

آزمایش تعیین مقاومت برشی درزه

۱. هدف آزمایش : تعیین مقاومت برشی حداکثر

۲. تئوری آزمایش : در این آزمایش بار قائم بر صفحه ی برش (σ_n) را ثابت نگه داشته و با نرخ ثابت نیروی برشی وارد بر صفحه برش را افزایش می دهیم. از روی نمودار تنش برشی بر حسب جا به جایی که ماکزیمم نمودار میزان مقاومت برشی حداکثر را نشان می دهد به دست می آید ؛ همچنین با استفاده از رابطه ی بین تنش برشی و تنش قائم نیز می توان این مقدار را به دست آورد.

C_j نیروی چسبندگی

φ زاویه اصطکاک داخلی

$$\tau = \sigma_n \tan(\varphi) + C_j$$

۳. دستگاه مورد استفاده : این دستگاه شامل جعبه ی برش (که نمونه و قالب در آن قرار می گیرد) ، اهرم برای افزایش فشار های قائم و برشی وارد بر نمونه ، دو صفحه عقربه ای برای نشان دادن میزان بار وارد شده می باشد. که عقربه ها در ابتدای آزمایش باید بر روی صفر تنظیم شوند.

۴. روش کار : ابتدا با استفاده از دو غاب سیمانی نمونه را قالب گیری کرده سپس پس از خشک شدن قالب ، قالب و نمونه را در جعبه ی برش قرار می دهیم سپس تنش قائم وارده را روی عدد موردنظر تنظیم کرده و سعی میکنیم در طول آزمایش این عدد را ثابت نگه داریم و میزان بار برشی وارده را با نرخ ثابتی افزایش می دهیم تا جایی که عقربه ی دستگاه ثابت باشد ولی عقربه ی نشان دهنده ی تغییر شکل در حال چرخش باشد که این امر نشان دهنده ی این است که دیگر نمونه در مقابل تنش برشی مقاومتی ندارد.

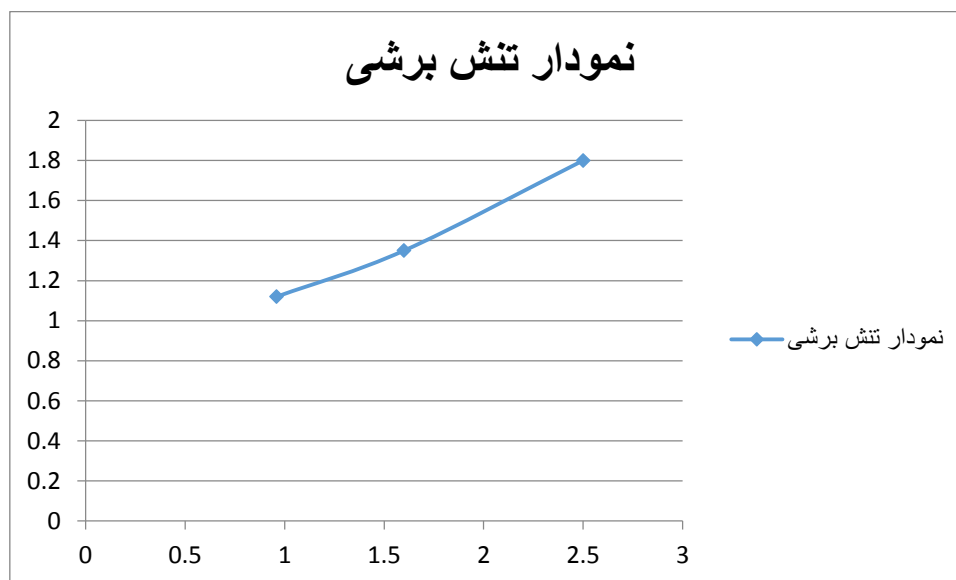
۵. نتایج :

