت و سیمان رسی و کمترین مقاومت را دارند .

به سنی که در این مرحله ایجاد می شود سنگ رسوبی تخریبی گفته می شود. نامگذاری این سنگ ها بر اساس اندازه و شکل رسوبات تشکیل دهنده آنهاست. بر این اساس در اینجا ابتدا طبقه بندی رسوبات را بر اساس اندازه معرفی می کنیم:

سه دسته اصلی رسوبات بر اساس اندازه عبارتند از:

1- شن 2- ماسه 3- رس و سیلت

رس ها و سیلیت به رسوباتی گفته می شود که اندازه آنها کوچکتر از $1/16$ mm است .

ماسه ها ذراتی هستند که اندازه ی آنها بین 2 تا $1/16$ میلی متر است.

شن ها ذراتی هستند که اندازه ی آنها بزرگتر از 2mm است .

بر این اساس اگر رسوب تشکیل دهنده سنگ غالبا از نوع شن باشد، نام سنگ **کنگلومرا** خواهد بود.

اگر رسوب تشکیل دهنده سنگ غالبا از نوع ماسه باشد، نام سنگ **ماسه سنگ** خواهد بود.

اگر رسوب تشکیل دهنده سنگ غالباً از نوع رس باشد نام سنگ، رس سنگ خواهد بود. همچنین به رس سنگی که دارای لایه بندی ظریفی هستند شیل (*Shale*) گفته می شود.

3-2-2- سنگ های رسوبی تبخیری

این سنگ ها که در حقیقت همان کانی های تبخیری هستند که در کنار یکدیگر قرار گرفته و سنگ ها را به وجود آورده اند، یعنی حاصل ته نشینی از یک محلول اشباع در یک حوضه ی رسوبی هستند.

مهمترین انواع سنگ های رسوبی تبخیری یا شیمیایی عبارتند از

آهک (CaCO_3) دولومیت $\text{Ca,Mg (CO}_3)_2$ گچ CaSO_4 نمک NaCl

اگر آهک در چشمه های آب سرد تشکیل شود به آن تراورتن و اگر در چشمه های آب گرم تشکیل شود به آن آراگونیت گفته می شود.

تصاویری از انواع سنگ های رسوبی را می توانید در لینک زیر مشاهده فرمائید.

<http://geology.com/rocks/sedimentary-rocks.shtml>

3-2-3- سنگ های دگر گونی

پیش از این گفته شد که سنگ های دگرگونی (*Metamorphic Rock*) از دگرگون شدن سایر سنگها به وجود می آیند. مهمترین انواع سنگ های دگرگونی بر اساس نوع سنگ مادر آنها عبارتند از:

نام سنگ دگر گونی	سنگ مادر (سنگ اولیه)
گنیس	گرانیت
کوارتزیت	ماسه سنگ
مرمر	آهک
اسلیت، فیلیت و شیست	رس سنگ (شیل)

تصاویری از انواع سنگ های دگرگونی را می توانید در لینک زیر مشاهده فرمائید.

<http://geology.com/rocks/metamorphic-rocks.shtml>

فصل چهارم

خصوصیات مهندسی سنگ ها

4- خصوصیات مهندسی سنگ ها

خصوصیات سنگ ها را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

- 1- خصوصیات فیزیکی مانند دانسیته، تخلخل، جذب آب و ...
- 2- خصوصیات مکانیکی مثل مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته، ضریب پواسون و ...

4-1- خصوصیات فیزیکی

دانسیته: به وزن واحد حجم سنگ گفته می شود. واحد آن گرم بر سانتی متر مکعب یا تن بر متر مکعب بوده و آن را با γ نشان می دهند. برای تعیین دانسیته یک نمونه سنگ وزن را به کمک ترازو بدست آورده و حجم آب را هم از میزان آب خارج شده از ظرف پر از آب که نمونه سنگ را در آن قرار دادیم بدست می آید.

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

دانسیته معمول سنگ ها 2.7 تا 3 گرم بر سانتی متر مکعب است. هر چه درصد آهن سنگ بیشتر باشد، دانسیته آن نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین انتظار می رود که سنگ های اسیدی دانسیته کمتری نسبت به سنگ های بازیک داشته باشند.

تخلخل: به نسبت حجم فضاهای خالی یک نمونه به حجم کل نمونه تخلخل گفته می شود و معمولاً آن را با n نشان می دهند.

$$n = \frac{v_v}{v} \times 100$$

تخلخل در سنگ ها بسیار متفاوت است. برای مثال اگر چه سنگ های آذرین تخلخل پائینی دارند (معمولاً کمتر از 1%) ولی در برخی بازالت ها تخلخل بالایی (حدود 50%) نیز مشاهده می شود. در سنگهای رسوبی نیز این موضوع صادق است. ماسه سنگ و سنگ آهک تخلخلی متغیر دارند. برای مثال دو نمونه آهک می تواند تخلخل 5 تا 40% داشته باشند.

درصد جذب آب: به میزان آب جذب شده توسط نمونه سنگ گفته می شود. طبیعتاً هرچه تخلخل سنگ بیشتر باشد میزان آب جذب شده توسط آن بیشتر خواهد بود.

4-2- خصوصیات مکانیکی

برای اینکه خصوصیات مکانیکی سنگ ها را بررسی کنیم، ابتدا با سنگ بکر و توده سنگ آشنا می شویم.

سنگ بکر (Intact rock) به نمونه کوچکی از سنگ گفته می شود که فاقد شکستگی باشد. میزان مقاومت این سنگ تحت عنوان مقاومت فشاری بیان می شود.

توده سنگ (Rock mass) چنانچه از اسم آن مشخص است، به توده سنگی گفته می شود که در محیط پیرامون خود مشاهده می کنیم و طبیعتاً دارای اشکال ساختمانی از جمله شکستگی می باشد.

4-2-1- تعیین مقاومت فشاری سنگ (مقاومت تک محوری)

آزمایش مقاومت فشاری سنگ (*Uniaxial compression tests*) به منظور تعیین حداکثر مقاومت سنگ قبل از شکست طراحی شده است. علاوه بر این در این آزمایش رفتار سنگ پیش از شکسته شدن نیز بررسی می شود. علت انتخاب این نام برای این آزمایش این است که فشار تنها در یک محور به نمونه سنگی وارد می شود.

استاندارد: برای تعیین آزمایش های مختلف باید از استاندارد های جهانی معتبر مانند ASTM (*American Society for Testing and Materials*) یا ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) استفاده کرد تا علاوه بر

اینکه نتیجه آزمایش برای تمام مهندسان در سرتاسر جهان قابل استناد باشد، قابل درک و استفاده نیز باشد. استاندارد ها معمولاً شرایطی را برای انجام آزمایش ها در نظر می گیرند تا در نهایت نتیجه بدست آمده از آزمایش قابل استناد و استفاده باشد.

استاندارد های آزمایش تعیین مقاومت فشاری:

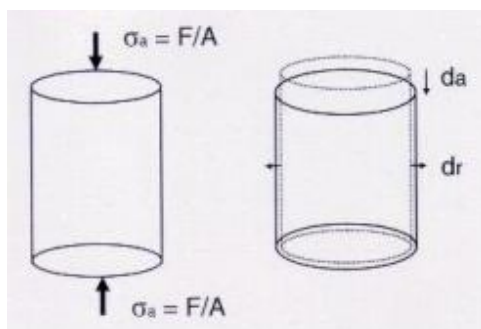
- نمونه سنگی که برای آزمایش به کار می رود باید استوانه ای باشد.

- نسبت طول به قطر آن باید 2-3 برابر باشد

- سطح نمونه کاملاً صاف و صیقلی باشد.

نحوه انجام آزمایش:

نمونه استوانه ای تهیه شده (مطابق استاندارد) را در دستگاه قرار می دهیم. با شروع آزمایش نیرو را در راستای محور طولی استوانه وارد می کنیم. در حین آزمایش علاوه بر میزان نیروی وارد شده، تغییر شکل طولی و جانبی نمونه سنگی نیز اندازه گیری می شود. شایان توجه است که نمونه در جهت اعمال بار کاهش طول (ΔL) و در جهت عمود بر اعمال بار افزایش طول خواهیم داشت (ΔD).



