

آزمایش مغزه گیری بتن و ارزیابی نتایج

haslani49@gmail.com

حسین اصلانی - مهندس عمران

چکیده:

در این بررسی ابتدا دستگاه مغزه گیری و نحوه آزمایش از نظر جهت مغزه گیری، کلاhek گذاری، تاثیرات آرماتورهای - سن بتن - نسبت ارتفاع به قطر نمونه - نحوه برش از بتن توضیح داده شده است. سپس برابر آئین نامه ACI-318-83 و بتن ایران نتایج یک آزمایش انجام شده، ارزیابی و نتیجه گیری گردیده است. نظر براینکه دامنه کاربرد آئین نامه بتن ایران برای مقاومت مشخصه حداقل برابر ۱۶ مگا پاسگال (نیوتن برمیلیمتر مربع) بوده و بتن کم مقاومت به بتنی اطلاق میشود که مقاومت آن بیشتر از ۱۶ مگا پاسگال و کمتر از مقاومت مشخصه لازم میباشد، لذا آزمایش مغزه گیری بر روی قسمتهایی از سازه که ضعیف است، صورت میگیرد. معمولاً "مقاومت مغزه ها کمتر از مقاومت نمونه استوانه ای استاندارد بوده و این امر نتیجه عملیات حفاری، نحوه عمل آوری بتن در کارگاه نسبت به عمل آوری بتن در شرایط آزمایشگاهی است.

کلید واژه:

آزمایش مغزه گیری، بتن، ارزیابی مقاومت، بتن حجیم، سن بتن

مقدمه:

هدف اصلی از سنجش مقاومت نمونه های بتنی تخمین مقاومت بتن در سازه حقیقی میباشد، در حقیقت امکان تعیین دقیق مقاومت بتن در سازه بستگی به تراکم و عمل آوری صحیح آن دارد. اگر چنانچه مقاومت نمونه های آزمایش فشاری کمتر از حداقل مقدار تعیین شده در مشخصات فنی کار باشد، در اینصورت یا بتن واقع شده در سازه ضعیف است و یا نمونه های آزمایشی واقعا "معرف بتن در سازه نمی باشند. برای بررسی قسمتهای مشکوک سازه میتوان آزمایش مغزه گیری (CORE) انجام داد. معمولاً "نمونه برداری مغزه ایی از نزدیک سطح فوقانی سازه (ستون - دیوار - تیر - دال و ...) گرفته میشود که دارای کمترین مقدار مقاومت میباشد. با افزایش عمق زیر سطح فوقانی (بیش از ۳۰ سانتیمتر)، مقاومت مغزه افزایش می یابد.

دستگاه آزمایش و مغزه گیری



دستگاه مغزه گیری با متعلقات Core- DD-160E Hilti

یکی از مهمترین آزمایش‌های تعیین مقاومت بتن درجا، مغزه‌گیری از بتن و آزمایش مقاومت فشاری مغزه می باشد. برای انجام مغزه‌گیری نیاز به تجهیزات خاص آن است که در عکس نمونه دستگاه موجود آن در آزمایشگاه سازه ملاحظه می گردد این دستگاه بنام تجاری DD-160E Hilti - Core می‌باشد و از سه قسمت اصلی پایه - سرمته - الکترو موتور تشکیل شده است پایه آن توانایی نصب روی هر سطح صافی را دارد و با یک رول بولت دستگاه محکم در محل نصب می‌گردد تا از جابجایی دستگاه در هنگام مغزه‌گیری جلوگیری کرده و مغزه‌ای سالم بدست آید. همچنین سر مته‌های آن که بصورت استوانه خالی می باشد و با طول حدود ۶۰ سانتیمتر و قطر ۱ تا ۶ اینچ موجود می‌باشد بعلت الماسه بودن سر مته، مغزه‌گیری از بتن بسیار سخت به‌مراه فولاد امکان‌پذیر می‌باشد.

