



رفتار بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) در برابر انفجار

چکیده

بتن هوادار اتوکلاو شده به طور گسترده ای در ساختمان سازی ، به ویژه در دیوارهای جداکننده استفاده می شود. دیوار های پیرامونی ساخته شده از بتن هوادار اتوکلاو شده ممکن است در معرض شرایط مختلفی از قبیل بارهای دینامیکی جانبی و ضربه قطعات قرار بگیرند.

مقاله ی حاضر به بررسی برخی ویژگی های دینامیکی دیوارهای ساخته شده از بتن هوادار اتوکلاو شده تحت ضربه موضعی با شدت بالا (انفجار)، از قبیل تعداد ترک ها و وابستگی آن ها به حدود مرزی ، شروع از هم گسیختگی و سهم عملیات سطحی و تقویت سطوح، روی بالا بردن عکس العمل مصالح می پردازد.

برخی مقایسه ها نیز با آزمون های انجام شده بر روی بتن معمولی در این مقاله انجام شده است.

کلمات کلیدی: بتن هوادار اتوکلاو شده، بتن، ضربه دینامیکی

مقدمه

بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) به طور گسترده ای در ساختمان سازی مورد استفاده قرار می گیرد که این امر عمدتاً به سبکی و خواص عایقی بهینه آن مربوط می گردد. به دلیل تخلخل بالا ، بتن هوادار اتوکلاو شده دارای وزن مخصوص پایین می باشد. عناصر سازه ای ساخته شده از بتن هوادار اتوکلاو شده متداول نیستند. یک عضو سازه ای باید بتواند بارهای مختلفی را تحمل کرده و عملکرد درستی داشته باشد. برای دستیابی به این مهم، مصالح باید به



رویکرد تجربی:

برنامه آزمایشگاهی :

آماده سازی نمونه ها



نمونه ها از بلوک بتن هوادار اتوکلاو شده با ابعاد 500 mm * 300mm * 200 mm و به جرم حجمی 500 kg/m³ تهیه شدند. بلوک ها به صفحاتی با ضخامت 25 میلی متر برش داده شدند، که ابعاد هر کدام در جدول زیر آمده است.

Table 1
Samples

Sample no.	Face preparation	Length (mm)	Width (mm)	Holes location	
				x (mm)	y (mm)
1	None	167	105	82	50
2	None	300-330	125	160	60
3	None	270	165	140	78
4	None	270	165	135	80
5	None	270	165	135	80
6	None	270	165	135	80
7	None	380-335	208	145 190	104
8	None	380-335	208	145 190	104
9	PVA	380-325	208	178	103
10	None	325-285	125	150	62
11	None	325-285	125	160	62
12	Textile fab.	141	128	72	62
13	Textile fab.	190-170	128	100	58
14	None	270	165	135	80
15	PVA	380-325	208	170	102
16	None	380	292	165	150
17	Textile fab.	380	208	170	102

سه گروه مختلف نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. در گروه اول، نمونه ها بدون هیچگونه عملیات اضافی به عنوان صفحات مرجع در نظر گرفته شدند. در گروه دوم، آزمونه ها با یک پوشش نازک 0.5 میلیمتری از پلی وینیل استات پوشیده شدند. نمونه های پوشش داده شده پیش از آزمون در دمای محیط به مدت 24 ساعت خشک شدند. در گروه سوم صفحات مش با پلی وینیل استات بر روی نمونه ها چسبانده شدند و در شرایط مشابه نمونه های گروه دوم خشک شدند. سوراخهایی به قطر 2 میلیمتر در محلی که در جدول (1) گفته شده، به میزان ضخامت آزمونه با مته، ایجاد شد.



در اغلب نمونه ها یک سوراخ مرکزی (تک) ایجاد شد، اگرچه در چندین نمونه (نمونه های 7 و 8 در جدول 1) دو سوراخ ایجاد گردید. انفجار دو قلوی همزمان، امکان مطالعه اثرات چند منبعی روی ترک دینامیک و اثرات تقارن را امکان پذیر می سازد.