مقدار تنش (نیرو بر واحد سطح) که با علامت σ نشان داده می شود، بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع یا پاسکال

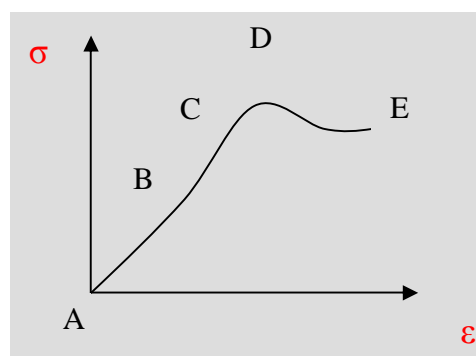
اندازه گیری می شود (با تقسیم نیروی وارده بر سطح استوانه مقدار تنش محاسبه می شود). $\sigma = \frac{F}{A}$

میزان تغییر شکل (کرنش) از تقسیم تغییر طول در هر لحظه به طول اولیه به دست می‌آید. کرنش را با علامت ε نشان می‌دهیم. که اگر این تغییر شکل در راستای محور استوانه باشد آن را کرنش محوری و اگر در راستای قطر باشد آن را کرنش جانبی می‌نامیم.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta D}{D_0}$$

در نهایت منحنی تنش کرنش تیپیک مطابق شکل زیر بدست می‌آید. اگر منحنی را به 4 قسمت تقسیم کنیم:



بخش A-C: به این بخش از منحنی، بخش الاستیک گفته می‌شود و منظور از آن این است که در صورتی که در هر بخش از آن، تنش را از روی سنگ برداریم، سنگ بدون اینکه تغییری حاصل کند دوباره به شکل اول خود باز می‌گردد. به عبارت دیگر منحنی به نقطه A باز می‌گردد. تفاوت بخش‌های AB و BC در این است که در بخش AB منحنی تقعر رو به بالا دارد (به علت بسته شدن شکاف‌ها و تخلخل‌های موجود در سنگ در اثر فشار اولیه) در صورتی که در محدوده BC نمودار خطی است.

به نقطه C، نقطه تسلیم گفته می‌شود. در این نقطه رفتار سنگ از حالت الاستیک به پلاستیک تغییر می‌کند. محدوده آن نقطه تقریباً 70% مقاومت نهایی است. به عبارتی از مقاومت سنگ 100 مگاپاسکال باشد، در حدود تنش 70 مگاپاسکال رفتار سنگ از حالت الاستیک به پلاستیک تغییر می‌کند.

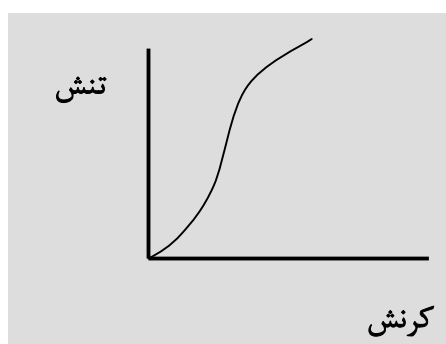
بخش CD که در آن تحدب منحنی رو به بالا است محدوده پلاستیک است. منظور از محدوده پلاستیک این است که در صورتی که در هر نقطه از این بخش فشار را از روی سنگ برداریم، سنگ به نقطه A باز نمی‌گردد و مقداری تغییر شکل در سنگ باقی می‌ماند.

به نقطه D نقطه شکست گفته می شود و مقدار تنش در این نقطه برابر مقاومت فشاری تک محوری سنگ (UCS) است.

محدوده DE نیز رفتار سنگ بعد از گسیختگی را نشان می دهد.

2-2-4- مدول الاستیسیته

اگر نمودار مربوط به تنش و کرنش را رسم کنیم نموداری بدست می آید که شیب آن را مدول الاستیسیته یا مدول یانگ می گویند.



$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon}$$

مدول ها یانگ به سه صورت محاسبه می شود:

روش اول: در نقطه 50% خطی مماس و شیب آنرا محاسبه می کنیم.

روش دوم: شیب خط مماس بر بخش صاف منحنی را تعیین می کنیم.

روش سوم: شیب خطی که ابتدای منحنی را به نقطه شکست متصل می کند را محاسبه می کنیم.

با توجه به اینکه روش سوم کمترین مقدار است، محافظه کارانه تر می باشد.

3-4- طبقه بندی مهندسی سنگ بکر

دیر و میلر به منظور طبقه بندی سنگ بکر از دو پارامتر مقاومت فشاری تک محوری و نسبت مدولی استفاده کردند (به نسبت مدول الاستیسیته به مقاومت سنگ نسبت مدولی گفته می شود).

در این طبقه بندی سنگ ها بر اساس مقاومت فشاری به پنج گروه A تا E تقسیم می شوند:

نشانه گروه	شرح	MPa	Kg/cm ²	Ib/in ²
A	مقاومت خیلی بالا	220	> 2250	> 32000
B	مقاومت بالا	110-220	1125-2250	16000-32000
C	مقاومت متوسط	55-110	562-1125	8000-16000
D	پایین	28-55	281-562	4000-8000
E	مقاومت خیلی پایین	<28	< 281	< 4000

گروه A :

دارای مقاومت خیلی بالا هستند سنگ‌های مانند کوارتزیت، بازالت‌های متراکم و دیاباز در این گروه قرار می‌گیرند.

گروه B :

دارای مقاومت بالایی هستند. اکثر سنگ‌های آذرین در این گروه هستند و سنگ‌های دگرگونی‌های مقاوم، ماسه سنگ‌های خوب سیمانی شده، شیل‌های بسیار سخت و اکثر آهک دولومیت‌ها می‌توانند در این گروه باشند.

گروه C :

شیل‌ها، ماسه سنگ‌های متخلخل و سنگ آهک‌ها و شیست‌ها در این رده قرار می‌گیرند.

گروه D و E :

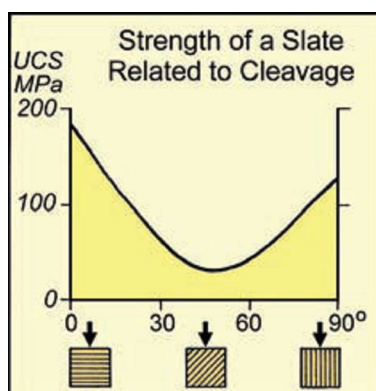
سنگ‌های خرد شده و هوازده مثل شیل‌های رسی، نمک‌ها و توف‌های متخلخل در این گروه جای می‌گیرند.

چنانچه ملاحظه می‌شود، در بین سنگ‌های مختلف برخی از سنگ‌ها دارای مقاومت کاملاً متغیر می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به شیست‌ها و آهک‌ها اشاره کرد.

- شیست

شیست (*schist*) نوعی سنگ دگرگونی است که از دگرگون شدن رس سنگ ها ایجاد میشود. این سنگ دارای لایه بندی مشخصی است.

علت مقاومت متفاوت در شیست ها روش آزمایش است. هم‌منطور که در شکل زیر می بینید، اگر محور بارگذاری عمود بر لایه بندی یا در راستای لایه بندی باشد، مقاومت سنگ بیشتر خواهد بود و اگر محور بارگذاری با لایه بندی حدود 45 درجه زاویه داشته باشد، کمترین مقاومت حاصل می شود. علت این موضوع سطح ضعف یا همان لایه بندی است که در برابر فشار تحمل بسیار کمی داشته و به راحتی می لغزند. به عبارت دیگر در این حالت، جهت لغزش در راستای لایه بندی است.



- آهک

علت اصلی تفاوت در مقاومت انواع آهک ها تفاوت در میزان تخلخل آنهاست. هر چه میزان تخلخل نمونه بیشتر باشد، مقاومت آن کاهش می یابد.

در طبقه بندی دیر و میلر سنگ ها بر اساس نسبت مدولی به سه دسته اصلی تقسیم می شوند.

نسبت مدولی	توضیحات	علامت
500<	مدول بالا	H
500-200	مدول متوسط	M
200>	مدول پایین	L

به طور کلی می توان گفت که اغلب سنگ ها نسبت مدولی متوسط (M) دارند ولی مرمر ها عمدتاً نسبت مدولی بالا (H) دارند.

در نهایت پس از اینجام این دسته بندی ها، نام سنگ به صورت دو حرفی بیان می شود.

مثال :

سنگ گرانیته که مقاومت 150 مگاپاسکال دارد و نسبت مدولی آن 210 است را با نام BM معرفی می کنیم.

سنگ مرمری که مقاومت 70 مگاپاسکال دارد و نسبت مدولی آن 320 است را با نام CH معرفی می کنیم.

سنگ آهک که مقاومت 60 مگاپاسکال دارد و مدول الاستیسته آن 16 گیگا پاسکال است را با نام CM معرفی می کنیم.

4-3- عوامل موثر بر مقاومت سنگ

عوامل متعددی بر مقاومت سنگ تاثیر گذارند که مهمترین آنها عبارتند از:

1. ترکیب کانی شناسی

2. وزن مخصوص و وزن واحد جرمی

3. تخلخل

4. شکل و اندازه دانه ها

5. هوازدگی

6. میزان شکستگی های خیلی ریز سنگ

- بطور کلی میتوان گفت بالاترین مقاومت در بین کانی ها متعلق به کوارتز است در حالی که مقاومت تراکمی فلدسپارها، پیروکسن، اوژیت، هورنبلاند و سایر کانی های فرومنیزین کمتر است. بطور کلی مقاومت سنگ هایی که دارای کانی های سست مثل کلسیت و ژپیس باشد کم است و مقاومت سنگ حاوی کوارتز بالا هست.

-
-
- در سنگ‌هایی رسوبی که دارای سیمان باشند، تاثیر سیمان بیش‌تر از تاثیر ویژگی ذرات است. برای مثال دو نوع ماسه سنگ با ترکیب یکسان ولی سیمان رسی و سیلیسی به ترتیب مقاومت فشاری در حدود 120 تا 5 مگاپاسکال دارند.
 - هر چه مقاومت بالاتر می رود وزن مخصوص هم بیشتر می‌شود.
 - با افزایش تخلخل هم مقاومت سنگ و هم مدول الاستیسیته کاهش پیدا می‌کند.
 - هر چه سنگ ریزتر باشد، مقاومتر است و سطح تماس ذرات افزایش می‌یابد چون اتصال ذرات بیشتر می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود که ریولیت نسبت به گرانیت مقاومت کمتری داشته باشد 0هر دو با یک ترکیب ولی ریولیت سنگ بیرونی و ریزدانه و گرانیت سنگ درونی و درشت دانه).
 - هر قدر هوازدگی بیشتر باشد، تاثیر منفی بیشتری بر رفتار مهندسی سنگ دارد.
 - عوامل بیرونی موثر در خواص مهندسی و مقاومتی سنگ شامل رطوبت و حرارت است. عملاً هر قدر میزان رطوبت در سنگ بیشتر باشد باعث کاهش مقاومت می‌شود و تاثیر منفی بر ویژگی های مهندسی سنگ دارد.

فصل پنجم

خاک

(این فصل طبقه بندی خاک به طور بسیار کلی شرح داده شده و در آینده در درس مکانیک خاک به طور مفصل با این بخش آشنا خواهید شد)

5- خاک

خاکها که حاصل هوازدگی سنگ ها هستند، مخلوط سمنته نشده ای از مواد جامد (کانی ها) می باشد که فضای بین آنها توسط آب یا هوا پر شده است. به این مجموعه باید مواد آلی (مانند ریشه گیاهان) را هم اضافه کنیم. کلیه خصوصیات مهندسی خاک تحت تاثیر این سه فاز می باشد.

1-5- دانه بندی خاک ها

به منظور شناخت خصوصیات مختلف خاک ها به ناچار باید آنها را طبقه بندی کرد. یکی از بهترین روش ها استفاده از نتایج آزمایش دانه بندی است. منظور از دانه بندی، طبقه بندی خاک ها بر اساس اندازه دانه ها و برخی خصوصیات آنها می باشد. روش های مختلفی برای طبقه بندی خاک ها وجود دارد که از مهمترین آنها می توان به طبقه بندی یونیفاید (UNIFIED) و آشتو (AASHTO) اشاره کرد. طبقه بندی یونیفاید بیشتر در کارهای مهندسی و طبقه بندی آشتو بیشتر در راه سازی کاربرد دارد. در تمام طبقه بندی های مهندسی، خاک را به دو دسته اصلی خاک ریزدانه (یا چسبنده) و درشت دانه (یا غیر چسبنده) تقسیم بندی می کنند.

1-1-5- روش دانه بندی



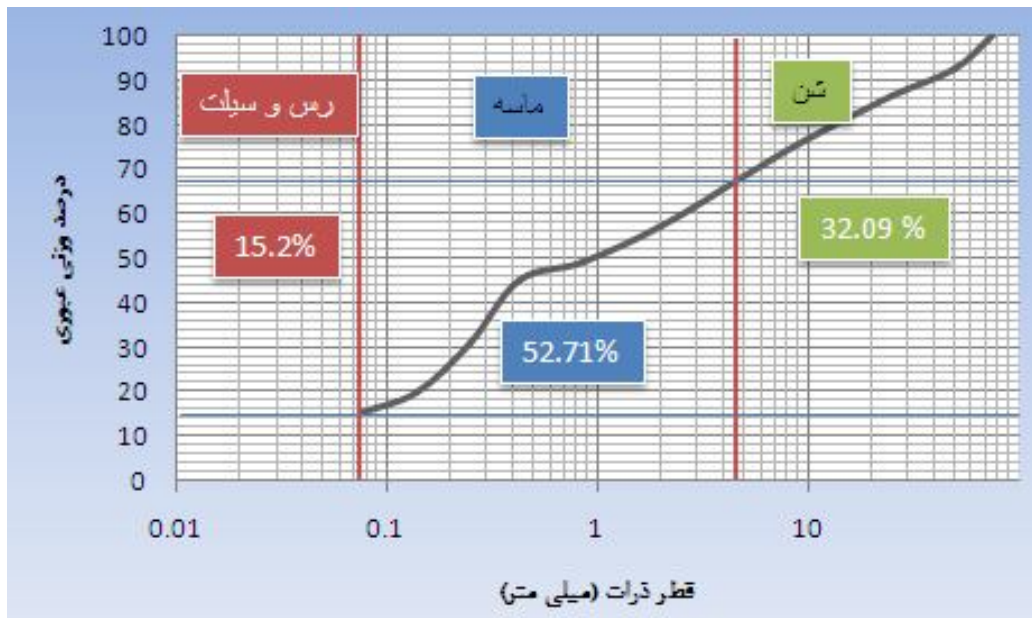
دانه بندی خاک توسط الک کردن صورت می گیرد. دستگاه آزمایش از یک سری الک استاندارد تشکیل شده که روی یکدیگر قرار گرفته اند. (شکل زیر)

دانه بندی در حقیقت به نحوه توزیع دانه های با اندازه مختلف در نمونه خاک گفته می شود. برای تعیین دانه بندی معمولا از یک سری الک استاندارد که روی هم قرار گرفته اند و به سمت پائین ریز تر می شود استفاده می شود. در صورتی که درصد وزنی گذشته از هر الک را بر حسب اندازه قطر دانه ها رسم کنیم منحنی دانه بندی بدست می آید. در ادامه نحوه ترسیم

	شماره الک	قطر ذرات (mm)	وزن خاک روی هر الک	درصد وزنی خاک روی هر الک	درصد وزنی تجمعی	درصد وزنی عبوری
شن	3 in	75	0	0.00	0.00	100.00
	2 in	50	22	7.43	7.43	92.57
	1 in	25	18	6.08	13.51	86.49
	3/8 in	9.5	30	10.14	23.65	76.35
	4 #	4.75	25	8.45	32.09	67.91
ماسه	10 #	2	32	10.81	42.91	57.09
	20 #	0.85	23	7.77	50.68	49.32
	40 #	0.425	12	4.05	54.73	45.27
	60 #	0.25	42	14.19	68.92	31.08
	140 #	0.14	33	11.15	80.07	19.93
	200 #	0.075	14	4.73	84.80	15.20
ریزدانه (سیلت و رس)		<0.075	45	15.20	100.00	0.00
مجموع			296	100.00		

دریافت فایل دانه بندی از لینک زیر

http://s1.picofile.com/file/7551052682/Gradation_test.xls.html



در طبقه بندی خاک 4 نوع اصلی خاک با نام اختصاری لاتین شناخته می شوند:

خاکهای درت دانه:

شن G

ماسه S

خاک های ریز دانه

رس C

سیلت M

قطر 0.075 میلی متر (الک شماره 200) برای جدا کردن خاک ریز دانه از درشت دانه است و قطر 4.75 میلی متر (الک شماره 4) برای جدا کردن شن از ماسه به کار می رود. به عبارتی ذرات ریز دانه (سیلت و رس) ریز تر از 0.075 میلی متر هستند، شن ذرات با قطر بزرگتر از 4.75 میلی متر و ماسه ذرات با قطر بین 0.075 تا 4.75 میلی متر قطر است.

برای نام گذاری خاک ها از این روش استفاده می کنیم.

1- ابتدا درصد خاک در هر رده را تعیین می کنند. اگر درصد وزنی ذرات عبور کرده از الک 0.075 میلیمتر بیشتر از درصد وزنی ذراتی بود که بالاتر از آن الک قرار گرفته اند، آن خاک ریز دانه است و اگر خلاف این موضوع باشد خاک درشت دانه خواهد بود.

2- در صورتی که خاک درشت دانه باشد یا شن است یا ماسه. برای تشخیص این موضوع درصد ذرات با قطر بین 0.075 تا 4.75 میلی متر (یعنی ماسه) را با درصد وزنی ذرات با قطر بزرگتر از 4.75 میلی متر (یعنی شن) را با یکدیگر مقایسه می کنیم. هر یک بیشتر بود خاک همان نام را به خود می گیرد.

