



Damghan University

دانشکده علوم زمین

Karst Engineering Geology

زمین شناسی مهندسی کارست

کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی

زمین شناسی مهندسی کارست

عنوان درس (فارسی)	تعداد	چهرانی	نظری <input type="checkbox"/>	دروس پیشیاز	
زمین شناسی مهندسی کارست	واحد	بایه	عملی <input type="checkbox"/>	زمین شناسی مهندسی ۱ مکانیک سنگ	
	۲		نظری <input type="checkbox"/>		
عنوان درس (انگلیسی)	تعداد	الزامی	عملی <input type="checkbox"/>		
	ساعت		نظری <input type="checkbox"/>		
Karst Engineering Geology	۳۲	اختیاری	نظری <input checked="" type="checkbox"/>		
			عملی <input type="checkbox"/>		
آموزش تکمیلی عملی					
		کارگاه <input type="checkbox"/>	دارد <input checked="" type="checkbox"/>		ندارد <input type="checkbox"/>
		سفر علمی <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه <input type="checkbox"/>	سمنپنار <input checked="" type="checkbox"/>	
اهداف کلی درس			اهداف رفتاری		
<p>آشنایی با موضوع کارست و تاثیر آن در طرح های زیر بنایی، برنامه ریزی جهت کاهش خطرات احتمالی ناشی از حضور کارست</p>					

زمین شناسی مهندسی کارست

سرفصل یا رؤس مطالب:

کلیات

تعریف کارست، سنگ‌های کارستی، پراکنندگی کارست در ایران و جهان، رده بندی کارست

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

تخلخل در زمین شناسی مهندسی کارست، عمق کارستی شدن، نقش خصوصیات شیمیایی سنگ در فرآیند کارستی شدن، نقش تکتونیک در فرآیند کارستی شدن، ارزیابی درجه کارستی شدن

انحلال پذیری

تعریف انحلال پذیری سنگ، عوامل موثر بر روی انحلال پذیری سنگ، ضرورت انجام مطالعات انحلال پذیری، آزمایش انحلال پذیری (روش وزنی، روش حجمی)، محاسبات.

زمین ریخت شناسی کارست

معرفی پدیده های زمین ریخت شناسی کارست (کارن ها، فروچاله ها، دره های خشک، چاه های کارستی، غارها، پولیه ها، دشت کارستی، طاق طبیعی، پونرها یا چاههای مکنده، پنجره های کارستی)، نقش پدیده های ریخت شناسی در ارزیابی توسعه کارست در منطقه.

جریان آب زیرزمینی در کارست

نظریه های جریان آب زیرزمینی در کارست، سرعت جریان آب در کارست، سامانه های زهکشی در کارست، سامانه های تغذیه در کارست، ارتباط نوع تغذیه با زمین ریخت شناسی کارست.

شرایط هیدرودینامیکی دره های کارستی

ساختمان آب زمین شناختی کارست، سطح زهکشی آب زیرزمینی کارست، دره تراوش پیرونی، دره نگهدارنده، دره زهکش نشی، دره زهکشی پولیه ای، دره با تغذیه یک طرفه، دره با تغذیه متقابل، دره ناودیس، دره ناقدیسی

زمین شناسی مهندسی کارست

استفاده از ردیاب ها در مناطق کارستی

ویژگی های ردیاب ها، انحلال پذیری، دوام و نحو تشخیص ردیاب ها، حساسیت غلظت، انواع ردیاب ها ، تعیین مقدار ردیاب، نحوه نمونه برداری آب برای تشخیص ردیاب.

مطالعات زمین شناسی مهندسی در مناطق کارستی

جمع آوری اطلاعات موجود و انجام کارهای دفتری، بررسی های صحرایی، مطالعات زمین فیزیکی، مطالعات آب- زمین شناختی (hydrogeologic).

اجرای طرح های عمرانی در مناطق کارستی

زمین شناسی مهندسی پی های کارستی، فرسایش زیرسطحی یا رگاب در مناطق کارستی، روش های آب بندی سدها در مناطق کارستی، پر کردن و تزریق در غارها، تزریق در مجاری پر سرعت، مطالعات موردی (سدهای لار، مارون، کارون ۱، کارون ۲، کارون ۳، کوار، خیرآباد و.....)،

کارست و جاذبه های گردشگری

شناسایی مناطق کارستی با قابلیت گردشگری و معرفی آنها در ایران ، ارزیابی پایداری غارهای کارستی، بررسی روش های مقاوم سازی غارهای کارستی،

زمین شناسی مهندسی کارست



Damghan University

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	آزمون عملکردی	آزمون نوشتاری		

فهرست منابع:

23. Breznek, M. 1998. Storage reservoirs and deep wells in karst region. Balkema.
24. James, A.N., 1992. Soluble materials in civil engineering. Ellis-Horwood.
25. Fookes, P.G, 2005, Geomorphology for engineers. Whittles Publishing.
26. Milanovic, P.T., Karst hydrogeology. Water resources publications.
27. Milanovic, P.T. Geological engineering in karst. Zebra publishing Ltd.
28. Waltham, A.C., 1989. Ground subsidence. Blakie.

۷. محمدحسین قبادی، ۱۳۸۸، زمین شناسی مهندسی کارست، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان، چاپ دوم

زمین شناسی مهندسی کارست

منابع

فریدونی، داود، جزوه درسی زمین شناسی مهندسی کارست، دانشگاه دامغان، 1398،
قبادی، محمد حسین، زمین شناسی مهندسی کارست، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، 304 صفحه،
کریمی وردنجانی، حسین، هیدروژئولوژی کارست "مفاهیم و روش ها، مهندسین مشاور پورآب، 399
صفحه،

Ford Derek C., Williams, Paul, 1989, Karst Hydrogeology and Geomorphology, the Academic Division of Unwin Hyman Ltd., p. 601.

Milanovic, petar T., 2000, Geological Engineering in Karst, Dams, reservoirs, grouting, ground water protection, water tapping, tunneling, ZEBRA Publishing Ltd., p.347.

زمین شناسی مهندسی کارست

نحوه ارزیابی

ارزیابی مستمر و فعالیت های کلاسی

میان ترم

پایان ترم

5 نمره

5 نمره

10 نمره

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تعریف کارست

واژه ی کارست در واقع همان لغت کراس می باشد که در زبان آلمانی بدین شکل تغییر یافته و اولین بار در نیمه ی دوم قرن نوزدهم میلادی جهت توصیف مناطقی از یوگسلاوی سابق (Dinaric Alps) به کار گرفته شد که به واسطه ی وجود کارن، دولین و عدم وجود پوشش جنگلی و خاک مشخص می شدند.

این واژه هم اکنون به مناطقی (عمدتاً مناطق آهکی) اطلاق می شود که در آنها آب زیرزمینی باعث توسعه ی بازشدگی ها (openings) گردیده و در نتیجه یک سیستم زهکشی زیرسطحی ایجاد نموده است (LaMoreaux, 1991 & Ford, 2007).

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تعریف کارست

کارست، حوضه ای با هیدرولوژی و مورفولوژی خاص می باشد که در اثر انحلال زیاد سنگ و توسعه ی بالای تخلخل ثانویه بوجود آمده است (Ford & Williams, 2007).

طبق نظر I.V.Popov واژه ی کارست به مجموعه ای از فرآیندهای زمین شناسی و پدیده های حاصل از آنها در پوسته و سطح زمین گفته می شود که عمدتاً شامل پدیده های ناشی از انحلال سنگها می باشد و با تشکیل بازشدگی ها، تخریب و تجزیه ی ساختمان سنگها، ایجاد نوع ویژه ای از رژیم گردش آب، نوع خاص توپوگرافی منطقه و بالاخره تشکیل رژیم خاصی از شبکه زهکشی آشکار می گردد (Milanovic, 1981).

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

نکته:

کارستی شدن منحصر به سنگهای آهکی نمی باشد، لیکن با توجه به گستردگی سنگهای آهکی، وجود منابع غنی آب شرب در این سنگها و همچنین با توجه به اینکه بسیاری از سازه های بزرگ نظیر سدها، تونلها و ... بر روی سازندهای آهکی بنا شده اند، این نوع از کارست مورد توجه محققین و مهندسين علوم آب قرار گرفته و در عمده ي موارد، هر گاه سخن از کارست به میان می آید، منظور کارست آهکی است.

استفاده از کلمه کارست برای توسعه حفرات در رسها، لسها، گدازه ها، سنگهای آتشفشانی متخلخل و پهنه های یخی منطقی به نظر نمی رسد و قابل قبول نیست، زیرا توسعه این حفرات در ارتباط با مفهوم فرآیند کارستی شدن که عبارت از انحلال سنگهای انحلال پذیر توسط آب می باشد، نیست. براساس نظر (Jennings 1971) این پدیده ها باید تحت عنوان شبه کارست یا کارست کاذب (Pseudo karst) معرفی شوند.



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

مهمترین سنگ هایی که در آنها فرآیند کارستی شدن صورت میگیرد

سنگ آهک

دولومیت یا دولستون

سنگهای تبخیری: نظیر سنگ گچ و سنگ نمک

سنگهای آواری دارای سیمان کربناته، سولفات‌ها یا کلروره

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تاریخچه ی مطالعات کارست

توجه به پدیده‌های کارست و سیماهای آن را می‌توان به عهد کهن نسبت داد یعنی هنگامی که انسانهای نخستین در غارها زندگی می‌کردند. هنوز بعضی از اولین نشانه‌های توسعه تمدن بشری در غارها محفوظ مانده است. شعرا و فلاسفه یونان و روم باستان به سیماهای کارست اشاره کرده و آنها را توصیف نموده‌اند (Herodotus, Plinius Secundus, Ptolemaeus Claudius). در اسناد چین بررسیهای کارست از دوره Tsing (۳۱۶ تا ۲۶۵ سال قبل از میلاد مسیح) ذکر شده است.