این دستگاهی که آزمایش بوسیله آن انجام میشود ، با سرعت زیاد می چرخاند و برای خنک کردن آنها حین کار از آب استفاده میشود . سرعت آب مورد نیاز بستگی به نوع دستگاه متفاوت بوده و متوسط سه لیتر در ثانیه میباشد . در صورتیکه بتن سخت شده دارای خلل و فرج باشد ، مته بخوبی عمل حفاری را انجام نداده و نمونه کامل بدست نمی آید . پس از نمونه برداری دو سطح بصورت مناسب برش ، صاف شده ، پس از وزن کردن و اندازه گیری ابعاد استوانه ای استاندارد و مغزه ها ، نمونه ها کلاهدک گذاری میشوند . نمونه های استوانه ای فقط از یک طرف کپینگ میشود ، ولی مغزه ها از دو انتها کلاهدک گذاری شده و طبق استاندارد ACI ضخامت لایه کپینگ باید در کمترین مقدار ممکن باشد (در حدود ۲ میلیمتر) ولی متاسفانه بدلیل وجود مقداری زیادی ناخالصی ماسه در پودر کپینگ این ضخامت گاهی به پنج میلیمتر میرسد که ممکن

است در نتایج آزمایشها تاثیر گذار باشد . نمونه ها پس از خشک شدن در هوای آزاد مطابق تمهیدات ASTM C42-90 شکسته میشوند . [۴]



نمونه بعد از کلاهک گذاری



نمونه در دستگاه جک بتن شکن برقی



نمونه مغزه ایبی

جهت مغزه گیری : [۱]

آن گونه که آزمایشها نشان میدهند ، مقاومت نمونه هایی که بطور عمودی مته میشوند (در امتداد لایه های بتن ریزی) به خاطر اثار لایه ای ، بیشتر از مقاومت مغزه هایی است که بطور افقی مته میشوند . اطلاعات منتشر شده در این مورد متفاوت است ، اما متوسط اختلاف (حدود ۸ درصد) در اکثر موارد اعلام شده است . با اینکه نمونه های استاندارد بصورت عمودی آزمایش میشوند ، نمونه های مکعبی معمولاً " در صفحه ای عمود بر جهت بتن ریزی تحت آزمایش قرار میگیرند ، بدین ترتیب تطابق بیشتری با مغزه هایی دارند که بصورت افقی مته شده اند .

روش کلاhek گذاری :

مقاومت بدست آمده قدری بیشتر از خود مغزه خواهد بود . بطور کلی انتظار میرود که کلاhek دارای خصوصیتهایی از قبیل : صاف و هموار بودن ، عمود بر محور مغزه بر سطح کلاhek ها و ضخامت کم باشند ، هرچند کلاhek از نظر عملی چندان اهمیتی ندارند . (جنس کلاhek نمونه ها میتواند از مصالح سیلیس و گوگرد باشد)

آرماتورها :

نتایج تحقیقات منتشر شده نشان میدهد که کاهش در مقاومت اندازه گیری شده ناشی از وجود آرماتورها عرضی ، کمتر از ۱۰ درصد است ، اما تغییرات اندازه گیری ، موقعیت و پیوستگی با بتن عملاً" به حساب آوردن نقش آرماتورها را بسیار مشکل می کند ، به همین دلیل بهتر است در صورت امکان از حضور آنها در مغزه جلوگیری نمود . چنانچه هنگام اندازه گیری مقاومت مغزه آرماتور نیز حضور داشته باشد ، لازم است تصحیحات لازم برای رسیدن به مقاومت واقعی بتن صورت پذیرد . وجود آرماتور بموازات محور مغزه نامطلوب بوده و نمونه غیر قابل قبول تلقی میشود .

توصیه شده است که برای یک مغزه با یک آرماتور عمود بر محور آن ضریب تصحیح زیر برای اندازه گیری مقاومت مغزه اعمال شود :

$$\text{مقاومت اندازه گیری شده} = \text{مقاومت تصحیح شده} \left[1 + 1.5 * \left(\frac{\Phi_r * h}{\Phi_c * L} \right) \right]$$

که در آن :

Φ_r - قطر آرماتور

Φ_c - قطر مغزه

h - فاصله محور آرماتور تا نزدیکترین انتهای مغزه

L - طول مغزه

میباشد . برای چند آرماتور به طریق مشابه میتوان از رابطه زیر استفاده کرد :

$$\text{مقاومت اندازه گیری شده} = \text{مقاومت تصحیح شده} \left[1 + 1.5 * \left(\frac{\sum \Phi_r * h}{\Phi_c * L} \right) \right]$$

چنانچه فاصله بین دو آرماتور کمتر از قطر آرماتور بزرگتر باشد ، کافی است آرماتوری در نظر گرفته شود که مقدار $(\Phi_r * h)$ بیشتری دارد .

تبدیل واحد ها :

جهت تبدیل واحد ها از صفحه ۱۴۷ آئین نامه بتن ایران (بخش اول - نشر سال ۱۳۷۷) استفاده میشود .

| متریک | تبدیل | SI | کمیت |
|-------------------------------|--------|------------------------------|---------------|
| cm | 10^2 | m | طول |
| cm ² | 10^4 | m ² | سطح |
| Kg | 0/102 | N | نیرو |
| Kg / m Kg / m ² | 102 | KN/ m KN / m ² | بارگسترده |
| Kg / cm ² | 10/2 | N / mm ² | تنش یا مقاومت |
| Kg . m | 102 | KN.m | لنگر |

ضریب تبدیل نمونه مغزه ایی به نمونه استوانه ایی استاندارد [۲]

نظر براینکه نمونه هایی مغزه ایی به قطر ۱۰ سانتیمتر برش داده میشود ، برای ارزیابی نتیجه بایستی نمونه مغزه ایی به نمونه استوانه ایی استاندارد تبدیل شود ، در صفحه ۲۲۸ آئین نامه بتن ایران (بخش اول - نشر ۱۳۷۷) این ضریب تبدیل بشرح زیر میباشد .

| استوانه a*2a | 100*200 | 150*300 | 200*400 |
|--------------|---------|---------|---------|
| Φ1 | 1/02 | 1/00 | 0/97 |

تعیین سن بتن

جهت تبدیل سن بتن درموقع نمونه برداری مغزه ایی به سن استاندارد ۲۸ یا ۴۲ روزه از دو فرمول زیر میتوان استفاده کرد .
الف - انجمن ACI (شماره ۲۰۹)

$$f'_{cm}(t) = f'(28) * \left(\frac{t}{4 + (0.85 * t)} \right)$$

t - سن بتن برحسب روز

Fcm(28,42) - مقاومت اصلاح شده بتن در ۲۸ یا ۴۲ روزه

توجه : در صورتیکه زمان کمتر از ۲۸ روزه باشد ، ضریب افزایشده و بیشتر از ۲۸ روزه ، ضریب کاهشده خواهد بود .

ب - انجمن بتن اروپا

$$f'_{cm}(t) = Exp \left[S * \left(1 - \frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{t1}} \right] * f'_{cm}(28)$$

$f'_{cm}(t)$ - مقاومت متوسط در سن t روز

S - ضریبی که به نوع سیمان بستگی دارد و بشرح زیر میباشد :

$S = 0/20$ سیمان زود گیر

$S = 0/25$ سیمان معمولی

$S = 0/30$ سیمان تیپ پنج

$S = 0/38$ سیمان دیر گیر

$t1$ - یک روز فرض میشود .

تاثیر نسبت ارتفاع به قطر مغزه [۵]

مغزه هائی که نسبت ارتفاع به قطر آنها کمتر از یک باشد ، نتایج نامطمئنی بدست می دهند و در بخش چهارم آئین نامه ۱۹۷۰ - BS ۱۸۸۱ یک حداقل مقدار ۰/۹۵ توصیه شده است . این محدودیت باید مد نظر قرارگیرد ولیکن در عمل ممکنست طول مغزه توسط ضخامت بتن کنترل گردد . ارتفاع استاندارد نمونه باندازه دو برابر قطر آن میباشد . استاندارد های ASTM C42-77 و بخش چهارم BS . 1881: 1970 ضرائب تصحیح لازم را بشرح زیر ارائه داده است .

| BS . 1881 : 1970 | ASTM C 42-77 | نسبتهای ارتفاع به قطر |
|------------------|--------------|-----------------------|
| ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۲/۰۰ |
| ۰/۹۸ | ۰/۹۸ | ۱/۷۵ |
| ۰/۹۶ | ۰/۹۶ | ۱/۵۰ |
| ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | ۱/۲۵ |

| | | |
|------|------|------|
| ۰/۹۲ | ۰/۸۷ | ۱/۰۰ |
|------|------|------|

تأثیر حفاری (برش) بر نمونه مغزه ای

معمولاً "مقاومت مغزه ها کمتر از مقاومت استوانه های استاندارد است و این امر نتیجه عملیات حفاری بوده که هرچقدر با دقت بیشتر انجام گیرد ، احتمال صدمه دیدن نمونه زیاد می باشد . Malhotra پیشنهاد میکند که برای بتن با مقاومت ۴۰ مگا پاسکال کاهش در مقاومت میتواند تا ۱۵ درصد برسد و انجمن بتن انگلستان یک اکت ۵ تا ۷ درصد را منطقی دانسته است .