3 در صورتی که خاک درشت دانه باشد و میزان درصد ذرات ریزدانه در خاک بیش از 12% باشد، حرف C را به نام خاک اضافه می کنیم. به مثال زیر توجه کنید:

نام اصلی خاک	درصد وزنی شن	درصد وزنی ماسه	درصد وزنی درشت دانه	درصد وزنی ریز دانه
SC	25	30	55	45
C	20	29	49	51
G	70	20	90	10
S	40	45	95	5

2-5- خصوصیات مهندسی خاکها

اطلاع از نوع خاک یک منطقه به ما کمک می کند تا خصوصیات آنها را بیشتر بشناسیم. برای پی بردن به این موضوع ابتدا به چند خصوصیت مهندسی خاک اشاره می کنیم و سپس راجع به مشکلات خاک ها و راهکار های مقابله با آن اشاره خواهیم کرد. رفتار خاک های مختلف تحت تاثیر خصوصیات مهندسی آنها می باشد. مقاومت و نفوذپذیری از مهمترین خصوصیات خاک ها به شمار می آیند که تاثیر قابل توجهی در رفتار خاک دارند.

مقاومت تحت تاثیر دو پارمتر اصلی می باشد: 1- زاویه اصطکاک داخلی 2- چسبندگی

Angle of internal friction (ϕ)	
Rock	30°
Sand	30-40°
Gravel	35°
Silt	34°
Clay	20°

اگر بخواهیم زاویه اصطکاک داخلی (*Angle of internal Friction*)

را خیلی ساده بیان کنیم می توانیم به اصطکاک قابل توجهی که بین ذرات درشت دانه وجود دارد. زاویه اصطکاک داخلی را با علامت ϕ نشان می دهند. میزان زاویه اصطکاک داخلی متوسط سنگ و خاک ها در جدول روبرو آورده شده است.

Rock	10,000 kPa
Silt	75 kPa
Clay	10-20 kPa
Very soft clay	0- 48 kPa
Soft clay	48-96 kPa
Medium clay	96-192 kPa
Stiff clay	192-384 kPa
Very stiff clay	384-766 kPa
Hard clay	>766 kPa

چسبندگی (*Cohesion*) پارامتری است که در خاک های ریزدانه مانند رس

ها نقش مهمی در مقاومت آنها ایفا می کند. چسبندگی خاک های رسی پس از مخلوط شدن آنها با آب قابل مشاهده است در صورتی که ماسه های ساحلی هیچ گاه چنین خصوصیتی را از خود نشان نمی دهند. واحد اندازه گیری چسبندگی کیلوپاسکال می باشد. مقدار چسبندگی در خاک های مختلف در جدول روبرو مشاهده می شود.

نفوذپذیری (*Permeability*) به توانایی خاک در عبور آب گفته می شود. این پارامتر اولین بار توسط دارسی اندازه گیری شد. خاک های درشت دانه نفوذپذیری بالایی دارند و به راحتی آب را از خود عبور می دهند در حالی که رس ها به سختی آب را از خود عبور می دهند به نحوی که آنها را خاک های نفوذ ناپذیر می نامند. میزان نرخ نفوذپذیری خاک های مختلف در زیر آورده شده است.

Well-sorted gravel	10^{-2} to 1 cm/sec
Well-sorted sands, glacial outwash	10^{-3} to 10^{-1} cm/sec
Silty sands, fine sands	10^{-5} to 10^{-3} cm/sec
Silt, sandy silts, clayey sands, till	10^{-6} to 10^{-4} cm/sec
Clay	10^{-9} to 10^{-6} cm/sec

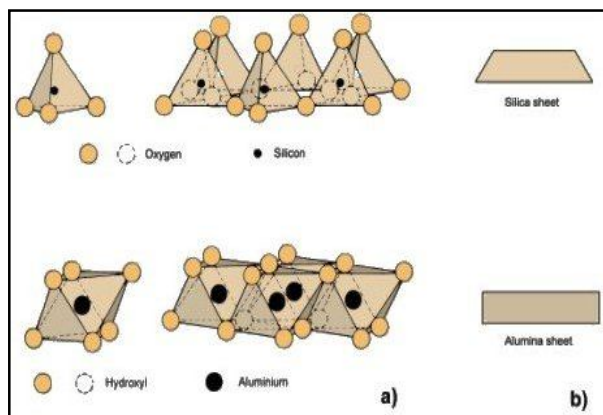
3-5- خاک های مسئله دار

بر اساس آنچه گفته شد و در مقام مقایسه خاک های درشت دانه مقاومتی به مراتب بیشتر از خاک های ریز دانه دارند و به طور کلی مشکلات مهندسی آنها نیز بسیار کمتر است. به همین دلیل ابتدا به بررسی ساختمان خاک های رسی می پردازیم و سپس مشکلات این خاک ها و راه کار های برخورد با این مشکلات را بیان می کنیم.

1-3-5- خاک های رسی

پیش از صحبت راجع به خاک های رسی باید تفاوت خاک های رسی (دارای کانی های رسی) را با خاک های با اندازه رس را درک کنیم. اغلب خصوصیات مربوط به کانی های رسی (مانند جذب آب، خاصیت خمیری، نشست، تورم و ...) مربوط به کانی های رسی موجود در ترکیب خاک و نه ذرات در اندازه رس است. برای فهم این موضوع به بررسی کانی های رسی می پردازیم:

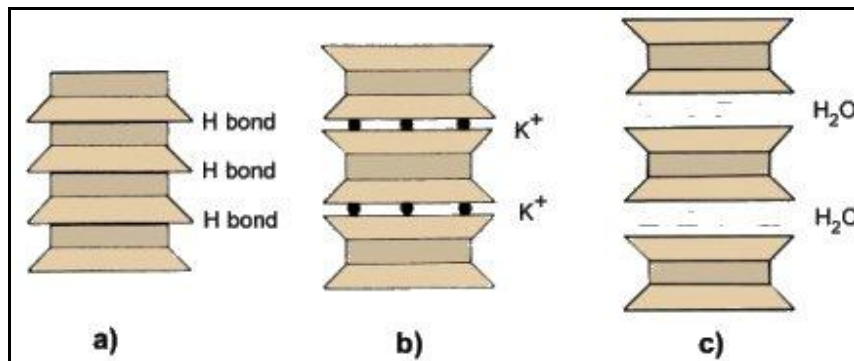
سه دسته اصلی کانی های رسی عبارتند از: 1- کائولینیت 2- ایلیت 3- مونت مورینیت



تمام کانی های رسی از ورقه های سیلیکا و آلومینا تشکیل شده اند. این دو نوع ورقه در شکل زیر نشان داده شده است.

ورقه های سیلیکا از هرم هایی تشکیل شده اند که سیلیس در مرکز آن و یون های اکسیژن در گوشه های آن قرار گرفته اند. در حالی که ورقه های آلومینا، هشت وجهی هایی هستند که آلومینیوم در مرکز آن و یون های هیدروکسید در گوشه های هشت وجهی قرار گرفته اند.

تفاوت سه کانی رسی مذکور تنها در نحوه اتصال این ورقه ها است. کائولینیت ها از تکرار این ورقه ها روی یکدیگر تشکیل می شوند (شکل a)، در ایلیت ها، یون های پتاسیم هر دو ورقه آلومینا- سیلیکا را به یکدیگر وصل می کند (شکل b) و در مونت مورینیت مولکول های آب این اتصال را برقرار می کنند (شکل c).



گلدشمیت ثابت کرد که خاصیت پلاستیکی در کانی های رسی به علت وجود ذرات پولکی شکلی است که در سطح خود دارای ذرات باردار هستند. بر اساس تئوری او، ذرات آب به صورت الکترولیتی دوقطبی هستند که به ذره باردار کانی رسی نزدیک می شوند. مهمترین دلایل جذب آب توسط کانی های رسی را این طور می توان توضیح داد:

1- در لبه و گوشه های شکسته شده کای های رسی بار های خنثی نشده ای وجود دارد که آب را جذب می کند.

2- جانشینی یون ها در کانی های رسی توازن بار الکتریکی را بر هم زده باعث جذب دو قطبی های آب می شود.

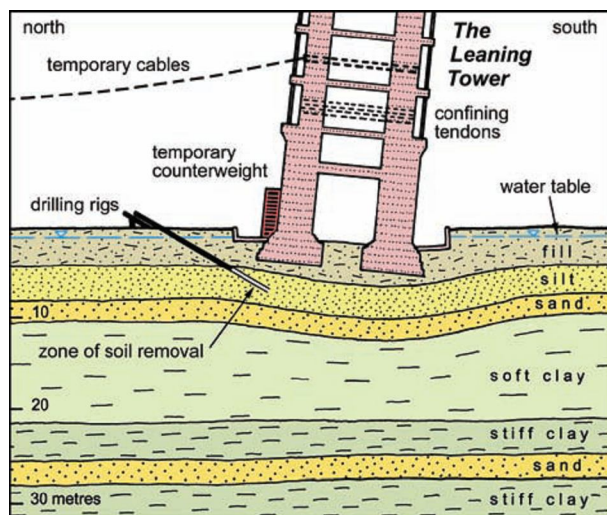
3- توزیع نامتوازن بار در سطح کانی های رسی

در این بین کانی های رسی نوع مونت مورینیت توانایی به مراتب بیشتری در جذب آب نسبت به سایر کانی های رسی دارند، پس از آن ایلیت و کائولینیت قرار دارند. در نهایت می توان به این نتیجه رسید که این خاصیت جذب آب توسط کانی های رسی باعث ایجاد خصوصیات خاص آن ها می شود که این خصوصیات عبارتند از:

1- حالت خمیری

چنانچه می دانید با مخلوط کردن رسها با آب، گلی شکل پذیر و البته چسبنده ایجاد می شود. این موضوع در خاک های رسی از نوع مونت مورینیت اثری دو چندان دارد.

