



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

اثرات میزان بارگیری و حالت فشار اولیه روی رفتار فشار-کشش مواد خاکریز

سنگی تحت شرایط بارگیری یکنواخت و چرخه ای

چکیده

این مقاله اثر میزان بارگیری روی رفتارهای فشار-کشش مواد خاکریز سنگی به شدت فشرده را مطالعه نموده است. تجهیزات دینامیک سه محوره در مقیاس بزرگ برای این منظور استفاده گردید. برای بررسی ظرفیتهای تجهیزات تست ها روی فنر الاستیک و نمونه های لاستیک ضربه گیر انجام شد. نتایج تست های آزمایشگاه نشان داد که اثر میزان بارگیری در فنر فلز الاستیک قابل چشم پوشی است، حین اینکه اثرات قابل ملاحظه ای روی رفتارهای فشار-کشش در لاستیک ضربه گیر و بویژه در مواد خاکریز سنگی دارد. نتایج تست آزمایشگاه روی مواد خاکریز سنگی نشان داده است که نمونه های خشک مقادیر E و D در مقایسه با نمونه های اشباع دارد. نمونه های غیرایزوتروپیک مودول یا انگی بالاتری دارد و نسبت ضربه گیری کمتری در مقایسه با نمونه های ایزوتروپیک دارد. عموماً تاثیر پارامترهای اصلی روی E و D در نمونه های خاکریز سنگی فرکانس فشار موثر عمودی و بارگیری به ترتیب است. پارامترهای بالای اصلی روی E و D در نمونه های خاکریز سنگی به ترتیب فرکانس فشار و بارگیری موثر عمودی اولیه است. نمونه خاکریز سنگی خیلی فشرده یک پاسخ غیرمخرب به کاربرد بارگیری چرخه ای را زیر سطح کشش محوری حدستانه 0.005 نشان می دهد. چون اثر فرکانس در سطوح کشش پایین تر از 0.005% مشاهده گردید، و هیچ ساخت معنی داری از فشار منفذ در این سطح فشار وجود ندارد، از اینرو هر گونه اثر فشار اب منفذ اضافی روی اثر فرکانس قابل چشم پوشی است.

کلیدواژه: فنر، لاستیک، خاکریز سنگی، سه محوره، یکنواخت، چرخه ای، فرکانس، غیرایزوتروپی، مودول، ضربه

گیر

1-مقدمه

لاستیک ضربه گیر و مواد خاکریز سنگی کاربردهای مفید در سازه های مهندسی عمران دارد. برای مثال، لاستیک ضربه گیر استفاده شده به عنوان بلبرینگ الاستیک برای جداسازی لرزه شناختی سازه ها و پلها استفاده

شده است. عموماً لاستیک ضربه گیر هم خواص غیرخطی و هم ویسکوز نشان می دهد. اثرات درجه حرارت، دامنه کشش، میزان کشش روی مودول و نسبت ضربه گیر لاستیک ضربه گیر در کشش بالاتر از 5 درصد قبلاً تحقیق شده است. وانگهی، مودول و نسبت ضربه گیری کاهش می یابد حین اینکه درجه حرارت و کشش افزایش می یابد، درحالیکه نسبت ضربه گیری و بویژه مودول افزایش می یابد حین اینکه میزان کشش افزایش می یابد.

وانگهی، مواد شنی و ریگی که نسبت ضربه گیری و میرایی بالاتری در مقایسه با مواد رس و شن دارند معمولاً در ساختارهای زیرسازی زمین و سدهای خاکریز سنگی استفاده می شوند. طراحی لرزه شناختی این سازه ها در نواحی مستعد زمین لرزه نیاز به تعیین خواص فشار-کشش تحت شرایط بارگیری یکنواخت و چرخه ای مواد بکار رفته دارد. رفتار استقامت و بدشکلی بستر گرانولی درشت تحت شرایط یکنواخت قبلاً مطالعه گردید.

طی دو دهه گذشته، بسیاری محققان نتایج تست برشی سه محوری چرخه ای را منتشر کرده اند. در کل در بارگیری چرخه ای با استفاده از تجهیزات سه محوری هر منحنی فشار-کشش که نامش حلقه پسماند است می تواند با منحنی های مودول یانگ یا E و نسبت ضربه گیری میرایی D توصیف شود. کلمه پسماند از کلمه یونانی باستانی به معنی تاخیر می آید و تاخیر زمانی بین فشار چرخه ای رانده شده و کشش چرخه ای رانشی است.

نامگذاری ها

علائم ذیل در این مقاله استفاده شده است:

Ave.	متوسط
Bg	اندیس شکست مارشال
C	انسجام
cc(soil)	ضربه گیری حیاتی نمونه خاک
Csoil	ضربه گیری ویسکوز نمونه خاک
CD	تخلیه مستحکم
CFRD	سد خاکریز سنگی بارویه بتن
D	نسبت ضربه گیری
D10	نسبت ضربه گیری در چرخه دهم
D(10), D(30), D(50),	اندازه ذره مطابق با درصد عبور 10 یا 30 یا 50 یا 85 به میلیمتر به ترتیب
D(85) (mm)	نسبت ضربه گیری در دور چهارم
D40	چگالی نسبی
	نسبت تهی

Dr	نسبت تهی طبق فشردگی نماینده اصلاح شده
e	نسبت تهی در پایان مستحکم سازی
eo	کشش حجم سنجی
ei	کشش حجم سنجی در کشش مطابق با استرس منحرف شونده ماکزیمم
ev	کشش اصلی عمده
ev(qmax)	مدول یانگ
ϵ_1	مودول E در چرخه دهم
E	مدول E در چرخه چهارم
E10	ماکزیمم مقدار مودول یانگ
E40	زیادی فشار آب منفذ
E _{max}	زاویه اصطکاک موثر در فشار برشی ماکزیمم
EPWP	فرکانس بارگیری چرخه ای
ϕ'	فرکانس طبیعی فنر
f	فرکانس طبیعی نمونه خاک در ارتعاش طبیعی
fn(spring)	فرکانس در دامنه ماکزیمم (فرکانس رزونانس) تحت بارگیری چرخه ای نمونه خاک
fns	دامنه ماکزیمم بارگیری چرخه ای
fms	هرتز
F0	اندیس بار نقطه ای
Hz	چگالی خشک
Is	مودول برشی
γ_d	جاذبه مخصوص
G	شرایط اولیه فشار قبل از بارگیری چرخه ای
G _s	سفتی نمونه خاک
$k_c = \sigma'_1 / \sigma'_3$	سفتی فنر
ksoil	طول فنر
kspring	ساییدگی زوایای LOS
l	مرز پایینی
LA	جرم قله
L.B.	جرم موثر = $m_{cap} + m_{soil}/3$
m _{cap}	جرم نمونه خاک
m _{eff}	جرم فنر
msoil	فشارهای افقی اندازه گیری شده در یک نقطه
mspring	فشار عمودی اندازه گیری شده عمودی در یک نقطه
Ph	فشار منحرف شونده
Pv	فشار منحرف شونده ماکزیمم
qmax	درجه آزادی منفرد
	فشار اصلی عمده موثر
	P حداقل موثر
	میانگین فشار موثر
	زمان

SDOF	انرژی جنبشی فنر
σ'_1	مرز بالایی
σ'_3	ماکزیمم فشار اب منفذ اضافی تجمعی در پایان چرخه m
$\sigma'_m = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3$	بهینه محتوای اب
t	سرعت بخش بالایی فنر
T	سرعت عنصر فنر در فاصله γ از انتهای ثابت
U.B.	
Umax	
Wopt	
\dot{z}	
\dot{zy}	

بسیاری از محققان نشان داده اند که خواص دینامیکی خاک نمی تواند در نظر گرفته شود فرکانس مستقل در پهنای باند فرکانسی زلزله، 01-30 هرتز، حتی برای برانگیختگیهای سطح فشار کم آن را به عنوان روش معمول در مهندسی ژئوتکنیک است. به طور کلی، مدول بالاتر از ستون تشدید و آزمون بندر عنصر نسبت به آزمون سه محوری برش و پیچشی به دست آمده. این ممکن است به دلیل اثر بارگذاری فرکانس بالاتر، اثر فرکانس بر میرایی در آزمون عنصر سه محوری برش و پیچشی در تحقیقات قبلی مشاهده نمی شود و می توان به شرح زیر توضیح داد: اغلب آزمونهای عنصر هستند در فرکانس های بسیار پایین کمتر از 1 هرتز انجام می شود. در این محدوده، شاید اثر فرکانس قابل اغماض به جز یک اثر خزش که ممکن است در یک فرکانس بسیار پایین مشاهده است. به طور کلی، در آزمون ستون رزونانس، نوسانات تحت ارتعاشات آزاد اندازه گیری شد. لازم نیست که رفتار مواد باید همین تحت ارتعاشات آزاد و اجباری و مواد در ارتعاش اجباری ممکن است انرژی پراکنده نه به عنوان با توجه به حداقل اصل انتظار می رود. نتایج آزمون اخیر نشان می دهد نسبت میرایی بالا حتی در سطوح پایین فشار ($0.001 <$) % (در آزمون ستون غیر رزونانس است. علاوه بر این، نسبت میرایی بالاتر در فرکانس رزونانس مشاهده شد. در حال بارگذاری فرکانس و شکل موج در اثر مدول و میرایی نسبت سه فشرده مواد سنگریزه مدل بالا با استفاده از تست سه محوری در مقیاس بزرگ مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج تست های آزمایشگاهی نشان داده است که مدول، و به خصوص رفتار با نوسانات کم، توسط فرکانس بارگذاری تحت

تاثیر قرار ارزش D برای شکل موج سینوسی است کمی بالاتر از کسانی که از شکل موج مثلث .علاوه بر این، ارزش D از شکل موج مستطیل است، بطور قابل توجهی بالاتر از شکل موج سینوسی و مثلث می باشد.

طیف فوریه برشی تاریخ و زمان فشار برخی از زمین لرزه ها نشان می دهد که دامنه کرنش برشی به سرعت متلاشی میشود با افزایش فرکانس .علاوه بر این، در خواص دینامیکی غیرخطی خاک خاص درجا در طول نمایش زمین قوی است که مدول و نسبت به خصوص نوسانات وابسته به فرکانس بارگذاری می پشت محاسبه شده از سوابق آرایه عمودی .انتخاب منحنی D مستقل از فرکانس تست بارگذاری معمولا می تواند در تقویت غیر واقعی از اجزای دوره کم با استفاده از یک حرکت زمین غنی از مطالب فرکانس بالا می شود.

در میان مکانیسم های کمک به میرایی مواد، آن است که اینرسی وارد بر ذرات خاک فردی و سیستم به عنوان یک کل کاهش سطح تماس بین ذرات و برهم زدن ساختار پایدار و جهت گیری دانه باعث اتلاف انرژی قابل درک بود .علاوه بر این، پویا بارگذاری در فرکانس بالاتر باعث تاثیر بین ذرات (ذرات برخورد) و گرایش ذرات به کاهش در حجم (اسکان) منجر به تعامل بیشتر بین آنها، باعث اتلاف انرژی بزرگ است.

همه تنش منحرف شونده چرخه ای در مطالعات قبلی در شن در چرخه سینوسی یکنواخت در فرکانس های تا 0.2هرتز استفاده شد.فرکانس پایین ممکن است به منظور اندازه گیری تغییر شکل دقیق به عنوان محدودیت تجهیزات انتخاب شود.

جدول 1- فرکانس پیش غالب برخی زمین لرزه های گسل نزدیک

Earthquake	Station	Date	Magnitude			Predominant frequency (Hz)			
			M	MI	Ms	L	V	T	Average
Kobe, Japan	99999 kjMA	1995/01/16	6.9	-	-	2.02	3.61	2.01	2.55
Landers	SCE 24 Lucerne	1992/06/28	7.3	-	7.4	9.42	13.01	10.48	10.97
Tabas, Iran	9101 Tabas	1978/09/16	7.4	7.7	7.4	3.84	7.11	4.00	4.98
Bam	Farmandri, 3168/02	2003/12/26	-	-	6.7	4.86	8.38	5.08	6.11
Cape Mendocino	89005 Cape Mendocino	1992/04/25	7.1	-	7.1	4.74	6.14	4.74	5.21
Chi-Chi, Taiwan	TCU084	1999/09/20	7.6	7.3	7.6	1.94	3.53	1.34	2.27
Kocaeli, Turkey	Sakarya	1999/08/17	7.4	-	7.8	-	8.52	5.85	7.18
Loma Prietas	57007 Corralitos	1989/10/18	6.9	-	7.1	2.76	4.81	2.39	3.32
Northridge	24087 Arleta-Nordhoff Fire Sta	1994/01/17	6.7	6.6	6.7	3.02	8.22	3.48	4.91
Superstint Hills (B)	286 Superstition Mtn	1987/11/24	6.7	-	6.6	4.41	-	3.91	4.16
Duzce, Turkey	Duzce	1999/11/12	7.1	7.2	7.3	2.16	8.44	1.93	4.17
Erzincan, Turkey	95 Erzincan	1992/03/13	6.9	-	-	1.40	5.55	2.25	3.00
Imperial Valley	942 El Centro Array #6	1979/10/15	6.5	6.6	6.9	3.71	8.98	3.00	5.23
Average						3.69	7.19	3.88	4.93

Note: Closest distances to faults ruptures are less than 10 km. M: moment magnitude; MI: Richter local magnitude; Ms: surface wave magnitude; L: Longitudinal component; V: Vertical component T: Transversal component.

جدول 2- فرکانس پیش غالب برخی زمین لرزه های حوزه دور

Table 2: Predominant frequency of some far-field earthquakes.

Earthquake	Station	Date	Magnitude			Predominant frequency (Hz)			
			M	Ml	Ms	L	V	T	Average
Irpinia, Italy	ENEL/SEA99	1980/11/23	-	6.5	-	2.86	8.46	2.95	4.76
Chi-Chi Taiwan	CHY036	1999/09/20	7.6	7.3	7.6	0.93	5.95	1.82	2.90
Northridge	Saturn St	1994/01/17	6.7	6.6	6.7	3.37	4.40	3.30	3.69
Landers	22074 Yermo Fire Station	1992/06/28	7.3	-	7.4	2.08	7.58	3.16	4.27
Loma Prietas	47524 Hollister-South & Pine	1989/10/18	6.9	-	7.1	1.48	3.90	1.83	2.40
Kocaeli, Turkey	Ambarli	1999/08/17	7.4	-	7.8	1.69	4.47	1.38	2.51
Bam	3170	2003/12/26	-	-	6.7	2.92	5.22	3.39	3.84
Average						2.19	5.71	2.55	3.48

Note: Closest distances to faults ruptures are higher than 20 km; M: moment magnitude; Ml: Richter local magnitude; Ms: surface wave magnitude; L: Longitudinal component; V: Vertical component T: Transversal component.

تجزیه و تحلیل FFT نشان می دهد که فرکانس غالب گسل مورد مطالعه در نزدیکی در جدول 1 و زمینه های دور در جدول 2 زمین لرزه بین 1 و 13 هرتز. نتایج تحلیل عددی نشان می دهد که بخش بیشتری از انرژی زمین لرزه در محدوده فرکانس از 2-5 هرتز می باشد ASTM D3999-91. تغییرات فرکانس بین 0/5 و 1 هرتز منبع مختلف بارهای چرخه ای مانند آنهایی که ناشی از زلزله، موج اقیانوس، یا انفجار توصیه می شود. علاوه بر این ASTM D3999-91 پیشنهاد کرد که تجهیزات بارگذاری چرخه ای مورد استفاده برای آزمون سه محوری چرخهای بار یا تغییر شکل کنترل باید قادر به اعمال مقدار بار سینوسی یکنواخت در یک فرکانس در محدوده 0.1-2 هرتز باشد.

بر اساس نتایج، بررسی E و D در محدوده فرکانس 1 و 5 هرتز دارای اهمیت ویژه در مهندسی زلزله می باشد. در روش تجزیه و تحلیل پویا قبلی، تنها تنش برشی افقی ناشی از زلزله در خاکریزی ارزیابی و شبیه سازی شده در آزمون سه محوری چرخه ای می باشد. با این حال، نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل المان محدود و نتایج ساز افزایش یک سوال در مورد قابلیت اطمینان نتایج آزمون چرخه ای انجام شده در

به جای $k_c = \frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} = 1$

$k_c > 1$ غیرایزوتروپیک در فشار محدودکننده پایین در عناصر خاکهای واقع زیر سطوح شیب دار پیش می آورد. مدول یانگ (در سویه های کمتر از حدود 0.001٪) از فشرده خوب برای دانه های شن ماسه، تثبیت تحت استرس ناهمسانگرد دولت با استفاده از دامنه بارگذاری چرخه ای کوچک در نمونه منشوری مربع انجام شد. علاوه بر این، شرایط تنش ناهمسانگردی بر پارامترهای G و D در مواد سنگریزه درامیخته توسط آقایی Araei و همکاران مورد بررسی قرار گرفت.

به نظر می رسد که بسیاری از مقالات چاپ شده خرید و فروش با نرخ بارگیری در آزمون یکنواخت و همچنین فرکانس بارگذاری و اثرات ناهمسانگردی در D و به ویژه بر رفتارهای E از لاستیک خشک و اشباع مواد سنگریزه

و میرایی بر اساس آزمون عنصر وجود دارد. این مطالعه در این مسائل از طریق آزمون بزرگ سه محوری به نظر می رسد. علاوه بر این، یک سری از آزمایشات یکنواخت و چرخه ای در فتر فلز، که هیچ اثر چسبناک (تنها الاستیک) نشان نمی دهد، برای اطمینان، در مورد دقت اندازه گیری و برای بررسی قابلیت های تجهیزات انجام شد.

2- سه محوری سیستم تست

در مقیاس بزرگ دستگاه سه محوری برای آزمایش انجام با کنترل سروو جهانی الکترو هیدرولیک برای بار عمودی (محرک) مجهز شده است. تجهیزات دارای ویژگی های زیر است: ظرفیت بار استاتیک 500 kN ، بار دینامیک: $\pm 200\text{kN}$ برای بار استاتیک سوگیری شده 300kN. محدوده فرکانس بین 0.01 و 10 هرتز است. شکل موج سینوسی مثلث و مستطیل است. فشار جانبی برای نمونه خاک و سنگ به 2 مگاپاسکال و 20 مگاپاسکال به ترتیب محدود شده است. سلولهای بارگیری خارجی و داخلی وجود دارد. سلول بارگیری داخلی با ظرفیت 500 کیلو نیوتن شناور با دقت 150 N می باشد. این ترکیب مانع از اثر اصطکاک پیستون در اندازه گیری بار است. غیر حساس به تماس با مبدل های تغییر شکل مارپیچ بالا واقع در طرف مقابل از صفحه بالا است برای اندازه گیری فشار متوسط و از بین بردن جزء چرخشی استفاده می شود. حداکثر طیف وسیعی از اندازه گیری 2.5 میلیمتر و با دقت کمتر از 0.001 میلی متر می باشد. سنسور فشار منفذی در صفحه پایین با ظرفیت 1 مگاپاسکال و دقت 0.4 کیلو پاسکال واقع شده است.

جدول 3- جزئیات مشخصات دستگاه سه محوری مقیاس بزرگ در آزمایشگاه BHRC

Measuring element	Accuracy	Resolution (mV/V)	Carrier frequency (kHz)	Electric transducers, capacity	Amplifiers
Vertical external load cell (large capacity)	150 N	1.5	5	Strain gauge type, 500 kN	EA-410, Calibration: 500, 250 kN, Attenuator: 1, 1/2
Vertical internal load cell (large capacity)	150 N	1.5	5	Strain gauge type, 500 kN	EA-410, Calibration: 500, 250 kN, Attenuator: 1, 1/2
Vertical internal load cell (small capacity)	60	1.5	5	Strain gauge type, 200 kN	EA-410, Calibration: 200, 100 kN, Attenuator: 1, 1/2
Vertical displacement (external LVDT)	0.01 mm	2	5	Strain gauge inductance type, 100 mm	EA-410, Calibration: 100, 50 mm, Attenuator: 1, 1/2
Vertical displacement (two sets placed just at top of the specimen and opposite sides)	<0.001 mm	1	20	Twin coil type, 25 mm	EA-330, Calibration: 25, 12.5, 5, 2.5 mm, Attenuator: 1, 1/2, 1/5, 1/10
Lateral pressure	0.8 kPa	2	5	Strain gauge flush diaphragm type, 2 MPa	EA-410, Calibration: 2, 1 MPa, Attenuator: 1, 1/2
Pore water pressure	0.4 kPa	2	4.9	Strain gauge flush diaphragm type, 1 MPa	EA-410, Calibration: 1, 0.5 MPa, Attenuator: 1, 1/2
Volume change (internal)	8 cc	10	4.9	Differential pressure type, 4 L	EA-410B, Calibration: 4, 2, 0.8 L, Attenuator: 1, 1/2, 1/5

جزئیات بیشتر در مورد انواع سنسور، دقت و وضوح در جدول 3 ارائه شده است.

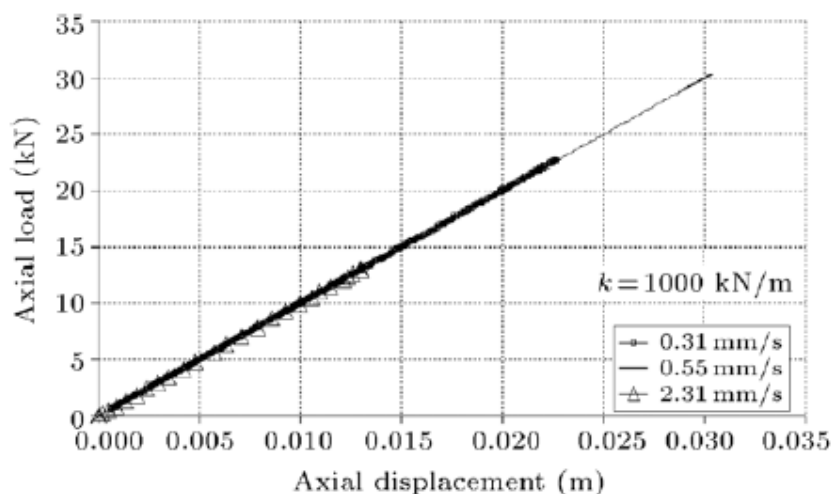
سیستم اکتساب داده هشت کانال مستقل با فرکانس پاسخ 75 کیلوهرتز دارد. این می تواند داده ها را برای یک بازه ی زمانی کمتر از 0.1 میلی ثانیه ضبط کند.

2.1- دقت اندازه گیری

صحت نتایج بستگی به دقت اندازه گیری از هر دو تنش ها و سویه های، نتایج به دست آمده توسط سه منبع از اشتباهات تحت تاثیر قرار. انطباق، خطای زیرسازی، و زمان تاخیر در اندازه گیری. پیروی از بارگذاری سیستم متشکل از تمام نقاط (بالا و پایین غلطک و اتصالات) که در آن تغییر شکل نمونه ها، کنترل و تعیین می شود. در مطالعه حاضر، با توجه به خطاهای انطباق دستگاه با اطمینان معقول های کالیبراسیون دقیق در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، یک فتر فلزی و نمونه لاستیک نوسانات استوانه را در محل به طور معمول با نمونه که در آن برخی از تست کالیبراسیون انجام شد اشغال قرار داده شد. نتایج خواهد شد در بخش زیر بحث شده است. همچنین، در این مطالعه، خواص تغییر شکل با استفاده از روش آزمون از همان فشار بسیار کوچک به سطح کرنش بزرگ به دست آمد. بنابراین، انحراف در آزمون نتایج ناشی از انطباق سیستم مواجه نشده بود.

از سوی دیگر، مقادیر پایین تر از سفتی در طول چرخه اولیه، به دلیل اشتباهات زیرسازی، شد در حلقه پسماند مشاهده نشد. خطا زیرسازی، پارچه هوس ممکن است بالا باشد در مورد سنگ نرم، خاک سخت و مواد دانه. ما اثر زیرسازی بین درپوش نمونه و نمونه با پر کردن فضاهای خالی بین کلاه نقاب دار و نمونه با مواد ظریف همان حذف شده است. علاوه بر این، خطا زیرسازی می توان از طریق روش زیر کاهش می یابد: دستیابی به ارتفاع نهایی مورد نظر از نمونه بازسازی شده با ضربه زدن و چرخش درپوش نمونه در بالای نمونه. بنابراین، اثر خطا زیرسازی را می توان در این آزمون ها با ملاحظات ذکر شده در بالا استفاده کنه.

اگر چه اکتساب داده ها به طور همزمان است، امکان آشکار میرایی در فرکانس بارگذاری بالا با توجه به تاخیر زمانی در اندازه گیری بار محوری و جابه محوری نیز به شرح زیر است: (1) کسب جابجایی محوری بعد از بار محوری، (2) بار محوری اندازه گیری. تفاوت در نسبت میرایی در دو روش داده شده در بالا مشاهده شد.

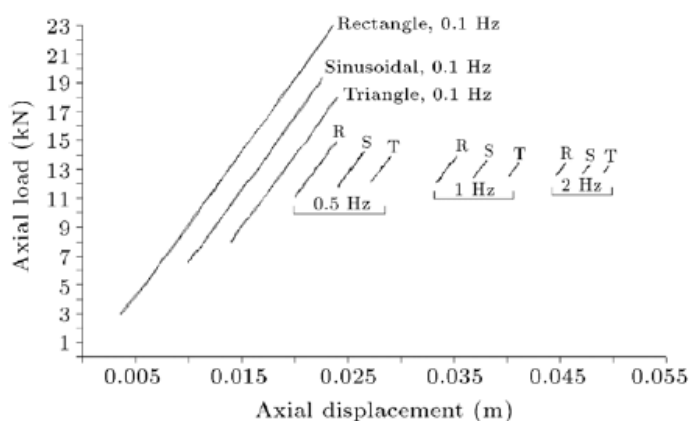


تصویر 1- نتایج جابجایی بار-محور روی فنر الاستیک در سرعت مختلف بارگیری

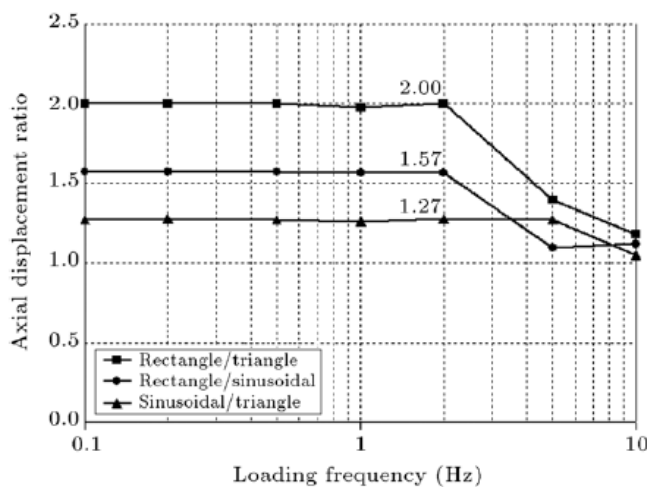
3- آزمون یکنواخت و چرخه ای در فنر فلز و لاستیک ضربه گیر

به منظور کالیبره و بررسی عملکرد و دقت تمام نقاط تجهیزات سه محوری، یک سری از آزمایشات در فنر و میرایی لاستیک انجام شد. محوری منحنی جابجایی بار محوری برای فنر تحت نرخ کرنشهای مختلف در شکل نشان داده شده است 1. نشان داده شده است، سرعت بارگذاری بر روی رفتار الاستیک فنر تاثیر نمی گذارد و تقریباً یک خط راست تنها به دست آمده است. به عبارت دیگر، هنگامی که در حال بارگیری حداکثر است، در همان زمان جابجایی مربوطه حداکثر است، و هیچ تاخیر زمانی وجود دارد. سپس، آزمون دوره ای در فنر تحت بار محوری اولیه شخص از 13 کیلو نیوتن، که 13mm بدشکلی در فنر ناشی انجام شد. آزمون چرخه ای با فرکانس بارگذاری به 0.1، 0.2، 0.5، 1، 2، 5 و 10 هرتز برابر انجام شد. نتایج فنر در فرکانس های مختلف تحت بارگذاری مستطیل تست شده، شکل موج سینوسی و مثلث را نسبت میرایی آشکار برای مواد الاستیک خطی (شکل 2) نشان نمی دهد. علاوه بر این، سختی همان شکل موج های مختلف تحت و فرکانس در حال بارگذاری، که تا 1000 KN / M برابر است با به دست آمد. نتایج مشابهی به دست آمد زمانی که بار اولیه محوری شخص 30 کیلو نیوتن بود. به وضوح روشن است که توجه داشته باشید این است که تفاوت قابل توجهی بین جابجایی محوری ناشی از تحت بارگذاری چرخه ای سریع (شکل موج مستطیل) و بارگذاری چرخه ای آهسته (شکل موج مثلث) وجود دارد، همانطور که در شکل 3. موجب کاهش جابجایی محوری به عنوان فرکانس بارگذاری افزایش داده شده است.