نمونه	D (mm)	P_n (KN)	p_s (KN)
A3	63	3	3.5
		5	4.2
		8	5.5

A (mm ²)	σ (MPa)	τ (MPa)
3117.24	0.96	1.12
	1.6	1.35
	2.5	1.8

$$0.6953 \text{ MPa} = C_j$$

$$23.05 = \varphi$$

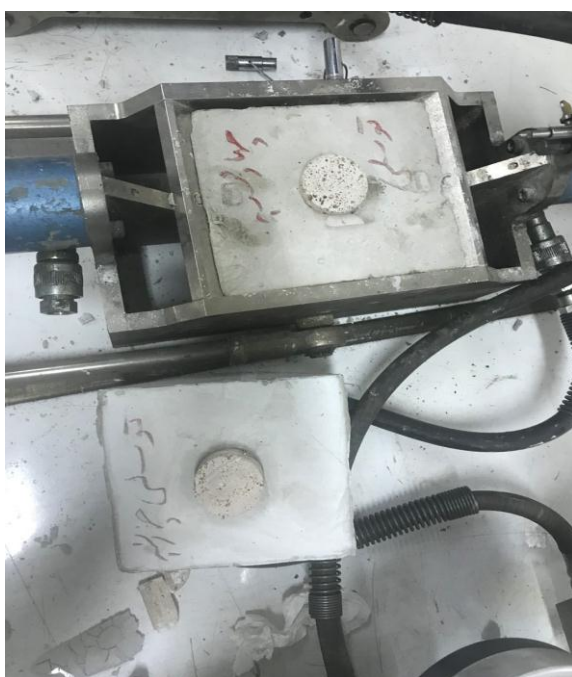


$$y = 0.4257x + 0.6953$$

۶. بحث و نتیجه گیری : با افزایش تنش قائم میزان مقاومت برشی نیز افزایش میابد که واضح است چون با افزایش تنش قائم میزان اصطکاک در صفحه ی برش نیز افزایش میابد که باعث افزایش مقاومت برشی می شود.



نمونه پس از شکست



نمونه و دستگاه قبل از شکست برشی

آزمایش مقاومت بار نقطه ای

۱. هدف آزمایش : تعیین مقاومت بار نقطه ای نمونه به صورت قطری و محوری
 ۲. تئوری آزمایش : این آزمایش برای طبقه بندی سنگ ها به کار برده میشود که نتایج این آزمایش مقاومت فشاری و کششی سنگ را مشخص میکند.
- آزمایش قطری :

D_e قطر نمونه

$$I_s = \frac{P}{D_e^2}$$

• آزمایش محوری :

$$D_e^2 = \frac{4wD}{\pi}$$

$$F = \left[\frac{D_e}{50} \right]^{0.45}$$

$$I_{s(50)} = F \cdot I_s$$

$$\sigma_c = C \cdot I_s$$

معمولا برای نمونه های با قطر ۵۰ میلیمتر C برابر با ۲۴ می باشد.

۳. دستگاه مورد استفاده : دستگاه بار نقطه ای شامل دو فک مخروطی شکل برای ایجاد بار نقطه ای و دو صفحه ی عقربه ای برای نشان دادن میزان بار وارده و اهرم برای افزایش نرخ بارگذاری میباشد.

۴. روش کار : ابتدا قطر نمونه مورد نظر را با کولیس اندازه گرفته و دور نمونه را چسب نواری پهن میزنیم (این چسب باعث شبیه سازی شرایط آزمایش سه محوری میشود ولی چون مقدار آن ناچیز است میتوان از آن چشم پوشی کرد). سپس برای شروع کار با دستگاه عقربه های مشکی و قرمز آن را روی صفر برگردانده و نونه را مابین دو فک دستگاه قرار میدهیم. بارگذاری را تا زمان شکست نمونه با آهنگی مناسب و پیوسته زیاد میکنیم. در حین بارگذاری عقربه ها را با دقت کنترل میکنیم تا بار منجر به شکست را درست یادداشت کنیم.
۵. نتایج :

آزمایش	$\frac{t}{D}$	I_s (MPa)	σ_c (MPa)
قطری	> 1	1.72	41.28
محوری	< 0.33 , > 1	1.74	41.76

$$I_s = \frac{5.01 \text{ KN}}{54 \times 54 \text{ mm}} = 1.72 \text{ Mpa}$$

آزمایش قطری :

$$D_e^2 = \frac{4 \times 31.4 \times 54}{3.14} = 2160 \quad D_e = 46.47 \text{ mm}$$

آزمایش محوری :

$$F = \left[\frac{46.47}{50} \right]^{0.45} = 0.96$$

$$I_{s(50)} = 0.96 \times 1.74 = 1.68 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_c = 24 \times 1.74 = 41.76 \text{ Mpa}$$

۶. بحث و نتیجه گیری : مقاومت فشاری سنگ در حالت محوری بیشتر است. چون ابعاد نمونه کوچک تر است و پیوستگی سنگ بیشتر است.



نمونه قبل از شکست



نمونه پس از شکست

آزمایش برزیلی

۱. هدف آزمایش : محاسبه میزان مقاومت کششی تک محوره سنگ به صورت

غیر مستقیم

۲. تئوری آزمایش : آزمایش برزیلی بر این واقعیت تجربی استوار است که با

اعمال فشار قطری به نمونه های استوانه ای سنگ ، تانش کششی در امتداد عمود بر محور بارگذاری گسترش یافته و زمانی که این تنش از مقاومت کششی سنگ بیشتر شود نمونه دچار گسیختگی می گردد. در این آزمایش نمونه های دیسکی شکل با نسبت طول به قطر برابر با ۰.۵ تا ۰.۷۵ در فک بارگذاری قرار می گیرند و بار اعمالی در لحظه گسیختگی نمونه ثبت می گردد و از طریق فرمول مربوطه مقاومت کششی محاسبه می شود.

t : طول نمونه

D : قطر نمونه

P : بار وارد بر نمونه در لحظه شکست

$$\sigma_t = 0.636 \frac{P}{D.t}$$

۳. دستگاه مورد استفاده : نام این دستگاه پرس هیدرولیکی می باشد که شامل دو

فک انحنادار برای اعمال فشار قطری بر نمونه است همچنین این دستگاه شامل دو صفحه عقربه ای برای نشان دادن میزان بار وارده است که یکی از این صفحات برای بارهایی با دقت بالا و دیگری برای بارهای بزرگ است. یک اهرم نیز برای اعمال فشار با نرخ رو به افزایش تعبیه شده است

۴. روش کار : ابتدا جهت لایه بندی و جهت بارگذاری نسبت به این لایه بندی

بایستی یادداشت شود سپس بین فک دستگاه طوری قرار داده می شود که بارگذاری در امتداد قطر و در امتداد طول به صورت یکنواخت وارد شود بار باید طوری وارد شود که نمونه طی ۱۵ تا ۳۰ ثانیه بشکند معمولاً سرعت بارگذاری ۲۰۰ نیوتون بر ثانیه پیشنهاد می شود. در طی انجام آزمایش عقربه های پرس هیدرولیکی باید به دقت کنترل شوند تا بتوان اولین بار منجر به شکست را شناسایی کرد

۵. نتایج :

$$P = 9.1 \text{ KN}$$

$$D = 43.2 \text{ mm}$$

$$t = 31.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = 0.636 \frac{9.1}{43.2 * 31.4} = 4.26 \text{ Mpa}$$

۶. بحث و نتیجه گیری : صفحه شکست بر محور بارگذاری عمود است که این مطلب نشان دهنده ی ایجاد یک تنش کششی در راستای عمود بر راستای تنش فشاری ایجاد شده است. که مقدار این تنش کششی حدوداً ۶۳٪ تنش حاصل از بار اعمالی بر صفحه است.



نمونه پس از شکست



نمونه قبل از شکست

آزمایش تعیین خصوصیات نمونه سنگی

۱. هدف آزمایش : تعیین برخی خصوصیات نمونه سنگ.
۲. تئوری آزمایش :
 - چگالی خشک (ρ_{dry}) : جرم واحد حجم سنگ در حالت کاملاً خشک.
 - چگالی اشباع (ρ_{sat}) : جرم واحد حجم سنگ در حالت کاملاً اشباع.
 - چگالی طبیعی (ρ_{cur}) : جرم واحد حجم سنگ در حالت کاملاً طبیعی (با رطوبت حال حاضر).
 - چگالی جرمی دانه ها (ρ_s) : جرم واحد حجم دانه های سنگی.
 - تخلخل (n) : حجم منافذ و خلل و فرج نسبت به حجم کل.
 - شاخص پوکی (e) : حجم منافذ و خلل و فرج سنگ نسبت به حجم دانه های سنگی.
 - رطوبت (m) : نسبت جرم آب موجود در سنگ به جرم دانه های سنگی.
 - درجه اشباع (S_r) : نسبت حجم منافذ پر شده از آب به کل حجم منافذ خالی نمونه.

