

بررسی تجربی سرعت حد بالستیک بتن هوادار اتوکلاو شده تحت نفوذ پرتابه

عمار بیات^۱، غلامحسین لیاقت^۲، هادی صیوری^۳، شیرعلی فارسوانی محمدی^۴، احسان پدرام^۵

۱ و ۲ و ۴- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مکانیک، تهران

۳- دانشگاه خوارزمی، دانشکده فنی و مهندسی، تهران

چکیده

در این مقاله به صورت تجربی سرعت حد بالستیک بتن هوادار اتوکلاو (AAC)، بدست آمد. ابتدا نمونه‌ها در ابعاد ۵۰*۱۲۵*۱۲۵ میلی‌متر آماده شد و در دستگاه تست شلیک تحت نفوذ پرتابه سبک با سرعت‌های متفاوت قرار گرفتند. تعداد ۸ آزمایش برای ثبت سرعت ورودی و خروجی انجام گرفت. سپس از معادله ریچ و ایپسون (Richt & Ipson) در نرم افزار متلب برای برازش کردن منحنی نتایج تجربی برای بدست آوردن سرعت حد بالستیک استفاده شد. سرعت حد بالستیک بدست آمده تطابق خوبی با معادلات ریچ و ایپسون دارد. علاوه بر این سرعت حد بالستیک با سرعت حد بالستیک تعریف شده نیروی دریایی مقایسه شد.

واژه‌های کلیدی: بتن سبک، سرعت حد بالستیک، نفوذ، پرتابه

سرتخت.

مقدمه

نفوذ در اهداف بتنی شامل پروسه‌های پیچیده‌ای است که در دهه‌های اخیر به طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است، بررسی و تحلیل نفوذ پرتابه در هدف‌های بتنی یکی از مهمترین مسائل امروزی است. محققین از روش‌های متفاوتی به تحلیل پروسه نفوذ پرداخته‌اند [۱]. 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 چون که هم از نظر جذب انرژی و هم از نظر اقتصادی نسبت به بتن معمولی مقرون به صرفه‌تر است [۲]. مهمترین 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 هوادار براساس چگالی بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ (kg/m³) و استحکام فشاری ۲ تا ۶ (MPa) طبقه‌بندی می‌شود [۳]. در این مقاله به صورت تجربی و با استفاده از معادله ریچ و ایپسون و استفاده از برازش منحنی توسط نرم‌افزار متلب و فیکس کردن داده‌ها با منحنی و معادله ریچ و ایپسون به بررسی سرعت حد بالستیک هدف‌های AAC تحت نفوذ پرتابه تخت پرداخته شد.

مبانی تئوریک

پس از انجام آزمایش و ثبت سرعت ورودی v_i و سرعت خروجی v_r ، سرعت حد بالستیک v_{bl} با استفاده از معادله ریچ و ایپسون در نرم‌افزار متلب طبق رابطه (۱) محاسبه شد [۵].

$$v_r = a(v_i^p - v_{bl}^p)^{1/p} \quad (1)$$

a و p ضرایب ثابت تجربی هستند. رابطه ریچ و ایپسون یک رابطه تحلیلی بر اساس بقای انرژی و مومنتوم است که می‌تواند سرعت‌های باقیمانده ثبت شده از آزمایش‌ها را برازش کند و تخمینی از سرعت حد بالستیک را ارائه دهد. این تکنیک زمانی مفید خواهد بود که اطلاعات موجود شامل سرعت حد بالستیک نباشد. توجه شود که رابطه تحلیلی مدل ریچ و ایپسون با رابطه (۲) زمانی مورد قبول است که تغییر شکل پرتابه در پروسه نفوذ قابل اغماض است [۶]، که در مسئله مورد نظر به دلیل اینکه پرتابه از جنس فولاد سخت‌کاری شده است و همچنین هدف از جنس ترد می‌باشد، صدق می‌کند.

$$a = \frac{m_p}{(m_p + m_{pl})}, p = 2 \quad (2)$$

از طرفی با استفاده از رابطه (۳) نیز می‌توان سرعت حد بالستیک را بدست آورد که نتایج آن در جدول ۳ و در بخش انجام آزمایش برای مقایسه با فرمول (۱) آورده شده است.

$$v_{bl} = (v_i^2 - v_r^2)^{1/2} \quad (3)$$

انجام آزمایش

تعداد ۸ آزمایش شلیک توسط دستگاه تست شلیک آزمایشگاه ضربه واقع در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد که ۲ آزمایش به دلیل ثبت نکردن سرعت خروجی مورد قبول واقع نشد. گلوله مورد استفاده از نوع سرتخت با جنس فولاد انتخاب شد (جدول ۱). محدوده سرعت گلوله بین ۱۲۶ تا ۱۷۴ متر بر ثانیه با توجه به فشار مخزن دستگاه تست انتخاب شد. جدول ۱ نشان‌دهنده تعداد آزمایش‌ها و نتایج است (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات هندسی پرتابه سرتخت

ابعاد دیگر (mm)	وزن پرتابه (gr)	قطر پرتابه (mm)	شکل دماغه پرتابه
h=۱۵	۹/۱۰	۱۰	سرتخت

۱- دانشجوی دکتری، amar.bayat@modares.ac.ir، ۹۸۹۱۰۷۶۰۹۴۶۵

۲- استاد

۳- استادیار

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد

۵- کارشناس ارشد، محقق

جدول ۲- سرعت ورودی و خروجی نفوذ پرتابه (متر بر ثانیه)

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
سرعت ورودی	۱۷۴	۱۶۸	۱۶۰	۱۵۵	۱۵۱	۱۴۸	۱۲۶	۱۳۰
سرعت خروجی	۸۸	۷۰	۶۰	-	۴۵	۴۳	۰	-

هدف مورد استفاده به صورت مکعب مستطیل و در ابعاد ۵۰×۱۲۵×۱۲۵ میلیمتر از نمونه‌های اولیه برش داده شد (شکل ۱).



شکل ۱- هدف بتنی سبک هوادار اتوکلاو شده

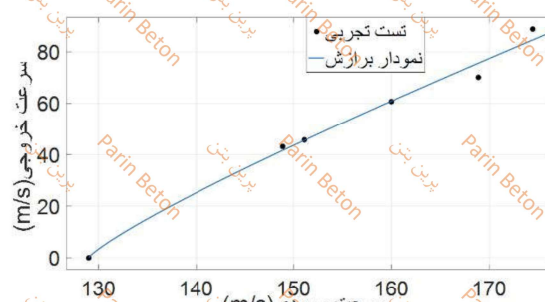
جدول ۳- سرعت حد بالستیک با استفاده از رابطه ۳

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۵	۶	۷
سرعت حد بالستیک	۱۵۰	۱۴۳	۱۴۸	۱۴۴	۱۴۱	۱۲۶

آزمایش شماره ۷ نتیجه سرعت خروجی صفر را داد که طبق تعریف حد بالستیک نیروی دریایی، این سرعت را می‌توان سرعت حد بالستیک در نظر گرفت [۴]. از این آزمایش برای صحت سنجی در قسمت ارائه نتایج استفاده شده است.

نتایج و بحث

سرعت حد بالستیک با استفاده از نتایج تجربی و فیکس کردن نمودار به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- منحنی سرعت ورودی بر حسب سرعت خروجی با استفاده از مدل ریج و ایپسون و فیکس کردن اطلاعات تجربی

در شکل ۲ با استفاده از رابطه (۱) و نتایج تجربی و پس از متناسب کردن رابطه با نتایج ضرایب رابطه (۱) به صورت جدول ۴ بدست آمد.

جدول ۴- ضرایب رابطه ریج و ایپسون

ضرایب ریج و ایپسون		
a	p	$v_{bl} \text{ (m/s)}$
۰.۶	۲.۱۲	۱۲۹

همانطور که در بخش انجام آزمایش گفته شد سرعت بدست آمده از رابطه ریج و ایپسون (۱۲۹ m/s) با تقریب خیلی خوب با سرعت تجربی بدست آمده از تعریف حد بالستیک نیروی دریایی (۱۲۶ m/s) مطابقت دارد. مقدار مناسب کمترین مربعات $R^2 = 0.95$ (Least square) نیز نشان می‌دهد همبستگی اعداد مناسب بوده و سرعت حد بالستیک بدست آمده در نمودار قابل اعتماد است. با توجه به سرعت‌های بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که AAC نسبت به وزن خود قابلیت جذب انرژی مناسبی را دارا است.

با استفاده از معادله (۲) نتیجه می‌شود که افزایش سرعت در نتیجه افزایش اثر نرخ کرنش، در اندازه سرعت حد بالستیک تاثیر بسزایی دارد و به همین دلیل در سرعت‌های بالا باید حتما این اثر باید لحاظ گردد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله سرعت حد بالستیک به صورت تجربی و با استفاده از معادله ریج و ایپسون برای نفوذ گلوله سرنخت در اهداف بتنی سبک هوادار اتوکلاو شده بدست آمد که مهمترین نتایج را می‌توان به صورت زیر بیان کرد.

- سرعت حد بالستیک بدست آمده از معادله ریج و ایپسون و مقایسه آن با نتایج تجربی نشان می‌دهد با استفاده از معادله مذکور می‌توان با تقریب خوبی سرعت حد بالستیک را برای انواع پرتابه‌ها پیش‌بینی کرد

- این تحقیق پتانسیل کاربرد AAC در جذب انرژی و سرعت حد بالستیک را به عنوان مواد غیرسازه‌ای نشان داد. با بهبود خواص استحکام AAC ممکن است بتوان این ماده را به عنوان سازه‌های سبک در مصارف نظامی به منظور سازه‌های مقاوم در برابر ضربه و بارهای انفجاری استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

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

مراجع

- [1] 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.
- [2] 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), pp. 77-85.
- [3] Bonakdar, A., Babbitt, F., and Mobasher, B., 2013. "Physical and mechanical characterization of Fiber-Reinforced Aerated Concrete (FRAC)". *Cement & Concrete Composites*. 38, pp. 82-91.
- [4] Laible, R., 1982. "Ballistic Materials and Penetration Mechanics". *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. 1982; 3:190.
- [5] Børvik, T., Forrestal, M.J., Hopperstad, O.S., Warren, T.L., and Langseth, M., 2009. "Perforation of AA5083-H116 aluminium plates with conical-nose steel projectiles-calculations". *Int. J. Impact Eng.* 36, pp. 426-37.
- [6] Wei, G., and Zhang, W., 2014. "Perforation of thin aluminum alloy plates by blunt projectiles: An experimental and numerical investigation". *Journal of Physics: Conference Series* 500, 112065.