منبع ضربه

از یک خرج انفجاری میکرو استوانه ای برای ایجاد ضربه دینامیکی استفاده شد. قطر این خرج استوانه ای 2 میلیمتر و طول آن 25 میلیمتر بود. داخل آن 10 میلیگرم مخلوط انفجاری PETN قرار داده شد و برای روشن کردن آن از یک فیوز مینیاتوری استفاده شد. یک صفحه پلاستیکی برای محافظت از نمونه در برابر اثرات چاشنی استفاده شد. (شکل 1)

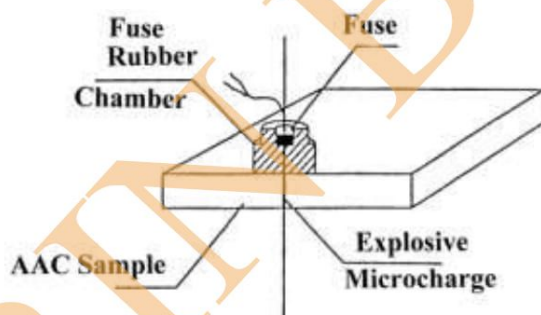


Fig. 1. Stress pulse source.

مهمترین ویژگی های این خرج میکرو عبارتند از سرعت موج ضربه ای 6500 متر بر ثانیه، مدت زمان ضربه 1 ± 12 میکرو ثانیه، حداکثر فشار در مرز لبه سوراخ 882 بار (1).

تنش حاصل از ضربه، که در نزدیکی مرز لبه سوراخ اندازه گیری شده، در شکل 2 نشان داده شده است.



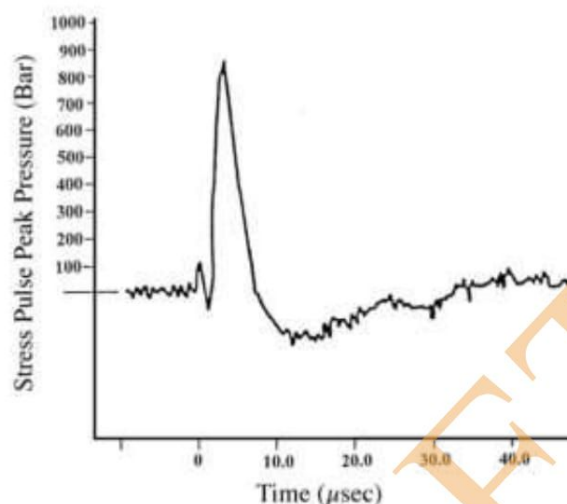


Fig. 2. Pressure-time variation of the stress pulse.

3.3-روش تجربی

3.3.1-روش آزمون نمونه

نمونه آزمون شده، برای محافظت از اثرات انفجار میکرو، در یک محفظه قرار گرفت. خرج انفجاری در داخل سوراخ قرار داده شد و فیوز مینیاتوری همان طور که در شکل (1) نشان داده شده به آن متصل شد. کابل های برق به فیوز متصل شده و سپس به واحد کنترل و منبع تغذیه که در فاصله دوری از محفظه قرار داشت، متصل گردید. و سپس فیوز روشن شد. این روش برای 17 تست دیگر نیز عینا تکرار شد.

4.نتایج

در پایان هر آزمون، آسیب های وارد شده به نمونه ها بررسی و الگوی ترک و طول آن ها ثبت شد. ترک نمونه های مختلف در جدول 2 توصیف شده است.



Table 2
Cracking results

Sample no.	Source-edge distance (mm)/no. of cracks				Remarks
	Lower edge	Upper edge	Right edge	Left edge	
1	50/3 + spall	55/4	82/1	85/1	Blocking spalls
2	60/2 + spall	65/3	100/1	65/3	
3	78/1	87/1	140/0	130/0	
4	80/1 + spall	85/1	135/0	135/1	
5	80/1 + spall	85/1	135/1	135/1	
6	80/1	85/1	135/1	135/1	
7	104/1 + spall	104/2 + spall	145/1	160/0	PVA
8	104/2	104/1	145/1	145/1	
9	103/1	105/1	178/0	160/0	
10	62/2	63/1 + spall	89/1	60/1	
11	62/1	63/1	89/2	70/2	
12	62/2	66/0	72/1	69/1	
13	58/2	70/2	100/0	80/0	Textile fabric
14	80/1 + spall	85/2	135/1	135/1	
15	102/1	106/1	170/0	170/0	PVA
16	150/0	142/0	165/0	215/0	
17	102/*	106/*	170/*	210/*	Crashed by D 8

شکل های 3 تا 5 نتایج معمول چندین نمونه را نشان می دهد. بررسی داده های جمع آوری شده، منجر به مشاهدات زیر گردید.



Fig. 3. Radical and spalling cracks.



Fig. 4. Typical cracking patterns.



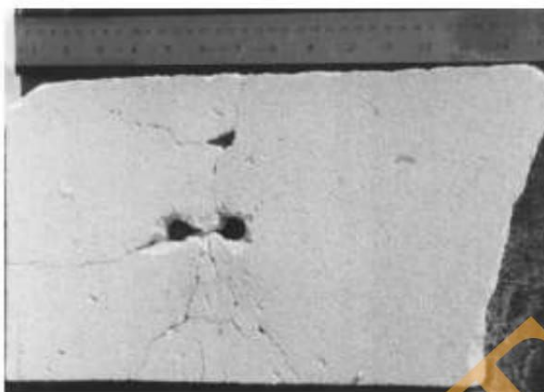


Fig. 5. Twin source simultaneous actions on AAC sample.

4.1- تعداد ترک ها و فاصله منبع

مشخص شد که بیشتر ترک های شعاعی ایجاد شده، از سوراخ مته شروع شده و زمانی که سوراخ مته به لبه های آزمون نزدیکتر است این ترک ها بیشتر می شوند.

فاصله منبع از لبه، فاصله بین سوراخ مته تا مرز نمونه است، که در آزمون های مختلف متفاوت و بین 50 تا 180 میلیمتر است. در نمونه هایی که فاصله منبع از لبه های بلوک حداقل است، آزمون شکسته شده و به طور موضعی محدوده منبع انفجار تا لبه شکسته شده است.

در نمونه هایی که فاصله منبع تا لبه بلوک بیشتر از 160 میلیمتر است هیچ گونه ترک مشاهده نمی شود. این یافته ها در شکل 6 نشان داده شده است.



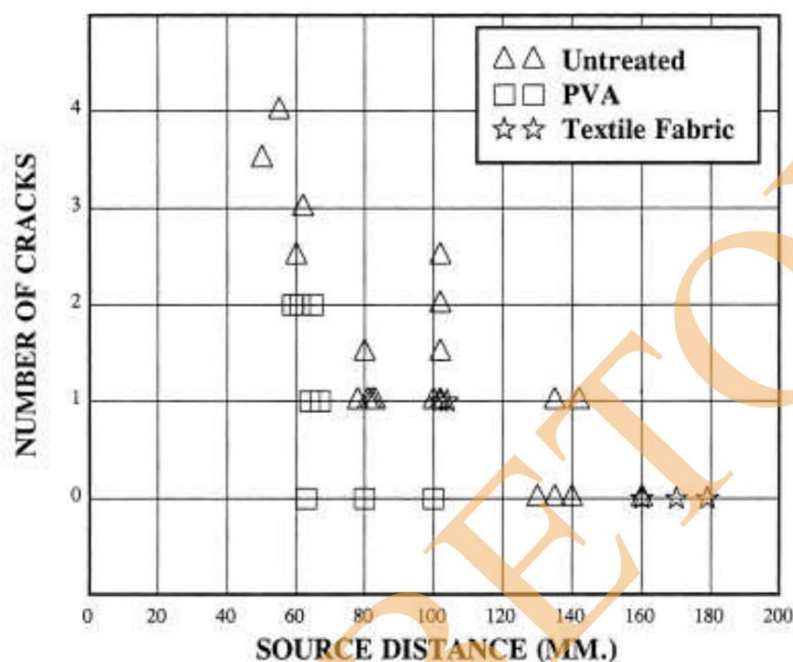


Fig. 6. Number of cracks vs. source-edge distance (SED).

در تعدادی از نمونه ها چندین ترک مشاهده شد. این یک پدیده کاملاً شناخته شده در مصالح ساختمانی نظیر بتن می باشد. ترک های قابل رویت که در بالا بررسی شده اند، در واقع ترک هایی هستند که مسیر آن ها به مرزهای آزمونه ختم شده است. به طور مشابه ممکن است ترک های دیگری بوجود آیند که قبل از رسیدن به لبه های

آزمونه متوقف شده و بنابراین غیر مرئی هستند. این نوع از ترک ها می تواند در نمونه های سیمانی یا بتن تشخیص داده شوند، اما بافت سخت سطحی بتن هوادار اتوکلاو شده عملاً مانع تشخیص این گونه ترک ها می شود. ترک های طولانی تر مستلزم بالاتر بودن انرژی انفجار و زمان انفجار می باشد.

4.2- تعداد ترک ها و عملیات سطحی

نمونه های تقویت شده با مش (گروه 3) به وضوح عملکرد بهتری از نمونه های گروه مرجع را نشان می دهند (گروه 1). در نمونه های 12 و 13، نسبت به دیگر نمونه ها در شرایط مشابه، تعداد ترک کمتر می باشد (شکل 6).

مش در مجاورت سوراخ مته آسیب دیده (تقریباً تا قطر 30 میلیمتری) و نمونه در آن منطقه آسیب دیده است. حد



فاصله منبع انفجار از لبه برای آزمون تقویت شده با مش 70 میلیمتر و برای آزمون مرجع (گروه 1) برابر 110 میلیمتر بود. بهبود عملکرد آزمون ها در برابر انفجار ناشی از تاثیر بیشتر مش و تاثیر کمتر چسب پلی وینیل استات می باشد. این نتیجه گیری با نتایج آزمون های 9 و 15 که توسط پلی وینیل استات پوشیده شده است (گروه 2) تایید می گردد. (شکل 6)

4.3-قلوه کن شدگی

قلوه کن شدگی نمونه ها، نتیجه ی امواج فشاری حاصل از منبع انفجار و حرکت آن ها به سمت لبه ها و امواج کششی منعکس شده از لبه ها می باشد. قلوه کن شدگی تا یک فاصله ای از منبع انفجار و تا قبل از ترک های اصلی ادامه دارد این موضوع در نمونه های 2، 10 و 11 مشاهده شد که در شکل 3 نشان داده شده است. از این مشاهدات می توان نتیجه گیری کرد که سرعت موج فشاری به میزان قابل توجهی بالاتر از سرعت پیشرفت ترک های اصلی است، به همین خاطر که قلوه کن شدگی زودتر اتفاق افتاده و مانع از توسعه ترک های اصلی می شود. همان طور که در شکل 4 نشان داده شده است، در گروه 2 و 3 قلوه کن شدگی کمتر است. این یافته ها نشان می دهد که وجه مورد آزمون و تقویت شده ی یک نمونه مقاومت کششی آزمون را افزایش می دهد و بالتبع مقاومت آنرا در برابر ترک های امواج کششی بالاتر می برد.

4.4-نمونه های با منبع انفجار دوقلو

شکل 5 نمونه بتن هوادار اتوکلاو شده را با یک منبع دو قلو ی انفجاری نشان می دهد. در این نمونه، قلوه کن شدگی بین دو منبع و لبه نزدیکتر به منبع انفجار اتفاق می افتد. در این وضعیت ترک های بیشتری نسبت به حالت تک منبعی مشاهده می شود.

4.5-مقایسه با نتایج آزمون نمونه های بتنی

مقایسه ای که با نمونه های بتن سنگین صورت گرفته نشان می دهد (1) که بیشترین اختلاف در پاسخ دو نوع نمونه به یک انفجار مشابه در ابعاد حفره ایجاد شده در محل انفجار می باشد. در نمونه های بتنی قطر محل مته بعد از



انفجار به اندازه یک میلی متر و در نمونه های بتن هوادار اتوکلاو شده به اندازه تقریباً 20 میلیمتر افزایش می یابد. این امر به علت مقاومت فشاری نسبی کمتر بتن هوادار اتوکلاو شده نسبت به بتن معمولی می باشد. با تشکیل حفره بزرگ تر، انرژی پراکنده شده و میزان آن به مقدار قابل توجهی افت می کند. الگوی ترک ها در هر دو نوع به طور کلی مشابه است.

5. نتیجه گیری

یک طرح آزمایش مدون برای ترکهای دینامیکی، که مسبق به سابقه بود، برای مطالعه عکس العمل دو بعدی نمونه های بتن هوادار اتوکلاو شده در برابر انفجار به کار گرفته شد. نتایج این تحقیق به شرح زیر می باشد:

- فاصله موضع انفجار از لبه ها یک پارامتر بسیار مهم در تعداد ترک های بوجود آمده می باشد.
- عمده ترک ها در فواصل کوتاه از محل انفجار بوجود می آیند
- قلوه کن شدن بلوک ها مقدم بر ترک های اصلی ایجاد شده و مانع پیشروی ترک ها می شوند.
- وجه تقویت شده نمونه ها به وسیله مش چسبانیده شده با پلی وینیل استات، تعداد ترک ها را کاهش و مقاومت در برابر قلوه کن شدن را افزایش می دهد. تاثیر مش عمده و نقش چسب پلی وینیل استات جزئی ارزیابی گردید.
- سطح تقویت شده بلوک، مقاومت کششی و انعطاف پذیری آن را بالا برده و در افزایش شدید مقاومت نمونه نسبت به قلوه کن شدن موثر است.
- در زمانی که منبع انفجار دو قلو باشد، قلوه کن شدگی افزایش می یابد.
- شکستگی ایجاد شده در محل جاگذاری چاشنی انفجاری در بتن هوادار اتوکلاو شده بزرگتر از نمونه های بتن سنگین می باشد. در نمونه بتنی سوراخ مته به اندازه 1 میلی متر و در بتن هوادار اتوکلاو شده، در همان شرایط، 20 میلیمتر افزایش می یابد. اگر چه در نوع و تعداد ترک ها تغییری دیده نمی شود.
- اگر چه محدودیت ابعاد نمونه ها، ناشی از ابعاد بلوک های بتن هوادار اتوکلاو شده تولیدی بود که به شکل صفحه برش داده شدند، اما نتایج مشخص کرد که ابعاد نمونه ها و میزان خرج انفجاری به هم وابسته



هستند. در ابعاد داده شده، تاثیرات مختلف محدوده لبه ها می تواند مورد مطالعه قرار گیرد.

مراجع:

References

- [1] Avnon I, Yankelevsky DZ, Jaegermann C. Controlled dynamic cracking of hardened cement paste specimen. Eng Frac Mech 1991;40:667-679.
- [2] Glinicki MA. Effect of the loading rate on the tensile strength of concrete. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:93-96.
- [3] Nammur GG, Naaman AE. Strain rate effects of tensile properties of fiber reinforced concrete. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:97-118.
- [4] Takeda JL. Strain rate effects on concrete and reinforcement, and their contributions to structures. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:15-19.
- [5] Reinhardt HW. Strain rate effects on the tensile strength of concrete as predicted by thermodynamic and fracture mechanics models. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:1-13.
- [6] Chen EP. Continuum damage mechanic studies on dynamic fracture of concrete. Proc Mater Res Symp 1985;64:86.
- [7] Bentur A, Mindess S, Banthia NP. The fracture of reinforced concrete under impact loading. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:225-234.
- [8] Kobayashi AS, Hawkins NM, Du JJ. An impact damage model of concrete. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:203-215.
- [9] Mindess S, Banthia NP, Ritter A, Skalney JP. Crack development in cementitious materials under impact. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:217-223.
- [10] Shah SP. Concrete and fiber reinforced concrete subjected to impact loading. Proc Mater Res Soc Symp 1985;64:181-201.
- [11] Dancygier AN, Yankelevsky DZ. High strength concrete response to hard projectile impact. Int J Impact Eng 1996;18:583-599.
- [12] Yankelevsky DZ, Avnon I. Controlled dynamic cracking of high strength concrete specimens. ASCE J Mater Civil Eng 1994;6:564-577.

ترجمه از واحد تحقیق و توسعه شرکت پَرین بتن آمود

آقایان مهندسین محمد جواد احمدی و میثم زمانیان