شکل 3 حداکثر نسبت جابجایی محوری برای شکل موج های مختلف در فنر نشان می دهد. جابجایی محوری ناشی از چرخه سریع در حال بارگذاری (شکل موج مستطیل) دو برابر آنهایی که شکل موج مثلث تا 2 هرتز است.



تصویر 2- نتیجه جابجایی محور-بار چرخه ای نمونه روی فنر الاستیک در فرکانس بارگیری مختلف (نه تغییر یافته)



تصویر 3- ماکزیمم فرکانس بارگیری -نسبت جابجایی محوربرای شکل موجی مختلف در فنر برای تفسیر بهتر از رفتار فنر، فرکانس طبیعی آن مورد نیاز است. به منظور به دست آوردن جرم موثر از فنر برای مورد سیستم جرم توزیع شده، در مرحله اول، انرژی جنبشی محاسبه شود. اگر Z معادل سرعت بالای فنر باشد، سرعت عنصر فنر باطول l واقع در فاصله y از انتهای ثابت که به طور خطی با y به شکل ذیل تغییر می کند:

$$\dot{z}_y = \dot{z} \frac{y}{l}. \quad (1)$$

پس انرژی جنبشی فنر می تواند ترکیب گردد به مدل ذیل:

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\dot{z} \frac{y}{l} \dot{z} \right)^2 \frac{m_{\text{spring}}}{l} dy = \frac{1}{2} \frac{m_{\text{spring}}}{3} \dot{z}^2. \quad (2)$$

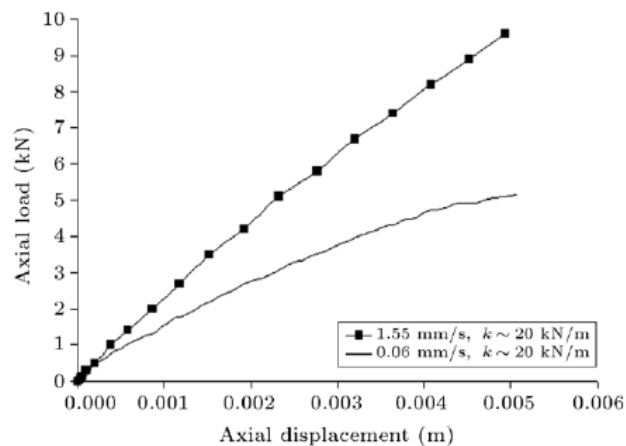
این به معنی آن است که جرم موثر یک سوم فنر می باشد. پس فرکانس طبیعی فنر برابر است با:

$$f_{n(\text{spring})} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\text{spring}}}{(1/3) \cdot m_{\text{spring}}}}, \quad (3)$$

که $m_{\text{spring}} = 9.62 \text{ kg}$ و $k_{\text{spring}} = 1000 \text{ kg/cm}$ می باشد، $f_{n(\text{spring})}$ معادل 2.81 Hz می

باشد. طبق تصویر 4، در فرکانس بالاتر ($4f_{n(\text{spring})}$ یا $>10\text{Hz}$)، اثر شکل موجی روی نسبت جابجایی

ماکزیمم قابل چشم پوشی است.



تصویر 4- نتایج جابجایی محوری-بار در فشار محدودکننده موثر 250kPa ی لاستیک ضربه گیر با قطر 20cm

و ارتفاع 40cm .

جدول 4- مشخصات تست های سه محوری چرخه ای روی لاستیک ضربه گیر

σ'_3 (kPa)	$k_c = \sigma'_1/\sigma'_3$	Frequency of loading (Hz)
0	^a	0.1, 0.5, 1, 5, 10
250	1	0.1, 0.5, 1, 5, 10
250	2	0.1, 0.5, 1, 5, 10

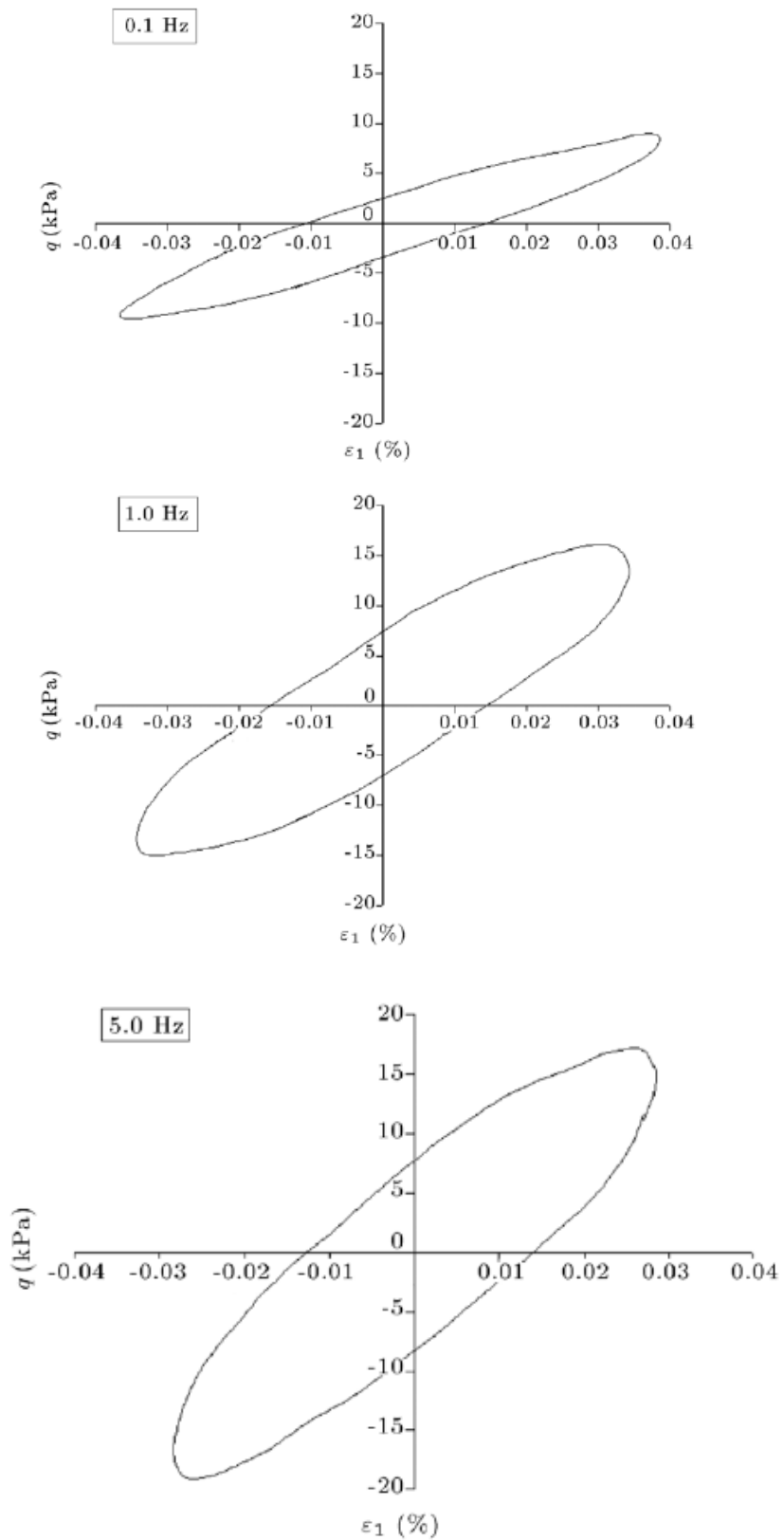
^a $\sigma'_1 = 7.85 \text{ kN}$.

علاوه بر این، در فنر مورد آزمایش قرار تحت بارگذاری چرخه ای، اگر فرکانس بارگذاری کمتر از $2fn$ (فنر) است، حداکثر جابجایی رخ دهد در طول بارگذاری چرخه ای (منحنی شکل موج سینوسی / مثلث در شکل 4 را ببینید). پاسخ شوک به مثلث و مستطیل پالس از یک سیستم جرم و فنر بدون ضربه گیری برای SDOF در سایر طبقات قبلا مورد مطالعه قرار گرفت.

علاوه بر این، نتایج آزمون مانند منحنی بار محوری جابجایی در لاستیک میرایی (قطر 20 سانتی متر، ارتفاع 40 سانتی متر، و متحد وزن 12.23 KN / M^3) در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال تحت سرعت 0.06 و 1.55 mm/s در شکل 4. شکل 4 غیر خطی روشن (رابطه تنش- کرنش نه خطی) به ویژه برای نرخ بارگذاری کوچکتر ارائه می دهد. سختی لاستیک نوسانات حدود 10 MN/m برای میزان 0.06 mm/s و 20 MN/m برای میزان 1.55 mm/s است. از این رو، سفتی افزایش می یابد به عنوان نرخ بارگذاری را افزایش می دهد (فشار وابسته). علاوه بر این، بار و جابه محوری در مقابل نتایج نشان می دهد که زمان جابجایی حداکثر محوری با یک تاخیر زمانی برای حداکثر بار محوری مربوطه رخ می دهد.

علاوه بر این، یک سری از بارگذاری چرخه ای سینوسی در لاستیک میرایی در شرایط مختلف (جدول 4) انجام شد. به عنوان مثال، شکل 5 محوری حلقه جابجایی بار محوری از لاستیک نوسانات در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال و $kc = 2$ تحت فرکانس بارگذاری 0.1، 1 و 5 هرتز نشان می دهد. اندازه و تمایل حلقه پسماند به وضوح اثر دفعات بارگیری در سختی و میرایی نتایج نسبت نشان می دهد.

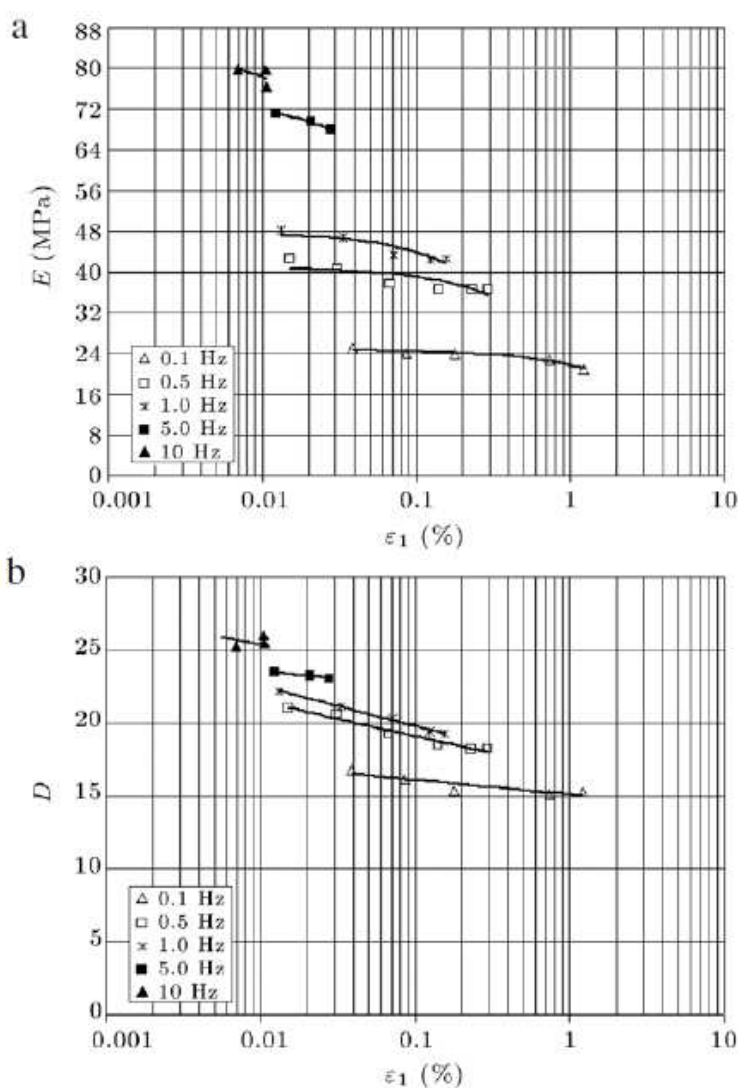
نتایج آزمون چرخه های از جمله $E-\epsilon_1$ و $D-\epsilon_1$ در لاستیک نوسانات در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال و $kc = 2$ در شکل نشان داده شده است. همانطور که در شکل 6 پیداست، E و D کاهش فشار با سطح نشان داده شده است. علاوه بر این، نتیجه نشان می دهد که در فشار خاص، E و D به عنوان افزایش فرکانس بارگذاری افزایش می یابد. تنوع D با فرکانس بارگذاری کمتر است، و ارزش خود را در فرکانس 5 و 10 هرتز می کند تفاوت قابل توجهی را نشان نمی دهد. تغییرات نسبت میرایی برای فرکانس 0.1 و 10 هرتز محدوده بین 15٪ تا حداکثر 25٪ می باشد.