اولین مطالعه جریان آب زیرزمینی در حوضه مدیترانه مربوط به دهه اول بعد از میلاد مسیح است. به این معنی که Josephus Flavius در اثرش به نام جنگ یهود^۱ به بررسی جریان آب زیرزمینی در رودخانه اردن با استفاده از ردیاب اشاره کرده است.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تاریخچه ی مطالعات کارست

در اسناد مربوط به قرن سیزدهم از غار Postojna در اسلوونی (یوگسلاوی) نام برده شده است. شرح سیمای کارستی اسلوونی توسط Valvasor (۱۶۸۹) ارائه شد. وی در این اثر تاریخی خود از منطقه (Die Ehre dess Hertzogthums Crain) درباره غارها و چاله‌ها (غارهای Postojna و 'Trebic') تعریف کرده و اطلاعات متعددی از چشمه‌ها، استاول‌ها و پانورها در پوژنه 'Cerknic' ارائه نموده است. نامبرده همچنین بیش از ۷۰ غار و چاله را در اسلوونی توصیف کرد. طغیانهای مداوم پوژنه Cerknic موضوع مطالعات Gruber (۱۷۸۱) بود. موضوع کارست توسط افراد ذیل مورد مطالعه قرار گرفته است: Schmidl (۱۸۵۱) اتریشی، Prestwich (۱۸۵۴) انگلیسی، Owen (۱۸۵۶) و Cox (۱۸۷۴) هردو امریکایی، و تعداد دیگری از کشورهای مختلف نظیر Mojsisovich (۱۸۸۰)، 'Cvijic' (۱۸۹۵)، Ballif (۱۸۹۶)، Penck (۱۹۰۰)، Davis (۱۹۰۱)، Grund (۱۹۰۳)، Daneš (۱۹۰۸)، Katzer (۱۹۰۹)، Martel (۱۹۱۰) و دیگران.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تاریخچه ی مطالعات کارست

– مطالعات و پژوهشهای کارست در ایران

در کشور ایران که سازندهای کارستی حدود ۱۱ درصد از سطح آن را می پوشاند، اکتشاف منابع آب شیرین و حفاظت آنها از منابع آلاینده از اهمیت ویژه ای برخوردار است (افراسیابیان، ۱۳۷۷). مطالعات کارست در ایران به مطالعات شناسایی در سال ۱۳۵۰ بر می گردد که عمدتاً در حوضه های کارستی زاگرس آغاز و تعداد زیادی چاه در نواحی مختلف آن حفاری گردیده است. اما مطالعات جامع آن از سال ۱۳۶۹ آغاز شده است. بعد از تاسیس مرکز مطالعات و پژوهشهای کارست در شیراز، اولین مطالعات جامع کارست در حوضه کارست مهارلو به مساحت ۴۲۰۰ کیلومترمربع انجام گردید و پس از تهیه روش مطالعات جامع، این مطالعات با افزایش شش حوضه کارستی دیگر به مساحت ۱۱۴ هزارکیلومترمربع رسید. با پی گیری این مرکز پیش بینی می شود با افزایش حوضه های کارستی، مساحت مورد مطالعه به ۴۲۰ هزارکیلومترمربع برسد (شکل ۱-۳).

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

تاریخچه ی مطالعات کارست

به طور کلی از بدو تاسیس مرکز ملی مطالعات و تحقیقات سازندهای سخت (کارست) سازمان مدیریت منابع آب (وزارت نیرو)، تاکنون مطالعات موردی با توجه به نیاز آب شرب در مناطق ساوه - قم - خوانسار - طبس - دیلمان - ابرقو - جهرم - پلدختر - به اتمام رسیده است (جدول ۱-۱) و هم اکنون نیز مطالعات موردی منطقه کارست ایذه خوزستان و کارست عجب شیر آذربایجان شرقی در دست مطالعه می باشد. در هر سال، سالیانه با توجه به نیاز صنعت آب کشور دو تا سه منطقه به صورت موردی مورد مطالعه قرار می گیرد. لازم به توضیح است که مطالعات منابع آب سازندهای کارستی و سازندهای سخت در مراحل اولیه به صورت شناسایی انجام که پس از بررسی اولیه در صورت نیاز کمبود آب شرب در منطقه، مطالعات نیمه تفصیلی آن که معمولا بین دو تا سه سال بطول می انجامد، انجام می گیرد.



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

اهمیت کارست

تقریباً یک پنجم از سطح کره زمین توسط سازندها ی مختلف کربناته پوشیده شده است

بیش از ۲۵ درصد جمعیت جهان یا مستقیماً بر روی مناطق کارستی زندگی می کنند و یا آب مورد نیاز خود را از منابع کارستی تأمین می نمایند

از لحاظ مسائل مهندسی، شناخت رفتار کارست در سازه های بزرگی نظیر سدها و تونل ها دارای اهمیت ویژه ای است

مقابله با آلودگی ها ی آب زیرزمینی در این سازندها دارای اهمیت زیادی است

در مقایسه با سایر سیستم های طبیعی، محیطهای کارستی در مقابل فعالیت ها ی بشری آسیب پذیرتر می باشند

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

اهمیت کارست در ایران

در ایران حدود ۱۱ درصد از سطح کل کشور و حدود ۹۰ درصد از ارتفاعات زاگرس از سازندهای کارستی تشکیل شده است (افراسیابیان، ۱۳۷۷)

وجود سازندهای آهکی وسیع در قسمتهای زیادی از ایران و استحصال آب شرب و کشاورزی از این منابع،

وجود رودخانه های عظیم ایران نظیر کارون و زاینده رود که بخش زیادی از نیاز آبی کشور را تأمین می نمایند، عمدتاً آب سازندهای کارستی را انتقال می دهند

در بسیاری از مناطق، منابع آب کارستی، آبخوانهای آبرفتی را تغذیه می کنند.

استفاده از ذخائر آب کارست، عموماً از احداث سد و انتقال آب جهت مصارف آب شرب ارزان تر است. مخصوصاً در روستاهای دور افتاده که امکان انتقال آب از لحاظ فنی و اقتصادی وجود ندارد، حفر چاه های کارستی تنها راه تأمین آب شرب می باشد.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

اهمیت کارست در ایران

اکثر فعالیتهای انسانی و صنعتی در آبرفتها متمرکز شده است و لذا منابع آبرفتی در معرض آلودگی می باشند، اما منابع آب کارستی چون در ارتفاعات و کوهستانها قرار دارند از این لحاظ کمتر در معرض آلودگیها می باشند

با توجه به کم آبی ایران و لزوم احداث سد جهت تأمین آب و برق کشور و با توجه به قرارگیری محور و مخزن بسیاری از سدهای کشور در محیط های آهکی، اهمیت مطالعات کارست در کشور دوچندان می شود. این مسئله عموماً از لحاظ فرار آب دارای اهمیت است. مشکلات به وجود آمده در سدهای لار و مارون مؤید این امر است.

در مناطق کوهستانی کشور، به منظور انتقال آب و یا احداث جاده ها، در پاره ای اوقات سفره های کارستی قطع می گردند. بررسی خصوصیات این سفره ها به منظور طراحی دقیق تر چنین سازه هایی ضروری است. تونل سوم کوه رنگ که آب سرشاخه های کارون را به رودخانه زاینده رود منتقل می نماید، نمونه ای از این سازه هاست.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

توزیع فضایی کارست

انواع سنگهای حساس به کارستی شدن بطور گسترده در سراسر جهان توزیع شده اند. این موضوع نشان می دهد که کارست فقط به یک منطقه جغرافیائی مربوط نمی شود. از طرف دیگر توزیع غیریکنواخت آن نیز بدیهی است. برای مثال در حالیکه حوضه مدیترانه بطور استثنائی از نظر نواحی کارستی غنی می باشد مناطق وسیعی از امریکای جنوبی و اسکاندیناوی وجود دارد که در آنجا سنگهای کربناته و دیگر سنگهای حل شدنی بطور وسیعی حضور نداشته و به صورت موضعی یافت می شوند. از این رو، کارست در مناطق اخیر موجود نیست. طبق نظر G.A. Maksimovich (۱۹۶۹)، یک چهارم سطح زمین را سنگهای قابل حل و عمدتاً کربناته دربرمی گیرد. همین نویسنده بررسی نمود که سنگهای کربناته تقریباً ۴۰ میلیون کیلومتر مربع، ژپس و ایندریت^۱ حدود ۷ میلیون کیلومتر مربع و سنگهالیت تقریباً ۴ میلیون کیلومتر مربع کل این سطح را تشکیل می دهد. ۳۳ درصد مساحت کشور یوگسلاوی را پهنه های کارستی دربر می گیرد. سنگهای کربناته و دیگر سنگهای قابل حل ۳۵ تا ۴۰ درصد مساحت شوروی سابق را شامل می شوند. در ایالات متحده این سنگها حدود ۱۵ درصد این سرزمین را تشکیل می دهد.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

توزیع فضایی کارست

همچنین بخشهایی از سایر کشورهای حوضه مدیترانه از سنگهایی تشکیل یافته اند که نسبت به کارستی شدن حساس می باشند. یک پنجم کشور ترکیه را سنگهای کربناته ای فراگرفته که در سطح زمین ظاهر شده اند. هر چند توده های وسیع سنگهای کربناته توسط سازندهای غیر کارستی پوشیده می باشند، برآورد شده است که مجموع کارستهای روباز و پوشیده^۱ یک سوم سرزمین ترکیه را تشکیل می دهد. مهمترین ناحیه کارستی این کشور در ناحیه کوههای Taurus است. پهنه های کارستی در مناطق Anatoli و Pontic نیز یافت می شود (شکل ۴).

پدیده کارست همچنین در اسرائیل، تونس، لیبی و دیگر کشورهای حوضه مدیترانه و همینطور در عربستان سعودی و عمان به وجود آمده است.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

توزیع فضایی کارست

مهمترین نواحی کارستی در آسیا عبارتند از: سیبری (فلات سیبری)، جنوب چین، ویتنام، کامبوج، تایلند، لائوس، برمه، غرب هند، جاوه، ایران و عراق.

توزیع کارستی مرتبط با و یا محدود به طول و عرض جغرافیائی ویژه و همچنین محدود به سازندهای سنگی با سن خاصی نمی باشد. همانگونه که توسط Cvijic' (۱۸۹۵) و Katzer (۱۹۰۵) اظهار شده، پدیده کارست در قدیمی ترین رسوبات کامبرین و سیلورین (آمریکای شمالی)، در رسوبات دونین (ایرلند، بلژیک، شوروی سابق، و ایالات متحده امریکا) و در جوانترین سنگهای کربناته (حفره فروکش در Montenyola Senza ایتالیا) و جدیدترین سنگ آهکی مرجانی یافت می شود.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

توزیع فضایی کارست

۱-۵ توزیع کارست در ایران

سازندهای کارستی در ایران عمدتاً در رشته کوههای زاگرس (دامنه شمالی و جنوبی)، رشته کوه های البرز و تا حدودی در بخش مرکزی کشور گسترش یافته است (شکل ۱-۴).

Selected karst water sources and caves

Karst springs





ID	Name	Low [m ³ /s]	High [m ³ /s]
C15	Saruchawa	1.8	8
C17	Sarchinar	0.6	7
C22	Chehel cheshmeh	1.9	n.d.

