تأثیر خزش بر افت ستونها در ساختمانهای بلند از نوع بتن مسلح

از : مهندس ایرج فرخو

در ساختمانهای بلندبطور کلی بعلت اختلاف بار ستونها، نشست آنها نیزمتفاوت خواهد بود واگر برای بررسی مطلب موردبحث این مقاله (ش۱-الف) را در نظر بگیریم ، مشاهده میشود که بدلیل تفاوت نشست درستونهای انتهائی‌ومیانی از مقدار بار اعمال شده بستون میانی بمیزان X کاسته میشود که‌باید توسط دو ستون انتهائی جذب گردد (ش ۱ - ب) .

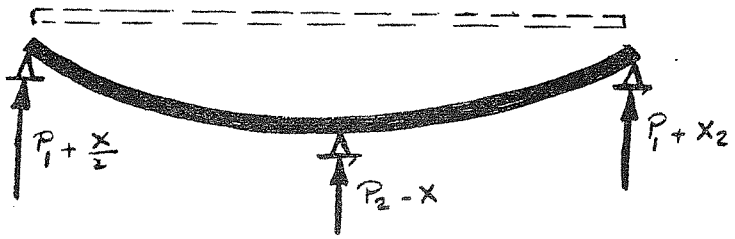
(تبعیت α و β ازمواردفوق و نوع آن‌درمنحنی های‌مربوط وجداول موجود است).

درضمن اختلاف نشست δ را که خود تابعی‌از درجهٔ صلبیت‌ساختمان نیزمیباشد میتوان‌توسط رابطهٔ (۲) نمایش داد .

$$\delta=\gamma.X \qquad (۲)$$

واحد δ $\left[\frac{Cm}{MP}\right]$ میباشد.

(ش ـ الف)



(ش ـ ب)

بدون در نظر گرفتن عامل خزش باتوجه به تغییر بار میتوان اختلاف نشست δ را در رابطهٔ (۱) خلاصه کرد .

$$\delta=\alpha-\beta.X \qquad (۱)$$

α = نشست‌بدون‌احتساب تغییر بار (تابع‌فشار روی‌ستونهاقبل‌ازشروع‌نشست، تابع‌ابعادفونداسیونهای مورد طرح و تابع خاصیت فرم پذیری زمین) واحد $[cm]$.

β = ضریبی‌ثابت (تابع‌فشار روی ستونها قبل از شروع‌نشست ـ تابع‌ابعادفونداسیون وتابع‌خاصیت فرم پذیری زمین واحد $\left[\frac{Cm}{MP}\right]$.

چون δ های بدست آمده از هر دو رابطه در هر لحظه مقادیری هستند برابر ، میتوان مقداری ثابت برای X به تبعیت از α ، β و γ بدست آورد که که‌آنرا به X_o نمایش میدهیم .

$$X_o=\frac{\alpha}{\beta+\gamma}\left[\frac{Cm}{\frac{Cm}{MP}+\frac{Cm}{MP}}\right]=[Mp] \qquad (۳)$$

X_o مقداریست که بادرنظر گرفتن‌همهٔ عوامل کیفی و کمی (غیر از خزش) از ستون میانی کم‌شده بطرف سایر ستونها فرار میکند .

بنا بتحقیقات دیشینگر (Dischinger) در مورد زمینهای بدون‌چسبندگی، اگر تأثیرخزش‌را نیز

بر تغییر بار درمحاسبات منظور کنیم ، مقداری بدست خواهد آمد برابر رابطهٔ (٤)

$$X_{(\varphi)} = X_o\, e^{-\varphi} \quad (٤)$$

φ = عدد نهائی خزش $e^{-\varphi} < 1$

و در زمینهائی با چسبندگی کافی بنا بتجربیات لئونارد (Leonhard) تا حد :

$$X_{(\varphi)} = X_o \cdot \frac{1-e^{-\varphi}}{\varphi} \quad (٥)$$

نقصان پیدا خواهد کرد .

$$\frac{1-e^{-\varphi}}{\varphi} < 1$$

و برای اینکه نتایج صحیحتری بدست آید ، پیشنهاد شده است که محاسبات صلبیت بتن در استادیوم II (ترکهای موئی در ناحیهٔ کشش مجاز است) انجام گردیده، برای تعیین γ مورد استفاده قرار گیرد که در اینحال طبق تحقیق مایر (Mayer) باید خود φ نیز بمیزان ضریب زیر نقصان پذیرد .

$$\frac{0/85}{1+\frac{\mu'}{\mu}} \sqrt{\frac{E_s}{E_b} \cdot \mu}$$

μ = درصد سطح مقطع سلاح فولادی به بتن در ناحیه کشش

μ' = درصد سطح مقطع سلاح فولادی به بتن در ناحیه فشار

E_s = ضریب ارتجاعی فولاد

E_b = ضریب ارتجاعی بتن $\sim \frac{E_s}{10 \text{ تا } 15}$

توضیح : روابط 4 و 5 عبارت از تساوی هائی هستند که امروزه در محاسبهٔ ساختمانهای بلند مورد استفاده مهندسین قرار میگیرد و باتقریب مطمئن، صحیح نیز میباشد .

اما مبنای هردو رابط براین فرض بوده که قدر مطلق X_o (که نقصان آن تحت تأثیر خزش مورد بحث است) فقط تابع افت معلوم ستونهاست .

با کمی توجه معلوم میگردد که δ بنا برابطهٔ (١) از قدر مطلق X ودر نتیجه از تغییر اتش تحت تأثیر خزش نیز تبعیت میکند و باین ترتیب حالت پیچیده تری را برای تعیین $X_{(\varphi)}$ باید بررسی کرد که مطلب مذکور در فوق نیز در نظر گرفته شده باشد .

(مثالی عددی در خاتمهٔ این نوشته نشان میدهد، $X_{(\varphi)}$ که با کمك روابط (٤) و (٥) محاسبه میشود بمراتب کوچکتر از مقدار $X_{(\varphi)}$ با درنظر گرفتن تغییراتش دراثر خزش خواهد بود) .

ذیلا برای هردو نوع زمین (بدون چسبندگی و باچسبندگی) روابطی جدید بدست میاوریم .

حالت اول

در زمینهای بدون چسبندگی (تغییر فرم زمین بسرعت انجام میگیرد)

اگر عدد خزش $\varphi(t)$ (φ تابع زمان) باندازهٔ $d\varphi$ رشد کند، قدرمطلق X باندازهٔ dx تغییر کرده واختلاف نشست δ بنا برابطهٔ (١) باندازهٔ

$$d\delta = -\beta \cdot dX \quad (٦)$$

و بنا برابطهٔ (٢) باندازهٔ

$d\delta = \gamma \times d\varphi + \gamma dX$ (٧) تغییر میکند .

با برابر قراردادن دومعادلهٔ (٦) و (٧) تساوی زیر بدست میآید

$$\frac{dx}{x} = \frac{-\gamma}{\gamma+\beta}\, d\varphi \quad (٨)$$

اگر این شرط را قبول کنیم که برای $\varphi(t) = o$ (یعنی درزمان $t = o$) رابطهٔ (٨) و (٣) برابرند، بدست خواهیم آورد که:

$$X_{(\varphi)} = \frac{\alpha}{\gamma+\beta} \cdot e^{-\frac{\gamma\varphi}{\gamma \cdot \beta}}$$

حالت دوم

درزمینهای باچسبندگی :

از آنجائی که در اینحالت تغییرات فرم زمین بآهستگی و در طول سالها صورت میگیرد باید α و

β را نیز بعنوان متغیر در نظر گرفته و بدلیل تشابه منحنی‌های نشست‌وخزش‌میتوان باتقریب‌صحیح‌نوشت

$$\alpha(t)=\frac{\alpha}{\varphi}\cdot\varphi(t)$$

$$\beta(t)=\frac{\beta}{\varphi}\cdot\varphi(t)$$

باتوجه باینکه α و β مقادیر نهائی مجانب‌های توابع $\alpha(t)$ و $\beta(t)$ میباشند، ازتساوی (۱) با حذف مقادیر بینهایت کوچك نتیجه میشود که :

$$d\delta=d\alpha-Xd\beta=\frac{\alpha}{\varphi}\cdot d\varphi-x\frac{\beta}{\varphi}\cdot d\varphi \quad (۱۰)$$

ولی رابطهٔ (۷) تغییر نمیکند .

حال‌اگر(۷) و(۱۰) را برابرقراردهیم معادلهٔ دیفرانسیل زیر بدست میآید

$$\frac{dX}{d\varphi}=(1+\frac{\beta}{\gamma\cdot\varphi})\cdot X=\frac{\alpha}{\gamma\cdot\varphi} \quad (۱۱)$$

و با شرط $X_{(\varphi=o)}=o$ خواهیم داشت

$$X_{[\varphi(t)]}=\frac{\alpha}{\gamma\cdot\varphi+\beta}\left[1-e^{-(1+\frac{\beta}{\gamma\cdot\varphi})\cdot\varphi(t)}\right]$$

وپس‌ازخاتمهٔ خزش‌در بتن، X برابرخواهد شد با:

$$x(\varphi)=\frac{\alpha}{\gamma\cdot\varphi+\alpha}\left[1-e^{-(\varphi+\frac{\beta}{\gamma})}\right] \quad (۱۲)$$

وچون$X_{(\varphi)}$رامعین کردیم‌میتوان‌مقدار نهائی‌اختلاف نشست رامطابق‌رابطهٔ(۱) وروش‌متداول‌بدست‌آورد .

با مختصر توجه روشن میگردد کـه اگر در رابطهٔ (۹) و(۱۲) مقدار $\beta=o$ را قراردهیم، مقادیر $X_{(\varphi)}$ برابر نتایجی‌خواهد شد که تساوی‌های(٤) و ٥) بدست میدادند .

مثال عددی :

برای ساختمانی دهاشکوبه از نوع بتن مسلح مقادیر زیر جهت ثابت‌های محاسباتی بدست آمد

$$\alpha=2/23\left[cm\right]$$

$$\beta=o/o42\left[cm/MP\right]$$

در استادیوم II $\gamma=o/o2\left[cm/MP\right]$

بدون توجه به تأثیرخزش‌بنابرابطهٔ (۳)

$$X_o=\frac{2/23}{o/o42+o/o2}=36\left[MP\right]$$

با در نظر گرفتن خزش وعدد کوچـك شده (نقصان یافته‌آن)برای $\varphi=4$ نهائی، $\mu=1/6\%$ و$\mu'=o/1\%$

$\frac{E_s}{Eb}=1o$ در استادیوم II برابر است با :

$$\varphi=4.\underset{\text{نقصان‌یافته}}{\frac{o.85}{1+\frac{o.1}{1.6}}}\sqrt{10/0/016}=1.28$$

(این‌مقدار φ نقصان یافته میباشد.)

و باین ترتیب برای زمینهای بدون چسبندگی بنابرابطهٔ (٤)

$$X_{(\varphi)}=36.e^{-1/28}=1o\left[MP\right]$$

و بنابرابطهٔ (۹)

$$X_{(\varphi)}=36.e^{-\frac{o.o2.1/28}{o.o2+o/o42}}=24/8\left[MP\right]$$

یعنی $\delta=2/23-o/42.24/8=1/17\left[cm\right]$

برای زمینهای‌باچسبندگی:

بنابرابطهٔ (٥)

$$X_{(\varphi)}=36.\frac{1-e^{-1/28}}{1/28}=21/7\left[MP\right]$$

وبنابرابطهٔ (۱۲)

$$X_{(\varphi)}=\frac{2/23}{o/o2.1/28+o/o42}\cdot\left[1-e^{-(1/28+\frac{o/o42}{o/o2})}\right]=31/8\ (MP)$$

$$\delta=223-o/o42.31/8=o/89\left[Cm\right]$$

مبانی مطالعه

۱ـتغییرات‌الاستیکی‌و خزش‌بتن‌در پلهای‌هلالی‌شکل از Dischinger

۲ـ محاسبات تقریبی قطعات‌بتن برای تنش‌های غیر ناشی ازبار Rüsch

۳ـتحقیقات آزمایشگاهی روی بتن و بتن مسلح از Franz

٤ـ مقاله‌ای درمورد خزش‌وجمع‌شدن بتن‌از Einar Keitzel