تصویر 5-مثال نتایج جابجایی محوری-بار چرخه ای روی لاستیک ضربه گیر در فشار محدودکننده موثر 250

و kPa $\sigma'_1/\sigma'_3 = 2$ تحت فرکانس بارگیری مختلف

مقادیر $E-\varepsilon_1$ در شرایط ناهمسانگرد محصور نشده ($kc = 2$) کمی بالاتر از ارزش وضعیت ایزوتروپیک در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال، اما کمتر از ارزش شرایط ناهمسانگرد ($kc = 2$) در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال می باشد. علاوه بر این، نسبت میرایی در ناهمسانگرد ($kc = 2$) شرایط محصور نشده شبیه به شرایط ایزوتروپیک در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال است، اما کمتر از ناهمسانگرد ($kc = 2$) شرایط در فشار همه جانبه موثر 250 کیلو پاسکال. دقت کلی، در نوسانات لاستیک برای سطح فشار داده می شود، E با kc و استرس را افزایش می دهد در حالی که محدود D نه غیر حساس به تنش محصور که با kc افزایش می دهد.



تصویر 6- نتایج تست های چرخه ای لاستیک ضربه گیر در فشار محدودکننده موثر 250 kPa و $\sigma'_1/\sigma'_3 = 2$.

(a) E در مقابل کشش محوری و (b) D در مقابل کشش محوری

4- نمونه آزمون سنگریزه

4.1. خواص مواد

در این مطالعه، تست نمونه دانه سنگریزه از مواد پوسته از زیر ساخت و ساز پایین سیاه بیشه بتن در ایران در مواجهه سنگریزه سدها (CFRDS) به دست آمد. جدول 5 ویژگی های اصلی از مواد، از جمله نام سنگریزه، توزیع اندازه، نقطه شاخص قدرت بار، از دست دادن آنجلس سایش، چگالی خشک، محتوای مطلوب آب و وزن مخصوص خلاصه می کند. انفجار معدن تولید مواد S.SBLIV از شماره معدن IV، که برای پایین سیاه بیشه CFRD استفاده شد. ذرات فردی است که از سنگ آهک تشکیل شده است. منحنی دانه بندی از مواد برای تست سه محوری با حداکثر اندازه ذرات 50 میلی متر $1/6$ (قطر نمونه سه محوری در مقیاس بزرگ است که 30 سانتی متر)، شکل 7. مواد از 3.8٪ دانه ریز (شامل 0.075 میلی متر به دست آمد). حداکثر تراکم خشک برای نمونه با توجه به اصلاح ناظر برآورد و اصلاح شده برای بزرگ (20٪ بالاتر از 19 میلی متر) درصد است. وزن مخصوص 2.62 (GS) است و حداقل نسبت تخلخل 0.174 (EO) است.

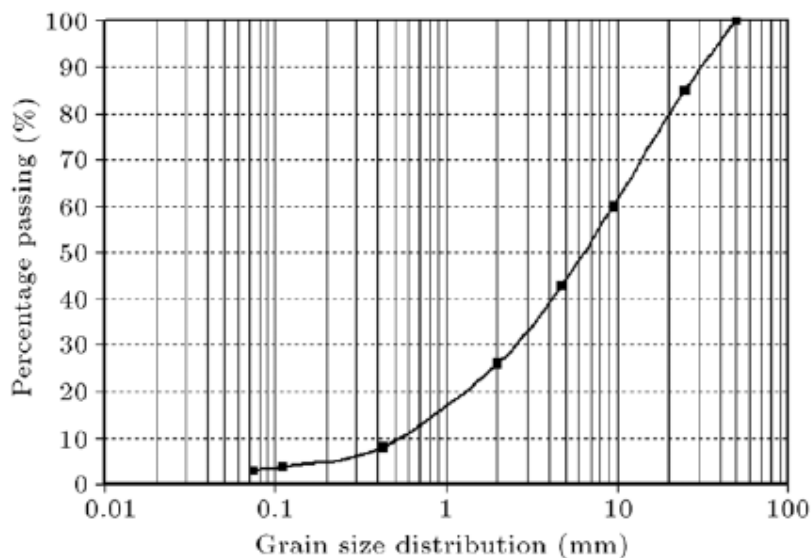
4.2 آماده سازی نمونه

آزمایش بر روی نمونه های مقیاس بزرگ با ابعاد قطر 30 سانتی متر و ارتفاع 60 سانتی متر با استفاده از تجهیزات در مقیاس بزرگ سه محوری در مرکز در ایران انجام شد. نمونه ها در قالب تقسیم با استفاده از یک وسیله ارتعاش و نوسان فشرده عامل در فرکانس 60 سیکل به وزن مخصوص خشک مورد نیاز، فشرده شدند. غشاء و فرآیندهای غشایی نوع سیلیکون با ضخامت 2.5 میلی متر مطابق با ASTM D3999 و ASTM D4767 به قفس یا جعبه گذاردن نمونه و حفاظت قابل اعتماد در برابر نشت استفاده شد.

جدول 5- مشخصات ماده ریگی استفاده شده در تست سه محوره در مقیاس وسیع

Table 5: Characteristics of gravelly material used in large scale triaxial testing.

Material symbol		S.SBLIV
Maximum particle size (mm)		50
$D_{(10)}, D_{(30)}, D_{(50)}, D_{(85)}$ (mm)		0.5, 2.5, 6.5, 25
Passing #200 (%)		3.8
I_s (ASTM D5731)	Submerged for 7 days	2.89
	Natural water content	2.82
Loss angeles abrasion for no. of rotations of 1000 (%) (ASTM C131)		44.9
$\gamma_{d(max)}$ (kN/m^3)	ASTM D1557 (C-method)	21.8
w_{opt} (%)		6.1
G_s (bulk specific gravity—oven dry) (ASTM C127)		2.62
e_0		0.174



تصویر 7- توزیع اندازه دانه برای مواد خاکریز سنگی مدل دار در تست سه محوره

مدول یانگ (Em) از غشاء استفاده 750 kPa است. افزایش استرس منحرف شونده برای $\epsilon_1 = 15\%$ (0.15) در اعشار) کمتر از 4 کیلو پاسکال است. ما با چشم پوشی غشاء اثر اصلاح بیش از استرس منحرف شونده اندازه گیری شد. تعامل بین نمونه، غشاء، و محدود مایع دارای نفوذ بر رفتارهای یکنواخت و چرخه. تغییرات در فشار آب حفره می تواند تغییر در نفوذ غشاء و فرآیندهای غشایی در نمونه های خاک انسجام کمتر شود. ما اثرات نفوذ غشاء با قرار دادن خاک ریزتر در سطح نمونه برای ایجاد یک سطح صاف حذف شده است.

نمونه ها در شش لایه بازسازی شد. برای هر لایه، مقدار لازم وزن هر کلاس گرانولومتریکی وزن شد و مخلوط با مقدار آب مناسب است. در نمونه اشباع شده، پس از عبور از CO₂ و تقاضا برای یک دوره 24 ساعت خلاء، نمونه نیمه با اجازه دادن به آب زدایی هوا را از طریق پایگاه سلول سه محوری عبور و از بین بردن حباب های هوا اشباع شده است. برای رسیدن به اشباع کامل (Skempton B-) مقدار را بیشتر از 95٪، پشت فشار مورد استفاده قرار گرفت.

5. آزمون سه محوری بارگذاری یکنواخت

آزمون سه محوری فشرده سازی یکنواخت به مطالعه رفتار تنش- کرنش- قدرت مواد سنگریزه مورد استفاده قرار گرفت.

هشت تلفیقی خشک (CD) آزمون سه محوری یکنواخت در تراکم خشک 21 و 21.5 kN/m³ فشار محصور و مختلف بر روی نمونه های اشباع (جدول 6) انجام شد. همه آزمون های یکنواخت با استفاده از فشار کنترل سیستم بارگذاری فشرده سازی انجام شد. پس از اعمال فشار همه جانبه از پیش تعریف شده، بار محوری به محوری فشار تا حدود 15٪ استفاده شد. نرخ کرنش محوری اعمال شده 0.5mm/min بود. در طول آزمون، مقدار تنش محوری، کرنش محوری و کرنش حجمی ثبت شد. همچنین، یک نمونه خشک تر با چگالی خشک 21.5 KN / M³ تحت نرخ کرنش 300 mm/min چیده شد.

5.1 نمایش نتایج

جدول 6 نشان دهنده خلاصه نتایج تست های سه محوری یکنواخت می باشد. ماکزیمم زوایای اصطکاک برای هر فشار محدودکننده منفرد محاسبه می شود که با فرض $c=0$ و استفاده از معادله ذیل می باشد:

$$\sin \phi' = \left(\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} \right)_{\max} \quad (4)$$

عموماً ϕ' برای مواد با افزایش در فشارها محدودکننده کاهش می یابد، زاویه اصطکاک درونی برای مواد تحت مطالعه بین 46 و 38 درجه برای فشارهای محدودکننده از 200 تا 1500 kPa می باشد (تصویر 6). تصویر 8 نشان دهنده مقدار فشار منحرف کننده و کشش حجم سنجی در مقابل کشش محوری برای مواد مختلف در

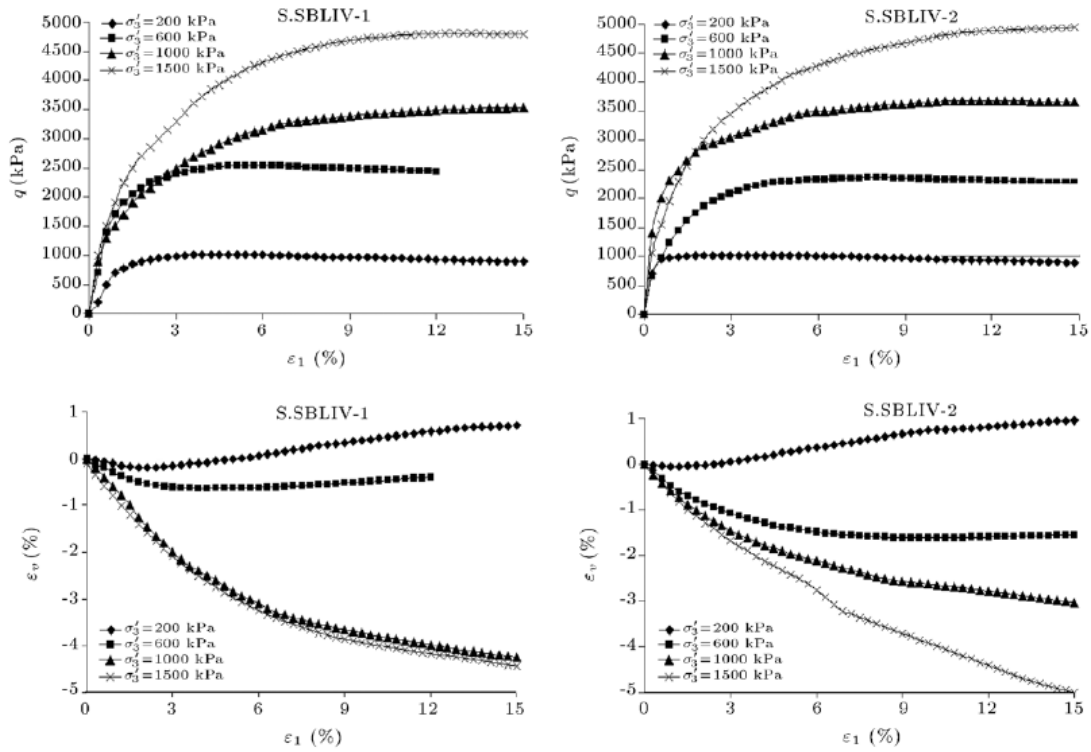
چگالی های خشک مختلف می باشد. عموماً، هرچه مقدار چگالی خشک بالاتر باشد، مقدار فشار منحرف کننده بیشتر است. بنا به انتظار، کشش محوری در گسل با افزایش در فشار محدودکننده افزایش می یابد. اتساع در کشش حجم سنجی به طور قابل ملاحظه ای با هر گونه افزایش در فشار محدودکننده کاهش می یابد. طبق نتایج بدست آمده، هیچ تفاوت قابل ملاحظه ای بین مواد مطالعه شده از لحاظ زوایای اصطکاک درونی در دو چگالی خشک وجود ندارد.

تصویر Fig. 9(a) نشان دهنده فشار منحرف کننده و کشش محوری در مقابل زمان نمونه خشک تحت فشار محدودکننده 200 kN/m^3 و میزان کشش 300 mm/min می باشد. همانگونه که در تصویر Fig. 9(a) مشخص است، در مرحله اولیه بارگیری، هنگامی که فشار منحرف کننده ماکزیمم می باشد (حدود 7 ثانیه)، فشار محوری منطبقه ماکزیمم نیست (فاصله زمانی موجود است). از اینرو، به نظر می رسد که در مواد خاکریز سنگی در سرعت بالای بارگیری، رفتار بسته به میزان می تواند مشاهده شود. تصویر Fig. 9(b) نشان دهنده فشار منحرف کننده در مقابل کشش محوری است. در مقایسه با شرایط اشباع، فرد می تواند بگوید که فشار منحرف کننده ماکزیمم نمونه خشک 1.5 برابر بالاتر از نوع اشباع است. یک بخشی از اختلاف را می توان به سرعت بالای بارگیری نمونه خشک نسبت داد.

6- برنامه های تست چرخه ای

6.1 روش تست

24 تست سه محوری چرخه ای در این تحقیق طبق ASTM D3999 انجام گردید. نمونه ها ابتدا در معرض فشارهای لازم استحکام از لحاظ میزان فشار در سدهای خاکریز سنگی مرتفع معمولی CFRD قرار گرفت. بعد نمونه ها تحت شرایط ایزوتروپیک اولیه ($k_c = \sigma'_1/\sigma'_3 = 1$) و شرایط غیرایزوتروپیک قرار گرفتند ($k_c = 2$). طی تست ها، مقدار ضریب همبستگی غیرایزوتروپیک با بکارگیری بارهای دلخواه از خانه بارگیری تجهیزات سه محوره تثبیت شد. تست های مرحله ای برای صرفه جویی در هزینه و زمان اجرا گردید. چهل چرخه بارگیری سینوسی، با فرکانسهای بارگیری دلخواه در یک میزان کشش خیلی کوچک بکار بسته شد.



تصویر 8- فشار منحرف کننده-کشش حجم سنجی در مقابل منحنی های کشش محوری

جدول 6-اطلاعات خلاصه بندی شده و نتایج تست های سه محوری یکنواخت در مقیاس بزرگ

Table 6: Summarized information and results of large scale monotonic triaxial tests.

Rockfill type	γ_d (kN/m ³)	Dr (%)	σ'_3 (kPa)	Volume change at end of isotropic consolidation (L)	q_{max}/σ'_3	$\varepsilon_v(q_{max})$ (%)	ϕ' (Peak)	B_g (%) for particle size ranges from			
								0.075-50 mm	0.075-4.75 mm	4.75-50 mm	
S.SBLIV-1	21.0	96	200	0.397	5.05	0.078	46	5.4	2	3.6	
			600	0.623	4.23	0.64	42.9	7.1	6.3	3.3	2.9
			1000	0.873	3.54	4.4	39.45	8.4	7.1	2.7	4.4
			1500	0.904	3.2	4.4	37.9	9.1	8.4	3.4	5
S.SBLIV-2	21.5	98	200	0.396	5.1	-0.027	46.2	6	1.5	4.5	5.9
			600	0.519	3.93	1.55	41.6	8.6	6.3	4.5	5.9
			1000	0.593	3.66	2.68	40.2	10.6	8.6	4.7	5.2
			1500	0.658	3.29	4.84	38.25	10.1	10.6	4.1	6.5

جدول 7-مشخصات برنامه تست کردن طبق ASTM D3999 تحت شکل موجی سینوسی

Table 7: Characteristics of testing program according to ASTM D3999 under sinusoidal waveform.

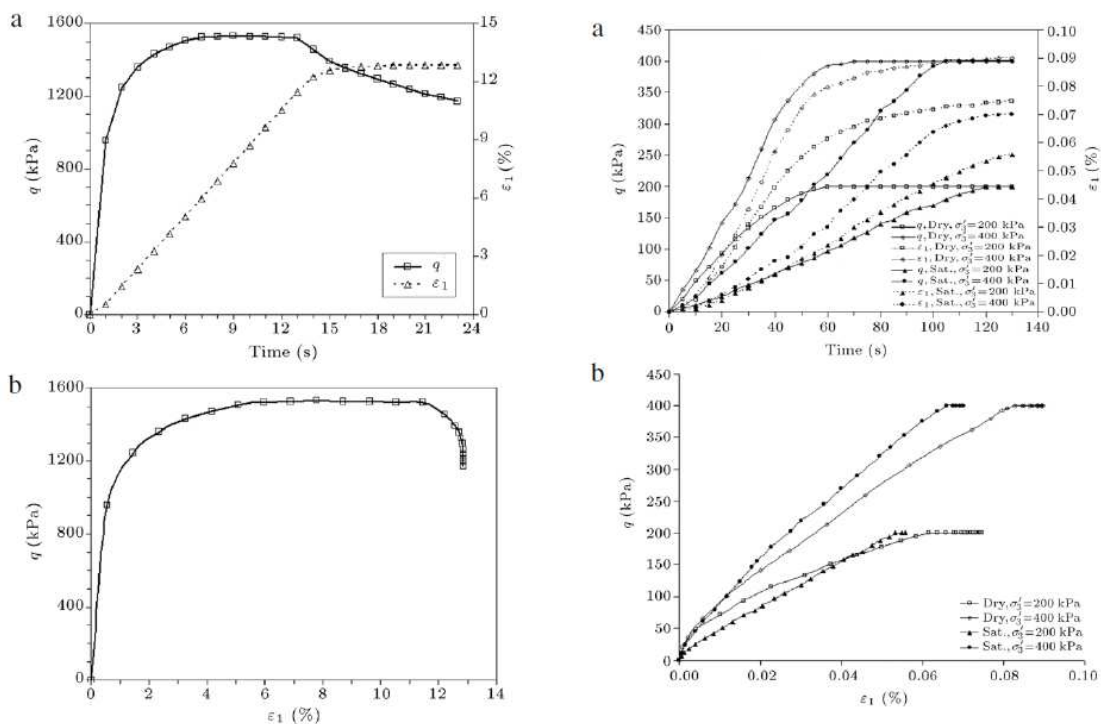
Material symbol/specimen condition	σ'_3 (kPa)	$k_c = \sigma'_1/\sigma'_3$	Number of cycles	Frequency of loading (Hz)	Total no.
S.SBLIV/saturated	100, 200, 400, 600, 1000, 1500	1	40	1,5	12
S.SBLIV/saturated	200, 400	2	40	1,5	4
S.SBLIV/dry	200, 400	1	40	1,5	4
S.SBLIV/dry	200, 400	2	40	1,5	4

این تعداد چرخه ها منطبق با یک بارگیری القایی با یک زمین لرزه با بزرگی 7.5 در مقیاس ریشتر می باشد. نتایج تست برای چرخه های 1 تا 40 ثبت گردیده است. فشار منفذ اضافی که طی این بارگیری چرخه ای بوجود

می آید با باز شدن شیر تخلیه پراکنده گردید. از اینرو فشارهای موثر اصلی می تواند در نمونه های اشباع مجددا کسب شود. این عملیات آنگاه در سطوح کشش بالاتر (حدود دوبرابر دامنه اولیه) تکرار گردید.

تا زمانی که سطح کشش ماکزیمم حاصل آید، بارهای محوری، جابجایی های عمودی، تغییرات حجمی و فشارهای منفذ در فواصل دوره ای به ترتیب 0.020 s و 0.004 s برای شکل موجی سینوسی بکار رفته با فرکانس ها 1 و 5 هرتز اندازه گیری گردید. با اینحساب فرکانس نمونه گیری 50 نقطه داده در چرخه بود (طبق ASTM D3999 حداقل میزان نمونه گیری باید 40 نقطه داده در هر چرخه باشد). تست های چرخه ای تحت

فشار-کنترل انجام گرفت.



تصویر 9- نتایج تست نمونه S.SBLIV خشک در فشار محدودکننده 200 kPa و میزان کشش 300

mm/min (a) فشار منحرف کننده-کشش محوری در مقابل زمان (b) فشار منحرف کننده-کشش محوری.

تصویر 10- نتایج تست نمونه S.SBLIV خشک در فشار محدودکننده 200 و 400 kPa (a) فشار منحرف

کننده-کشش محوری در مقابل زمان (b) فشار منحرف کننده-کشش محوری.

6.2 تست های سه محوری یکنواخت برای ایجاد شرایط غیرایزوتروپیک

مرحله اولیه کاربرد فشار برشی استاتیک تصور می شود حین اینکه یک حالت پیش زمین لرزه استاتیک پایداری را از فشار نمایش می دهد که در یک عنصر خاکی زیر سطوح شیب دار وجود دارد. براساس تست های یکنواخت فوق و نتایج داده های ایزاری در سد خاکریز سنگی که در آن نسبت فشار افقی (Ph/Pv) بین 0.1 و 1.0 با متوسط 0.55 می باشد، $kc = 2$ در این مطالعه تنها برای فشارهای محدود کننده پایین انتخاب گردید.

نمونه های خشک و اشباع با چگالی خشک 21.5 kN/m^3 در فشار محدودکننده 200 و 400 kPa تا زمانی که شرایط غیرایزوتروپیک حاصل آید ($kc = 2$) بارگیری گردید. نتایج تست شامل فشار منحرف شود-کشش محوری در مقابل زمان و فشار منحرف شونده در مقابل کشش محوری در تصویر 10 نمایش داده شده است. زمان لازم برای کسب ماکزیمم بار محوری نمونه اشباع تقریبا 2 برابر نمونه خشک است. مودول اولیه نمونه خشک بالاتر از نمونه های اشباع است (تصویر 10). نتیجه نشان می دهد که مودول متقاطع حین اینکه فشار محدودکننده افزایش می یابد، افزایش می یابد.

6.3 نتایج تست چرخه ای

نتایج تست شامل مودول یانگ و نسبت ضربه گیری در مقابل کشش های محوری، براساس حلقه پسماند فشار-کشش برای چرخه های 1 تا 40 ام طبق ASTM D3999 محاسبه شده است.

6.3.1 مودول یانگ

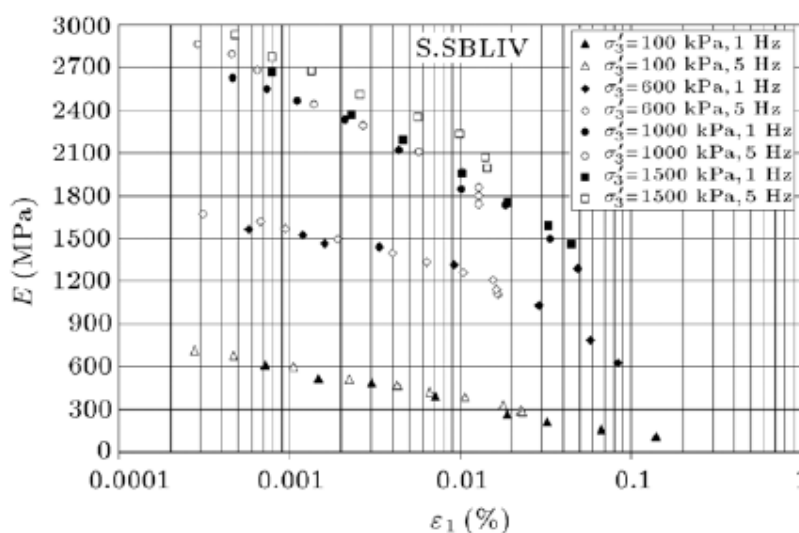
نقاط داده های E در مقابل γ در چرخه 10 ام تحت فشار محدودکننده 100 و 600 و 1000 و 1500 kPa در تصویر 11 نشان داده شده است.

در این مطالعه، برای اهداف مقایسه، در نظر گرفته شد که مناسب ترین مقدار E در چرخه 10 ام بوده چون یک نمایش متوسط برای زمین لرزه در این ناحیه سد در نظر گرفته می شود. می توان دید که E قویا بستگی به کشش محوری دارد. در دامنه های کشش پایین، مودول تقریبا ثابت بوده و در بالاترین مقدارش E_{max} بوده است ولی حین اینکه دامنه کشش افزایش می یابد، کاهش می یابد. همانگونه که انتظار می رود، حین اینکه فشار محدودکننده افزایش می یابد، مقادیر E در مقابل ϵ_1 افزایش می یابد. اما برای مواد خاکریز مطالعه شده، حین اینکه فشار محدود کننده افزایش می یابد، اثر آن روی مقادیر E کاهش می یابد. میزان افزایش در E در

فشار محدودکننده پایین بالاتراز مقدار منطبقه در یک فشارمحدودکننده بالاتر است. مشاهده شده که در کل مقادیر E افزایش می یابد حین اینکه فرکانس بارگیری افزایش می یابدویژه در کشش محوری کمتر از 0.01% (تصویر 11). اما برای این مواد، حین اینکه کشش محوری افزایش می یابد، اثر فرکانس بارگیری روی مقادیر E کاهش می یابد. میزان افزایش در E در کشش های پایینی بالاتر از مقدار منطبقه در کشش بالاتر است. عموماً، دراین مواد خاکریز سنگی مجزا، افزایش در فرکانس باعث بزرگی شتاب در جهت عمودی در بخش بالایی نمونه بزرگ سه محوری می شود. شتاب بالاتر روی ذرات خاک کاهش دهنده مودول به دلیل اثر اینرسی است. اثر مطلق اینرسی کاهش مودول به طور قابل ملاحظه ای می باشد در حالیکه کاهش در مودول می تواند با اثر فرکانس جبران شد. اثر خالص افزایش جزئی مودول است.

6.2.3 نسبت ضربه گیری

تصویر 12 برای نمونه نشاندهنده حلقه پسماند فشار-کشش در تقریباً همان دامنه فشار و کشش منحرف شونده برای ماده S.SBLIV در فشار محدودکننده کارآمد 400 kPa در چرخه دهم تحت فرکانس بارگیری 1 و 5 هرتز می باشد.



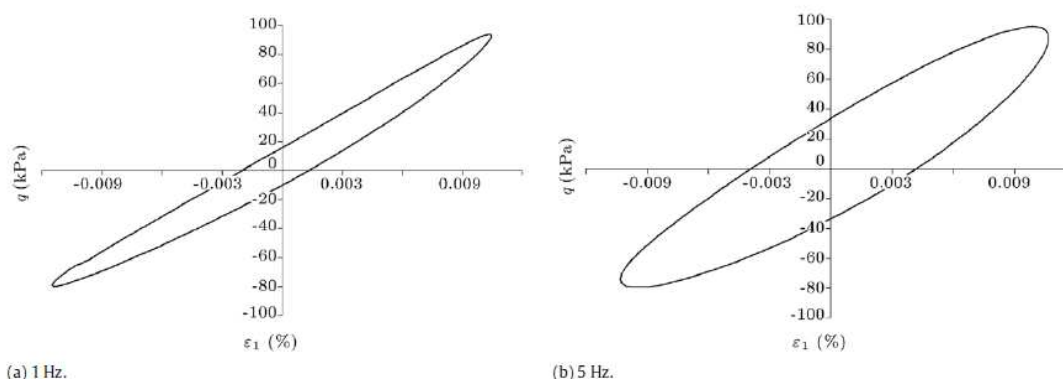
تصویر 11-تنوعات مودول یانگ در مقابل کشش محوری نمونه ایزوتروپیک در فشارهای محدود کننده 100 و 600 و 1000 و 1500 kPa تحت فرکانس بارگیری 1 و 5 هرتز.

. برخی تفاوتها در حلقه پسماند وجود دارد. حلقه پسماند بدست آمده نشان دهنده اهمیت فرکانس بارگیری روی نتایج ضربه گیری است.

تصویر 13 نقاط داده های D را در مقابل ϵ_1 در چرخه 10 هم برای مواد تست شده در فشارهای محدود کننده 100 و 600 و 1000 و 1500 kPa زیر فرکانس های بارگیری 1 و 5 هرتز با مال Seed و همکارانش و نیز Rollins و همکارانش ارائه می کند. نسبت ضربه گیری حین اینکه فشار محدودکننده افزایش می یابد، کاهش می یابد.

لازم به ذکر است که با افزایش فرکانس بارگیری، نسبت ضربه گیری افزایش می یابد، نه تنها در کشش پایین بلکه نیز در سطوح کشش متوسط و بالاتر. برای تست ها در فرکانس بارگیری 1 هرتز، در کشش بالا، داده ها کاملاً درون منحنی اصلی مطرح شده قبلی واقع می شود در صورتیکه در کشش پایین (کشش محوری کمتر از 0.005%)، بخش قابل ملاحظه داده ها بالای مرز بالایی مطرح شده توسط Seed et al می افتد. اما در فرکانس بارگیری بالاتر (5 هرتز) نسبت های ضربه گیری کاملاً بالای روند مرز بالایی مشاهده شده توسط Seed et al می افتد.

مقادیر بالای ضربه گیری در فرکانس بارگیری 5 هرتز مواد خاکریز سنگی با نسبت تهی پایین می تواند به حساسیت ساختار آنها به فرکانس بارگیری به دلیل تصادم افزایش یافته ذرات خاک نسبت داده شود که منجر به پراکندگی بالای انرژی در نقاط تماسی ذرات و ته نشست بیشتر می شود. کلاً در این ماده خاکریز سنگی مجزا در فرکانس بالا تقریباً کلیه ذرات سعی در حرکت دارند درجایی که نسبت ضربه گیری با اثر اینرسی افزایش می یابد.



تصویر 12- حلقه پسماند فشار-کشش در چرخه دهم ماده S.SBLIV در فشار محدودکننده موثر 400 kPa و

تحت فرکانسهای بارگیری

برای کنترل اظهار فوق، فرکانس رزونانسی نمونه سه محوری باید محاسبه گردد. مورد نمونه خاکریز سنگ جرم توزیعی در تجهیزات سه محوری زیر بارگذاری چرخه ای را می توان با یک فنر و یک میرا کننده مکانیکی در معرض یک نیروی متغیر سینوسی $(F_0 \sin(2\pi ft))$ تخمین زد که در آن f فرکانس بارگیری، و F_0 ماکزیمم دامنه بارگیری است. معادله افتراقی حرکت برای این سیستم می تواند با فرمول ذیل معین شود:

$$(m_{eff})\ddot{z} + (k_{soil})\dot{z} + (c_{soil})z = F_0 \sin(2\pi ft), \quad (5)$$

که در آن m_{eff} معادل جرم قله بوده ($m_{cap} = 14.48 \text{ kg}$) و جرم موثر نمونه (در کشش کمتر از 0.1% ، ممکن است فرض شود که سرعت ذره خاکی به طور خطی با طول نمونه فرق می کند و نمونه خاکریز سنگی مشابه با مورد فنر است)، k_{soil} سفتی خاک است، که با فرکانس بارگیری و کشش تغییر می کند، و c_{soil} ضربه گیری ویسکوز خاک می باشد. برای حرکت حالت ایستا، f_{ms} ، فرکانس در دامنه ماکزیمم (فراوانی رزونانسی) نمونه خاک عبارت است از:

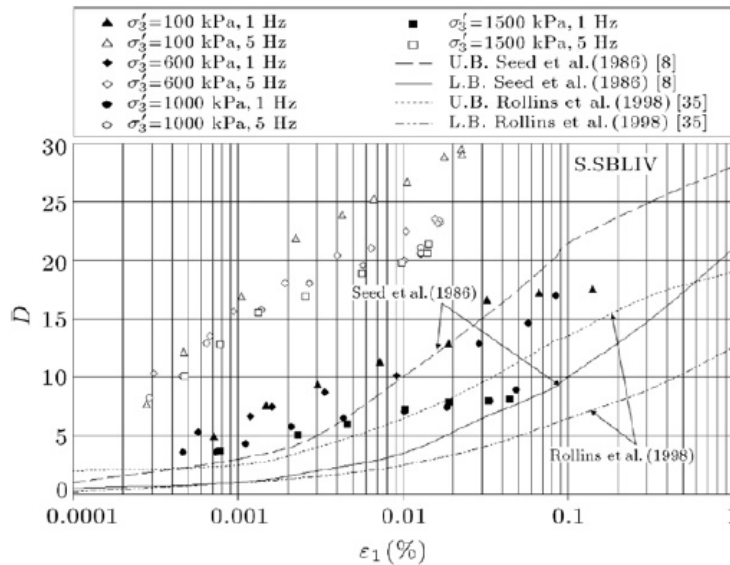
$$f_{ms} = f_{ns} \sqrt{1 - 2D^2} \\ = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{soil}}{m_{cap} + (1/3) \cdot m_{soil}}} \cdot \sqrt{1 - 2D^2}, \quad (6)$$

که در آن نسبت ضربه گیری برابر $D = \frac{c_{soil}}{c_c(soil)} = \frac{c_{soil}}{2\sqrt{k_{soil} \cdot m_{eff}}}$ میباشد و $c_c(soil)$ ضربه گیری حیاتی است. نگاه کشش بالا و فرکانس های کشش پایین طبیعی نمونه خاکریز سنگی در فشار محدودکننده 100 kPa طیفی بین 3 و 7 هرتز است. مقادیر منطقه در فشار محدودکننده 1500 kPa طیفی بین 10 تا 14 هرتز است. از اینرو، انطباق فرکانس طبیعی نمونه و فرکانس بارگیری چرخه ای در 5 هرتز بویژه در فشار محدودکننده پایین می تواند رخ دهد.

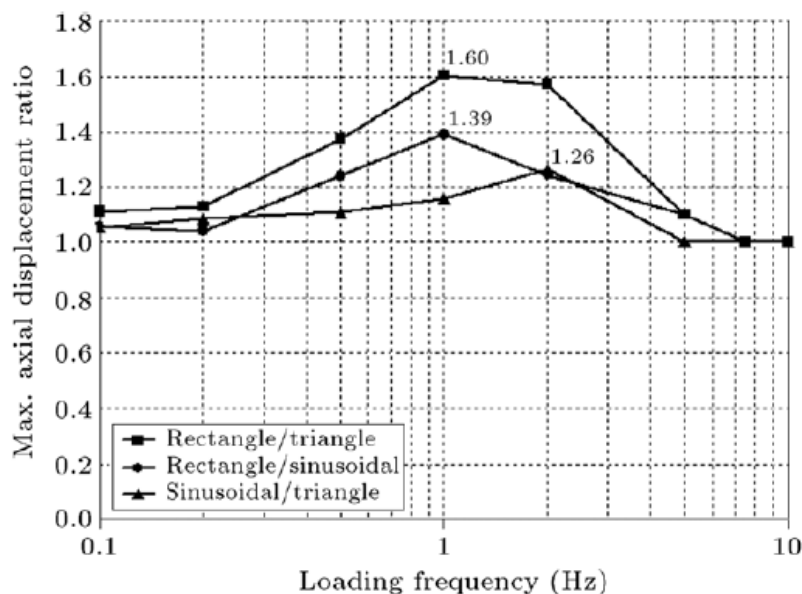
عموما، اثر فرکانس روی نسبت ضربه گیر نسبت به مودول قابل ملاحظه تر است. این امر می تواند به اثرات فرکانس و اینرسی در میان سایر دلایل نسبت داده شود. در مواد خاکریز سنگی مجزا، اثر فرکانس افزایش هم مودول و هم ضربه گر است در حالیکه اثر اینرسی کاهش مودول ولی افزایش ضربه گیری است.

6.3.3 اثرات شکل موجی بارگیری روی ماکزیمم القایی نسبت جابجایی محوری

مشابه مورد فنر، اثرات شکل موجی روی نسبت جابجایی محوری ماکزیمم روی نمونه S.SBLIV مورد تحقیق قرار گرفت. نمونه ها تحت اشکال موجی مثلثی سینوسی و مستطیلی بارگیری شده و فرکانس بارگیری از 0.1-10Hz می باشد. ماکزیمم نسبت جابجایی محوری ماکزیمم در مقابل فرکانس بارگیری برای شکل موجی متفاوت نمونه S.SBLIV ایزوتروپیک اشباع در فشار محدود کننده 1000 kPa در تصویر 14 نشان داده شده است. مقایسه تصاویر 3 و 14 نشان می دهد که دو تفاوت اصلی وجود دارد:



تصویر 13: نسبت ضربه گیر در مقابل روابط ϵ_1 نمونه ایزوتروپیک اشباع در فشارهای محدودکننده مختلف و فرکانس بارگیری.



تصویر 14: ماکزیمم فرکانس بارگذاری -نسبت جابجایی محوری ماکزیمم برای شکل موجی مختلف نمونه

S.SBLIV ایزوتروپیک اشباع در فشار محدود کننده 1000 kPa.

(a) ماکزیمم نسبت جابجایی محوری برای خاکریز سنگی پایین تر است.

(b) با فرکانس بارگذاری هماهنگ نیست و به ماکزیمم فرکانس های بین 1 و 2 هرتز می رسد.

6.3.4 اثر kc برای نمونه های خشک و اشباع

تصاویر 15 و 16 نشان دهنده تغییرات E-ε1 نمونه های خشک و اشباع تحت شرایط ذیل می باشد: فرکانس

بارگذاری برابر 1 و 5 هرتز، فشارهای محدودکننده برابر 200 و 400 kPa، استرس اولیه ایزوتروپیک (kc =

1) و غیرایزوتروپیک (kc = 2).

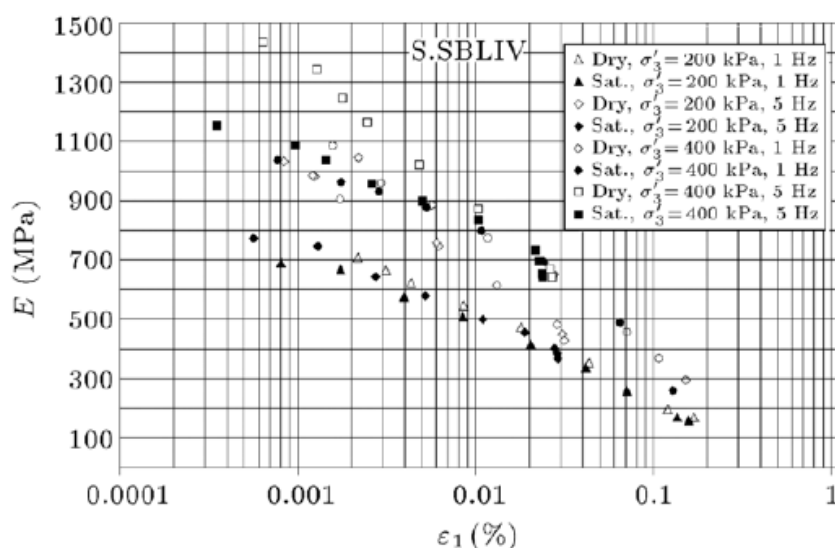
مودول یانگ نمونه خشک بالاتر از انواع اشباع است. نتایج نشان می دهد که مقادیر E در کشش محوری کمتر از

0.005% افزایش می یابد حین اینکه فرکانس بارگیری افزایش می یابد. می توان دید که در شرایط

غیرایزوتروپیک، مقدار بالاتر مودول یانگ بدست می آید (تصاویر 15 و 16). این امر بخاطر مقدار بالاتر اولیه

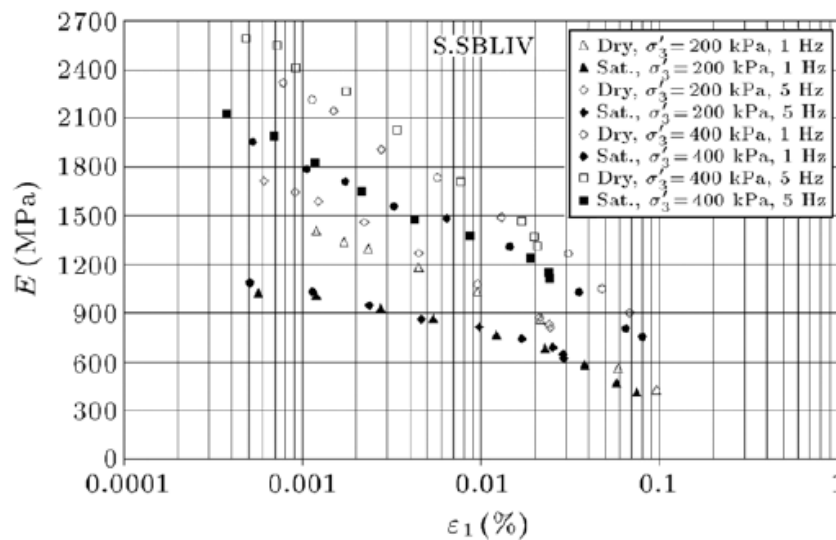
در حالت غیرایزوتروپیک است. عموماً در مقایسه با اشباع فرکانس، اشباع و فشار محدود کننده،

اثر kc روی افزایش E روشن است.



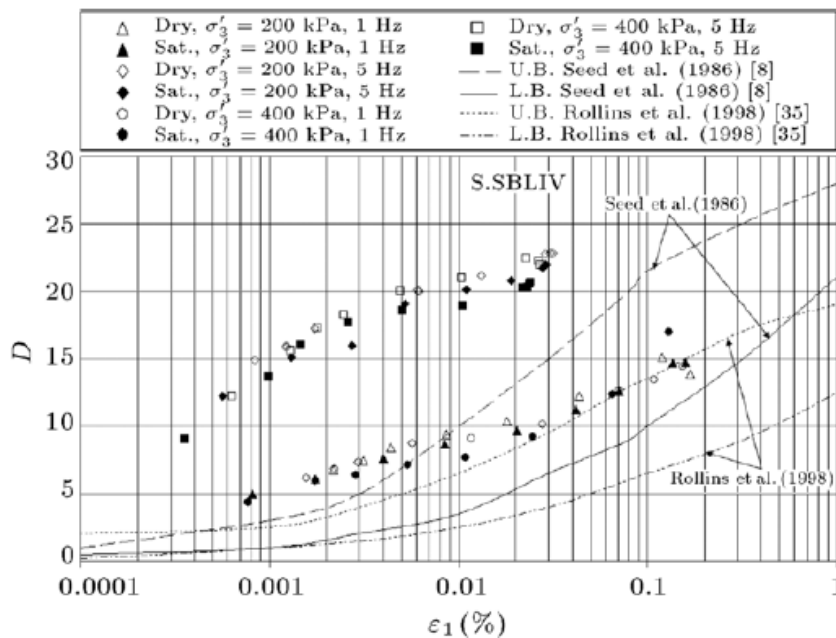
تصویر 15-نتایج E-ε1 برای نمونه های خشک و اشباع ایزوتروپیک در فشارهای محدودکننده 200 و 400

kPa و فرکانس بارگیری 1 و 5 هرتز



تصویر 16- نتایج $E-\epsilon_1$ برای نمونه های خشک و اشباع غیرایزوتروپیک در فشارهای محدودکننده 200 و 400

kPa و فرکانس بارگیری 1 و 5 هرتز



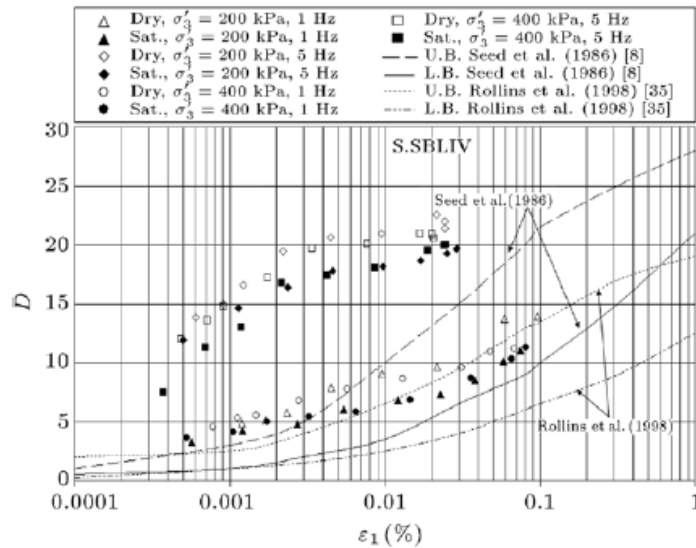
تصویر 17- نتایج $D-\epsilon_1$ برای نمونه های خشک و اشباع ایزوتروپیک در فشارهای محدودکننده 200 و 400

kPa و فرکانس بارگیری 1 و 5 هرتز.

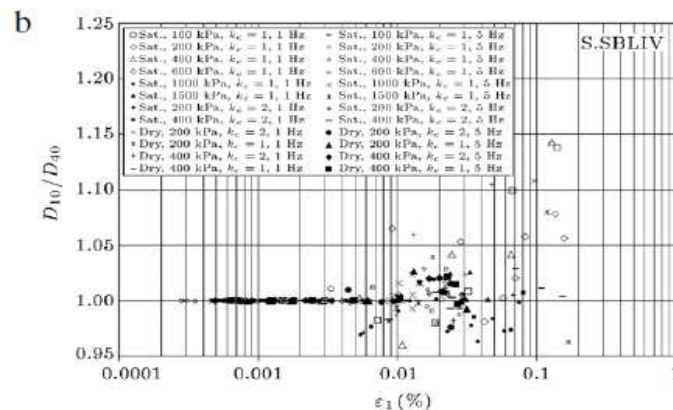
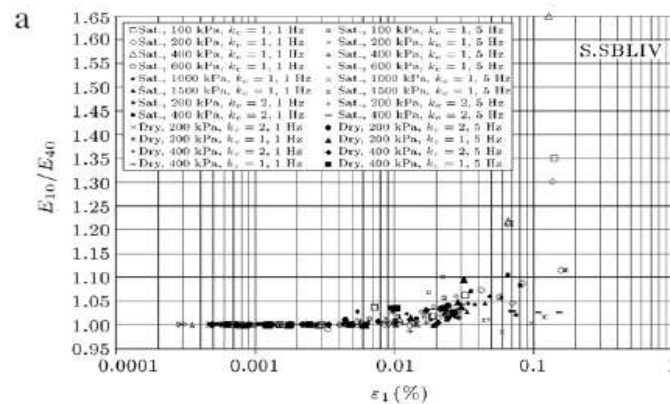
تصاویر 17 و 18 نشان می دهد که نسبت ضربه گیری در نمونه خشک بالاتر از نمونه اشباع است. تصاویر به

وضوح نشان می دهد که D در مقابل ϵ_1 در برخی کشش ها افزایش می یابد حین اینکه فرکانس بارگیری

افزایش می یابد. وانگهی، در کشش خاصی، مقادیر D برای شرایط ایزوتروپیک تا اندازه ای بالاتر از شرایط غیرایزوتروپیک می باشد. عموماً تاثیرات اصلی مال فرکانس بارگیری است.



تصویر 18- نتایج $D-\epsilon_1$ برای نمونه های غیرایزوتروپیک خشک و اشباع در فشارهای محدودکننده 200 و 400 kPa و فرکانس بارگیری در 1 و 5 هرتز.

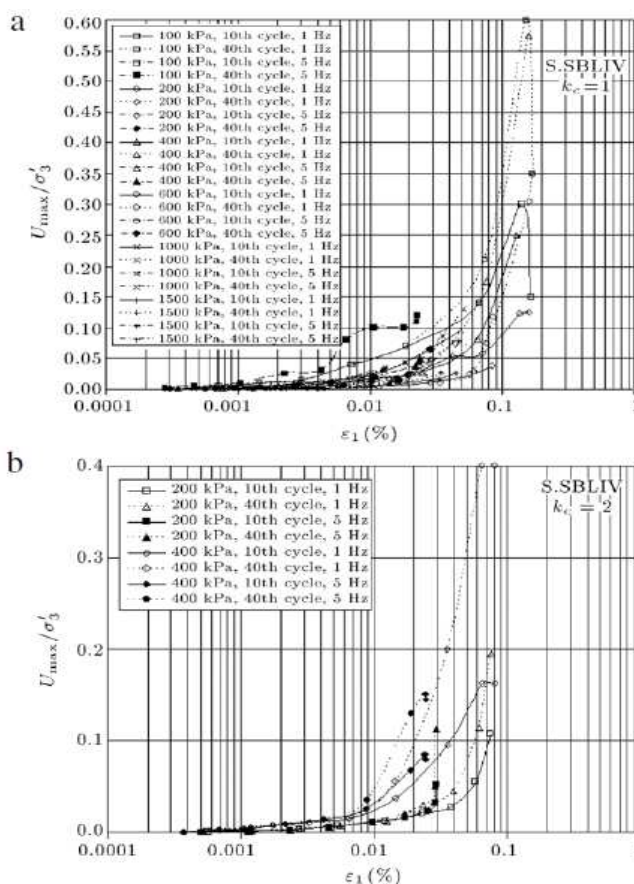


تصویر 19- اثر تعداد چرخه ها روی نتایج (a) E10/E40 و (b) D10/D40 در مقابل کشش های محوری و

نمونه های اشباع ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک

6-3-5- تغییر E و D با تعداد چرخه ها

تصویر 19(a) برای نمونه نتایج نمونه های خشک و اشباع ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک را از جمله اثرات تعداد چرخه ها روی مقدار E (یعنی E10/E40، و E40 یعنی مودول E برای چرخه 40 ام) در مقابل کشش محوری نشان می دهد. در کل، مقادیر E10/E40 در کشش بین 0.005% و 0.1% افزایش می یابد. مقادیر E10/E40 کمتر از 1.2 در کشش کمتر از 0.1% می باشد. مقادیر E10/E40 کمتر از 1.2 در کشش کمتر از 0.05% می باشد. مقادیر E10/E40 به طور قابل ملاحظه ی در کشش محوری بالاتر از 0.05% افزایش می یابد. یک افزایش بزرگتر به نظر می رسد که مسبب می باشد. نسبتهای E10/E40 برای شرایط غیرایزوتروپیک پایین ترین تغییر را در مقایسه با نمونه های تست شده در شرایط ایزوتروپیک دارد.



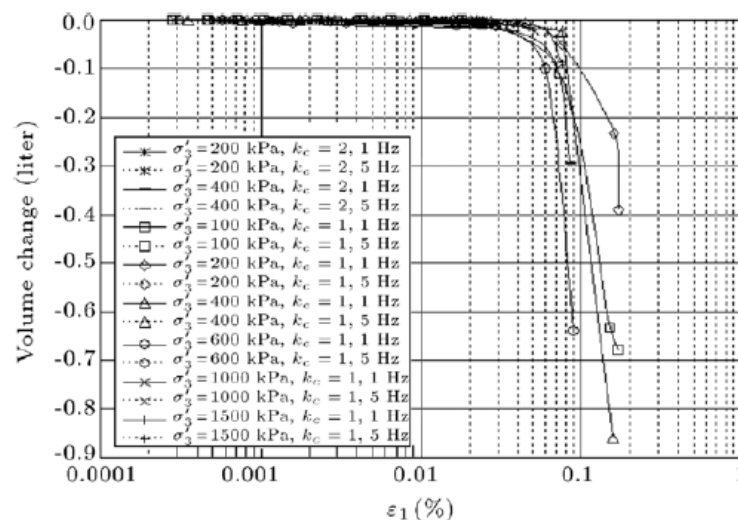
تصویر 20- تغییرات نسبت فشار آب خالص اضافی در چرخه های دهم و چهارم در مقابل کشش محوری نمونه

اشباع (a) ایزوتروپیک و (b) غیرایزوتروپیک

تغییرات D10/D40 (یعنی D ضربه گیر برای چرخه دهم در مقابل کشش محوری نمونه های خشک و اشباع ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک در تصویر Fig19(b) نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که اثرات تعداد چرخه ها روی نسبت ضربه گیری تا اندازه ای پیچیده است و امکان ندارد که هر گونه نتیجه گیری معینی را استخراج کرد. اما تغییرات D10/D40 از 0.95-1.5 برای کشش تا 0.1% می رسد. به نظر می رسد که نتایج D10/D40 به طور معنی داری تحت تاثیر تعداد چرخه ها تا کشش کمتر از 0.005% برای مواد خاکریز سنگی نبود، ولی فراتر از کشش اشاره شده، نتایج قویا تحت تاثیر قرار گرفت. نسبت D10/D40 نمونه غیرایزوتروپیک خشک تحت فرکانس 1 هرتز دارای تغییر بالاتر در مقایسه با نمونه ایزوتروپیک خشک می باشد.

6.3.6 تغییر نسبت فشار آب منفذ اضافی

تصویر 20 نشان دهنده تغییرات نسبت فشار آب منفذ اضافی در چرخه های دهم و چهارم در مقابل کشش محوری تحت فرکانسهای بارگذاری 1 و 5 هرتز می باشد. نسبت فشار آب منفذ اضافی نمونه های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک در فرکانس محدود کننده پایین تحت بارگذاری 5 هرتز تا اندازه ای بالاتر از 1 هرتز می باشد. نتایج نشان می دهد که نسبت های فشار آب منفذ اضافی کمتر به فرکانس بارگذاری بستگی دارد و بیشتر بستگی به سطح کشش اعمال شده دارد.



تصویر 21- نتایج تغییر حجم در مقابل کشش محوری در فرکانس بارگیری و فشارهای محدودکننده مختلف

نمونه های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک اشباع

چون اثر فرکانس در سطوح کششی کمتر از 0.05% مشاهده شده است، و هیچ ساختار معنی دار فشار آب منفذ در این سطح کششی وجود ندارد، از اینرو هر گونه اثر فشار آب منفذ روی اثر فرکانس قابل چشم پوشی است.

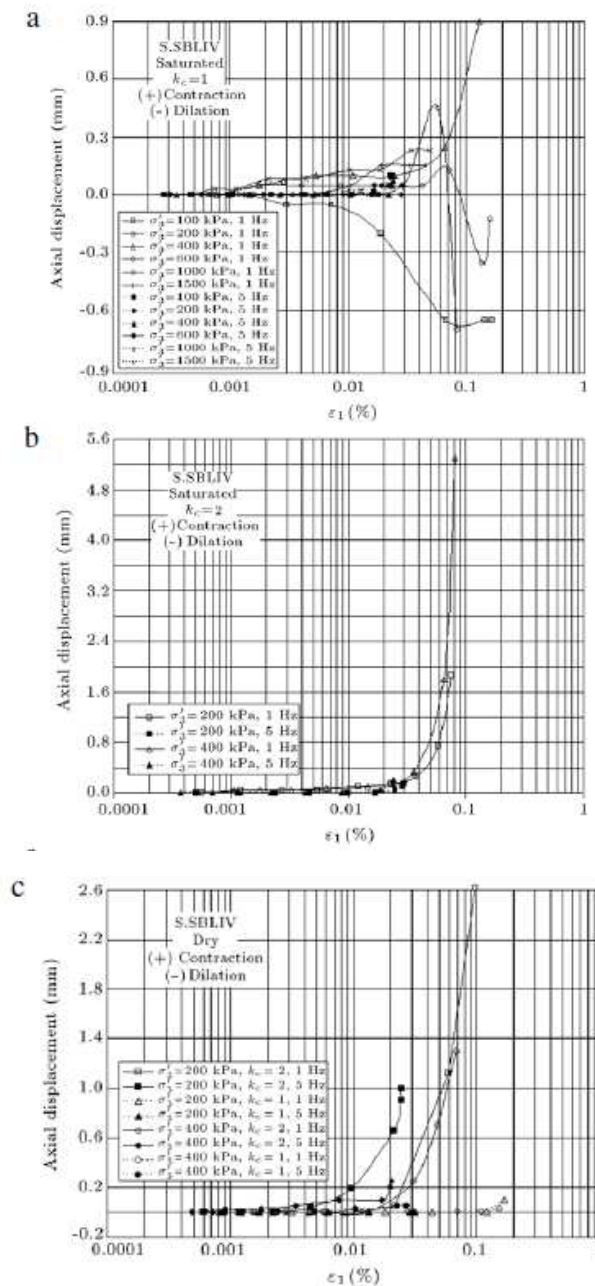
6.3.7 تنوع تغییر حجم و تعویض محوری دائمی

در بارگیری مرحله ای، هنگامی که فشار منفذ با باز شدن شیر تخلیه رها گردید، حجم نمونه کاهش یافته و با این حساب نمونه اندکی فشرده تر می شود. تغییر در حجم بستگی به دامنه های کشش محوری، تعداد چرخه های کشش بکار رفته، فشار محدودکننده، و نوع نمونه دارد. نتایج تست خاکریز سنگی به شدت فشرده نشان می دهد که تغییر حجم ماکزیمم به دلیل تخلیه نمونه در کشش های محوری 0.005% و 0.05% برابر با به ترتیب 0.013 و 0.7L می باشد (تصویر 21). تغییر حجم به درصد در کشش محوری 0.05% کمتر از 1.5% می باشد. وانگهی، تغییر در چگالی به دلیل تخلیه کمتر از 1 درصد برای سوش محوری 0.1% می باشد. تغییر حجم نمونه های غیرایزوتروپیک اشباع تا اندازه ای کمتر از نمونه ایزوتروپیک می باشد.

طبق ASTM D3999 و ASTM D4015، یک ماده خاکی معمولاً شبیه به یک ماده جامد الاستیک عمل می کند که یک پاسخ غیرمخرب به کاربرد بارگیری چرخه ای زیر یک سطح کششی محوری حداستانه کمتر از 0.01% را نشان می دهد و بسیاری اندازه گیری ها را می توان روی همان نمونه و با مراحل گوناگون استرس محیطی صورت داد. از اینرو باور براین است که استفاده مجدد از نمونه ها برای دامنه های کشش بالاتر (یعنی بالای 0.1%) هنوز نتایج خوب قابل قبولی را بدست می دهد اگر تعداد چرخه های کشش بکار رفته محدود باشد.

تصویر 22(a) و (b) بدشکلی محور دائمی در مقابل کشش محوری نمونه های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک اشباع در تست های چرخه ای به ترتیب را نشان می دهد. بدشکلی محوری دائمی در کشش محوری کمتر از 0.01% قابل چشم پوشی است (کمتر از 0.2mm) و ارتفاع نمونه کاهش می یابد. عموماً، نمونه بسیار فشرده تحت بارگیری چرخه ای فرکانس پایین (1 هرتز) در فشار محدودکننده پایین متحمل افزایش در ارتفاع در کشش محوری بالاتر از 0.05% می شود ولی در فشار محدودکننده بالا و فرکانس بارگیری بالا (5 هرتز)، ارتفاع

نمونه مدام کاهش می یابد. ماکزیمم بدشکلی های محوری دائمی در کشش محوری 0.05% کمتر از 0.5mm و 1mm نمونه های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک به ترتیب می باشد. تصویر 22(c) بدشکلی محوری دائمی در مقابل کشش محوری نمونه های غیرایزوتروپیک و ایزوتروپیک خشک را در تست های چرخه ای نشان می دهد. در یک کششی، نمونه خشک غیرایزوتروپیک تحت فشار محدودکننده پایین تجربه بدشکلی های محوری دائمی بالاتری را در مقایسه با شرایط ایزوتروپیک تجربه می کند. لازم به ذکر است که بدشکلی محوری دائمی حین افزایش فرکانس بارگیری افزایش می یابد.



تصویر 22- تغییرات جابجایی محور دائمی در مقابل کشش محوری در فرکانس بارگیری و فشارهای محدود کننده مختلف. (a) ایزوتروپیک اشباع (b) غیرایزوتروپیک اشباع و (c) نمونه های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک خشک

6-3-8- اثر شکست ذره

شکست ذرات طی تست های سه محوری مشاهده گردید. شکست معمولاً به طور کمی با اندیس شکست B_g بیان می گردد. مقدار B_g با غربالگری نمونه با استفاده از یک مجموعه غربالها قبل و بعد از تست صورت می گیرد. درصد ذرات بازیابی شده در هر غربال در هر دو مرحله تعیین می شود. به دلیل شکست ذرات، درصد های بازیابی شده در غربالهای اندازه بزرگ کاهش خواهد یافت و درصد ذرات بازیابی شده در غربالهای اندازه کوچک افزایش خواهد یافت. حاصل جمع کاهش برابر با حاصل جمع افزایشات درصد بازیابی شده می باشد. کاهش (یا افزایش) مقدار فاکتور شکست B_g می باشد.

جدول 8- اندیس شکست مارشال در پایان بارگیری چرخه ای نمونه S.SBLIV

Specimen condition	σ'_3 (kPa)	$k_c = \sigma'_1/\sigma'_3$	For particle size ranges B_g (%) from		
			0.075–50 mm	0.075–4.75 mm	4.75–50 mm
Saturated	100	1	6.8	1.8	6.8
	200	1	6.8	2.2	6.1
	400	1	6.2	1.9	5.7
	600	1	6.5	3	6.5
	1000	1	6.3	2.7	5.1
	1500	1	6.1	1.9	4.9
Dry	200	1	6.8	2.6	4.5

مقادیر B_g بعد از تست های ساختمانی و یکنواخت با اندازه های ذره یکنواخت در جدول 6 ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که B_g حین اینکه فشار محدود کننده افزایش می یابد، افزایش می یابد ($B_g = 10.1\%$ at $\sigma'_3 = 1500$ kPa). مقدار قابل ملاحظه B_g مرتبط به شکست ذره در مرحله ساخت نمونه می باشد. متوسط مقدار B_g برابر 8.3% می باشد.

مطالعات نشان می دهد که ذرات مستعدتر به مواد شکست نسبت ضربه گیری بالاتری دارند. مقادیر B_g در پایان تست های چرخه ای در جدول 8 ارائه شده است. در مقایسه با تست های یکنواخت ($B_g = 8.3\%$)، متوسط

مقدار Bg در بارگیری چرخه ای (6.5%) کاهش می یابد. به نظر می رسد که Bg ارزش قابل ملاحظه ای در تست چرخه ای ندارد و قویا بستگی به سطح کشش بکار بسته شده دارد. عموماً حین اینکه فشار محدودکننده افزایش می یابد، Bg برای بخشهای ریگ و شن مواد خاکریز سنگی تا اندازه ای در تست های چرخه ای کاهش می یابد. ممکن است به دلیل کاربرد کشش کمتر روی نمونه ها و کاهش تمرکز کشش در تماسهای ذره باشد. هیچ تفاوت قابل ملاحظه ای بین اندیس نقطه بار در ذره خشک و اشباع وجود ندارد. از اینرو، همان مقادیر Bg در نمونه های خشک و اشباع را می توان انتظار داشت (جدول 8).

7- خلاصه و نتیجه گیری

تست های یکنواخت و چرخه ای روی نمونه های سه محوری یک لاستیک ضربه گیر و خاکریزی سنگی مدل گرفته شده صورت گرفت. براساس متون علمی و نتایج تست آزمایشگاهی قبلی، ارزیابی میزان بارگذاری و غیرایزوتروپیکی روی رفتارهای لاستیک ضربه گیر و خاکریزی سنگی بوسیله تست سه محوره مناسب است. تست های کالیبراسیون روی فنر الاستیک برای تضمین صحت اندازه گیری ها انجام پذیرفت. براساس مطالعات مشروح در متن می توان نتیجه گیری کرد که:

- پاسخ به فرکانس بارگذاری در فنر فلزی الاستیک کاملاً متفاوت از مال لاستیک ضربه گیر و مواد خاکریز سنگی است. فنر هیچ خواص ویسکوزی الاستیک نشان نداده است (فقط الاستیک)، ولی لاستیک ضربه گیر هم اثرات غیرخطی (وابسته به کشش) و هم ویسکوزی نشان می دهد.

- کلاً، افزایش میزان کشش باعث افزایش کشش و کاهش در مودول یانگ در مواد خاکریز سنگی می شود ولی در لاستیک ضربه گیر افزایش سطح کشش باعث کاهش در نسبت ضربه گیری و مودول یانگ می گردد.

- افزایش در فرکانس بارگیری باعث افزایش در مودول یانگ در کشش پایین در مواد خاکریز سنگی می شود. ولی میزان افزایش در E به دلیل افزایش فرکانس بارگیری باعث کاهش در کشش محوری بالاتر از 0.005% می گردد. به نظر می رسد که E تا اندازه ای تحت تاثیر فرکانس بارگیری است.

- در فرکانس بارگیری بالاتر (5 هرتز)، از دست دادن انرژی می تواند بالا باشد، چرا که نیروی کشش میان ذرات و جابجایی می تواند ماکزیمم باشد و باعث ضربه گیری بالا گردد. کاهش تعداد سطوح تماسی و افزایش تصادم

میان ذرات طی نشت های بالاتر امکانپذیر میباشد. این امر می تواند باعث ضربه گیری بالاتر در فرکانس بالاتر و فشار محدودکننده پایین باشد.

-نمونه غیرایزوتروپیک به طور قابل ملاحظه ای مودول یانگ بالاتر و نسبت ضربه گیری تا اندازه ای پایین تر در مقایسه با نمونه های ایزوتروپیک دارد.

E- اساساً بستگی به استرس عمودی اولیه بیش از فشار محدودکننده، شرایط اشباع، و بعد فرکانس بارگیری دارد. در میان استرس عمودی اولیه، فشار محدودکننده، شرایط اشباع، و فرکانس بارگیری، تاثیر اصلی روی D مال فرکانس بارگیری است.

-تعداد بارگیری های چرخه ای اثراتی بر نتایج E و D بویژه در کشش محوری بالاتر از 0.005% دارد. تعداد چرخه ها، E را تا ماکزیمم 20 درصد برای سطح کشش حدود 0.05% افزایش می دهد.

-میزان افزایش نسبت فشار آب منفذ اضافی حین اینکه فشار محدودکننده افزایش می یابد، کاهش می یابد. فشار منفذ اضافی در شرایط غیرایزوتروپیک کمتر از شرایط ایزوتروپی است. مقادیر فشار آب منفذ اضافی تولید شده در بارگذاری چرخه ای کمتر به فرکانس بارگیری بستگی دارد و بیشتر به سطح کشش تحمیلی وابسته است.

-در برخی کشش ها، در نمونه غیرایزوتروپیک خشک، جابجایی محوری دائمی حین اینکه فرکانس بارگیری افزایش می یابد، افزایش می یابد.

-در مقایسه با فنر، نسبت ماکزیمم جابجایی محوری برای خاکریز سنگی پایین تر بوده و با فرکانس بارگیری هماهنگ نیست که به ماکزیمم برای فرکانسهای بین 1 و 2 هرتز می رسد.

-هنگامی که تعداد چرخه های بکار بسته شده محدود است، اندیس شکست مارشال یا Bg اغلب بستگی به کاربرد سطح کشش دارد.

-سرانجام اینکه، انتخاب منحنی های مناسب E و D اندازه گیری شده در فرکانس و تعداد چرخه مشابه با مال بارگیری چرخه ای پیش بینی شده روی نمونه های نماینده از اهمیت برجسته ای برخوردار می باشد. وانگهی، توصیه می شود که طیف فرکانس بارگیری در ASTM D 3999 تا 5 هرتز به شکل حد بالایی برای زمین لرزه نزدیک گسل اصلاح گردد



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی