



بتن گازی (AAC) - خواص و زمینه های کاربرد

علیرضا باقری استادیار دانشکده عمران - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
طیبه پرهیزکار - عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ایران
امیرمازیار رئیس قاسمی - کارشناس بخش بتن، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ایران

چکیده

کاربرد بتن های سبک در صنعت ساختمان با توجه به مزایای قابل توجه این نوع بتن ها در رابطه با کاهش جرم ساختمان و بهبود و عایق بندی حرارتی، در سطح جهان در حال گسترش می باشد. بتن گازی (بتن هوادار اتوکلاو شده)^(۱) که به اختصار AAC نامیده می شود نوع خاصی از بتن سبک متخلخل است که با ایجاد حبابهای گاز در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصل در اتوکلاو تولید می گردد. در این مقاله ضمن معرفی خواص این نوع بتن و معیارهای معمول تعیین کیفیت آن، نتایج تحقیقات آزمایشگاهی انجام شده در بخش بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در رابطه با خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه های بتن گازی تولید داخل کشور ارائه شده است. همچنین بر مبنای مطالعات آزمایشگاهی انجام شده توصیه هایی در رابطه با نحوه کاربرد این نوع بتن در صنعت ساختمان عرضه شده است.

کلید واژه ها: بتن سبک، بتن هوادار اتوکلاو شده، عایق حرارتی، وزن مخصوص، مقاومت در برابر آتش، تولید

بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) یا بتن گازی یکی از انواع خاص بتن سبک متخلخل می باشد. این نوع بتن بعلت وزن کم و خواص عایق بندی حرارتی، باعث کاهش جرم ساختمان و صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد و بدین لحاظ کاربرد آن در سطح جهان در حال گسترش می باشد. محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است طی ۷۰ سال اخیر در کشور سوئد تولید شده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد حباب هوا در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله در اتوکلاو می باشد. از خواص عمده بتن گازی وزن مخصوص کم، مقاومت مناسب، عایق بندی حرارتی و مقاومت در برابر آتش قابل ذکر می باشد. با توجه به خصوصیات ذکر شده از کاربردهای عمده بتن گازی تولید بلوکهای سبک ساختمانی جهت ساخت دیوارهای جداکننده و باربر می باشد. همچنین قطعات مسلح بتن گازی برای کاربردهای نیمه سازه ای مانند پانلهای سقف و دیوار مورد استفاده قرار می گیرند.

تاریخچه و وضعیت موجود تولید AAC در جهان

بتن گازی (AAC) در دهه ۱۹۲۰ در کشور سوئد تولید گردید. انگیزه تولید آن دستیابی به ماده ای با خواص چوب نظیر سبکی، عایق بندی حرارتی و قابلیت برش و شکل دادن و در عوض بدون معایب چوب همانند قابلیت اشتعال و فساد پذیری آن بود. پس از سال های ۱۹۵۰، ساخت AAC در دیگر کشورها نیز آغاز شد و امروزه این محصول به روش های مختلف و نامهای متفاوت در بسیاری از کشورها تولید می گردد. محصولات تجاری ثبت شده نظیر Hebelex، ytong، Unipol و H+H، Durox، Siporex تولید و عرضه می شوند همگی بتن گازی می باشند که در نسبت های اجزاء مواد اولیه، روش برش دادن بتن و مراحل پیش و پس فرآیند تفاوت هایی با یکدیگر دارند. تعداد کارخانه های تولید کننده بتن گازی بر اساس آمار سال ۱۹۹۱ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ - آمار تولید بتن گازی در برخی کشورهای جهان (آمار سال ۱۹۹۱) [1]

کشور	تعداد کل کارخانه	تکنولوژی AAC				
		YTONG	HEBEL	SIPOREX	DUROX	H+H
ایران	۳	۱	-	۱	-	-
ترکیه	۳	۱	۱	-	-	-
کویت	۱	-	-	-	۱	-
عربستان سعودی	۱	-	-	۱	-	-
اندونزی	۲	-	-	-	-	۲
استرالیا	۳	-	-	۲	-	-
مصر	۴	۳	-	۱	-	-
روسیه	۶۰ *					
آلمان	۳۲	۸	۱۳	-	۱	-
انگلستان	۱۳	۶	۱	۱	۱	۴
فرانسه	۵	۱	۱	۲	۱	-
ایتالیا	۲	-	۱	۱	-	-
رومانی	۱۲	۱	۸	-	-	-
دانمارک	۲	-	-	-	-	۲
عراق	۳	-	-	۲	-	-

* به تفکیک مشخص نیست

مصالح اولیه و کلیات تولید بتن گازی (AAC)

در صنعت معمولاً به بتن هوادار اتوکلاو شده (*Autoclaved Aerated Concrete*) بتن گازی اطلاق می‌گردد و به این شکل بتن هوادار اتوکلاو شده از نوع دیگر بتن سبک اسفنجی، بتن هوادار اتوکلاو نشده (بتن کفی) متمایز می‌شود.

بطور کلی محصولات AAC از ترکیب دو ماده زیر تشکیل می‌گردد:

الف - ماده با پایه سیلیسی (ماسه سیلیسی آسیاب شده یا خاکستر بادی)

ب - ماده چسباننده

از سیمان پرتلند معمولی (OPC) و آهک معمولاً بعنوان ماده چسباننده استفاده می‌گردد. این مواد در طی فرآیند اتوکلاو با سیلیس واکنش انجام داده و سیلیکات کلسیم هیدراته تولید می‌شود.

یکی از روش‌های هوادار کردن بتن، اعمال گاز است که این گاز توسط واکنش شیمیایی در بتن تولید می‌گردد. بدین منظور ملات باید کارایی مناسب داشته باشد تا حباب‌ها در ملات بطور یکنواخت توسعه یافته و از ملات خارج نگردند. بنابراین سرعت ایجاد حباب گاز، روانی دوغاب و زمان گیرش باید هماهنگ باشند.

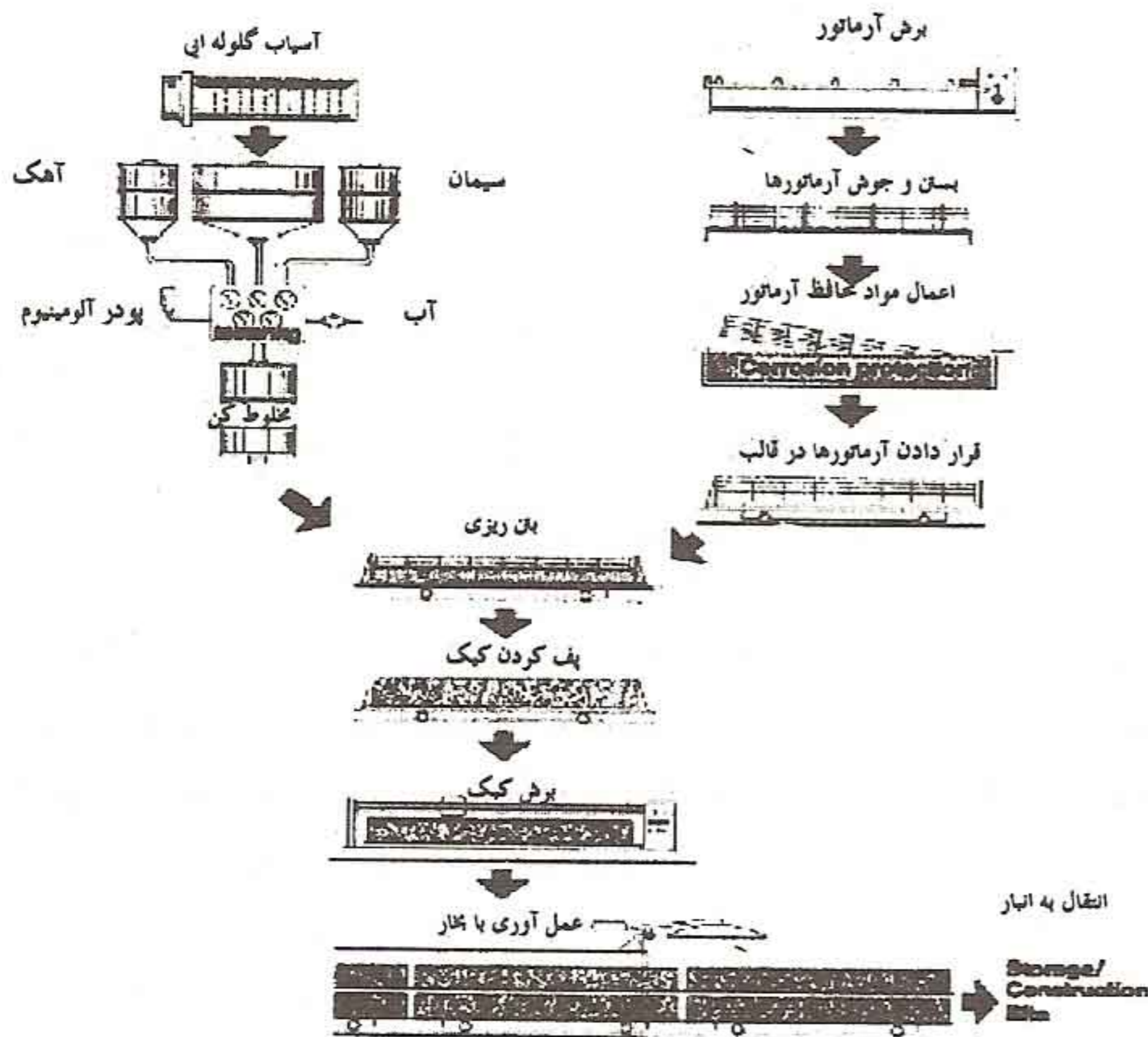
از معمولترین روش‌های اعمال گاز یا حباب در تولید بتن گازی، استفاده از پودر آلومینیم است. واکنش بین پودر آلومینیم با هیدروکسید کلسیم (حاصل از هیدراتاسیون سیمان) سبب آزاد شدن هیدروژن می‌شود و در نتیجه حباب‌ها تشکیل می‌گردند. می‌توان از پودر روی (Zinc) یا آلیاژ آلومینیم نیز برای تولید حباب‌ها استفاده نمود. گاهی اوقات از پیروکسید هیدروژن برای تولید حباب‌های اکسیژن استفاده می‌شود.

جهت دستیابی به خواص بهتر مقاومتی و کاهش پدیده جمع شدگی، بتن هوادار تحت فشار و دمای بالا (اتوکلاو) عمل آوری می‌گردد. این فرآیند باعث تولید محصولی با ساختار کاملاً متفاوت نسبت به ماده ای که اتوکلاو نشده، می‌گردد.

کلیات روش تولید بتن گازی بصورت شماتیک در شکل "۱" نشان داده شده است.

مصالح اولیه

آرماتور گذاری



شکل ۱ - مراحل اصلی تولید بتن گازی [۲]

اگر محصولی که فقط از سیمان پرتلند بعنوان چسباننده در آن استفاده شده تحت فرآیند اتوکلاو قرار گیرد، مقاومت حاصل کم خواهد بود. اعمال فرآیند اتوکلاو روی بتن در صورتی موثر است که سیلیس آسیاب شده به سیمان افزوده شود و در نتیجه واکنش شیمیایی بین سیلیس و هیدروکسید کلسیم (Ca(OH)_2) حاصله از هیدراتاسیون سیمان انجام گردد. وقتی که بتن در فشار زیاد عمل آوری می‌گردد، سیمانی که مقدار C_3S آن زیاد است، ظرفیت بیشتری برای کسب مقاومت دارد.

وضعیت تولید بتن گازی در کشور

دو مجتمع تولید بتن گازی در حال حاضر در کشور در حال فعالیت می‌باشند که اطلاعات کلی در خصوص وضعیت این کارخانه ها بشرح ذیل می‌باشد:

الف - مجتمع تولیدی و صنعتی سیپورکس (شرکت فرآورده های ساختمانی ایران)

این مجتمع در اوایل دهه ۱۳۵۰ در منطقه آبیگ قزوین ساخته شده است و شامل دو خط تولید با نامهای تجاری سیپورکس و ایتونگ می‌باشد. این مجتمع دارای ظرفیت اسمی حدود ۱۴۵۰ مترمکعب در دو شیفت کاری در روز می‌باشد که بطور متوسط با نصف این ظرفیت کار می‌کند. میزان مصالح اولیه، نحوه تولید، آماده سازی نمونه ها و اتوکلاو نمودن در خطوط تولید سیپورکس و ایتونگ قدری با یکدیگر تفاوت دارد. هر چند تولید عمده کارخانه در حال حاضر بلوکهای سبک دیواری است، این مجتمع قادر به تولید پانلهای بتن گازی مسلح نیز می‌باشد.

ب - مجتمع تولیدی بنای سبک (هبلکس)

این کارخانه در منطقه باقراآباد ورامین واقع شده است. تولید این کارخانه بصورت بلوکهای سبک دیواری بوده و ظرفیت تولید آن بطور متوسط ۲۰۰ مترمکعب روزانه در دو شیفت کاری است.

خواص بتن گازی

با توجه به موارد کاربرد، بتن گازی در جرمهای حجمی گوناگون و مقاومت‌های مختلف تولید می‌شود. از آنجائی که تاکنون استاندارد در خصوص تولید و نحوه کنترل کیفیت بتن‌های سبک در کشور تدوین نشده است، در ادامه تعدادی از خصوصیات مهم این بتن بر اساس منابع و مدارک خارجی ارائه می‌گردد.

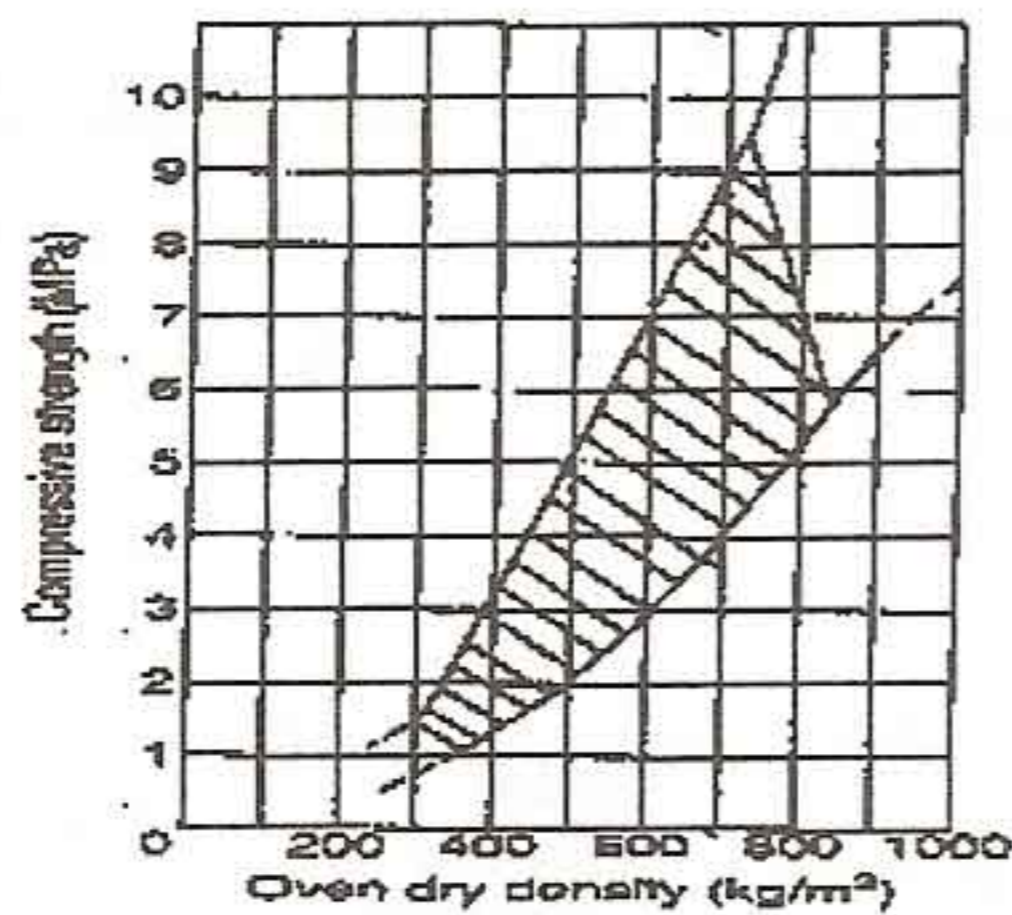
جرم حجمی

این پارامتر از مهم‌ترین خصوصیات بتن گازی می‌باشد و اکثر خواص بتن گازی بستگی به آن دارد. از آنجائی که جرم حجمی بستگی به وضعیت رطوبت نمونه دارد، جهت استاندارد کردن و مبنای مقایسه انواع بتن سبک، جرم حجمی در حالت خشک شده در کوره بعنوان معیار در نظر گرفته می‌شود. بتن گازی معمولاً با جرم حجمی خشک در محدوده ۴۰۰ تا kg/m^3 حدود ۸۰۰ تولید می‌شود.

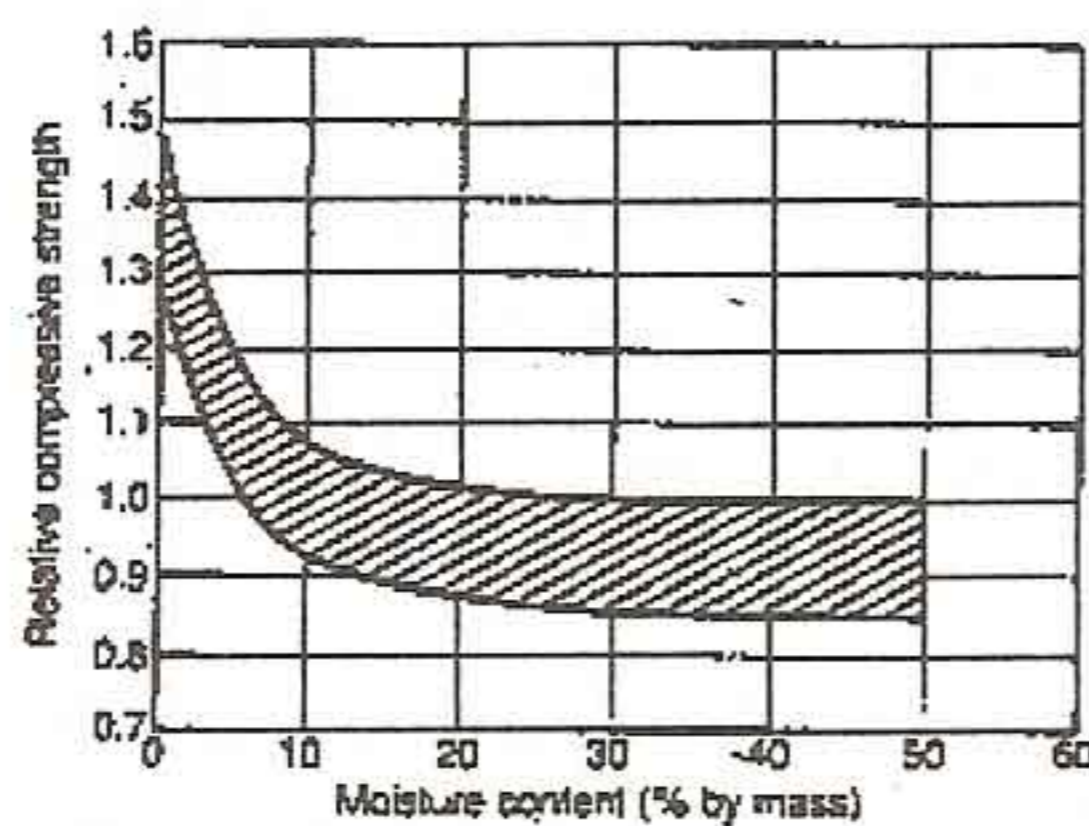
بتن گازی در هنگام خروج از اتوکلاو دارای رطوبتی بین ۲۰ تا ۳۵ درصد وزنی می‌باشد. این رطوبت بتدریج کاهش پیدا کرده و بسته به شرایط رطوبتی محیط و موقعیت استفاده آن در ساختمان در حدود ۳/۵ درصد رطوبت به تعادل می‌رسد [۲ و ۴]. شایان ذکر است که عدد فوق مربوط به شرایط محیطی اروپا بوده و در شرایط محیطی کشور ما که عمدتاً گرم و خشک می‌باشد، رطوبت نهایی نمونه‌ها عمدتاً پایین تر از مقدار ۳/۵ درصد خواهد بود.

مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بتن گازی نیز مانند بقیه بتن‌های سبک با افزایش جرم حجمی، افزایش می‌یابد. شکل ۲ ارتباط بین این دو پارامتر را نشان می‌دهد [۲]. همچنین وضعیت رطوبتی نمونه در مقاومت فشاری آن تأثیر می‌گذارد. مقاومت فشاری نمونه‌های خشک شده در هوا حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از نمونه های اشباع شده می‌باشد. شکل ۳ تأثیر مقدار رطوبت نمونه را روی مقاومت فشاری آن نشان می‌دهد.



شکل ۲ - رابطه مقاومت فشاری و جرم حجمی خشک بتن گازی



شکل ۳ - رابطه بین مقدار رطوبت نمونه و مقاومت فشاری بتن گازی

با توجه به عمل آوری خاص اتوکلاو که روی بتن گازی اعمال می‌گردد، این نوع بتن‌ها در پایان این فرآیند به مقاومت نهایی خود رسیده و مقاومت آنها افزایش محسوسی در طی زمان نخواهند داشت.

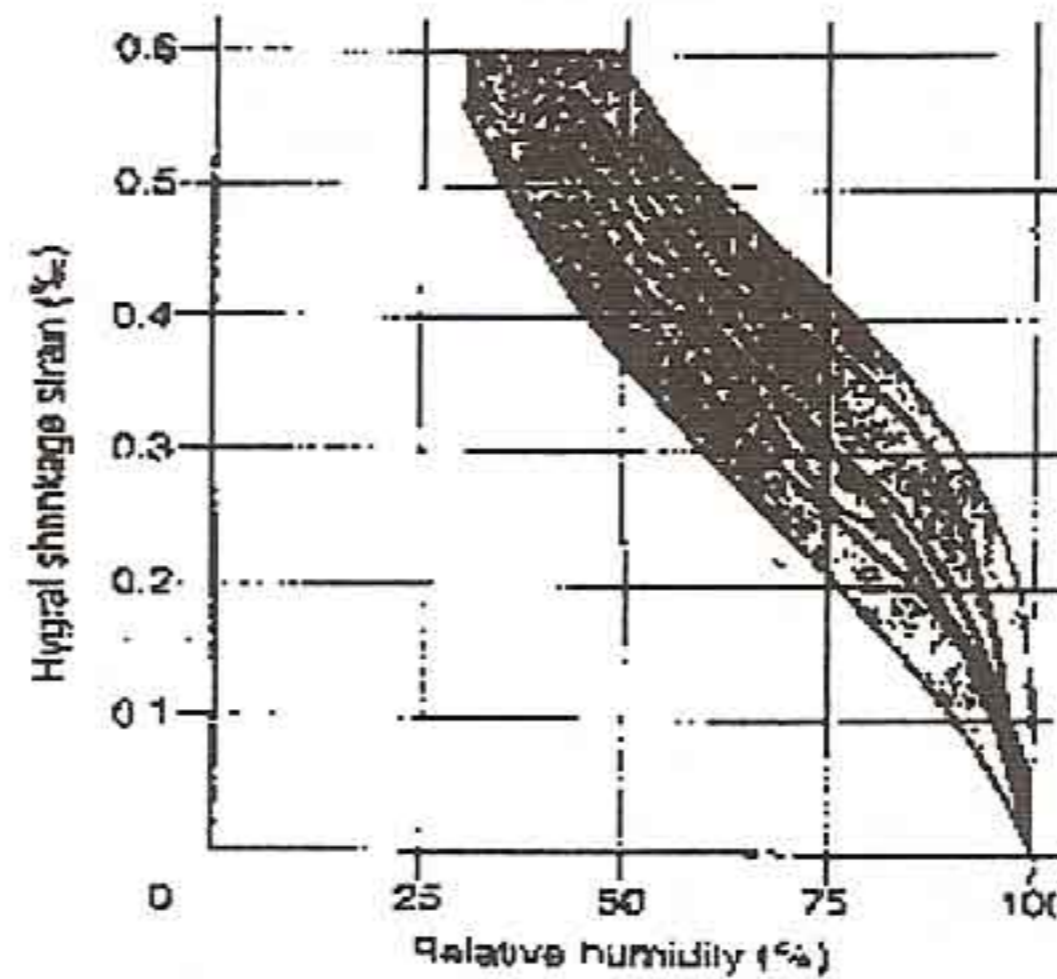
جمع شدگی ناشی از خشک شدن

جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن با کاهش رطوبت آن شروع می‌شود. از دست دادن رطوبت از وضعیت اشباع، بلافاصله بعد از قرار گرفتن نمونه در محیط خشک شروع می‌شود و آب از منافذ بزرگ خارج می‌گردد. این کاهش رطوبت با کاهش حجم چندانی همراه نیست و با ادامه خشک شدن، آب از منافذ مویین کوچک (با اندازه کمتر از ۵۰ نانومتر) بتن و همچنین آب جذب شده روی سطوح داخلی مواد متشکله بتن گازی خارج می‌گردد. این خشک شدن با کاهش قابل توجه حجم خمیر سیمان همراه است. بر این اساس عامل اصلی جمع شدگی، از دست رفتن آب منافذ مویینه و آب جذب شده روی سطوح می‌باشد. جمع شدگی بتن اتوکلاو شده کمتر از بتن معمولی می‌باشد. این امر عمدتاً به دلیل تشکیل توبورموریت کریستالی با سطح کم به جای C-S-H میکروکریستالی با سطح زیاد می‌باشد. میزان جمع شدگی نهایی بتن به رطوبت نسبی محیط بستگی دارد و در رطوبتهای نسبی پایین‌تر میزان جمع شدگی بیشتر خواهد بود. شکل ۴ مقدار جمع شدگی بتن گازی را در شرایط مختلف رطوبت نسبی نشان می‌دهد.

استاندارد انگلیس بریتانیا مقدار حداکثر مجاز جمع شدگی ناشی از خشک شدن را برای بلوکهای بتن گازی برابر ۰/۰۹ درصد تعیین می‌کند [5]. شایان توجه است که مقدار جمع شدگی اندازه‌گیری شده روی یک نمونه بتن تا حد زیادی بستگی به روش آزمایش، خصوصاً وضعیت رطوبتی در نظر گرفته شده برای نمونه‌ها در شروع و خاتمه اندازه‌گیری میزان جمع شدگی دارد.

جذب آب

منظور از جذب آب درصد وزنی آب جذب شده نسبت به وزن خشک نمونه بتنی، طی زمان مشخص استغراق در زیر آب می‌باشد. مقدار جذب آب برای بتن معمولی حدود ۵ تا ۱۰ درصد وزنی می‌باشد. بتن گازی پس از پایان فرآیند اتوکلاو دارای حدود ۳۰ درصد وزنی رطوبت قابل تبخیر است. میزان جذب آب نمونه های بتن گازی تا حدود ۷۰ درصد وزنی گزارش شده است [4].



شکل ۴ - میزان جمع شدگی بتن گازی (AAC) در شرایط مختلف رطوبت نسبی [2]

نتایج آزمایشهای موردی انجام شده روی نمونه های بتن گازی تولید داخل کشور

در فصل گذشته مشخصات عمومی بتن های گازی بر مبنای منابع بین المللی ارائه گردید. در این بخش نتایج آزمایشهای انجام شده در بخش بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن روی تعدادی نمونه بتن گازی تولید داخل کشور ارائه می‌گردد. شایان ذکر است که نمونه های آزمایش شده بصورت آماده برای انجام آزمایش دریافت گردیدند و نتایج حاصله نباید بعنوان معرف کلی تولیدات داخلی بتن گازی تلقی گردد.

دو گروه بتن گازی تولید داخل کشور با شناسه های GI و GS تحت آزمایشهای تعیین مقاومت فشاری، تعیین جذب آب، تعیین جرم حجمی خشک و تعیین جمع شدگی ناشی از خشک شدن از حالت اشباع قرار گرفتند که نتایج آن بشرح زیر می‌باشد:

مقاومت فشاری

مقاومت فشاری هر یک از دو گروه بتن گازی روی ۳ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۰ سانتیمتر تعیین شد. رطوبت نمونه های GS، ۵/۳ درصد و نمونه های GI حدود ۹ درصد در هنگام آزمایش مقاومت فشاری اندازه گیری گردید. مقاومت فشاری میانگین نمونه های GS برابر ۲/۶ مگاپاسکال و نمونه های GI، ۳/۲۵ مگاپاسکال تعیین گردید. شایان ذکر است که حداقل مقاومت قابل قبول طبق توصیه نامه BRE 343 کشور انگلستان [۵]، ۲/۸ مگاپاسکال می‌باشد. همچنین آئین نامه DIN کشور آلمان نیز با توجه به مورد مصرف رده های مختلف مقاومتی از ۲ تا ۸ مگاپاسکال را تعیین نموده است [7].

جذب آب

به منظور تعیین جذب آب، ۳ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتیمتر از هر نوع بتن گازی به مدت ۴۸ ساعت در آب مستغرق شده و پس از ۴۸ ساعت نمونه ها به محیط آزمایشگاه منتقل و پس از ۱ روز خشک شدن داخل کوره گذاشته شدند. نمونه ها تا رسیدن به وزن ثابت داخل کوره نگهداری شده و هر ۲۴ ساعت یکبار وزن آنها قرائت گردید. جذب آب وزنی نمونه های GS برابر ۶۱/۸ درصد و نمونه های GI، ۶۶/۳ درصد در پایان ۴۸ ساعت قرائت گردید. شایان ذکر است که مقادیر متناظر در پایان ۲۴

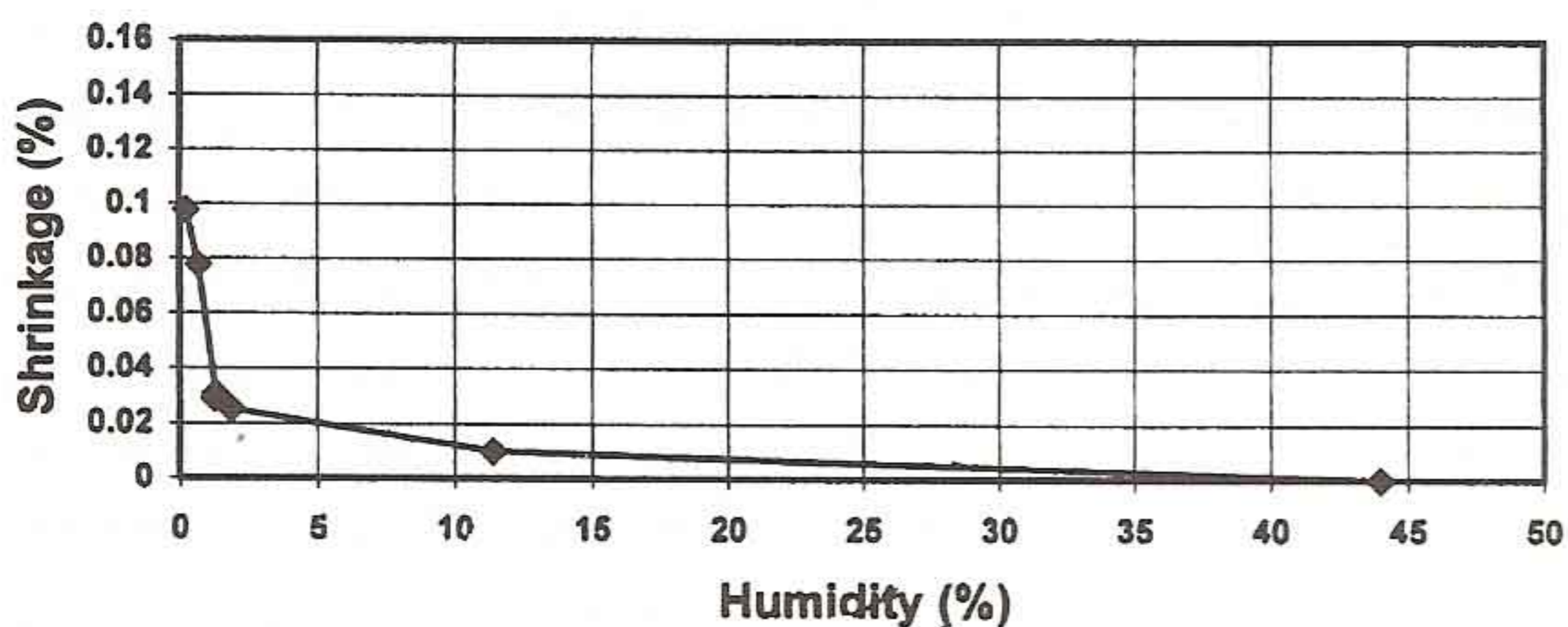
ساعت ۶۱/۶ و ۶۵/۴ درصد بوده که نشانگر این است که تقریباً تمامی جذب آب در ۲۴ ساعت اول رخ داده است. همچنین درصد جذب آب حجمی نمونه های GS پس از ۴۸ ساعت ۳۲/۵ و برای نمونه های GI، ۳۷ درصد حاصل گردید. قابلیت جذب آب بالا از خصوصیات بتنهای گازی می باشد و در منابع مختلف جذب آب تا ۶۰ الی ۷۰ درصد وزنی نیز گزارش شده است [4].

جرم حجمی خشک

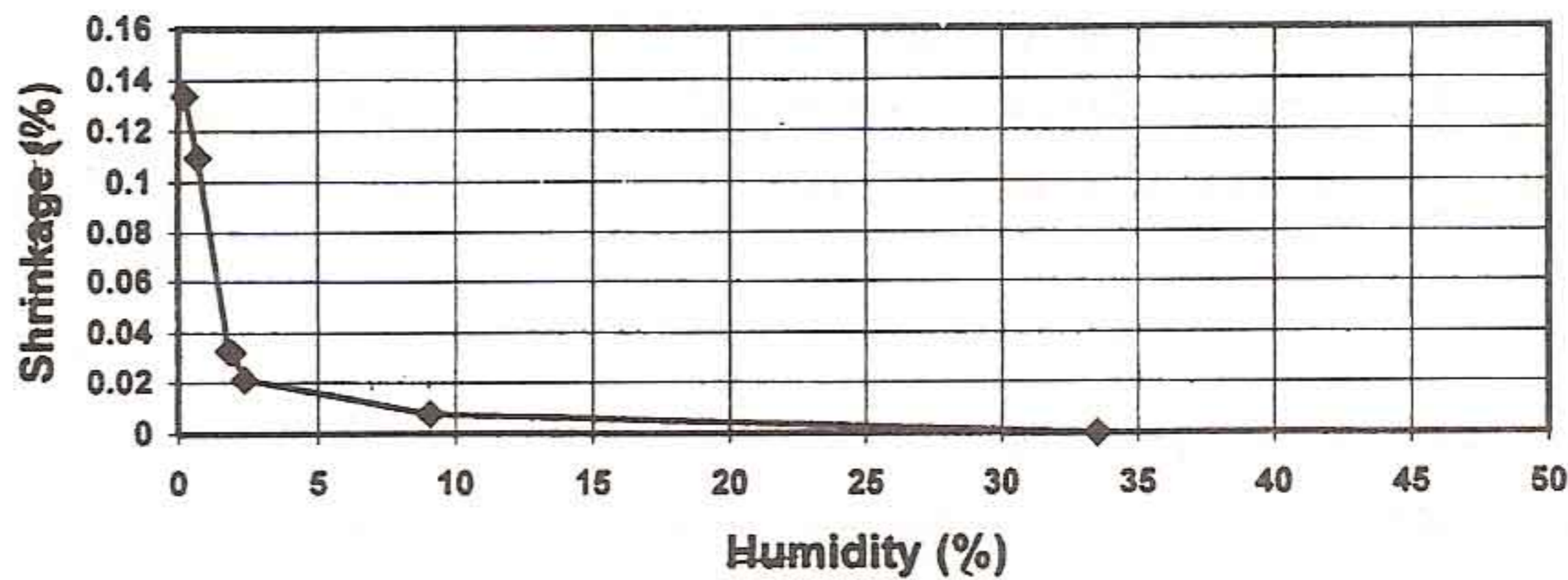
جرم حجمی خشک هر یک از دو گروه بتن گازی توسط خشک کردن ۳ آزمون مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتیمتر در کوره با دمای 100°C تا رسیدن به دمای ثابت تعیین شد. مقدار میانگین حاصله برای بتن گازی با شناسه GS، 525 kg/m^3 و برای بتن گازی با شناسه GI، 560 kg/m^3 تعیین شد.

تعیین مقدار جمع شدگی ناشی از خشک شدن از وضعیت اشباع

۳ نمونه با ابعاد $4 \times 4 \times 16$ سانتیمتر از هر یک از دو گروه بتن گازی انتخاب و بوسیله استغراق در آب و رطوبت نمونه ها به حالت نزدیک به اشباع رسانیده شد. اولین قرائت جمع شدگی روی نمونه ها پس از خروج از آب و خشک نمودن سطح نمونه ها انجام پذیرفت. نمونه ها به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاه (دمای حدود 25°C و رطوبت نسبی ۳۵ تا ۴۰ درصد) نگهداری شده و کاهش طول و وزن آنها در فواصل زمانی ۲ الی ۳ روز اندازه گیری گردید. در پایان دو هفته نمونه ها به گرمخانه با دمای 55°C منتقل و در فواصل زمانی ۱ روز کاهش وزن و کاهش طول آنها بر اثر خشک شدن اندازه گیری شد. میزان کاهش در رطوبت نمونه ها و جمع شدگی ناشی از خشک شدن متناظر آنها در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همانگونه که نتایج آزمایشها نیز نشان می دهند از دست دادن رطوبت منافذ بزرگ (از حدود ۴۰ درصد وزنی به حدود ۱۰ درصد) موجب جمع شدگی جزئی بتن های گازی در حد ۰/۰۱ درصد می شود. با خشک شدن بیشتر بتن های گازی و خروج آب از منافذ کوچکتر میزان جمع شدگی افزایش یافته و مشاهده می گردد با کاهش رطوبت از ۱۰ درصد به ۵ درصد، میزان جمع شدگی متناظر از ۰/۰۱ درصد به ۰/۰۲ درصد افزایش می یابد. با خشک شدن بیشتر و کاهش رطوبت به زیر ۵ درصد میزان جمع شدگی به میزان قابل توجهی افزایش یافته و تا رسیدن به وزن ثابت، جمع شدگی نمونه های بتن گازی GI به ۰/۱۳ درصد و نمونه های GS به حدود ۰/۱ درصد رسیده است. شایان ذکر است که این مقادیر بیشتر از مقادیر حداکثر مجاز ذکر شده در منابع مختلف می باشند.



شکل ۵ - جمع شدگی نمونه های GS



شکل ۶ - جمع شدگی نمونه های GI

نتیجه گیری

بتن گازی (AAC) ماده‌ای است که قریب به ۷۰ سال سابقه کاربرد بعنوان بتن سبک جهت تولید بلوکهای سبک ساختمان و یا پانلهای سبک مسلح ساختمانی دارد. خواص مطلوب آن شامل جرم حجمی پایین، نسبت مناسب مقاومت به جرم حجمی، عایق بندی مناسب حرارتی و ثبات حجمی (جمع شدگی ناشی از خشک شدن) نسبتاً پایین باعث شده است که این ماده در بسیاری از کشورهای جهان با شرایط اقلیمی مختلف تولید و مورد استفاده قرار گیرد. هم اکنون استانداردهای تعیین کیفیت بتن گازی در بسیاری از کشورهای جهان وجود دارد و استانداردهای جدید اروپای متحد نیز تعدادی استاندارد برای تعیین الزامات حداقل و همچنین روشهای آزمایش بتن های گازی تدوین نموده است.

در عین حال شایان توجه است که این محصول نیاز به تولید کارخانه ای با سرمایه گذاری اولیه نسبتاً بالا دارد. در کشور ما دو واحد تولیدی مجموعاً با ۳ خط تولید فعال بتن گازی مشغول به کار می باشند. یکی از واحدها در نزدیکی تهران (ورامین) و دیگری در مسیر کرج - قزوین (در منطقه آبیک) احداث شده اند. همچنین تجهیزات دو خط تولید نصب نشده در یکی از دو واحد تولیدی فوق الذکر موجود می باشند که می توانند جهت نصب در موقعیت های مناسب جغرافیایی از نقطه نظر منابع اولیه و همچنین مناطق تحت پوشش مورد نظر کشور برای ارائه بلوک های سبک ساختمانی مکانیابی گردند.

در حال حاضر تولید بتن گازی در کشور بصورت بلوکهای سبک می باشد که در ساختمانها برای ساخت دیوارهای جداکننده داخلی و خارجی مورد استفاده قرار می گیرند. شواهدی مبنی بر عدم یکنواختی و در مواردی عدم انطباق تولیدات کارخانه ها با حداقل الزامات ذکر شده در مدارک فنی وجود دارد. همچنین در زمینه کاربرد در برخی موارد مشکلاتی در خصوص ترک خوردگی، جذب و انتقال رطوبت به داخل ساختمان مشاهده شده است [۱۰]. بدیهی است کاربرد مناسب و مطلوب بتن گازی در ساختمان مستلزم تولید بتن گازی با کیفیت مطلوب و همچنین کاربرد مناسب آن در رابطه با مسائل و جزئیات اجرایی می باشد. متأسفانه در کشور در زمینه استانداردهای این ماده کار اندکی انجام شده و لازم است استانداردهای تفصیلی برای تعیین حداقل شاخص های کیفیت قابل قبول و همچنین روشهای استاندارد انجام آزمایش های تعیین کیفیت تدوین گردند. همچنین لازم است روی مسائل کاربردی این ماده کار شود و آئین های کار مناسبی در این رابطه تدوین گردد. همچنین در خصوص استاندارد کردن پانلهای بتن گازی مسلح و یا انجام بررسی و تحقیقات و تدوین آئین کاربرد مناسب این پانلهای کاری انجام نشده است. در صورت انجام موارد فوق الذکر، بتن گازی با توجه به وجود تجهیزات تولید در داخل کشور، می تواند پتانسیل مناسبی برای تأمین بخشی از نیازهای سبک سازی کشور فراهم سازد.

منابع

[1] Durbal, W., "On Production and Application of AAC World Wide, Advances in

Autoclaved Aerated Concrete", Edited by F.H. Wittmann, 1992 pp 3-10

[2] "Autoclaved Aerated Concrete, Properties , Testing and Design, RILEM Recommended Practice", RIM,London , 1993.

[3] Ytong International, "What is Ytong" , GMBH.Germany.

[4] Short,A and Kinniburgh,W ; "Lightweight concrete". Applied sience pub. London 1978 .

[5] Building Research Establishment (BRE), Digest No.342, "Autoclaved Aerated Concrete, properties, testing and design". London 1989.

[6] BS 6073-Part 1 - "Precast Concrete Masonary Units" - 1981.

[7] DIN 4165. "Autoclaved aerated Concrete blocks and Rlat element". [N.D]

[8] B.R.E. Digest No 196, External rendered finishes , London 1976.

[9] BRE Digest No 213 , "Choosing Specifications for Plastering", London , 1978.

[۱۰] مذاکرات شفاهی بعمل آمده با برخی استفاده کنندگان و آزمایش های انجام شده روی برخی نمونه های موردی بتن گازی در بخش بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن .