بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده پردیس دانشگاهی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار حفره دار

از:
پوریا اسدی

استاد راهنما:
دکتر رحمت مدندوست

استاد مشاور:
دکتر سید مهدی زهرائی

مهر ۱۳۹۲

دانشکده پردیس دانشگاهی
مهندسی عمران
گرایش سازه

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار حفره دار

از:
پوریا اسدی

استاد راهنما:
دکتر رحمت مدندوست

استاد مشاور:
دکتر سید مهدی زهرائی

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به:

مادر و پدر عزیزم

فهرست

چکیده فارسی ..... چ
چکیده انگلیسی ..... ح
۱. مقدمه ۱
۱-۱. پیشینه ۱
۱-۲. اهداف ۵
۱-۳. معرفی فصول ۷
۲. معرفی سیستم قالب های عایق ماندگار ۸
۲-۱. معرفی کلی سیستم ۸
۲-۲. معرفی اجزای تشکیل دهنده سیستم ۸
۲-۲-۱. قالب بلوکی ۱۱
۲-۲-۲. قالب پانلی ۱۵
۲-۳. ویژگی های فنی مصالح مورد استفاده ۱۶
۲-۳-۱. پلی استایرن منبسط ۱۶
۲-۳-۲. بتن ۱۷
۲-۳-۳. میلگرد ۱۷
۲-۳-۴. رابط ها ۱۸
۲-۴. بررسی رفتار سازه ای سیستم ۱۸
۲-۴-۱. سیستم باربر ثقلی و جانبی ۱۸
۲-۴-۲. رفتار لرزه ای سیستم ۱۹
۲-۴-۳. سازگاری سیستم با آیین نامه های ساختمانی داخلی و خارجی ۲۱
۲-۵. تشریح برخی از محدودیت های سیستم ICF ۲۲
۲-۶. ارزشیابی فنی-اقتصادی ۲۲
۳. مبانی نظری ضریب رفتار ۲۴
۳-۱. کلیات ۲۴
۳-۲. روش های محاسبه ضرایب رفتار ۲۶
۳-۲-۱. روش های آمریکایی ۲۶

۳-۲-۱-۱. روش طیف ظرفیت فریمن ۲۶
۳-۲-۱-۲. روش ضریب شکل پذیری یوانگ [۲۵]..... ۲۸
۳-۲-۲. روش های اروپایی..... ۳۱
۳-۲-۲-۱. روش تئوری شکل پذیری ۳۲
۳-۲-۲-۲. روش انرژی ۳۳
۳-۲-۳. مقایسه روش های محاسبه ضریب رفتار ۳۳
۳-۳. اجزای ضریب رفتار..... ۳۴
۳-۳-۱. شکل پذیری ۳۴
۳-۳-۱-۱. ضریب شکل پذیری کلی سازه ۳۴
۳-۳-۱-۲. ضریب کاهش بر اثر شکل پذیری..... ۳۴
۴. تحلیل غیرخطی بتن با روش اجزاء محدود ۳۸
۴-۱. رفتار غیرخطی بتن ۳۸
۴-۱-۱. مقدمه ۳۸
۴-۱-۲. رفتار تک محوره ۳۸
۴-۱-۲-۱. تنش فشاری ۳۸
۴-۱-۲-۲. تنش کششی ۳۹
۴-۱-۳. رفتار دو محوره ۴۰
۴-۱-۴. سخت شدگی کششی ۴۱
۴-۱-۵. مدل سازی غیر خطی بتن..... ۴۱
۴-۱-۵-۱. مدل های ترک خوردگی بتن ۴۱
مدل ترک گسسته ۴۱
مدل ترک پخشی..... ۴۲
۴-۱-۵-۲. مدل های ساختاری بتن..... ۴۳
مدل بر پایه پلاستیسیته ۴۳
۴-۱-۵-۳. مدل های شکست برای بتن ۴۵
مدل ترک موهومی..... ۴۵
مدل باند ترک ۴۶
۴-۲.مدل سازی و تحلیل بتن مسلح در نرم افزار آباکوس ۴۷

۴-۲-۱. معرفی نرم افزار آباکوس ۴۷
۴-۲-۲. رفتار تک محوره بتن ۴۸
۴-۲-۲-۱. رفتار تک محوره بتن در فشار ۴۸
مدل سازی پیش از اوج تنش در فشار ۴۸
مدل سازی پس از اوج تنش در فشار بر اساس Cervenka ۴۹
مدل سازی پس از اوج تنش در فشار بر اساس Kratzig & Polling ۴۹
۴-۲-۲-۲. رفتار تک محوره بتن در کشش ۵۰
مدل سازی کشش پیش از ترک خوردگی ۵۰
مدل سازی نرم شوندگی کششی پس از ترک خوردگی ۵۱
۴-۲-۳. مدل سازی بتن ۵۲
۴-۲-۳-۱. مدل آسیب پلاستیسیته بتن (CDP) ۵۲
رفتار تک محوره بتن ۵۳
فرآیند گسترش آسیب و بازیابی سختی ۵۵
تعریف سطح جاری شدن ۵۶
ضابطه جریان خمیری ۵۸
۴-۲-۴. مدل سازی آرماتور ۶۱
۴-۲-۴-۱. مدل کلاسیک پلاستیسیته فلز ۶۱
۴-۲-۵. رفع مشکلات مربوط به همگرایی ۶۲
۴-۳.صحت سنجی مدل اجزاء محدود CDP ۶۳
۴-۳-۱. تیر خمشی سه نقطه ای ۶۳
۴-۳-۲. تیر چهار نقطه ای ۶۶
۴-۳-۳. نتیجه گیری ۶۹
۵. مدلسازی، تحلیل و بررسی نتایج ۷۰
۵-۱. مدلسازی ۷۰
۵-۲. تحلیل نمونه ها و استخراج نتایج ۷۴
شکل پذیری $\boldsymbol{\mu}$ ۸۰
ضریب رفتار ناشی شکل پذیری $R\boldsymbol{\mu}$ ۸۰
۵-۳. صحت سنجی ۸۲

۵-۴. نتیجه گیری ۸۶
۶. نتیجه گیری و پیشنهادات جهت ادامه پژوهش ۸۹
۶-۱. کلیات ۸۹
۶-۲. نتیجه گیری ۹۰
۶-۳. پیشنهادات جهت ادامه تحقیق ۹۰
مراجع ۹۲
ضمیمه "الف" ۹۷
نمونه اطلاعات ورودی نرم افزار آباکوس ۹۷
ضمیمه "ب" ۱۲۱
کد منبع نرم افزار توسعه داده شده جهت استخراج پارامترها از منحنی ظرفیت ۱۲۱

چکیده

تعیین ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار حفره دار

پوریا اسدی

سیستم قالب های عایق ماندگار اساسا شامل قالب های دائمی عموما از جنس پلی استایرن منبسط شده است که برای بتن ریزی و ساخت دیوارهای بتن مسلح استفاده شده و پس از بتن ریزی جزئی از دیوار محسوب می شوند. در کشور های صنعتی این محصول برای ساخت واحدهای کوچک مسکونی مورد استفاده قرار می گیرد.

سازه ها معمولا در مواجه با زلزله های بزرگ ورود به ناحیه پلاستیک را تجربه می کنند اما به دلیل پیچیدگی انجام تحلیل های غیرخطی اکثر آئین نامه ها تلاش می کنند تاثیر ورود سازه به مرحله پلاستیک را بوسیله پارامتری به نام ضریب رفتار منظور نمایند و با اعمال این ضریب، استفاده از تحلیل خطی را به جای تحلیل غیر خطی مجاز شمارند. با توجه به اینکه آگاهی از رفتار سیستم سازه ای پس از ورود به مرحله پلاستیک برای استفاده در مناطق زلزله خیز از اهمیت بالایی برخوردار است و تاکنون برای نوع حفره دار سیستم دیوار بتن مسلح با عایق ماندگار ضریب رفتار ارایه نگردیده است در این تحقیق بوسیله تحلیل عددی ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری سیستم ICF[1] حفره دار با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی (PUSH OVER) و با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS تعیین گردیده است. برای این منظور منحنی نیرو-تغییرمکان به صورت گام به گام تا مرحله گسیختگی ترسیم گردیده است و با روش ارایه شده توسط نیومارک و هال ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری تعیین گردیده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری برای این سیستم سازه ای را می توان ۳/۱۶ در نظر گرفت.

کلید واژه ها: سیستم ICF، ضریب رفتار، شکل پذیری، تحلیل استاتیکی غیرخطی، آباکوس

[1]. Insulating Concrete Form

۱. مقدمه

۱-۱. پیشینه

پس از معرفی مفهوم توسعه پایدار جهانی توسط کمیسیون محیط زیست و توسعه (WCED [۱]) سازمان ملل متحد در سال ۱۹۸۳ بخش ساختمان تبدیل به یکی از قوی ترین و موثرترین موتورهای محرک در ترویج و پیاده سازی استراتژی ها در سطح جهانی و محلی گردید. تحقیقات مختلفی جهت نیل به اهداف این مفهوم صورت پذیرفت و سیستم قالب های عایق ماندگار نتیجهٔ بخشی از تحقیقات صورت گرفته در این بخش است. کارایی این سیستم از نظر اقتصادی، سازه ای، عایق حرارتی، صوتی و رطوبتی به اثبات رسیده است.

امروزه این فن آوری به عنوان یکی از فن آوری های سبز شناخته می شود و تضمین کننده ساخت و سازی سازگار با محیط زیست از طریق افزایش بهره وری در مصرف انرژی، تطابق با محیط زیست، کاهش نیروی کار و کاهش هزینه مصالح می باشد. برخلاف سیستم های ICF [۲] ساده که فضای بین دو لایه عایق حرارتی کاملا با بتن پر می شود و تنها درصد بسیار ناچیزی از آن را رابط های پلاستیکی یا فلزی تشکیل می دهد، در این نوع سیستم ICF بخش قابل توجهی از فضای بین دولایه عایق را رابط حجیمی از جنس عایق بدنه های داخلی و خارجی قالب تشکیل می دهد.

در چنین شرایطی، دیگر نمی توان توانمندی های یک دیوار بتنی اجرای درجا را برای لایه بتنی بین دو عایق قائل بود و لازم است تاثیر وجود حفره های ناشی از رابط های پلی استایرن در لایه بتنی به صورت موردی و برای طرح های مختلف با ابعاد و مشخصات گوناگون مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

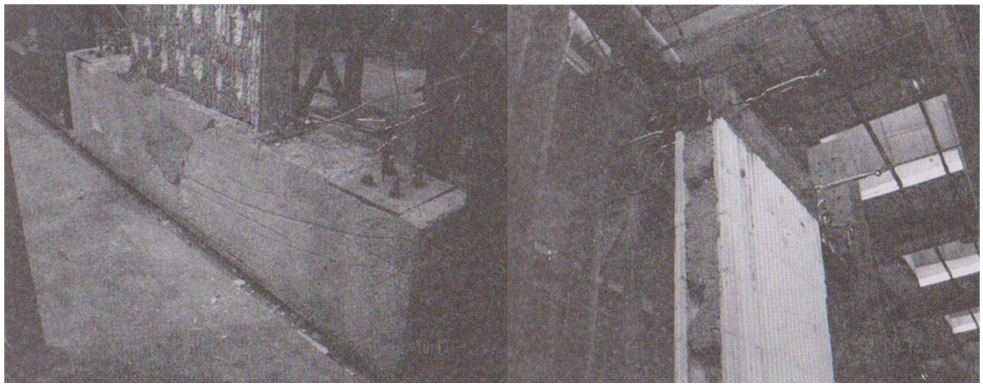
در همین راستا تاکنون تحقیقات گوناگونی توسط مراکز تحقیقاتی صورت گرفته است. در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مطالعات مقدماتی بر روی یک نوع قالب شبکه ای حفره دار تولید شده در کشور صورت گرفته است [۱] و به منظور ارزیابی عملکرد دیوار ساخته شده به روش ICF با قالب های ماندگار داری رابط پلی استایرنی، آزمایش بارگذاری درون صفحه ای رفت و برگشتی با استفاده از جک های هیدرولیکی انجام شده است و با استفاده از دستگاه داده پرداز الکترونیکی میزان نیروی اعمالی و نیز تغییر مکان های نقاط مختلف دیوار اندازه گیری و ثبت شده است.

نمونه ای به طول ۱/۲ متر و ارتفاع ۳ متر و به ضخامت ۰/۱۴ متر ساخته شد. تعداد میل گرد های مورد نیاز دیوار فرض بر اینکه دیوار مورد نظر در طبقه هم کف یک ساختمان مسکونی چهار طبقه واقع شده است بر اساس دفترچه محاسبات ارائه شده توسط شرکت تولید کننده مشخص شدند.

---

[۱]. World Commission on Environment and Development

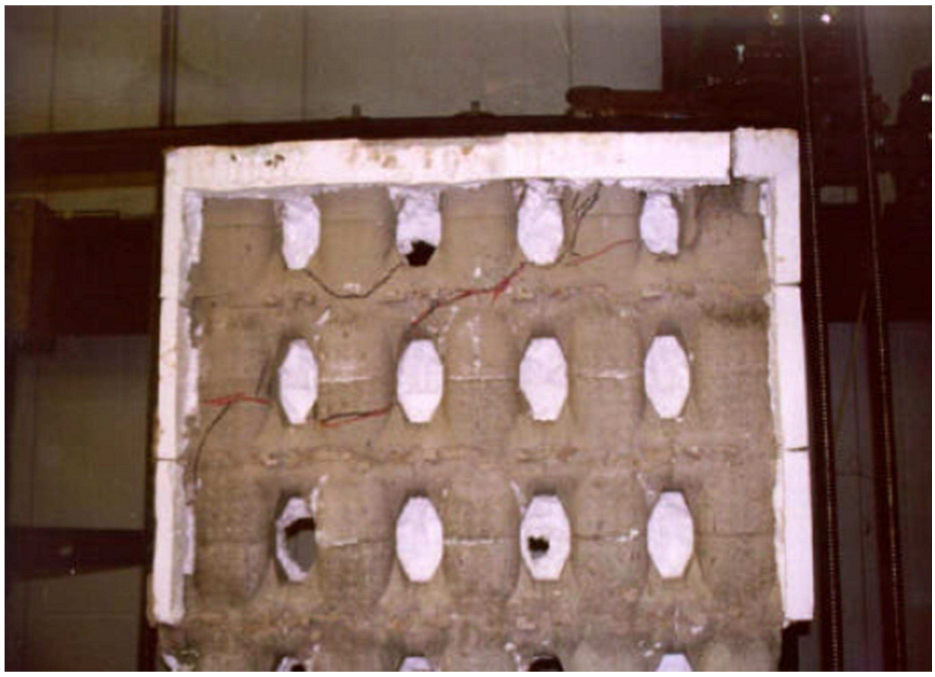
[۲]. Insulating Concrete Form



شکل ۱-۱ دیوار ICF حفره دار مورد آزمایش قرار گرفته در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن [۱]

در این آزمایش مشاهده گردید حداکثر مقاومت خمشی دیوار متناظر با بار جانبی ۱۵۰کیلو نیوتون است و دیوار دارای شکل پذیری حدود ۴ است [۱].

آزمایشی توسط مرکز تحقیقات NAHB [۱] جهت مطالعه قابلیت و کارایی سیستم دیوار ICF در بارگذاری جانبی داخل صفحه صورت گرفت. این آزمایش جهت بررسی تاثیر این عوامل بر مقاومت دیوارهای ICF انجام گرفت: ۱) نسبت ارتفاع به طول، ۲) بازشو ها و ۳) مقادیر حداقل آرماتور که در روش تجویزی [۷] ارایه گردیده است.

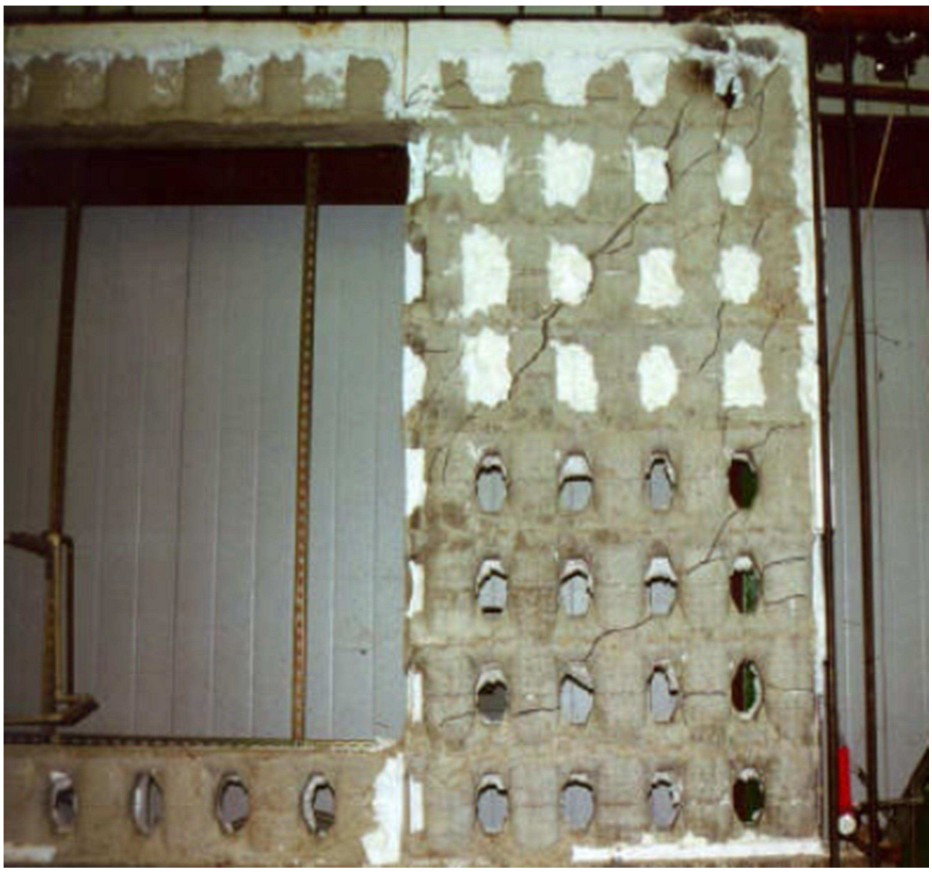


شکل ۱-۲ دیوار ICF حفره دار مورد آزمایش قرار گرفته توسط مرکز تحقیقات NAHB [۷]

[۱] . National Association of Home Builders

در این پژوهش دیوار های ICF در سه نوع مسطح، شبکه ای حفره دار و شبکه ای بدون حفره مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۹ نمونه مورد بررسی قرار گرفت و ترک ها و آثار خرابی در نمونه ها مستند سازی گردید. همچنین نیروی وارده و جابجایی نمونه های مورد آزمایش نیز ثبت گردید.

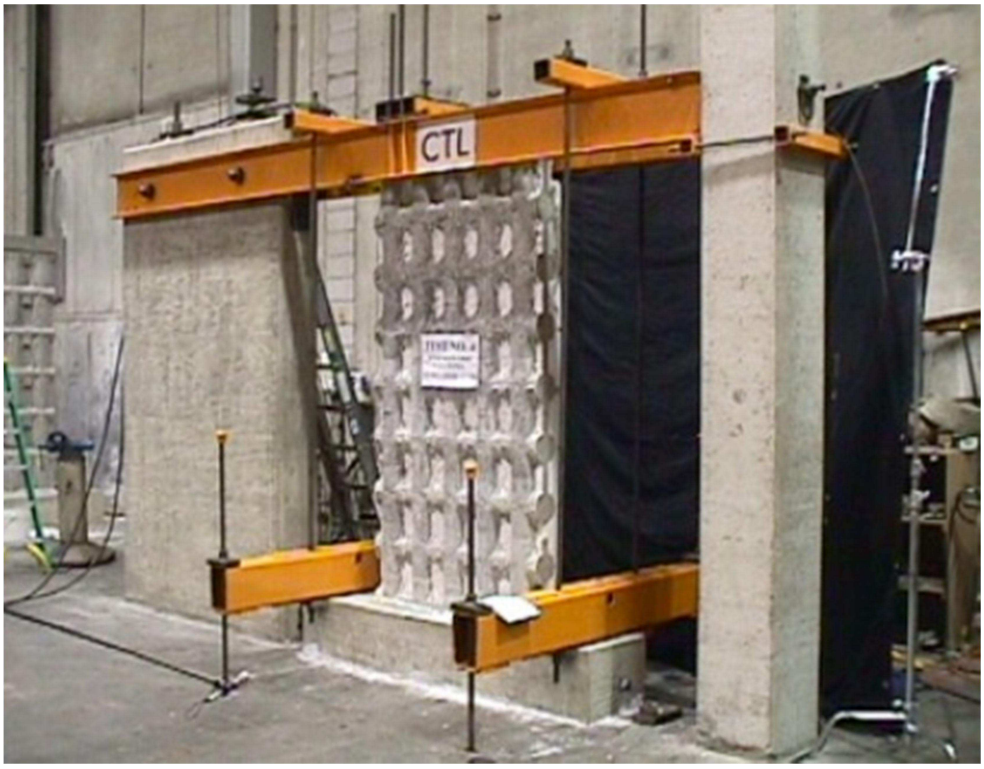
جهت بررسی کارایی نمونه ها در برش، چرخش دیوارها بوسیله نگهدارنده های خارجی محدود گردید. در نمونه دیوار ICF شبکه ای حفره دار بدون بازشو، بلندشدگی و شروع ترک در لبه پیشرو در بار ۵۰/۷ کیلونیوتن و جابجایی نظیر ۱.۲ سانتی متر مشاهده گردید و در بار ۷۶/۵ کیلونیوتن و جابجایی نظیر ۴/۳ سانتی متر، گسیختگی نمونه اتفاق افتاد.



شکل ۱-۳ دیوار ICF حفره دار بازشودار مورد آزمایش قرار گرفته توسط مرکز تحقیقات NAHB [۷]

در آزمایش دیگری که توسط انجمن سیمان پرتلند آمریکا انجام شد [۲]، مقاومت برشی چند نوع از دیوارهایی که در ساخت و ساز های مسکونی بکار برده می شود از جمله دیوار های ICF در بارگذاری جانبی داخل صفحه مورد بررسی قرار گرفت. مقاومت برشی این نوع دیوار با دیوار قاب فولادی و چوبی مقایسه گردید.

مشاهده گردید حداکثر بارجانبی تحمل شده توسط دیوار ICF، ۶/۵ تا ۸ برابر بیشتر از دیوار قاب فولادی و چوبی است و سختی اولیه دیوار های ICF ۱۸ تا ۳۸ برابر بیشتر از دیوار قاب فولادی و چوبی است.



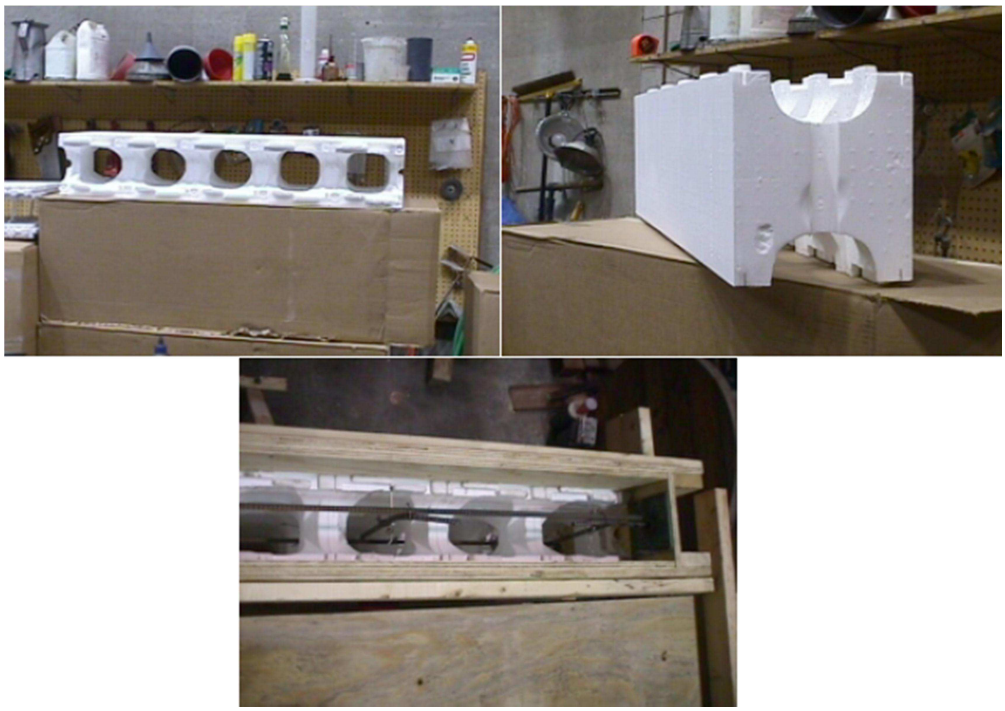
شکل ۱-۴ دیوار ICF حفره دار مورد آزمایش قرار گرفته [۲]

در این پژوهش دیوار های ICF در سه نوع مسطح، شبکه ای حفره دار و شبکه ای بدون حفره با نسبت ارتفاع به طول ۲ مورد بررسی قرار گرفت. جهت توزیع مساوی بار، تیرهای بالایی و پایینی بصورت جداگانه قالب بندی و بتن ریزی گردید. همچنین بوسیله نگهدارنده های خارجی از بلند شدگی دیوارها جلوگیری به عمل آمد. مقاومت فشاری اسمی بتن مورد استفاده ۱۷/۲ مگاپاسکال بوده است. گرچه نتایج آزمایش حاکی از مقاومت ۳۵/۹ مگاپاسکالی بتن بوده است. از میلگرد S۶۰ با مقاومت جاری شدن ۴۳۴/۴ مگاپاسکال استفاده گردید.

در دیوار ICF مسطح آزمایش شده، ترک از ناحیه اتصال لبه پیشرو به قسمت پایینی آغاز گردید. با افزایش جابجایی، ترک اولیه به ترک های عمودی تبدیل گردید. این ترک ها در ناحیه تحتانی دیوار در قسمت لبه پیشرو بدلیل گسیختگی پیوستگی میلگرد و بتن شکل گرفت. این مساله موجب کاهش تدریجی باربری دیوار و گسیختگی نمونه گردید. بار اوج در نمونه برابر با ۱۵۲/۳ کیلونیوتن ثبت گردید.

در دیوار ICF شبکه ای بدون حفره آزمایش شده، ترک از ناحیه اتصال لبه پیشرو به قسمت پایینی آغاز گردید. با افزایش جابجایی، ترک ها عریض تر و گسترده تر گردید. همچنین در قسمت پنجه خرد شدگی بتن مشاهده گردید. گسیختگی در این نمونه در نتیجه گسترش ترک های برشی اتفاق افتاد. بار اوج در نمونه برابر با ۱۲۸/۸ کیلونیوتن ثبت گردید.

در دیوار ICF شبکه ای حفره دار آزمایش شده، ترک از ناحیه اتصال لبه پیشرو به قسمت پایینی آغاز گردید. با افزایش جابجایی، ترک برشی مایل شکل گرفت که منجر به گسیختگی نمونه مورد آزمایش گردید. بار اوج در نمونه برابر با ۱۲۴/۱ کیلونیوتن ثبت گردید.



شکل ۱-۵ قالب استفاده شده برای نمونه دیوار ICF حفره دار [۲]

نتایج این آزمایشات نشان داد دیوار ICF نه تنها در برابر بار جانبی ناشی از باد و زلزله مقاومت بسیار بالاتری نسبت به دیوار قاب فولادی و چوبی از خود نشان می دهد، بلکه از سختی بسیار بالاتری نیز برخوردار است. سختی بالای دیوار ICF موجب محدود شدن تغییر شکل ها می گردد و این مساله موجب کاهش خرابی اعضای غیرسازه ای در ساختمان می گردد.

۱-۲. اهداف

سازه ها معمولا در مواجه با زلزله های بزرگ ورود به ناحیه پلاستیک را تجربه می کنند اما به دلیل پیچیدگی انجام تحلیل های غیرخطی اکثر آئین نامه ها تلاش می کنند تاثیر ورود سازه به مرحله پلاستیک را بوسیله پارامتری به نام ضریب رفتار منظور نمایند و با اعمال این ضریب، استفاده از تحلیل خطی را به جای تحلیل غیر خطی مجاز شمارند.

با توجه به اینکه آگاهی از رفتار سیستم سازه ای پس از ورود به مرحله پلاستیک برای استفاده در مناطق زلزله خیز از اهمیت بالایی برخوردار است و تاکنون برای نوع حفره دار سیستم دیوار بتن مسلح با عایق ماندگار ضریب رفتار ارایه نگردیده است، در این تحقیق بوسیله تحلیل عددی ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری سیستم ICF حفره دار با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی (PUSHOVER) و با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS تعیین گرده است.

برای این منظور دیوار با ابعاد مورد نظر در نرم افزار اجزاء محدود مدل سازی گردید و میلگردها در دیوار قرارداده شد. سپس مشخصات و پارامترهای لازم برای مدلسازی خطی و غیرخطی بتن و فولاد در مدل وارد گردید و شرایط تکیه گاهی و مرزی در نرم افزار اجزاء محدود تعریف شد. در نهایت منحنی نیرو-تغییرمکان به صورت گام به گام تا مرحله گسیختگی ترسیم گردید و با روش ارایه شده توسط نیومارک و هال ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری تعیین شد.

۱-۳. معرفی فصول

فصل اول، در مورد پیشینه سیستم قالب های عایق ماندگار و تحقیقات صورت گرفته در مورد این سیستم بحث شده است. همچنین در ادامه به نحوه انجام و اهداف این تحقیق اشاره شده است.

فصل دوم، اختصاص به معرفی سیستم قالب های عایق ماندگار، اجزا تشکیل دهنده، مشخصات مصالح مورد استفاده، رفتار لرزه ای، تشریح محدودیت ها و ارزشیابی فنی اقتصادی سیستم دارد.

فصل سوم، به تشریح مبانی شکل پذیری و ضریب رفتار و روش های ارایه شده توسط محققین برای محاسبه پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه ضریب رفتار، از جمله ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری که موضوع این پژوهش است، اختصاص دارد.

فصل چهارم، در مورد مدل های موجود جهت مدل سازی رفتار غیرخطی بتن بحث شده است و روابط لازم جهت محاسبه پارامترهای مورد نیاز ارایه گردیده است. در ادامه نرم افزار اجزاء محدود آباکوس معرفی شده است و نحوه تعریف ژئومتری و اختصاص مشخصات مصالح بتنی و فولادی جهت مدل سازی اجزاء محدود بیان گردیده است. سپس نحوه مش بندی مدل تشریح شده است و نحوه اعمال شرایط مرزی و تکیه گاهی و تعریف گام های مورد نیاز جهت تحلیل استاتیکی غیرخطی و گرفتن خروجی های مورد نیاز بیان گردیده است. صحت سنجی مدل اجزاء محدود CDP با استفاده از مقایسه با تحقیقات آزمایشگاهی نیز در این فصل صورت گرفته است.

فصل پنجم، به بحث در مورد خروجی ها و روند پردازش اطلاعات بدست آمده جهت محاسبه ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری اختصاص دارد. در نهایت نتایج حاصل شده با تحقیقات پیشین مقایسه گردیده است.

فصل ششم، کلیاتی در مورد اهداف و روش پژوهش ارایه گردیده است و در ادامه نتایج حاصل شده از پژوهش بیان گردیده است. در نهایت توصیه هایی جهت ادامه تحقیق در این زمینه ارایه گردیده است.

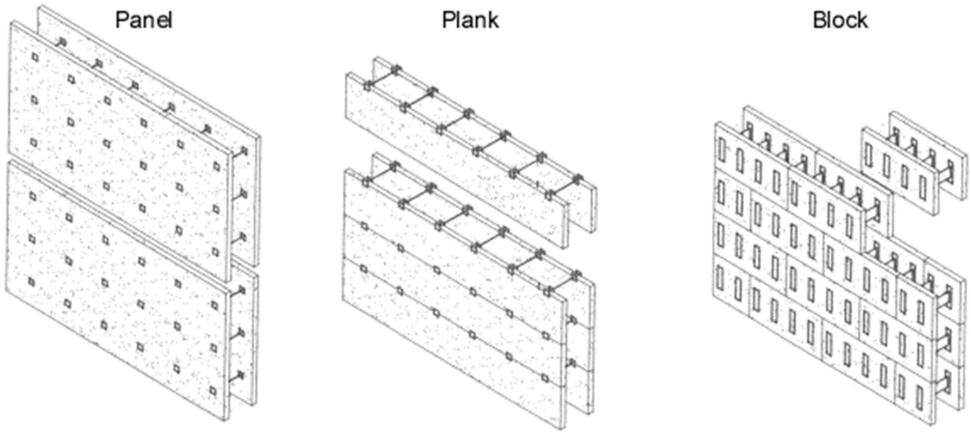
۲. معرفی سیستم قالب های عایق ماندگار

۲-۱. معرفی کلی سیستم

سیستم قالب های عایق ماندگار اساسا شامل قالب هایی دائمی هستند که برای بتن ریزی و ساخت دیوارهای بتن مسلح استفاده شده و پس از بتن ریزی، جزئی از دیوار محسوب می شوند. در کشورهای صنعتی، این محصول برای ساخت واحدهای کوچک مسکونی مورد استفاده قرار می گیرد. عمده قالب ها در این سیستم از جنس پلی استایرن منبسط شده است ولی به ندرت از پلاستیک ها یا مصالح دیگر نیز استفاده می شود. از جمله میتوان از کامپوزیت پلی استایرن-سیمان یا فوم پلی یورتان به عنوان انواع دیگر قالب نام برد، که به نسبت پلی استایرن، میزان استفاده از آنها بسیار اندک است [۳].

در این سیستم، قطعات به عنوان قالب گم (ماندگار) برای بتن سازه ای اعم از دیوار باربر و غیرباربر، زیر سطح زمین یا روی سطح زمین بکار می روند. قطعات مذکور برای ساخت تیر، نعل درگاه، دیوار خارجی و داخلی، شالوده و دیوار حایل بتنی مسلح یا غیرمسلح نیز بکار می رود.این قطعات پس از بتن ریزی و عمل آوری بتن، درمحل باقی می مانند و می بایست با مواد نازک کاری داخلی و خارجی محافظت و پوشانده شوند [۴].

انواع مختلفی از این قالب ها وجود دارد که از نظر ابعاد بلوک، شکل هندسی سوراخ ها(یا فضای خالی برای بتن ریزی) و نوع اجزای تشکیل دهنده با هم متفاوت هستند.



شکل ۲-۱ انواع مختلف قطعات گم یا ماندگار ICF از نظر ابعاد (بلوکی، نواری و پانلی) [۵]

۲-۲. معرفی اجزای تشکیل دهنده سیستم

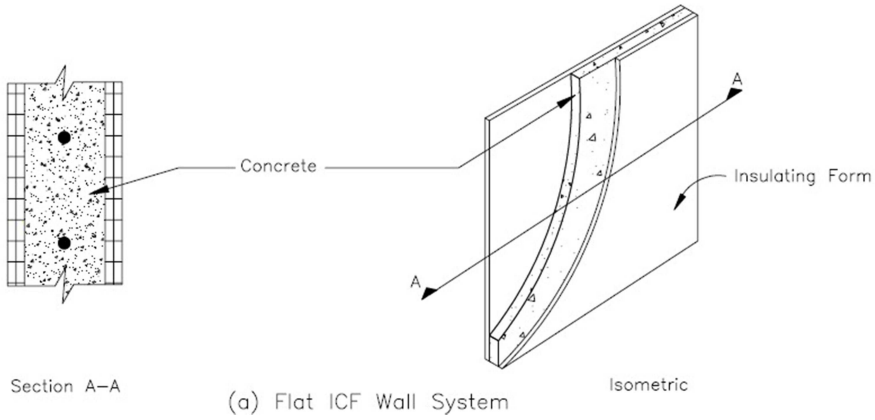
قالب های ICF از نظر شکل و ابعاد کلی به سه دسته بلوکی، تخته ای یا نواری و پانلی تقسیم می شوند. بلوک ها ابعاد کوچک تری نسبت به انواع دیگر دارند و معمولا تا ابعاد ۳۰ ×۱۲۰ سانتی متر تولید می شوند. قالب های تخته ای یا نواری دارای ابعاد بزرگ تر تا حدود ۳۰ ×۲۴۰ سانتی متر هستند که معمولا به شکل دو تخته جداگانه با ضخامت ۵ سانتی متر به محل ساختمان

منتقل و سپس به وسیله اتصالات پلاستیکی به هم متصل می شوند. ابعاد پانل ها بسیار متنوع است و معمولا تا ابعاد ۱۲۰ در ۳۶۰ سانتی متر نیز تولید می شوند [۶].

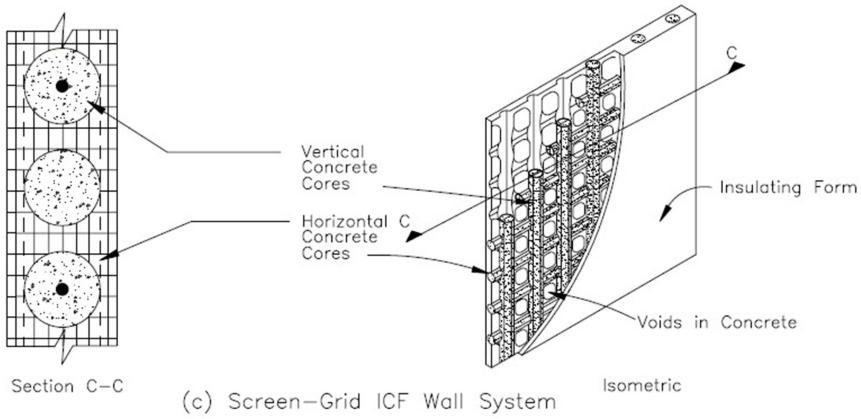
تقسیم بندی های دیگری نیر در مورد انواع سیستم های ICF وجود دارد. یکی از این تقسیم بندی ها، با توجه به شکل هندسی بدنه داخلی قالب، و به عبارت دیگر شکل هندسی بخش بتنی، پس از اجرا صورت می گیرد [۷].

شکل هندسی دیوار بتنی حاصل می تواند یک از حالت های زیر باشد:

- تخت[۱] (شکل ۲-۱ و ۲-۲)
- شبکه ای بدون حفره[۲] (شکل ۲-۳)
- شبکه ای حفره دار[۳] (شکل ۲-۴)

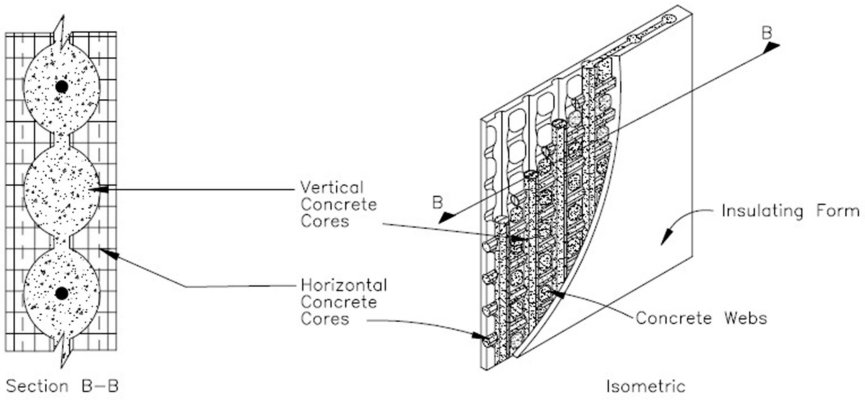


شکل ۲-۲ نمونه ای از سیستم گم یا ماندگار تخت یا صاف [۷]



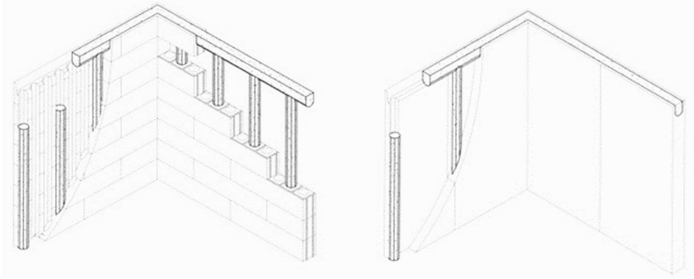
شکل ۲-۳ نمونه ای از سیستم قالب گم یا ماندگار حفره دار [۷]

۱. Flat
۲. Waffle-grid
۳. Screen-grid



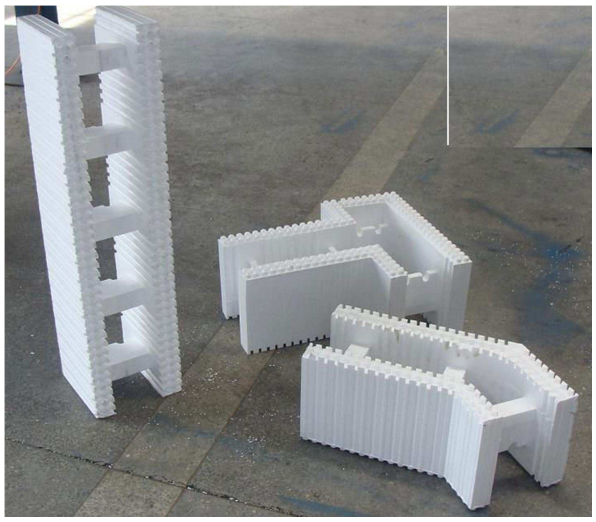
شکل ۲-۴ نمونه ای از سیستم قالب گم یا ماندگار شبکه ای بدون حفره [۷]

شایان ذکر است حالت دیگری بصورت یک بعدی ستونی[۱] وجود دارد (شکل ۲-۵) ولی امروزه کاربرد چندانی ندارد.



شکل ۲-۵ نمونه ای از سیستم ICF یک بعدی ستونی [۵]

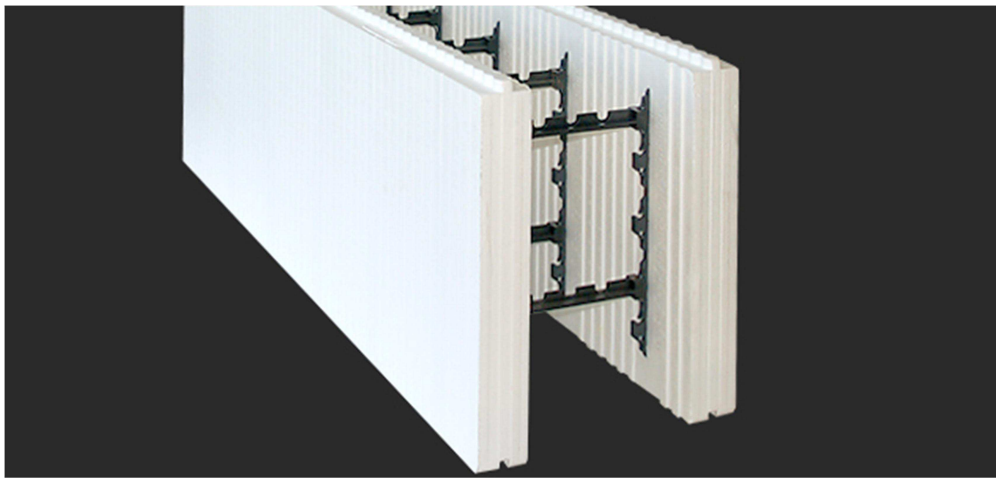
نوع تقسیم بندی دیگر می تواند بر پایه نوع و جنس رابط های اتصال صفحات دو طرف قالب باشد. این اتصال می تواند هم جنس صفحات دوطرف (شکل ۲-۶)، پلاستیک فشرده (شکل ۲-۷)، و یا فلز (شکل ۲-۸) باشد.



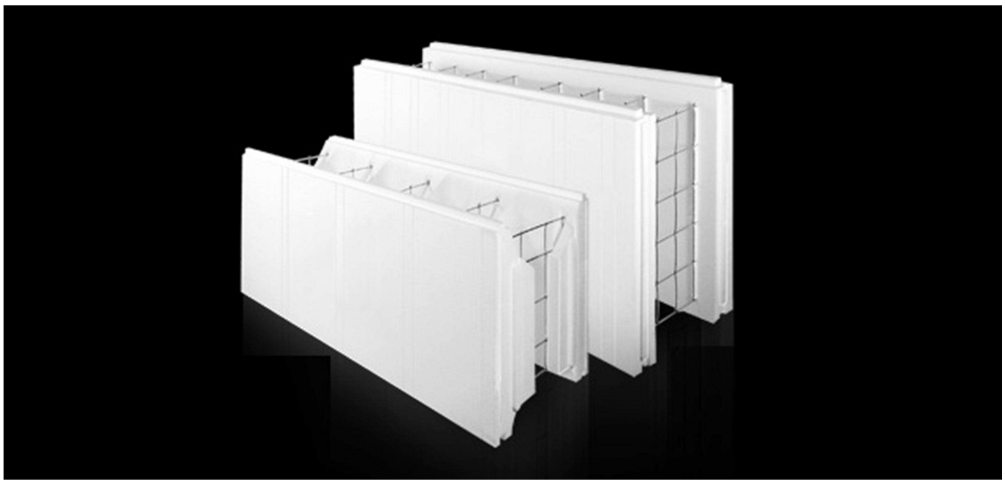
شکل ۲-۶ قطعات قالب گم یکپارچه (رابط هم جنس بدنه بلوک) [۵]

۱. Post and beam

اتصالات می توانند بصورت حجمی، ورق یا میلگرد باشند. رابط ها می توانند هم زمان با تولید قطعات ICF در قطعه کار گذاشته شوند یا بعدا در کارخانه یا کارگاه ساختمانی نصب شوند. روشن است در صورت اجرا در کاخانه، قطعات بدست آمده حجیم تر خواهند شد و در نتیجه حمل آنها به محل کارگاه مشکل و هزینه بالاتر خواهد بود، در حالی که اجرا در کارگاه با این مشکل مواجه نیست، ولی باعث می شود زمان اجرا طولانی تر و احتمالا دقت اجرا کمتر شود [۸].



شکل ۲-۷ قطعات قالب بلوکی با قطعات عرضی (رابط) پلاستیکی [۵]



شکل ۲-۸ قطعات قالب بلوکی با قطعات عرضی (رابط) فلزی [۵]

۲-۲-۱. قالب بلوکی

قالب های نوع بلوکی از قطعات کوچکی تشکیل می شوند که با داشتن برآمدگی و تورفتگی هایی، به راحتی در هم چفت و بست می شوند. بلوک ها معمولا دارای ابعادی نزدیک به ۳۰ ×۱۲۰ سانتی متر هستند، که با قرارگیری در کنار هم، قالبی برای دیوار بتنی تشکیل می دهند.