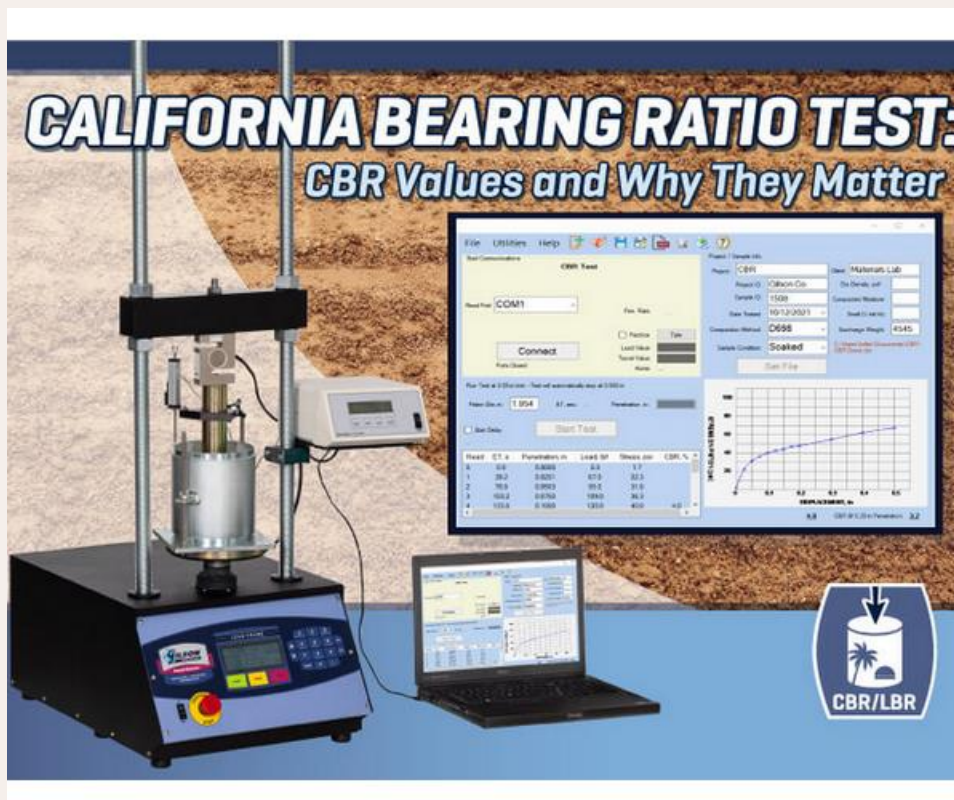


آزمایش CBR چیست؟ انواع آزمایش CBR + جدول CBR

آزمایش CBR چیست و جدول CBR چگونه در ارزیابی ظرفیت باربری خاک نقش تعیین‌کننده‌ای دارند، برای پاسخ به این پرسش‌ها، در این مطلب ابتدا مفهوم آزمایش CBR و مبنای محاسبه نسبت باربری کالیفرنیا تشریح شده و سپس انواع آن شامل آزمایش CBR در محل و آزمایش CBR در آزمایشگاه معرفی و تفاوت‌های اجرایی و فنی هر یک بررسی شده است. در ادامه، جدول CBR به‌عنوان مرجع مقادیر استاندارد نفوذ پیستون توضیح داده می‌شود و نحوه استفاده از آن در تفسیر نتایج آزمایش بیان می‌گردد. در نهایت نیز روش به‌دست آوردن عدد CBR خاک و کاربرد آن در تحلیل و طراحی بستر پروژه‌های عمرانی به‌صورت شفاف و کاربردی ارائه شده است.



آزمایش cbr چیست؟

آزمایش CBR چیست؟ این پرسش، نقطه آغاز درک رفتار مکانیکی خاک در برابر بارگذاری است؛ آزمایشی که به‌عنوان یکی از بنیادی‌ترین آزمون‌های ژئوتکنیکی، مقاومت نسبی خاک بستر را در برابر نفوذ یک پیستون استاندارد اندازه‌گیری می‌کند و نتیجه آن به‌صورت عددی به نام نسبت باربری کالیفرنیا (California Bearing Ratio) بیان می‌شود. طبق تعریف، **CBR نسبت نیروی لازم برای فروبردن یک پیستون با سرعت و عمق معین در خاک مورد نظر، به نیروی لازم برای فروبردن همان پیستون در یک مصالح استاندارد است؛** مصالحی که برای ایجاد نفوذ ۲/۵ میلی‌متر در آن، به‌طور مشخص به ۱۳۶۶ کیلوگرم نیرو نیاز دارد. حال پرسش اصلی این است که: در خاکی که در پروژه متراکم شده است، برای رسیدن به همین نفوذ ۲/۵ میلی‌متری، چه میزان نیرو لازم است؟ اگر این مقدار، برای مثال، ۶۰ کیلوگرم باشد، عدد CBR با تقسیم ۶۰ بر ۱۳۶۶ و ضرب در ۱۰۰ به دست می‌آید که حاصل آن ۴/۴ خواهد بود؛ سپس به کمک جدول CBR میتوان ظرفیت باربری خاک محل پروژه را تعیین کرد.

انواع آزمایش CBR کدامند؟

آزمایش CBR به‌طور کلی به دو دسته اصلی آزمایش CBR در محل و آزمایش CBR در آزمایشگاه تقسیم می‌شود که تفاوت آن‌ها عمدتاً به محل انجام، شرایط کنترل‌شده نمونه، دقت نتایج و کاربرد در مراحل مختلف پروژه بازمی‌گردد. در ادامه، هر یک از این انواع به‌صورت جداگانه بررسی می‌شوند تا تفاوت‌های فنی آن‌ها به‌روشنی مشخص شود.

آزمایش CBR در محل (Field CBR Test)

آزمایش CBR در محل مستقیماً روی خاک بستر طبیعی پروژه و بدون دست‌خوردگی نمونه انجام می‌شود و هدف آن، ارزیابی مقاومت واقعی خاک در شرایط موجود کارگاه است. در این روش، پیستون استاندارد با سرعت مشخص در خاک نفوذ داده می‌شود و بارهای مختلف به نمونه اعمال می‌گردد تا نفوذ متناظر اندازه‌گیری شود. مزیت اصلی آزمایش CBR در محل، تطابق بالای نتایج با شرایط واقعی خاک، رطوبت و تراکم طبیعی بستر است؛ به همین دلیل این روش بیشتر در پروژه‌های اجرایی راه‌سازی و زمانی که تصمیم‌گیری سریع مورد نیاز است، کاربرد دارد. البته دقت این آزمایش نسبت به نوع آزمایشگاهی کمتر بوده و کنترل شرایط نمونه‌گیری و تکرارپذیری نتایج محدودتر است.

آزمایش CBR در آزمایشگاه (Laboratory CBR Test)

در آزمایش CBR آزمایشگاهی، نمونه خاک پس از برداشت از محل پروژه، تحت شرایط کاملاً کنترل‌شده از نظر رطوبت، تراکم و انرژی کوبش مورد آزمایش قرار می‌گیرد. این روش امکان بررسی رفتار خاک در حالت‌های مختلف (مانند رطوبت بهینه یا اشباع) را فراهم می‌کند و به همین دلیل دقت نتایج آن بالاتر از آزمایش CBR در محل است. آزمایش CBR آزمایشگاهی معمولاً در پروژه‌های با حساسیت بالا، طراحی‌های دقیق روسازی و مطالعات ژئوتکنیکی تفصیلی استفاده می‌شود.

جدول cbr

جدول CBR نشان می‌دهد که برای ایجاد نفوذهای مشخص پیستون استاندارد در مصالح استاندارد، چه مقدار نیرو لازم است. این مصالح استاندارد معمولاً از نوع سنگ شکسته هستند که به‌عنوان مبنای مقایسه در آزمایش CBR استفاده می‌شوند و بارهای مشخص و از پیش تعیین‌شده‌ای برای نفوذ پیستونی با شکل استاندارد در آن‌ها تعریف شده است. مقادیر ارائه‌شده در جدول CBR، معیار اصلی محاسبه نسبت باربری کالیفرنیا است.

میزان نفوذ	بار	فشار
۲.۵ میلی‌متر	۱۳۶۶ کیلوگرم	۶.۹ مگا پاسکال
۵ میلی‌متر	۲۰۳۹ کیلوگرم	۱۰.۳ مگا پاسکال
۷.۵ میلی‌متر	۲۵۷۲ کیلوگرم	۱۳ مگا پاسکال
۱۰ میلی‌متر	۳۱۶۲ کیلوگرم	۱۶ مگا پاسکال
۱۲.۷ میلی‌متر	۳۵۶۲ کیلوگرم	۱۸ مگا پاسکال

بدست آوردن عدد cbr

پس از انجام آزمایش لازم است تا به کمک جدول cbr، عدد cbr خاک را بدست آوریم. فرمول cbr مطابق زیر است:

$$CBR = \frac{\text{بار استفاده شده در آزمایش}}{\text{بار استاندارد}} * 100$$

Typical CBR Values Table

USCS Soil Class	Soil Type	Laboratory CBR Range	Field CBR Range
GW	Well graded sandy gravel	20 – 60	60 – 80
SW	Well graded sand	15 – 40	20 – 40
SC	Sandy clay	4 – 7	10 – 20
CL	Clay	1 – 3	5 – 15

Note: The CBR value of the standard sample is assumed to be 100

جدول CBR فوق نشان‌دهنده محدوده مقادیر معمول آزمایش CBR برای انواع خاک بر اساس طبقه‌بندی USCS است. این جدول نسبت ظرفیت باربری خاک‌های مختلف را در شرایط آزمایشگاهی و میدانی مقایسه می‌کند؛ به‌طور معمول خاک‌های دانه‌درشت مانند شن و ماسه متراکم، عدد CBR بالاتری دارند، در حالی که خاک‌های رسی و چسبنده مقدار پایین‌تری نشان می‌دهند. ذکر عدد استاندارد CBR برابر با ۱۰۰، مبنای ارزیابی مقاومت نفوذ در مصالح الگو است که سایر مقادیر نسبت به آن سنجیده می‌شوند.

سوالات متداول

آزمایش CBR در چه عمق نفوذی مبنای محاسبه قرار می‌گیرد؟

در آزمایش CBR، بار متناظر با نفوذهای ۲/۵ میلی‌متر و ۵ میلی‌متر ثبت می‌شود، اما طبق استاندارد، معمولاً مقدار CBR متناظر با نفوذ ۲/۵ میلی‌متر به‌عنوان عدد نهایی گزارش می‌گردد؛ مگر اینکه مقدار CBR در نفوذ ۵ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد که در آن صورت، مقدار بزرگ‌تر ملاک طراحی قرار می‌گیرد.

چرا از مصالح استاندارد در آزمایش CBR استفاده می‌شود؟

مصالح استاندارد که معمولاً از سنگ شکسته متراکم‌شده تشکیل شده‌اند، به‌عنوان یک مرجع یکنواخت برای مقایسه مقاومت خاک‌ها به کار می‌روند. استفاده از این مصالح باعث می‌شود نتایج آزمایش CBR خاک‌های مختلف قابل مقایسه بوده و محاسبه نسبت باربری کالیفرنیا بر اساس جدول CBR به‌صورت استاندارد انجام شود.