Water abstraction structures in karst aquifer







ID	Name	Low [m ³ /s]	High [m ³ /s]
C19	Sasan	1.1	n.d.
C20	Margoon Waterfall	1	2
C21	Masarm	1.7	n.d.
C23	Tirebagh	1.2	2
C24	Bonab	1.1	1.4

WORLD KARST AQUIFER MAP





Karstifiable rocks / potential karst aquifer

-  Carbonate rocks continuous / discontinuous
-  Evaporite rocks continuous / discontinuous
-  Mixed carbonate and evaporite rocks
-  Border between exposed and non-exposed karstifiable rocks





Selected karst water sources and caves

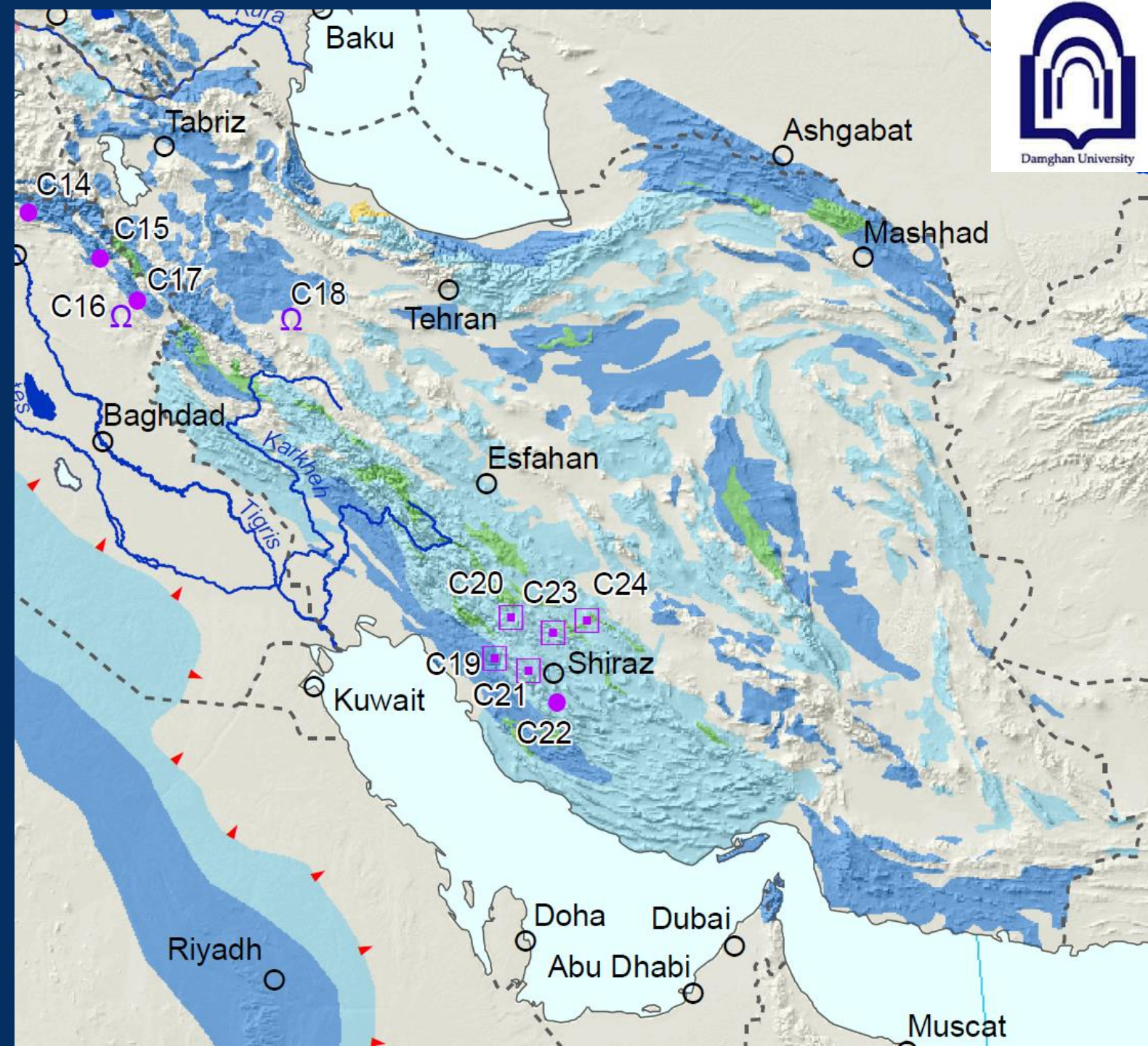
-  Spring with low flow discharge ≥ 2 m³/s
-  Spring with low flow discharge < 2 m³/s
-  Submarine spring
-  Thermal spring
-  Water abstraction structure in karst aquifer
-  Cave system

Geography and climate

-  Selected city, partly groundwater dependent
-  Selected city
-  National boundary
-  Permafrost boundary (areal percentage > 50%)

Surface water

-  Major river
-  Large freshwater lake
-  Large saltwater lake
-  Continuous ice sheet



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات



شرایط تشکیل کارست

وجود محیط مناسب برای توسعه فرآیند های کارستی و تشکیل پدیده های کارستی

حرکات تکتونیکی و تجزیه سنگ و هوازدگی آن در سطح زمین

حضور عامل حل کننده (آب)

نکته: به طور کلی پدیده کارست حاصل فرآیند های زمین شناسی است که مطالعه آن به علت پیچیدگی موجود، کاربرد بسیاری از رشته های فنی نظیر زمین شناسی، ژئوفیزیک، هیدروژئولوژی، ژئومورفولوژی، جغرافیا، غارشناسی و غیره را می طلبد.



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس ژئومورفولوژی

تقسیم بندی بر اساس هیدروژئولوژی

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

تقسیم بندی بر اساس قدمت زمین شناسی

تقسیم بندی بر اساس عمق کارستی شدن



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس ژئومورفولوژی

■ کارست بالغ یا کامل (Holo karst)

کارست کامل در ناحیه ای ایجاد می شود که کاملاً از سنگ های کربناته ی انحلال پذیر تشکیل شده است. این نوع دارای پدیده های سطحی و زیرزمینی کارستی است و پتانسیل توسعه ی بیشتر و به وجود آمدن پدیده های کارستی جدید نیز در آن وجود دارد. زمین های پهناور سنگلاخ و بدون پوشش گیاهی، چهره ی شاخص نواحی کارست کامل است.

■ کارست ناقص یا ضعیف (Mero karst)

کارست ناقص مربوط به نواحی غیر کارستی و سنگ های کربناته (قیردار یا ذغالی، رس دار، دولومیتی)، که کمتر تحت تأثیر فرآیند کارستی شدن قرار گرفته اند، می باشد. در این مناطق پدیده هایی نظیر پولیه و سینک هول مشاهده نمی شود.

■ کارست انتقالی یا حد واسط (Transitional karst)

بین دو گروه کارست کامل و ناقص قرار می گیرد. این نوع از کارست، در سنگ های آهکی یافت می شود که به وسیله ی رسوبات نفوذناپذیر و با انحلال پذیری کم تر، از یکدیگر جدا شده اند. در این مناطق اشکال زیرزمینی کارستی به خوبی توسعه یافته است ولی شکل های مانند پولیه وجود ندارد.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس هیدروژئولوژی

کارست سکوی (Platform karst)

این نوع کارست در مناطقی یافت میشود که لایه ها افقی یا دارای شیب کم میباشند. سنگهای کربناته معمولاً دارای درصد زیادی مواد ماری هستند، بنابراین فرآیند کارستی شدن در آنها توسعه ندارد. این رسوبات اغلب بصورت بین لایه های ضخیم در بین سنگهای غیر قابل نفوذ و یا در روی سنگهای غیر قابل نفوذ قرار دارند. حضور لایه های افقی در این کارست دلیل بر محدود بودن فعالیتهای تکتونیکی در این نواحی میباشد و بنابراین فرآیند کارستی شدن نیز از شدت چندانی برخوردار نمیشد. از مهمترین مثالهای شاخص این نوع کارست میتوان به کارست های کنتاکی، ایندیانا، تنسی و میسوری ایالات متحده، پلات فرم روسیه، در نواحی مدیترانه ای آفریقا، فرانسه و دیگر نواحی اشاره نمود.

کارست ناودیسی (Geosynclinal karst)

برخلاف کارست مسطح، این نوع کارست در مناطقی توسعه مییابد که تکتونیک فعال بوده و انواع ساختارهای تکتونیکی نظیر چین خوردگیها، گسلها و گسیختگیهای مختلف در سنگهای کارستی صورت گرفته است. نواحی دارای شرایط آب و هوایی مساعد، همراه با نواحی دارای چین خوردگی ناودیس، محیطهای بسیار خوبی برای توسعه فرآیند کارستی شدن محسوب میشوند. منطقه شاخص این نوع کارست کارست ناودیسی در ناحیه دیناریک میباشد. همچنین کارست موجود در ناودیس تیز کوه در منطقه لار در کوه های البرز از این نوع محسوب میشود. زیرا در این منطقه سازند لار به شدت تکتونیزه شده و حضور شرایط آب و هوایی مساعد و فورانهای آتشفشانی دماوند باعث تولید اسید سولفوریک شده که به فرآیند کارستی شدن کمک کرده است.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات



انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست قبل از کوهزایی (Epi- orogenic karst)

- کارست ستونی
- کارست چین خورده
- کارست حوضه ای
- کارست عمیق

کارست کوهزایی (Orogenic karst)

- کارست کوهزایی عدسی شکل
- کارست کوهزایی چین خورده
- کارست کوهزایی خردشده
- کارست کوهزایی تجمعی



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست قبل از کوهزایی (Epi- orogenic karst)

این کارست در سنگهای کربناته و یا سایر سنگهای قابل حل که در ناحیه کم عمق دریا و رودی فلات قاره قرار دارند، یعنی در ناحیه قاره ای توسعه پیدا میکنند.

این نوع کارست در آبهای شیرین هم تشکیل می گردد. در چنین مناطق کارستی، رسوبات افقی یا نیمه افقی هستند. چین ها منظم و گسلها اغلب در ناحیه گسترش دارند.

مطالعه این نوع کارست به شناخت مدل رسوبی سازندهای آهکی نیاز دارد.

- کارست ستونی
- کارست چین خورده
- کارست حوضه ای
- کارست عمیق



زمین شناسی مهندسی کارست کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست قبل از کوهزایی (Epi- orogenic karst)

▪ کارست ستونی

قرارگیری طبقات آهکی متعلق به کوهزایی قبل در زیر طبق های با نفوذپذیری کم که با نشست آب از بالا به پائین همراهی میشود، موجب میگردد تا در امتداد شکستگی های عمودی کارست ستونی شکل بگیرد. تراوش آب از میان درزه ها، صفحات لایه بندی سبب توسعه غار و تونل های زیرزمینی خواهد شد. معمولاً جریان آب چشمه ها و آبخوانهای موجود در این نوع کارست به کندی صورت میگیرد.

▪ کارست چین خورده

قرارگیری طبقاتی از سنگهای چین خورده انحلال پذیر بر روی سنگهای نفوذناپذیر در ناحیه روی قاره ای به ایجاد این نوع کارست منجر میگردد. در چنین شرایطی، آب در ناپیوستگی های سنگهای قابل حل حبس شده و یا در امتداد شکستگی ها جریان پیدا کند. چنین مناطقی دارای آبخوانهای آزاد هستند.



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست قبل از کوهزایی (Epi- orogenic karst)

▪ کارست حوضه ای

این کارست در حوضه‌های رسوبی حاصل از کوهزایی تشکیل میگردد و در آن ممکن است آبخوانهای تحت فشار یا آرتزین و نیمه آرتزین وجود داشته باشد.

▪ کارست عمیق

در این نوع کارست، سنگ های کربناته خیلی ضخیم بر روی سنگ های نفوذپذیر قرار دارند. عبور جریان آب از سنگ های کربناته و لایه های نفوذپذیر زیرین با توجه به عدم توقف آب و افزایش سرعت جریان به توسعه و گسترش کارست کمک می کند.



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست کوهزایی (Orogenic karst)

این نوع کارست در سنگهای کربناته و سایر سنگ های انحلال پذیری که تکتونیک شدیدی را تحمل کرده اند، ایجاد می گردد. در اغلب موارد، ساختارهای تکتونیکی مانند راندگی ها در آنها مشاهده می شود. ضخامت سنگ های قابل حل و نوع آنها با توجه به شرایط رسوبگذاری در ناودیس متفاوت می باشد.

- کارست کوهزایی عدسی شکل
- کارست کوهزایی چین خورده
- کارست کوهزایی خردشده
- کارست کوهزایی تجمعی



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست کوهزایی (Orogenic karst)

■ کارست کوهزایی عدسی شکل

این نوع کارست به عدسی های کربناته محصور بین سنگ های غیرکربناته دارای لایه بندی محدود می گردد که مجموعاً در فاز کوهزایی چین خورده اند.

■ کارست کوهزایی چین خورده

نوعی کارست که خصوصیات میوزئوسنکلینالی را دارا میباشد. نهشته های چین ناودیزی در ارتباط با آتشفشان نیست؛ یعنی از مواد ولکانیکی تغذیه نشده است. این نوع کارست یک زون انتقالی است و در آن گسلها گسترش زیاد دارند.

زاگرس چین خورده مثال خوبی از این نوع کارست می باشد. زیرا هیچ گونه آثار آتشفشانی در آن مشاهده نشده است. وجود منابع عظیم هیدروکربوری مانند نفت و گاز و نیز گسترش آبخوانهای کارستی از ویژگی های زاگرس چین خورده است.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس شرایط تکتونیکی

کارست کوهزایی (Orogenic karst)

▪ کارست کوهزایی خردشده

این نوع کارست در سنگهای کربناته بشدت خرد شده وجود دارد. شدت تکتونیک عمق فرسایش را تا رسیدن به سنگ های غیرکربناته گسترش می دهد. پولیه ها و استاولها در این نوع کارست وجود ندارند. همچنین، چشمه های دائمی با دبی های متغیر موجود هستند. نمونه این کارست در کوه های آلپ و نیز در ایران (کوههای البرز در منطقه لار) وجود دارد. کارست موجود در زاگرس مرتفع یا خرد شده نیز با این نوع کارست قابل مقایسه می باشد.

▪ کارست کوهزایی تجمعی

این نوع کارست دارای خصوصیات کارست کامل است. تمام اشکال کارستی در این نوع گسترش دارند. بشدت تکتونیزه بوده و دارای تراستهای (راندگی های) متعدد است. آبراهه ها در سطح توسعه دارند. این نوع کارست در یونان و یوگسلاوی گسترش دارد.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس قدمت زمین شناسی

کارست قدیمی

این نوع کارست در اثر فروروشتهای ناشی از تکتونیک و به صورت دگرشیب در زیرسن گهای آواری تشکیل میگردد و معمولاً در اعماق زیاد وجود دارد. نمونههای از آن زمان حفاریهای اکتشافی در زیر دریای آدریاتیک در عمق 2000 متری از سطح دریا گزارش شده است. بنابراین، نمیتوان سنگهای کارستی متعلق به دوران گذشته زمینشناسی را که در سطح زمین آثار انحلالی دارند، کارست قدیمه نامید.

کارست جوان

در چشم اندازهای عهد حاضر، فرآیند کارستی شدن بصورت کانالهای انحلالی ناقص دیده میشود. این پدیده را در نواحی زیر میتوان مشاهده کرد:

- در مناطق دارای تکتونیک فعال و مرتفع
- در نواحی با پوش سنگهای ناتراوا که در عهد حاضر فرسایش یافته اند
- در دشتهای ساحلی یا نزدیک جزایر که امواج آب با بزرگی و شدتهای متفاوت به سنگهای انحلال پذیر برخورد میکنند



زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع کارست

تقسیم بندی بر اساس عمق کارستی شدن

اساس این رده بندی عمق فرسایش و میزان دور و یا نزدیک بودن کارست از سنگ غیر قابل نفوذ است

■ کارست عمیق (Deep karst)

این نوع کارست ضخامت زیاد دارد، چین خورده و خرد شده است. عمق سنگ بستر زیاد بوده و تمام ویژگی های کارستی شدن در آن وجود دارد.

■ کارست کم عمق (Shallow karst)

در این نوع کارست، ضخامت توده های کربناته محدود میباشد و لایه ناتراوا در عمق کمتری قرار دارد. هوازدگی تا سطح سنگ ادامه دارد. اشکال کارستی مانند پولیه ها خیلی کم هستند.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع دیگری از تقسیم بندی کارست

جینگز (۱۹۷۱) (Jennings 1971) مشابه سیویچ (۱۹۲۴) کارست‌ها را به دو گروه برهنه و پوشیده طبقه‌بندی می‌کند:

کوینلان (۱۹۷۲) (Quinlan 1972) کارست‌ها را به چهار گروه مخصوص طبقه‌بندی نموده است که عبارتند از:

۱- کارست زیرخاکی (sub soil karst): توسط قشری از خاک برجا پوشیده شده است مانند ناحیه غار ماموت.

۲- کارست از بالا پوشیده شده (Mantled karst): با قشری نازکی از رسوباتی که بعداً کارستی شده‌اند پوشیده شده است.

۳- کارست مدفون (Buried karst): با قشر ضخیمی از رسوبات که بعداً کارستی شده‌اند پوشیده شده است.

۴- کارست بین لایه‌ای (Interstrata karst): این نوع کارست توسط سنگ‌های کارستی شده قبلی یا رسوبات پوشیده شده

است.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

انواع دیگری از تقسیم بندی کارست

کارست باقیمانده

این نوع کارست حاصل تغییرات مهم در سطح اساس رودخانه و یا تغییرات مهم در سطح ایستابی می باشد. با پائین رفتن سطح آب زیرزمینی و یا سطح اساس رودخانه، کارست تشکیل شده در تراز بالاتر باقی می ماند. تپه های کارستی که در شرایط فعلی در تراز بالاتر از سطح ایستابی قرار دارند، نمونه هایی از کارست باقیمانده هستند.

کارست برجی بریده

زمانی که آبرفت ها سنگ کف انحلال پذیر دارند، آب در امتداد صفحات لایه بندی، درزه ها و شکستگی ها سنگ کف را حل خواهد کرد و درزه های حل شده بصورت بریدگی های عمودی درمی آیند که شبیه به برج های کوچک هستند. به این ترتیب، مرز تماس آبرفت با سنگ کف ناهموار و نامنظم خواهد بود. این نوع کارست در مهندسی پی مسائلی ایجاد می کند که در مورد آن گفتگو خواهد شد.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات



شکل ۱-۱- نمونه‌ای از کارست حرارتی در جاده پیست اسکی همدان

کارستهای کاذب یا دروغین

کارست حرارتی

این نوع کارست در اثر ذوب یخ
با توجه به تغییرات درجه حرارت
در مناطق یخچالی تشکیل می شود.

کارست آتشفشانی

این نوع کارست در اثر خروج گاز از جریان‌های گدازه تشکیل می گردد. برای مثال، در بازالت‌ها حفراتی ایجاد می شود که در بعضی موارد انسان می تواند براحتی در آن حرکت کند.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

کارستهای کاذب یا دروغین

کارست هیدروترمالی

در سنگ‌های کربناته مجاور با آتشفشان‌ها ظهور محلول‌های گرم بالا رو (هیدروترمالی) و ورود آنها از طریق شکستگی‌های موجود در توده سنگ‌های کربناته با تشکیل اسید سولفوریک منجر به تشکیل و توسعه کارست خواهد شد. چنین فرآیندی برای سنگ‌های کارستی منطقه لار که در مجاورت آتشفشان دماوند قرار دارند، مطرح می‌باشد (۵۲). هم چنین در منطقه دریاچه سد پانزده خرداد نیز کارست هیدروترمال توسعه یافته است.

کارست رگابی

در اثر شستشوی مکانیکی که به پدیده رگاب معروف است، آبرفت‌های سست درشت دانه مانند شن و ماسه منفصل شده و با جریان آب شسته می‌شوند. پیامد چنین فرسایشی ایجاد فضاهای خالی در آبرفت‌هاست که نوعی کارست کاذب می‌باشد. نمونه‌ای از این نوع کاست، غار پوسه در بلوچستان است که طول آن به حدود ۳۰ متر می‌رسد. پدیده رمبندگی در لس‌ها نیز با تشکیل فروچاله، کارست کاذب ایجاد می‌کند.

زمین شناسی مهندسی کارست

کلیات

کارستهای کاذب یا دروغین

کارست گرانیتی

خروج گاز و یا هوازدگی کانی‌های سست حفراتی را در گرانیت‌ها بوجود می‌آورد که تافونی نامیده می‌شوند و نوعی کارست کاذب به حساب می‌آیند. نمونه چنین حفراتی در گرانیت‌های الوند در همدان و گرانیت‌های ایالت گالیسیا در اسپانیا وجود دارد (شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳). علاوه بر تافونی، اشکال گنمای تاوه‌ای و دیگی‌شکل، حفرات ناشی از عملکرد تنش‌ها و تأثیر هوازدگی، حفرات ناشی از بلوک‌های باقیمانده و غیره در گرانیت‌ها قابل مشاهده می‌باشند.