$\rho_{cur} = \frac{m_{cur}}{v_t}$	$n = \frac{v_v}{v_t}$	$v_v = \frac{m_{sat} - m_{dry}}{\rho_w}$	$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{v_t}$	$S_r = \frac{v_w}{v_t}$	$v_s = v_t - v_v$
$\rho_{dry} = \frac{m_{dry}}{v_t}$	$e = \frac{v_v}{v_s}$	$v_w = \frac{m_{cur} - m_{dry}}{\rho_w}$	$\rho_s = \frac{m_{dry}}{v_s}$	$m = \frac{m_w}{m_{dry}} \rightarrow m = \frac{m_w}{m_{dry}}$	

۳. دستگاه مورد استفاده : در این آزمایش از یک ترازوی دیجیتالی برای اندازه گیری جرم ها و یک بشر وکولیس برای اندازه گیری حجم ها و یک کوره برای خشک کردن نمونه استفاده می کنیم.

۴. روش کار : ابتدا جرم حال حاضر (m_{cur}) نمونه را اندازه گیری کرده و حجم (V_t) آن را نیز به وسیله ی بشر و کولیس اندازه گیری می کنیم سپس نمونه را به مدت ۱ ساعت به صورت غوطه ور در آب قرار می دهیم و در طول این مدت هر ۱۰ دقیقه یک بار به بشر ضربه زده تا حباب های موجود در نمونه خارج شوند. پس از ۱ ساعت نمونه را خارج کرده و حالت اشباع (m_{sat}) آن را اندازه می گیریم سپس نمونه را به مدت ۶-۱۲ ساعت در کوره میگذاریم تا کاملاً خشک شود و جرم حالت خشک را نیز (m_{dry}) اندازه میگیریم سپس با مقادیر اندازه گیری شده ، خصوصیات سنگ را به دست می آوریم.

۵. نتایج :

$$\rho_{cur} = 2.312 \text{ g/cm}^3 \quad n = 0.070$$

$$\rho_{dry} = 2.308 \text{ g/cm}^3 \quad e = 0.076$$

$$v_v = 6.15 \text{ cm}^3 \quad v_w = 0.34 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{sat} = 2.378 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_s = 2.483 \text{ g/cm}^3$$

$$S_r = 3.907 * 10^{-3} \text{ cm}^3 \quad m = 1.692 * 10^{-3} \text{ gr}$$

$$v_s = v_v - v_w = 80.87 \text{ cm}^3$$

۶. بحث و نتیجه گیری : با استفاده از مقادیر پارامتر هایی که نشان دهنده ی خواص سنگ هستند میتوان طبقه بندی ارائه کرد یا در مورد مقاومت آن ها نظر داد.

آزمایش دوام

۱. هدف آزمایش : تعیین مقاومت و دوام سنگ در برابر رطوبت و سایش.
۲. تئوری آزمایش : شاخص دوام برابر با درصد وزن مواد باقیمانده از نمونه پس از تر و خشک شدن های متوالی به وزن اولیه تعریف شده که نشانگر میزان پایداری سنگ در برابر هوازدهی طبیعی است. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد ، میزان فرسایش و خرد شدن در برابر هوازدهی کمتر است.

A وزن خشک اولیه

B وزن خشک بعد از خیس شدن اول

C وزن خشک بعد از خیس شدن دوم

$$Id_1 = \frac{B}{A} * 100$$

$$Id_2 = \frac{C}{A} * 100$$

۳. دستگاه مورد استفاده : دستگاه مورد استفاده در این آزمایش از یک محفظه توری استوانه ای که نمونه ها در آن قرار میگیرند و یک ظرف محتوی آب تشکیل شده که توسط یک دنده برای چرخاندن محفظه به هم متصل میشوند.

۴. روش کار : در ابتدا چند قطعه سنگ یک جنس که مجموع جرم آنها ۴۰۰-۶۰۰ gr است را وزن کرده و یادداشت میکنیم سپس قطعات را داخل توری ریخته و دستگاه را روشن میکنیم تا ۱۵-۳۰ دقیقه داخل بچرخد سپس قطعات را به مدت ۱۲ ساعت در کوره میگذاریم سپس دوباره وزن میکنیم .

$$A=532.56 \text{ gr}$$

$$B=531.32 \text{ gr}$$

$$C=530.17 \text{ gr}$$

۵. نتایج :

$$Id_1 = \frac{531.32 \text{ gr}}{532.56 \text{ gr}} * 100 = 99.76\%$$

$$Id_2 = \frac{530.17 \text{ gr}}{532.56 \text{ gr}} * 100 = 99.55\%$$

۶. بحث و نتیجه گیری : چون نمونه پس از دو بار خیس و خشک شدن متوالی تنها ۰.۵٪ از وزن آن کم شده پس میتوان نتیجه گیری کرد که شاخص نم.نه سنگ ما بالاست و در برابر هوازگی مقاوم است.



نمونه ها قبل از خیس شدن



دستگاه آزمایش



نمونه ها بعد از خیس شدن اول

آزمایش مقاومت فشاری تک محوره

۱. هدف آزمایش : تعیین مقاومت فشاری تک محوره، مدول الاستیسیته و ضریب پواسن نمونه.

۲. تئوری آزمایش : یکی از مهم ترین آزمایش های مربوط به مطالعات مکانیک سنگی آزمایش مقاومت فشاری تک محوره میباشد. در اکثر پروژه های مکانیک سنگی و طراحی های مهندسی لزوم تعیین این پارامتر ها کاملاً مشهود است. برای مثال برای ارزیابی مقاومت پایه های سنگی یا پیش بینی زمان وقوع خرابی در اطراف فضای زیر زمینی یا غیره.

بار لحظه ای در زمان گسیختگی F_{max}

سطح مقطع نمونه A

مقاومت تک محوری σ_c

$$\sigma_c = \frac{F_{max}}{A}$$

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d}$$

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta l}{l}$$

۳. دستگاه مورد استفاده : دستگاه شامل صفحات فولادی، گنج مخصوص اندازه گیری جابجایی نمونه خین تغییر شکل، کولیس جهت اندازه گیری ابعاد نمونه.

۴. روش کار : نسبت طول به قطر نمونه باید بزرگتر از ۳ باشد. سطوح بالایی و پایینی نمونه باید کاملاً مسطح باشد و دقیقاً بر محور نمونه عمود باشد. نمونه را کاملاً بین دو فک فولادی قرار داده و در ابتدا سرعت بارگذاری را با نرخ بالایی زیاد میکنیم و به ازای هر بار میزان تغییر شکل را یادداشت میکنیم پس از شنیدن صدای ترک ها از نمونه سرعت را با نرخ کمتری تا شکست و تسلیم کامل نمونه افزایش میدهیم و بار منجر به شکست را به دست میآوریم.

٥. نتائج :

dis (mm)	L (mm)	D (mm)	axial force (KN)
0	96	51.5	0
0.016325			4.157118
0.035133			6.261744
0.05394			8.441907
0.072747			10.60123
0.091554			13.45081
0.110361			16.43063
0.129168			19.42086
0.147975			22.37463
0.166783			25.50947
0.18559			28.51794
0.204397			31.76604
0.223204			34.7094
0.242011			38.05908
0.260818			41.29938
0.279626			44.84702
0.298433			47.99875
0.31724			51.72748
0.336047			55.63459
0.354854			59.53127
0.373661			63.18832
0.392468			67.15794
0.411276			71.1067
0.430083			75.38889
0.44889			79.00426
0.467697			83.10933
0.486504			86.36003
0.505311			90.60575
0.524118			95.00255
0.542926			99.31599
0.561733			103.8629
0.58054			108.4472
0.599347			112.969
0.618154			117.7409
0.636961			121.8043
0.655769			116.9907
0.674576			119.6371
0.693383			122.867
0.71219			120.8249
0.730997			117.1574
0.749804			20.80011
0.768611			22.12332
0.787419			22.613

$$\sigma_c = \frac{22.613 \text{ kN}}{2.082 * 10^{-3} \text{ m}^3} = 10.861 \text{ Mpa}$$

۶. بحث و نتیجه گیری : با توجه به نتایج این آزمایش میتوان میزان ریز بافت بودن سنگ مورد آزمایش را تعیین کرد و از این طریق رده بندیی برای سنگ ها ارائه کرد.



نمونه قبل از شکست در دستگاه



نمونه پس از شکست

