

## طراحی لرزه‌ای دیوار حائل

طراحی لرزه‌ای دیوار حائل مسئله‌ی پیچیده‌ای است. بدین منظور باید فرضیاتی مبتنی بر استاتیک و حساب دیفرانسیل در نظر گرفته شود تا بتوان مسائل نامعین را حل کرد.

محاسبه‌ی هر گونه فشار استاتیکی و دینامیکی وارد بر دیوار حائل، مستلزم بررسی بیشتر است. گزارش‌های سایت تنها حداکثر شتاب زمین را در اختیار قرار می‌دهند. استفاده از این اطلاعات بستگی به تصمیم طراح دارد.



### طراحی لرزه‌ای دیوار حائل چه زمانی مورد نیاز است؟

آیین‌نامه یا استاندارد که طراح از آن پیروی می‌کند نقش مهمی در تصمیم‌گیری دارد چه طراحی لرزه‌ای دیوار حائل نیاز باشد، چه نباشد.

بدین دلیل، صرف‌نظر از دیوارهای ساحلی که روانگرایی محتمل است و دیوارهایی که به‌طور نامطلوب برای بارهای استاتیکی طراحی شدند، اگر دیوار به‌خوبی طراحی شود، احتمال آسیب یا تخریب دیوار حائل تقریباً از بین می‌رود.

علاوه بر این، چون دیوارهای حائل در فضای مسکونی قرار ندارند، جان افراد را به خطر نمی‌اندازند. اگر دیوارهای حائل نقش تکیه‌گاه ساختمان‌ها را داشته باشند، بحث ایمنی مطرح می‌شود.

هرچند در بخش ۱۶۱۳ از آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان ۲۰۰۹ (IBC) گفته شده که هر سازه و بخش وابسته به آن (شامل اعضای غیر سازه‌ای که به‌طور دائمی به سازه متصل هستند)، تکیه‌گاه‌ها و اتصالات، باید به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که بتوانند در برابر اثرات ناشی از حرکات زلزله مطابق با ASCE 7 مقاومت کنند. بدیهی است که طبق این بخش تمام سازه‌ها باید در نظر گرفتن بارهای زلزله طراحی شوند.

آنالیز فشار زمین به روش مونونوب- اوکابه

معادله‌ی Mononobe-Okabe اصلاح شده‌ی معادله‌ی کولمب است که در آن نیروهای لرزه‌ای لحاظ می‌شوند. این فرمول در محاسبه‌ی فشار جانبی زمین که بر دیوارهای حائل وارد می‌شود، کاربرد دارد. از این فرمول نمی‌توان برای محاسبه‌ی نیروی داخلی خاک پرکننده‌ی اثرگذار بر دیوارهای حائل حین زلزله استفاده کرد.

فرمول مونونوب- اوکابه مشکل معادله‌ی کولمب را با در نظر گرفتن شتاب افقی و عمودی زمین و ارائه‌ی ضرایب لرزه‌ای برای فشار غیرفعال خاک (KPE) و فشار محرک آن (KAE) حل می‌کند.

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\alpha + \theta - \phi')}{\cos \theta' \sin^2 \alpha \sin(\alpha + \theta' - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\alpha - \theta' - \beta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta') \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad \text{معادله-۱}$$

مؤلفه‌ی افقی،  $K_{AE} \cos \delta$  است.

که در آن:

$K_{AE}$ : ضریب فشار جانبی محرک خاک، استاتیک + لرزه

$\alpha$ : شیب دیوار حائل نسبت به افق (برای وجه عمودی ۹۰ درجه استفاده می‌شود)

$\beta$ : شیب خاک پرکننده

$\delta$ : زاویه‌ی اصطکاک دیوار

$\phi$ : زاویه‌ی اصطکاک داخلی خاک

$\theta$ : زاویه‌ای که تانژانت آن شتاب زمین است و با معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta = \tan^{-1} K_h \quad \text{معادله-۲}$$

که در آن:

$K_h$ : شتاب افقی زمین است.

هنگامی که وجه دیوار عمودی باشد و  $\delta$  نیز برابر با  $\frac{\theta}{2}$  در نظر گرفته شود، معادله ۱ به شکل زیر تبدیل می‌شود:

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(90 + \theta - \phi)}{\cos \theta \sin^2 \alpha \sin(90 + \theta + \frac{\theta}{2}) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin 1.5\theta \sin(\theta - \beta)}{\sin(90 + \frac{\theta}{2} + \theta) \sin(90 + \beta)}} \right]^2} \quad \text{معادله-۳}$$

نیروی کل (محرک و زلزله) را می‌توان توسط معادله‌ی زیر محاسبه کرد:

$$P_{AE} = \frac{1}{2}(\gamma)K_{AE}H^2 \quad \text{معادله-۴}$$

که در آن:

$\gamma$ : چگالی خاک

$H$ : ارتفاع دیوار حائل

علاوه بر این، در صورتی که شتاب زمین برابر با صفر باشد،  $K_{AE}$  تبدیل به معادله‌ی معروف کلمب  $K_A$  می‌شود.

ضریب فشار غیرفعال زمین  $K_{PE}$  به صورت زیر بیان می‌شود:

$$K_{PE} = \frac{\sin^2(\alpha - \theta + \theta')}{\cos \theta' \sin^2 \alpha \sin(\alpha + \theta' + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - \theta' + \beta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta') \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad \text{معادله-۵}$$

لازم به ذکر است که ضریب غیرفعال فشار تحت شرایط لرزه‌ای کاهش می‌یابد.

$K_{AE}$  از دو مؤلفه‌ی استاتیکی و لرزه‌ای تشکیل می‌شود. فرض می‌شود که بخش لرزه‌ای ( $K_{AE} - K_A$ ) یک نمودار فشار مثلثی شکل وارونه یا دوزنقه‌ای با نیروی برآیند اعمال شده در  $0.6H$  باشد. به علاوه،  $K_A$  معروف به توزیع مثلثی اعمال شده در  $(H/3)$  است.

علاوه بر این، موقعیت نیروی برآیند ترکیب شده می‌تواند با استفاده از معادله‌ی زیر به دست آید:

$$y^- = \frac{P_A \left(\frac{H}{3}\right) + (P_{AE} - P_A)0.6H}{P_{AE}} \quad \text{معادله-۶}$$

پیشنهاد می‌شود که جهت نیروی معادله‌ی کولمب برابر  $\frac{\theta}{2}$  فرض شود (زاویه‌ی اصطکاک در وجه پشتی دیوار). به این صورت، مؤلفه‌ی افقی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{AE \text{ horizontal}} = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)P_{AE} \quad \text{معادله-۷}$$

ضریب ایمنی برای لغزش و واژگونی هنگام وقوع زلزله ۱،۱ است.

### تعیین فشار لرزه‌ای جانبی زمین ( $K_h$ )

فشار لرزه‌ای جانبی زمین که در مقابل دیوار حائل عمل می‌کند، توسط فرمول Mononobe-Kobe و با استفاده از شتاب افقی زمین ( $K_h$ ) محاسبه می‌شود.

این مقدار شتاب طراحی است و در مقایسه با شتاب‌های ممکن، شدت کم‌تری دارد. اگر از مقدار اختیاری ( $K_h$ ) استفاده نشود، می‌توان یک‌سوم تا یک‌دوم شتاب بیشینه‌ی زمین را برای این کار در نظر گرفت.

نقطه‌ی شروع، تعیین شتاب پیشینه‌ی زمین طبق آیین‌نامه (مانند آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان (IBC) ۲۰۰۹ و استاندارد آمریکایی انجمن مهندسان عمران) است که هر دو نمودارهای یکسانی دارند.

مترجم: عظیم مرادی

منبع:

<https://theconstructor.org/structural-engg/seismic-design-retaining-wall/14320/>