نمونه برداری مغزه ای از بتن حجیم

در بتن ریزی حجیم که بتن ریزی در چندین لایه ریخته شده است و ضخامت بتن ریزی بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر میباشد و تشخیص محل دقت بتن کم مقاومت مشکل میباشد ، بهتر است با توجه به نوع سازه و رعایت مشخصات فنی طرح ، ابتدا سطح سازه یا محل مورد نظر بصورت شطرنجی در ابعاد ۲۰ تا ۴۰ سانتیمتری مشخص و سپس با استفاده از چکش اشمیت نسبت به شناسائی مناطق آسیب پذیر اقدام و پس از آن آزمایش نمونه برداری مغزه ای انجام گیرد .



چکش اشمیت Eshmit Hammer

این دستگاه قابل حمل و نقل در سایتها و ارتفاعات می باشد و برای اندازه گیری مقاومت بتن به صورت غیرمخرب می باشد. ضربه انرژی که در هنگام آزمایش به سطح نمونه وارد می شود معادل $gm_{0,225}$ می باشد. این دستگاه مجهز به نوار ثبت اندازه گیری مقاومت می باشد که در زمان انجام آزمایش می توان نتیجه آزمایش را مورد بررسی قرار داد.

بررسی نتایج آزمایشات با مقاومت کم [۳]

۱- اگر هریک از آزمایش های مقاومت نمونه های استوانه ای عمل آورده شده در آزمایشگاه به مقداری بیش از ۳۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع کمتر از مقدار مشخصه $f'c$ تنزل کند ، یا اگر آزمایشات روی نمونه های عمل آورده شده در کارگاه نشاندهنده ضعفهایی در عمل آوری و محافظت باشند ، لازم است تدابیری جهت اطمینان از اینکه ظرفیت باربری سازه به مخاطره نمی افتد ، اندیشید .

- ۲- اگر احتمال ساخت بتن با مقاومت پایین داده شود و محاسبات نشان دهند که ظرفیت باربری ساختمان ، سازه ممکن است بشدت کاهش یافته باشد ، آنگاه آزمایشات روی مغزه های (کرهای) حفرشده در محلی که مشکوک میباشد ، ممکن است لازم باشد . این آزمایشات باید مطابق باشند با " روش بدست آوردن و آزمایش نمونه های استخراج شده با مته و تیرهای بریده شده از بتن (ASTM C 42) . درچنین مواردی برای هر آزمایش مقاومت که بیشتر از ۳۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع از مقدار مشخص شده $f'c$ کمتر باشد ، باید سه مغزه تهیه شود .
- ۳- اگر تحت شرایط بهره برداری بتن سازه خشک خواهد بود ، مغزه ها باید در هوا (در درجه حرارت ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد) برای مدت هفت روز قبل از آزمایش خشک شوند و سپس بصورت خشک آزمایش شوند . اگر تحت شرایط بهره برداری بتن سازه مرطوب خواهد بود ، مغزه ها باید به مدت حداقل ۴۰ ساعت در آب غوطه ور شوند و سپس بصورت مرطوب آزمایش شوند .
- ۴- در ناحیه ای که بوسیله آزمایشات حفر مغزه مقاومت بتن تعیین میگردد ، بتن از نظر سازه ای رضایت بخش محسوب میشود ، اگر میانگین مقاومت سه مغزه حداقل برابر ۸۵ درصد $f'c$ باشد و نیز هیچیک از مغزه ها مقاومتی کمتر از ۷۵ درصد $f'c$ نداشته باشد . برای کنترل دقت آزمایش ، محلهای انتخاب شده را میتوان مجدداً مورد آزمایش قرار داد .
- ۵- اگر ضوابط بند ۴ برآورده نشوند ، و اگر مقاومت سازه مورد تردد باقی بماند ، مقام مسئول می تواند دستور آزمایش های بارگذاری برای قسمتهای مشکوک سازه را مطابق بر مشخصات فنی و آئین نامه بتن ایران صادر کند . یا اقدامات مقتضی دیگر اتخاذ نماید .
- مقاومت مشخص شده برای سازه ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نمونه استوانه ای باشد ، ارزیابی نتایج بشرح زیر خواهد بود :

$$\bar{X} \geq 0.85 * f'c$$

$$X1 \geq 0.75 * f'c$$

پس داریم :

تبدیل نمونه های مغزه ای به نمونه استوانه ایی

$$\frac{159}{1/02} = 156$$

$$\frac{216}{1/02} = 212$$

$$\frac{190}{1/02} = 186$$

$$185 > 178/5$$

- میانگین سه نمونه برابر ۱۸۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

$$156 > 157/5$$

- کمترین مقاومت نمونه ها برابر ۱۵۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

نتایج آزمایش غیرقابل قبول میباشد و برابر بند پنجم آزمایش بارگذاری بر روی سازه انجام گیرد .

نمونه جدول گزارش آزمایش مقاومت فشاری نمونه های مغزه گیری شده

روش نمونه برداری بر اساس استاندارد ASTM-C42

روش آزمایش مقاومت فشاری بر اساس استاندارد ASTM-C 39

| مقاومت فشاری بعد از اعمال L/D | مقاومت فشاری قبل از اعمال L/D | نیروی تصحیح شده Kgf | بار واقعی وارده Kg | ضریب تبدیل L/C نسبت به LC/D=2 | نسبت Lc/D | وزن مخصوص نمونه (gr/cm ³) | وزن نمونه gr | حجم نمونه (CM ³) | سطح مقطع (CM ²) | طول نمونه با کلاهک Lc | طول نمونه L | قطر نمونه D | سن نمونه (روز) | شماره آزمایش | تاریخ نمونه برداری | محل نمونه برداری |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|----------------|--------------|--------------------|------------------|
| ۱۵۹ | ۱۵۹ | ۱۱۶۹۰ | ۱۲۲۲۷ | ۱,۰۰ | ۲,۰۰ | ۲,۳۲ | ۳۵۳۵ | ۱۵۲۳ | ۷۶,۹ | ۱۹,۸ | ۱۹,۴ | ۹,۹ | ۲۸ | ۳۰۶۵۴ | ۸۵/۴/۴ | دیوار |
| ۲۱۶ | ۲۲۰ | ۱۶۹۱۰ | ۱۶۹۱۰ | ۰,۹۸۳ | ۱,۷۹۷ | ۲,۴۵۵ | ۳۳۶۹ | ۱۳۶۹ | ۷۶,۹ | ۱۷,۸ | ۱۷,۴ | ۹,۹ | ۲۸ | ۳۰۶۵۵ | ۸۵/۴/۴ | دیوار |
| ۱۹۰ | ۱۹۳ | ۱۴۸۲۰ | ۱۴۸۲۰ | ۰,۹۸۴ | ۱,۷۹۵ | ۲,۴۳۱ | ۳۳۴۷ | ۱۳۷۷ | ۷۶,۹ | ۱۷,۹ | ۱۷,۵ | ۹,۹ | ۲۸ | ۳۰۶۵۶ | ۸۵/۴/۴ | دیوار |



نحوه مته زنی نمونه مغزه آبی در حالت افقی و عمودی

منابع:

- ۱- آزمایشهای غیر مخرب بتن، مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان
- ۲- آئین نامه بتن ایران، معاونت امور فنی - دفتر امور فنی و تدوین معیارها، بخش اول سال ۱۳۷۷
- ۳- آئین نامه سازه های بتن آرمه، ترجمه 83-318-ACI، زیر نظر دکتر مسعود کی نیا
- ۴- رابطه بین مقاومت بتن مغزه و مقاومت استوانه ای، علیرضا خالو - حسن امیری، اولین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه
- ۵- نویل، آدام، "بتن شناسی خواص بتن" ترجمه هرمز فامیلی، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ۱۳۶۸
- ۶- طسوجی، محمد ابراهیم، "طرح و کنترل مخلوطهای بتن"، تهران، انتشارات میقات ۱۳۶۸
- ۷- سایت پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله