بررسی تجربی پدیده نفوذ در اهداف بتنی سبک هوادار اتوکلاو

عمار بیات[۱]، غلامحسین لیاقت[۲]، هادی صبوری[۳]، احسان پدرام[۴]، شیرعلی فارسوانی محمدی[۵]
۱و۲و۴و۵- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مکانیک، تهران
۳- دانشگاه خوارزمی، دانشکده فنی و مهندسی، تهران

چکیده

در این مقاله به بررسی تجربی پدیده نفوذ در اهداف بتنی سبک هوادار اتوکلاو پرداخته شد. در ابتدا نمونه‌ها در ابعاد ۵۰*۱۲۵*۱۲۵ میلیمتر برش داده شد. سپس با استفاده از دستگاه تست شلیک تعداد ۱۵ آزمایش انجام گرفت. برای تست شلیک از دو نوع پرتابه هم‌وزن با دماغه‌های متفاوت نوک‌تیز (اجایو) و سرتخت استفاده شد. نتایج نشان داد که پرتابه با دماغه نوک‌تیز برخلاف دماغه سرتخت دچار انحراف زیادی در لحظه برخورد می‌شود. برای صحت سنجی آزمایش با پرتابه اجایو بر روی جسم خمیری انجام گرفت که نشان داد انحراف زیاد پرتابه اجایو در هدف بتنی به دلیل حباب‌های هوا است. در نهایت علت انحراف پرتابه بررسی و تحلیل شد.

واژه‌های کلیدی: *هدف بتنی اتوکلاو- نفوذ- انحراف - پرتابه.*

مقدمه

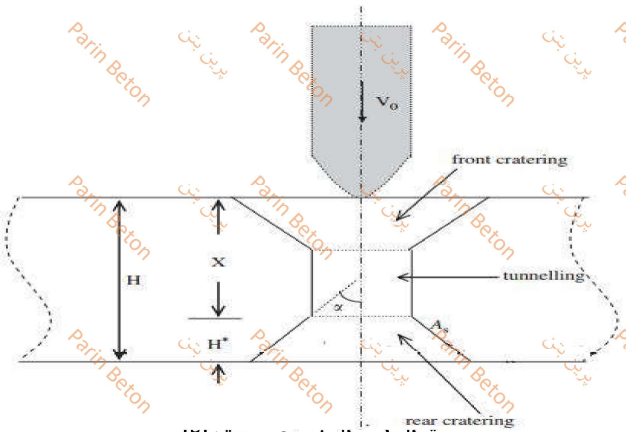
بتن یکی از مواد معمول استفاده شده در سازه‌ها است که در مقابل انرژی جنبشی پرتابه‌ها طراحی می‌شود. علاوه بر کاربردهای نظامی، بتن به طور گسترده در ساختمان‌ها، پل‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرد، با اینکه بتن معمولی برای دفع اثرات ضربه استفاده می‌شود ولی توانایی جذب کامل ضربه را ندارد، علاوه بر این از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست بنابراین نیاز به بتن سبک هست تا هم از نظر جذب انرژی و هم از نظر اقتصادی نسبت به بتن معمولی بهتر است[۱]. بتن هوادار ماده‌ای بر پایه سیمان می‌باشد که سبک وزن و غیرقابل اشتعال است که از مخلوط سیمان پرتلند، خاکستر بادی یا دیگر منابع سیلیسی، گچ، آب، آهک زنده و پودر آلومینیوم همانطور که در استاندارد ACI 523.2R آمده است، تولید می‌شود. مشخصه بتن هوادار تخلخل آن است که نتیجه آن چگالی بسیار پایین و استحکام فشاری پایین آن نسبت به بتن معمولی است. بر اساس استاندارد ASTM C-1693 بتن سبک هوادارا براساس چگالی بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ (kg/m^3) و استحکام فشاری ۲ تا ۶ (MPa) طبقه‌بندی می‌شود[۲]. با توجه به اینکه در بتن سبک همانند بتن معمولی، سیمان به عنوان ماده چسبنده مورد استفاده قرار می‌گیرد این انتظار وجود دارد که رفتار مشابهی وجود داشته باشد. در همین راستا مطالعات زیادی بر روی بتن معمولی تحت ضربه سرعت بالا انجام شده است.

فورستال در سال ۱۹۹۶ به ارائه فرمولی بر اساس مدل انبساط حفره کروی پرداخت که بهترین فرمول ارائه شده برای نفوذ در اهداف بتنی نیز می‌باشد چرا که بعد از آن بسیاری از محققین از این رابطه استفاده کرده و سعی در بهبود آن داشته‌اند. سپس نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مقایسه که تطابق خوب آن‌ها نشان‌دهنده درستی فرمول ارائه شده است[۳]. صیفوری و لیاقت با بهبود روابط فورستال حل نیمه‌تحلیلی و عددی برای نفوذ پرتابه‌های با دماغه اجایو درهدف‌های بتنی را ارائه دادند. علاوه براین آن‌ها با استفاده از تئوری پلاگ برشی به محاسبه سرعت باقیمانده و سرعت حد بالستیک نیز پرداختند. مقایسه یافته‌ها با نتایج تجربی نشان‌دهنده ارائه صحیح فرمول است[۴]. بنکدار و همکارانش خواص فیزیکی و مکانیکی بتن سبک هوادار تقویت شده با الیاف را مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آن‌ها به صورت مقیاس میکرو و ماکرو بر روی سازه‌های متخلخل بود. خواص مکانیکی مورد بررسی استحکام کششی و فشاری، مقاومت به ضربه و هدایت حرارتی بود. علاوه بر این اثر افزایش الیاف به بتن سبک به منظور بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی نیز انجام شد[۵]. به طور کلی نفوذ در اهداف بتنی سبک هوادار انجام نشده است ولی بر روی فوم بتن‌ها که نوعی بتن سبک هست می‌توان تحقیقاتی را پیدا کرد که پدیده نفوذ را بررسی کرده‌اند.

در این مقاله به صورت تجربی پدیده نفوذ در اهداف بتنی سبک اتوکلاو تحت نفوذ دو نوع پرتابه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که به دلیل وجود حباب هوا در نمونه‌ها هر چه دماغه نوک‌تیزتر باشد در لحظه برخورد چرخش پرتابه بیشتراست.

مکانیزم تخریب

پروسه نفوذکامل در بتن شامل سه مرحله ایجاد تورفتگی یا حفره اولیه در صفحه رویی، تونلینگ و ایجاد حفره ثانویه در صفحه پشتی می‌باشد، (شکل ۱).



شکل ۱- مکانیزم تخریب بتن[۶].

۱- دانشجوی دکتری، amar.bayat@modares.ac.ir،+۹۸۹۱۰۷۶۰۹۴۶۵ (نویسنده مخاطب)
۲- استاد
۳-استادیار
۴-کارشناس ارشد، محقق، ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد

انجام آزمایش

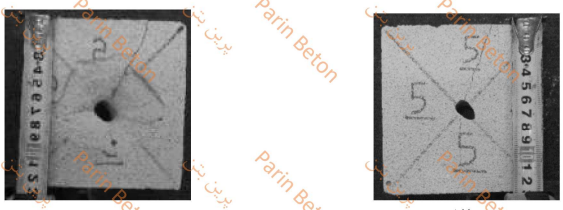
آزمایش‌های تست شلیک در آزمایشگاه دانشکده مکانیک دانشگاه تربیت مدرس با استفاده از دستگاه تست شلیک انجام شد. دو نوع پرتابه برای تست‌های شلیک استفاده شد که شامل پرتابه با دماغه سرتخت و اجایو می‌باشد مشخصات پرتابه‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود. تعداد ۱۰ شلیک برای ۱۰ هدف بتنی سبک و با سرعت‌های ورودی متفاوت انجام شد. به دلیل انحراف پرتابه اجایو ، تعداد ۵ شلیک نیز به هدف خمیری صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات پرتابه‌های مورد استفاده در آزمایش شلیک

شکل دماغه پرتابه	قطر پرتابه (mm)	وزن پرتابه (gr)	ابعاد دیگر (mm)
سرتخت	۱۰	۹/۱۰	h=۱۵
اجایو	۱۰	۹/۱۰	h=۸ , s=۲۵

ارایه نتایج و بحث

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب نشان‌دهنده نمای رویی و پشتی هدف بتنی سبک تحت نفوذ پرتابه اجایو و سرتخت با سرعت ورودی ۱۶۹ m/s را نشان می‌دهد.



الف ب

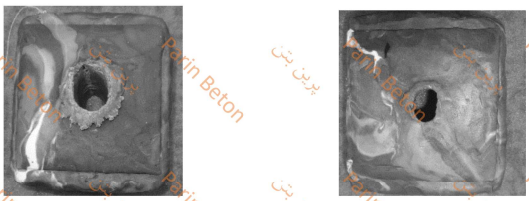
شکل ۲- هدف بتنی تحت نفوذ پرتابه اجایو، نماهای الف-رویی ب- پشتی

همانطور که از شکل‌ها مشخص است مکانیزم تخریب برای هر دو پرتابه یکسان است اما بر خلاف مکانیزم تخریب بتن معمولی مرحله اول را ندارد. علت، وجود حباب‌های هوا است که باعث جلوگیری از انتشار ترک در سطح هدف می‌شود. علاوه بر این، برای پرتابه با دماغه اجایو انحراف در لحظه برخورد مشاهده شد که برای صحت سنجی آزمایش‌های دیگری با همان پرتابه و شرایط یکسان برای هدف خمیری انجام شد که انحرافی مشاهده نشد، (شکل ۴). علت انحراف به دلیل وجود حباب‌ها در نمونه است که در لحظه برخورد باعث می‌شود نیروی مقاوم در برابر پرتابه در حباب کمتر از قسمت‌های دیگر نمونه باشد، بنابراین گلوله تمایل به حرکت به سمت نیروی کمتر دارد.

همانطور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود در نمونه خمیری گلوله بدون انحراف اولیه نفوذ می‌کند و نشان می‌دهد که دلیل انحراف گلوله اجایو در نمونه بتنی فقط به دلیل حباب هوا می‌باشد که در قسمت پیش توضیح داده شد.

الف ب

شکل ۳-هدف بتنی تحت نفوذ پرتابه سرتخت، نماهای الف- رویی ب- پشتی



الف ب

شکل ۴- هدف خمیری تحت نفوذ پرتابه اجایو، نماهای الف- رویی ب- پشتی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش به ترتیب زیر است:

مکانیزم تخریب بتن سبک هوادار اتوکلاو شده برخلاف بتن معمولی مرحله اول تخریب را ندارد.

پرتابه با دماغه اجایو در لحظه برخورد دچار انحراف شد که دلیل آن حباب‌های هوا است که باعث می‌شود پرتابه به سمتی حرکت کند که در برابر حرکتش نیروی مقاوم کمتری باشد.

بتن سبک هوادار اتوکلاو شده به علت ظرفیت مناسب جذب انرژی در لحظه برخورد که دلیل اصلی خرابی در پدیده دینامیکی موضعی است، انرژی جنبشی پرتابه را جذب کرده و بر خلاف دیگر مواد سیمانی، ترکش در محل برخورد وجود ندارد. این پدیده می‌تواند دلیل استفاده این مواد در حوزه‌های نظامی گردد.

تشکر و قدردانی

از مدیر عامل محترم کارخانه پرین بتن آمود جناب آقای مهندس احمدی به خاطر دراختیار قرار دادن مواد اولیه کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مراجع

[1] Ahmad Zaidi, A. M., and Li, Q. M., 2009. "Investigation on penetration resistance of foamed concrete". *Proceeding of the institution of civil Engineers*, 162(1), January, pp. 77–85.

[2] ASTM C-1693. "Standard specification for precast Autoclaved Aerated Concrete (AAC) wall construction units". ASTM International, PA; 2009.

[3] Forrestal, M., Altman, B., Cargile, J., and Hanchak, S., *1994.* "An empirical equation for penetration depth of ogive-nose projectiles into concrete targets". *International of Journal Impact Engineering,* 15, pp. 395-405.

[4] Seifoori, S., and Liaghat, G. H., 2011. "A semianalytical and Numerical Study of Penetration and Perforation of an Ogive-Nose Projectile into Concrete Targets under Normal Impact". *J. Eng. Mech.* 225, pp. 1782-97.

[5] Bonakdar, B., Babbitt, F., and Mobasher, B., 2013. "Physical and mechanical characterization of Fiber-Reinforced Aerated Concrete (FRAC)". *Cement & Concrete Composites,* 38, PP. 82-91.

[6] Chen, X., Li, X., Huang, F., Wu, H., and Chen, Y. 2008. "Normal Perforation of Reinforced Concrete Target by Rigid Projectile". *Int. J. Imp. Eng*, 35, 1119-29.