2- تورم و نشست



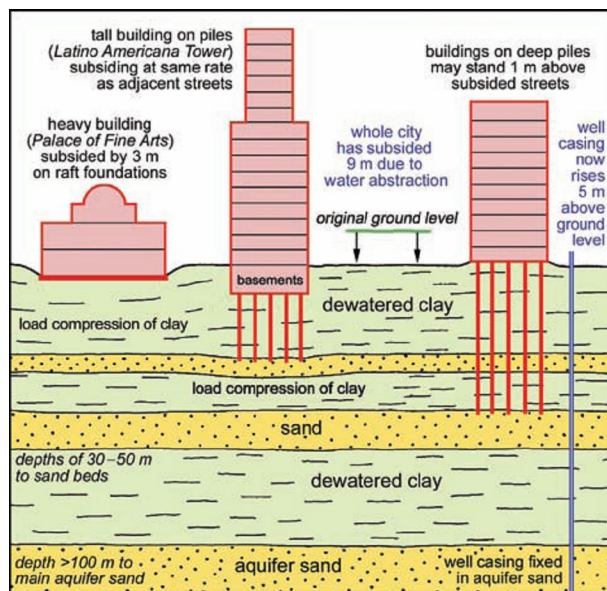
خاک های رسی زمانی که در معرض آب قرار می گیرند، آب را به خود جذب می کنند و متورم (*Swelling*) می شوند و زمانی که آب را از دست می دهند منقبض شده و نشست (*Consolidation*) رخ می دهد. هنگامی که یک سازه بر روی یک خاک رسی قرار می گیرد باید به این موضوع دقت شود زیرا تغییرات سطح آب زیر زمینی در طول زمان، نشست یا تورم خاک رسی را به همراه دارد. بارز ترین نمونه نشست نامتقارن زیر یک سازه مهم برج پیزا است.

راهکار برای مقابله با مشکل نشست در خاکهای رسی

1- برداشت آنها در صورتی که ضخامت کمی داشته باشند

2- استفاده از پی های عریض و گسترده

3- استفاده از شمع تا وزن کل سازه به لایه ای سنگی یا مقاوم منتقل شود.



2-3-5- خاک های خورنده

خاک های خورنده (*Corrosive Soils*) عمدتاً بر روی فلزاتی همچون آهن اثر گذاشته و با خوردگی آنها را از بین می برند. این خاک ها، خاکهایی قلیایی هستند که اسیدیته بالایی دارند. علت این موضوع درصد بالای املاح کلرور و

سولفات در این خاکها می باشد که علت آن وجود گچ در خاک می باشد. در صورتی که خطوط فلزی انتقال آب ، گاز یا نفت از روی این خاک ها عبور کند باید با توجه به شرایط موجود یکی از راهکار های زیر را استفاده کنیم:

1- خاک را تعویض کنیم

2- از عایق برای لوله ها استفاده کنیم (مثل قیر)

3- لوله های غیر فلزی به کار بریم

4- لوله ها را بالاتر از سطح زمین قرار دهیم.

5-3-3- خاک های انحلال پذیر

خاک های انحلال پذیر (*Soluble Soils*) خاکهایی هستند که در آنها کانی های انحلال پذیر کربناته (آهک)، سولفات (گچ) یا کلروره (نمک) وجود دارد. انحلال این خاک ها باعث شسته شدن خاک می شود. در ساخت سد ها باید دقت شود که این خاک ها در ساختمان سد به کار نرود و درصد آنها در پی سد حداقل ممکن باشد.

5-3-4- خاک های رمبنده

خاک هایی با اندازه ماسه ریز (لس) که به رنگ قهوه ای دیده می شود. ذرات این خاک ها توسط سیمان کربناته به یکدیگر متصل شده اند. این خاک ها در حالت خشک مقاومت خوبی دارند ولی در بارندگی ها و یا بالا آمدن سطح ایستابی به علت انحلال کربنات کاهش حجم یافته و فرو می ریزند.

5-3-5- خاک های واگرا

خاک های واگرا (*Dispersive Soil*) خاک های ریزدانه ای هستند که درصد بالایی سدیم در ساختمان آنها وجود دارد. این خاک ها در تماس با آب به راحتی شسته می شوند (این موضوع به علت وجود یونهای بزرگ سدیم است که باعث پراکنده شدن ذرات خاک می شود). آب عبوری روی این خاک ها خیلی زود گل آلود می شود و آبراهه هایی را در بخش هایی از خاک به وجود می آورد. در صورتی که این خاک ها در بستر کانال ها وجود داشته باشد باید آنها را تعویض کرد.

فصل ششم

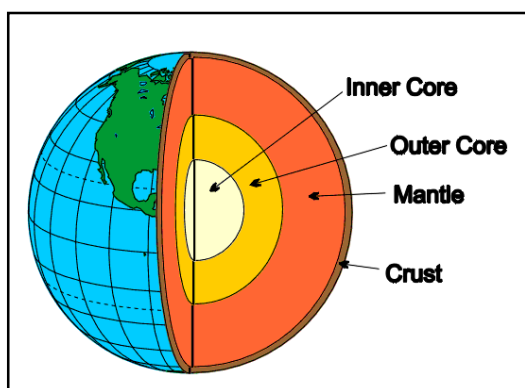
زمین‌شناسی ساختمانی

6- زمین‌شناسی ساختمانی

ساختمان‌های زمین‌شناسی از جمله چین، گسل و شکستگی‌ها از مهمترین عواملی هستند که تاثیر قابل توجهی در رفتار سازه‌های مختلف مهندسی دارند. به همین مناسبت در احداث سازه‌های مختلف باید این ساختمان‌ها به دقت مورد بررسی قرار گیرند و از اثرات مخرب آنها جلوگیری کرد.

6-1- نظریه تکتونیک صفحه‌ای: Plate Tectonic Theory

سالانه بیش از یک میلیون زمین‌لرزه در سطح زمین رخ می‌دهد، انسان‌های زیادی کشته می‌شوند و درکنار آن شاهد حوادث دیگری همچون سونامی و آتشفشان هستیم. علت این رخدادها چه می‌تواند باشد. نظریه زمین‌ساخت جهانی یا تکتونیک صفحه‌ای اولین بار در سال 1967 به طور کامل توضیح داده شد. این تئوری علت اصلی تشکیل ساختمان‌های زمین (چین، گسل) آتشفشان و رخداد زمین‌لرزه‌ها را توضیح داده است. به منظور بیان ساده این نظریه می‌



بایست به ساختمان درونی زمین توجه کنیم. کره زمین با شعاع حدود 6370 کیلومتر از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

1- پوسته‌ای (Crust) به ضخامت متوسط حدود 100 کیلومتر در بخش بیرونی که بخش تقریباً جامد زمین بوده و از سیلیکات‌های مختلف تشکیل شده است.

2- گوشته (Mantle) بخش نیمه مذاب با ضخامت 2800 کیلومتر

گوشته گفته می شود.

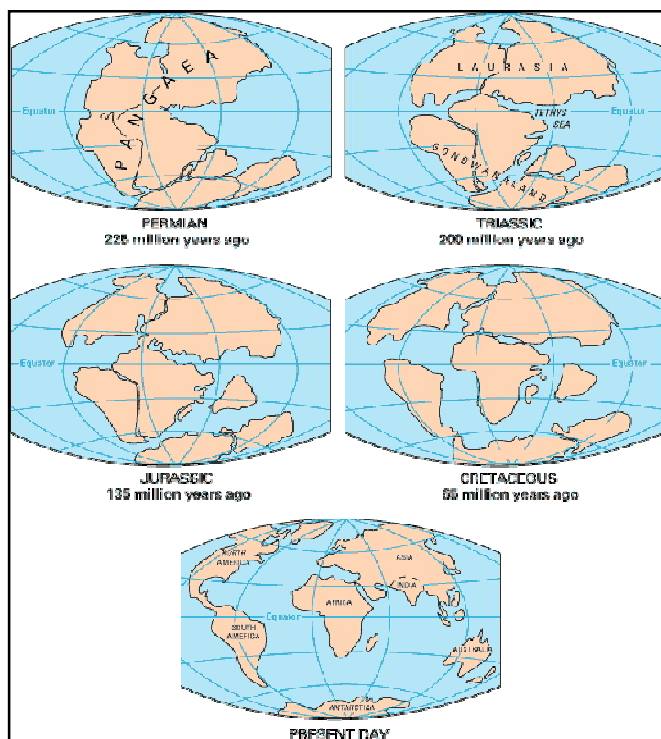
3- هسته (Core) با ضخامت 3500 کیلومتر که بخش مرکزی آن غیر مذاب و بخش بیرونی آن به صورت مذاب است و بر همین اساس به دو بخش هسته داخلی و خارجی تقسیم بندی می شود. علت اینکه بخش مرکزی زمین مذاب نمی باشد، فشار بسیار بالا و وجود فلزاتی چون آهن در مرکز زمین می باشد.

پوسته زمین به دو دسته اصلی قاره ای و اقیانوسی تقسیم بندی می شوند که تفاوت آنها در نوع مواد تشکیل دهنده، ضخامت و چگالی است.

- پوسته قاره ای ضخامت بیشتری دارد (حدود 70 کیلومتر) و چون از سیلیکات های آلومینیوم تشکیل شده، چگالی کمی دارد (حدود 2.7)

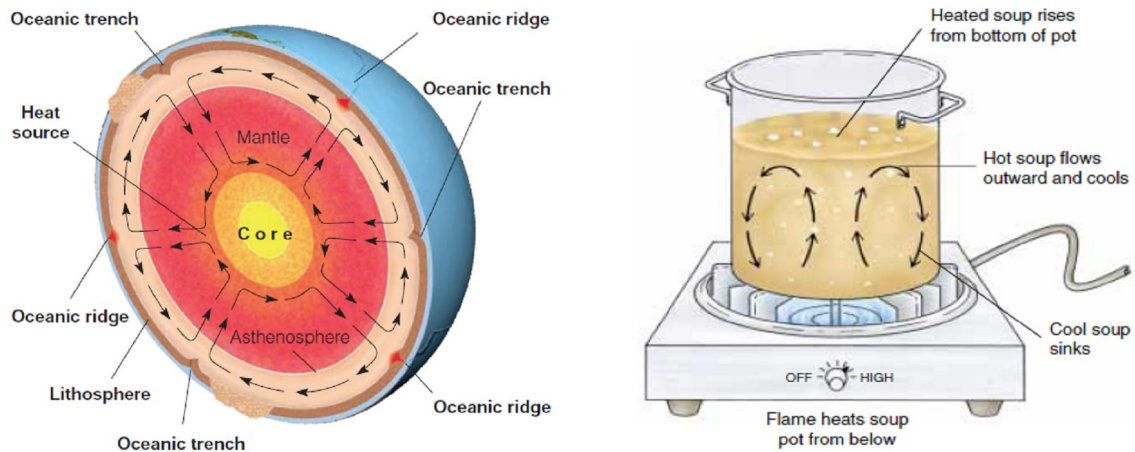
- پوسته اقیانوسی ضخامتی حدود 10 کیلومتر دارد و به علت وجود سیلیکات های آهن و منیزیم (کانی های بازیک) عمدتاً چگالی بیشتری نسبت به پوسته قاره ای دارد (بیش از 3).

1-1-6- نظریه و فرضیه های آن



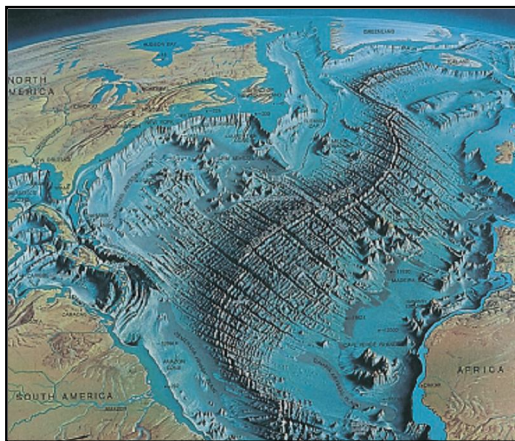
بر طبق نظریه تکتونیک صفحه ای کره زمین در ابتدا از یک قاره واحد به نام گندوانا تشکیل شده بوده ولی به مرور زمان به قطعاتی تقسیم شده است. پس از آن قاره های مختلف از یکدیگر دور شده یا به یکدیگر نزدیک شده اند. در شکل ظاتفاقات رخ داده در صفحات در طول تاریخ نشان داده شده است. این نظریه بر این فرض استوار است که گرما از مرکز زمین به سوی بخش بیرونی حرکت می کند و رسیدن این گرما به پوسته جامد باعث ایجاد یک حرکت همرفتی در بخش بالایی گوشته می شود و این موضوع سبب می شود که پوسته جامد بر روی گوشته نیمه مذاب تا مذاب حرکت کند. صفحات مختلف به همین ترتیب حرکت می کنند. در شکل های

زیر این موضوع نشان داده شده است.



بنابراین دو مرز اصلی بین صفحات تعریف می شود.

1- مرزهای واگرا 2- مرزهای همگرا

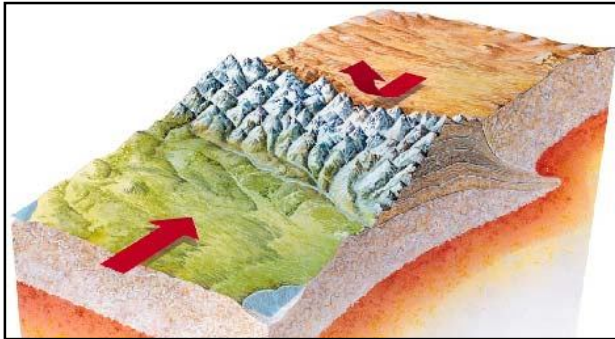


مرزهای واگرا به محل جدایش دو صفحه گفته میشود. این مرزها که معمولاً باعث جدایش دو قاره می شوند، باعث پیدایش یک حوضه اقیانوسی در بین دو قاره می شوند. این مرز امروزه در وسط اقیانوس آرام (جدا کننده صفحات آفریقا و آمریکا- شکل روبرو) یا دریای سرخ دیده می شود. در این حالت مواد مذاب درون زمین در محل جدایش دو قاره (در وسط اقیانوس) خارج می شوند و باعث تشکیل پوسته اقیانوسی جدیدی می شوند. نرخ حرکت در این مرز متفاوت است ولی به طور معمول حدود 3 تا 4 سانتی متر در سال برآورد شده است.

دسته دوم **مرزهای همگرا** هستند. در این حالت دو مرز پوسته ای یا قاره ای به یکدیگر نزدیک می شوند. در این مرزها دو نوع اصلی برخورد داریم:

1- برخورد پوسته قاره ای- قاره ای 2- برخورد پوسته قاره ای - اقیانوسی

برخورد از نوع قاره ای - قاره ای

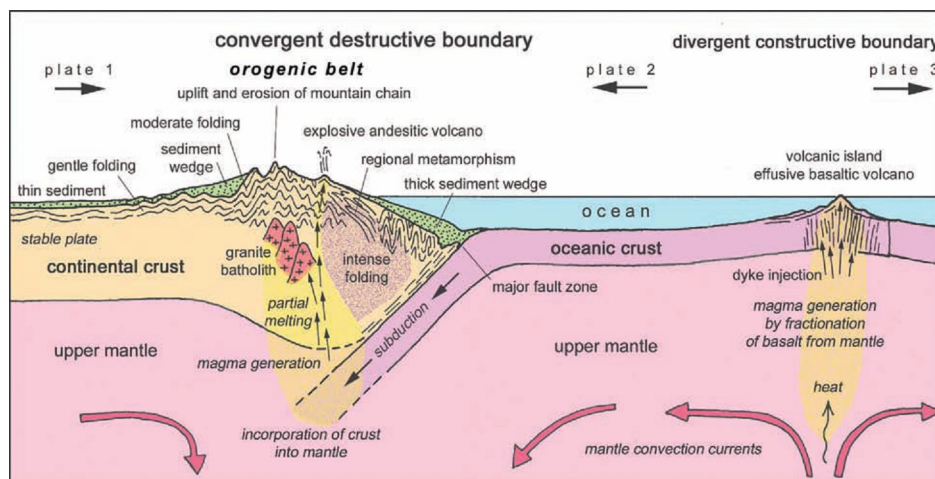


در این حالت دو پوسته قاره ای به یکدیگر برخورد می کنند که در این صورت به علت ضخامت قابل توجه پوسته های قاره ای، کوه های مرتفعی در محل برخورد دو قاره تشکیل می شود. نمونه بارز این گونه برخوردها، برخورد صفحه قاره ای هند به صفحه قاره ای آسیا می باشد که باعث تشکیل ارتفاعات تبت و رشته کوه های هیمالیا شده است. این اتفاق

در کشور ایران نیز رخ داده و حاصل آن ایجاد زون زاگرس بوده است. در اینجا با بازشدگی دریای سرخ، صفحه قاره ای عربی به سمت صفحه قاره ای ایران حرت کرده است و ماحصل برخورد دو صفحه قاره ای بوجود آمدن ارتفاعات زاگرس بوده است. این موضوع یکی از دلایل اصلی قرار گیری کشور ایران بر روی کمربند جهانی زلزله است.

برخورد از نوع قاره ای - اقیانوسی

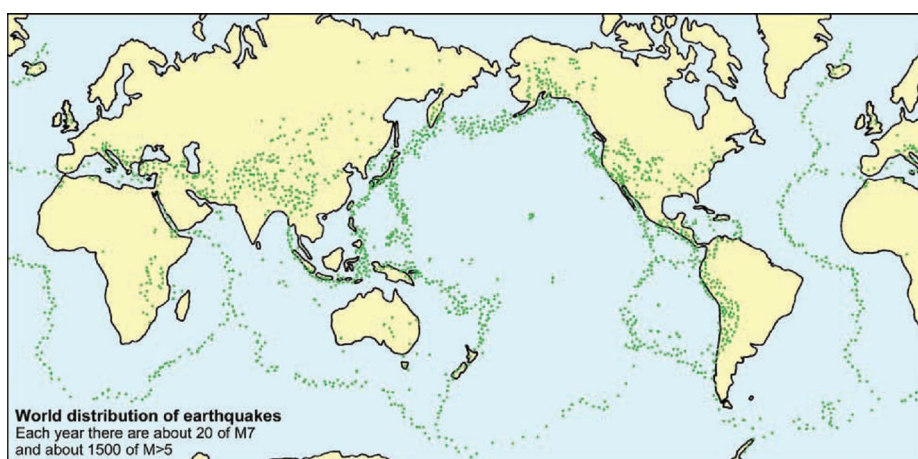
در این برخورد پوسته قاره ای به پوسته اقیانوسی برخورد می کند. در این حالت به دلیل ضخامت کمتر و چگالی بالاتر پوسته اقیانوسی، این پوسته به زیر صفحه قاره ای فرو می رود (فرورانش). هم اکنون اقیانوس آرام در حال فرورانش به زیر قاره آمریکا و آسیا است. مکانیسم و نحوه فرورانش در شکل زیر نشان داده شده است.



در محل این نوع برخوردها معمولاً دو پدیده به چشم می خورد: آتشفشان و زمین لرزه

- آتشفشان های زیادی در محل این مرزها رخ می دهد که علت آن ذوب شدن سنگها و رسوبات فرو رفته در محل برخورد دو صفحه است (شکل فوق).

- علاوه بر این در محل مرز صفحات زلزله های متعددی رخ می دهد. علت این موضوع فشار بسیار زیادی است که در محل برخورد دو صفحه به سنگ ها وارد می شود. به طور کلی می توان گفت که بیشتر زمین لرزه ها در محل مرز صفحات رخ می دهد. در شکل زیر موقعیت مرکز سطحی زمین لرزه های کره زمین نشان داده شده است. به این مناطق کمر بند زلزله گفته می شود.



2-6- مشخصات هندسی لایه های زمین

سنگ های سطح زمین زمانی که تحت تاثیر فشار های تکتونیکی قرار گیرند دو نوع رفتار از خود نشان می دهند:

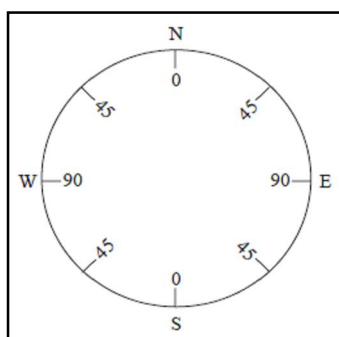
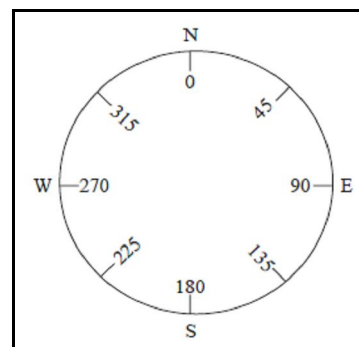
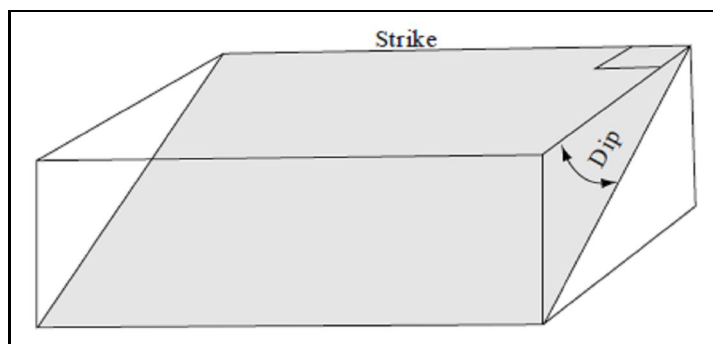
- 1- رفتار شکل پذیر (چین ها)
- 2- رفتار شکننده (شکستگی ها و گسل ها)

قبل از اینکه راجع به این ساختار ها صحبت کنیم، نیاز داریم با دو اصطلاح شیب و امتداد آشنا شویم. برای معرفی هر صفحه ای در فضا از این دو اصطلاح استفاده می کنیم.

1-2-6- امتداد

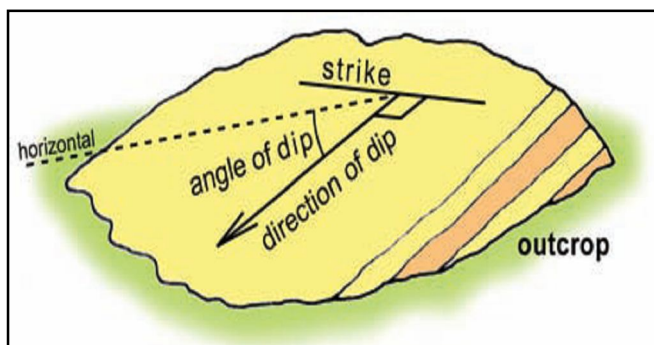
امتداد (Strike) خطی است که حاصل برخورد یک صفحه افقی با هر سطح شیبدار ایجاد می شود. برای معرفی امتداد هر صفحه (لایه سنگی، یال چین، صفحه گسل و...) از زاویه ای که این خط با شمال مغناطیسی می سازد استفاده می کنیم. برای معرفی امتداد (که توسط ابزاری به نام کمپاس اندازه گیری می شود) از دو روش استفاده می کنیم:

1- زاویه آن خط را نسبت به شمال جغرافیایی در راستای ساعت گرد محاسبه می کنیم و با 3 عدد معرفی می کنیم. برای مثال 015، 085، 124، 345. با توجه به اینکه امتداد دو راستا دارد هر صفحه را با 2 عدد می توانیم معرفی کنیم. برای مثال امتداد 000 با امتداد 180 و امتداد های 045 و 090 به ترتیب با امتداد های 225 و 270 برابر است.

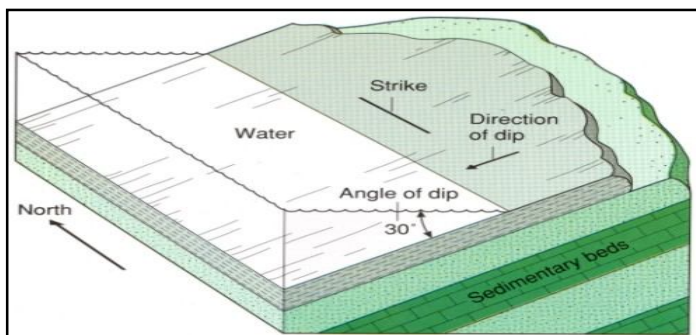


2- روش دوم این است که زاویه آن خط را نسبت به شمال یا جنوب جغرافیایی (یا مغناطیسی) به سمت شرق یا غرب بیان کنیم. برای مثال اگر بخواهیم زاویه 015 در روش اول را معرفی کنیم آن را به صورت **N15E** معرفی می کنیم زیرا آن خط از شمال 15 درجه به سمت شرق حرکت کرده است. همچنین 124 را به صورت **S56E** و 185 را با **S05W** معرفی می کنیم. در این روش با توجه به چهار جهت اصلی حداکثر عددی که می تواند بیان شود 90 درجه است. چنانچه در بالا توضیح داده شد امتداد را در دو راستا می توانیم معرفی کنیم. برای مثال **S56E** با **N56W** و امتداد **N10E** با امتداد **S10W** برابر است.

2-2-6- شیب و جهت شیب

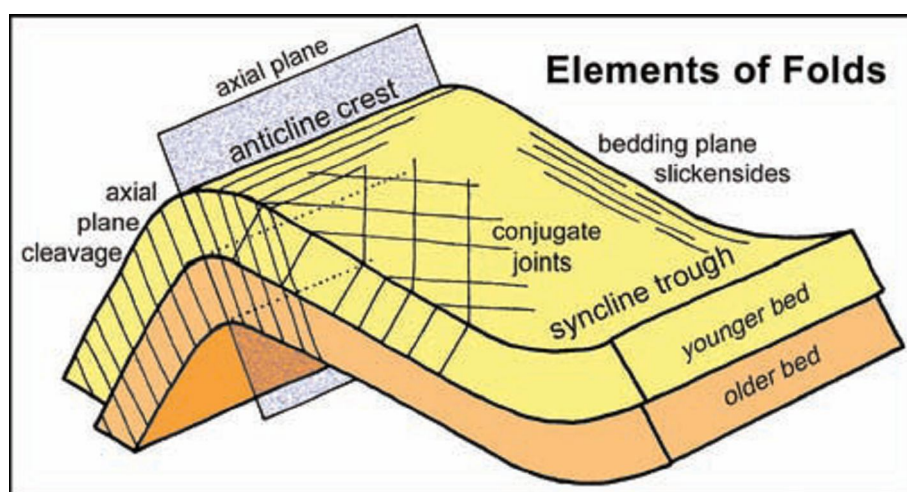


شیب (*Dip*) زاویه ای است که هر صفحه با سطح افق می سازد. برای معرفی هر صفحه باید جهت شیب (*Dip Direction*) را هم مشخص کنیم. منظور از جهت شیب، جهت جغرافیایی است که شیب در آن راستا است. در شکل روبرو امتداد، شیب و جهت شیب یک صفحه نشان داده شده است.



برای معرفی مشخصات فضایی هر صفحه از امتداد، شیب و جهت شیب استفاده می شود. در شکل روبرو مفهوم امتداد، شیب و جهت شیب نشان داده شده است.

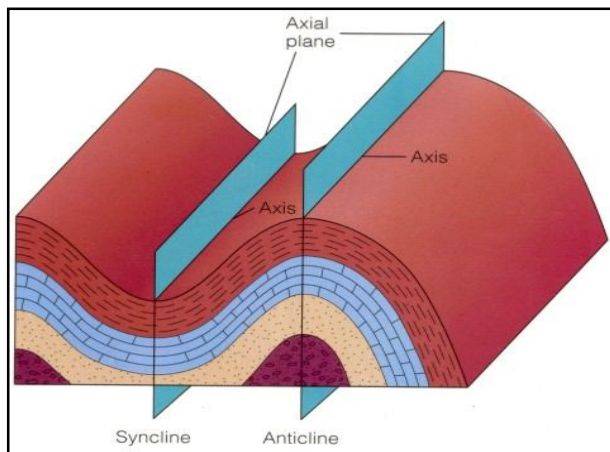
3-6- ساختمان های شکل پذیر (چین ها)



در نتیجه نیروهای فشارشی موجود در پوسته زمین، رسوبات کف حوضه های رسوبی از حالت افقی خارج شده و چین می خورند. سنگهایی که چین می خورند مقاومت زیادی در برابر نیروهای وارده دارند و پیش از شکسته شدن تا حد امکان توسط

چین خوردگی در برابر تنش های وارده مقاومت می کنند. در شکل زیر اجزای یک چین نشان داده شده است. هر چین دارای دو یال یا پهلوی باشد که محل تقاطع آنها محور چین نامیده می شود. همچنین به سطحی که از محل محور چین آن را به دو قسمت متقارن تقسیم می کند سطح محوری (Axial Plane) گفته می شود. برای معرفی چین ها خصوصیات هندسی سطح محوری آن معرفی می شود. این موضوع در طبقه بندی مهندسی سنگ ها، انتخاب مسیر راه ها و تونل ها، محور سدها و ... اهمیت بسزایی دارد.

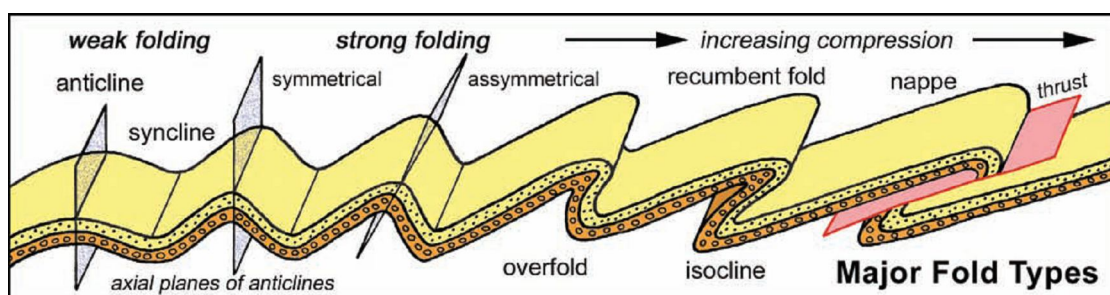
6-3-1- طبقه بندی چین ها



چین ها طبقه بندی های مختلفی دارند ولی مهمترین طبقه بندی چین ها، بر اساس شکل آنها صورت می گیرد، به این ترتیب که آنها را به دو دسته تاقدیس (Anticline) و ناودیس (syncline) تقسیم بندی می کنند. در شکل روبرو این دو نوع چین نشان داده شده است. تاقدیس ها چین هایی گنبدی شکل هستند که در آن لایه های قدیمی در مرکز چین قرار می گیرد و لایه های جدید در بخش بیرونی چین واقع می شود. ناودیس ها بر خلاف تاقدیس ها، چین هایی کاسه ای

شکل که در آن لایه های جدید در مرکز چین قرار می گیرند و لایه های قدیمی در بخش بیرونی قرار می گیرند.

در صورتی که تنش وارد به مجموعه سنگ یا رسوبات بیشتر شود، سطح محوری چین کم کم مایل می شود. در ابتدا چین های مایل و با افقی شدن سطح محوری چین ها، چین های خوابیده ایجاد می شود.



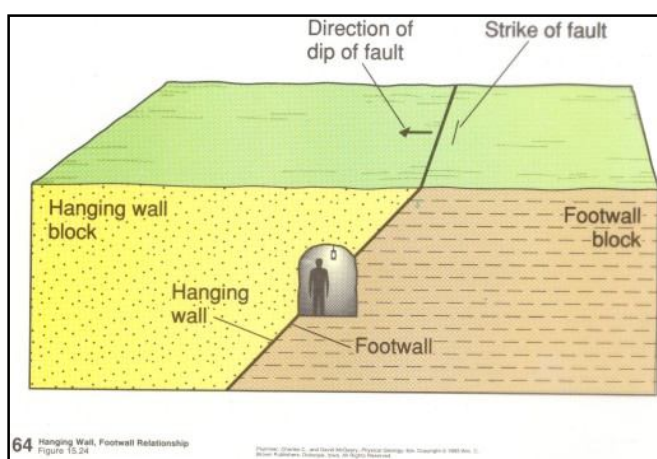
6-4- ساختار های شکننده

در صورتی که سنگ های شکننده تحت فشار قرار گیرند و بر خلاف سنگ های شکل پذیر شکسته می شوند. شکستگی سنگ ها را می توان به دو دسته درز (Joint) و گسل (Fault) تقسیم بندی کرد. تفاوت اصلی درزه با گسل در این است که در درزه ها، سنگ های دو طرف شکستگی نسبت به یکدیگر حرکت نمی کنند در صورتی که در گسل ها، سنگ های دو طرف شکستگی نسبت به یکدیگر حرکت می کنند.

1-4-6-1 گسل

گسل ها در حقیقت عامل زلزله هستند. چنانچه توضیح داده شد، صفحات زمین مدام در حال جابجایی هستند. جابجایی صفحات، برخورد آنها به یکدیگر باعث رخداد گسل می شود. به عبارتی سنگ ها تحمل فشار های تکتونیکی را نداشته و در نهایت در امتداد یک صفحه ضعیف گسیخته می شود و گسل ایجاد می شود. حرکت سنگها در امتداد صفحه گسل با آزاد شدن انرژی ذخیره شده در سنگ (زمین لرزه) همراه است.

1-1-4-6-1 مشخصات گسل ها



گسل ها را عموماً با واژه هایی چون امتداد و شیب گسل، فرادیواره و فرودیواره معرفی می کنند. صفحه گسل، صفحه ای است که لایه بر روی آن صفحه جابجا شده اند. مشخصات هندسی گسل ها با صفحه گسل تعریف می شود. فرادیواره یا کمر بالا (Hanging wall) به لایه هایی گفته می شود که روی صفحه گسل قرار می گیرند. فرودیواره یا کمر پائین (Foot wall) به طبقات زیرین صفحه گسل گفته می شود.

1-2-4-6-2 انواع گسل

- گسل نرمال یا عادی یا کششی (Normal)

گسل های عادی گسل هایی هستند که فرادیواره نسبت به فرودیواره به طرف پائین حرکت می کند. این گسل ها معمولاً در اثر کشش به وجود می آیند.

- گسل معکوس یا فشارشی یا رانده (Reverse)

این گسل ها همانطور که از نامشان پیداست در اثر نیروهای فشاری به وجود می آیند و در آن فرادیواره نسبت به فرودیواره به طرف بالا حرکت می کند.