

سیستم دیوارپیش ساخته

ساده و بعدی

(ساندویچ پانل)

نویسندگان:

بهزاد حاصلی

امیر اقدسی

زمستان

1401

چکیده:

استقرار کشور ایران بر روی کمربند لرزه ای آلپ-هیمالیا، موجب شده تا پتانسیل لرزه خیزی و احتمال وقوع زلزله در اکثر شهرهای کشور، امری بدیهی و قابل پیش بینی باشد. لذا استفاده از هر عملی که به نحوی، موجب کاهش خسارات و تلفات ناشی از وقوع زلزله شود، امری ضروری به نظر می رسد. استفاده از سازه های پیش ساخته ی 3 بعدی، به عنوان یکی از گزینه های مطرح و موثر در کاهش خطرات و تلفات احتمالی ناشی از زلزله، در صنعت ساختمان سازی کشور مطرح است. لذا در این کتاب تلاش شده است اطلاعاتی مناسب در حوزه ی مبانی نظری و نحوه ی عملکرد دیوارهای پیش ساخته در اختیار مهندسين و نفرات اجرای فعال در این حوزه قرار گیرد. در فصل اول این کتاب مقدمه ای از سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته ی سه بعدی بیان شده است.

در فصل دوم پیرامون مشخصات عناصر و اتصالات موجود در سیستم دیوار پیش ساخته ی سه بعدی بحث شده است.

در فصل سوم ویژگی های فنی مصالح مورد استفاده در ساختار پانل های پیش ساخته تبیین شده است.

در فصل چهارم ملاحظات اجرایی و جزئیات ساخت و نصب سیستم دیوارهای پیش ساخته سه بعدی ارائه شده است.

در فصل پنجم مبانی طراحی سیستم دیوار پیش ساخته ی سه بعدی سبک تشریح شده و در فصل ششم عملکرد سیستم به عنوان عایق حرارتی و صوتی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در فصل هفتم روش اجرایی سازه های پیش ساخته سه بعدی بر اساس تجربیات به دست آمده ارائه شده و در فصل هشتم به منظور تعیین معادله خط فرکانس در سازه های پیش ساخته، با استفاده از روش شبکه ی عصبی، یک روش پیشنهاد شده است.

در فصل نهم از پژوهش حاضر، عملکرد لرزه ای سیستم دیوار پیش ساخته ی سه بعدی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در اینجا بر خود لازم میدانیم از همراهی خانواده ی عزیزمان که ما را در تهیه این نوشتار یاری نمودند کمال تشکر و مراتب قدردانی خود را اعلام نماییم. همچنین از تمامی خوانندگان و صاحب نظران محترم خواهشمندیم مارا از نظرات راهبردی و ارزشمند خود در جهت رفع نواقص و بهبود سطح کیفی این نوشتار، بهره مند نمایند. در پایان این تلاش اندک را به عنوان خدمتی ناقابل به صاحت مقدس امام عصر (عج) و نایب بر حق ایشان حضرت آیت الله العظمی خامنه ای (مد ظله العالی)، شهدای اسلام و مدافعین امنیت تقدیم می نماییم.

بهزاد حاصلی، امیر اقدسی زمستان 1401

فهرست مطالب

فصل اول: معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ

پانل.....	1.....
1-1 مقدمه.....	1.....
1-2 اجزای تشکیل دهنده ی دیوار پیش ساخته سه بعدی.....	1.....
1-3 ضریب رفتار دیوار پیش ساخته سه بعدی.....	3.....
فصل دوم: مشخصات عناصر و اتصالات.....	9.....
2-1 مشخصات اجزای تشکیل دهنده سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی.....	9.....
2-1-1 پانل های دیوار و سقف.....	9.....
2-1-2 روش ساخت و آرایش پانل.....	10.....
2-1-3 حمل و نقل و نگهداری پانل.....	11.....
2-1-4 هسته عایق.....	12.....
2-2 اتصالات.....	13.....
2-2-1 اتصال برش گیرها.....	13.....
2-2-2 اتصال پانل پایه به فنداسیون.....	17.....
2-2-3 اتصال پانل فوقانی به بام.....	21.....
2-2-4 اتصال پانل به تیر سر در.....	24.....
2-2-5 اتصال پانل به کف میانی.....	25.....
2-2-6 اتصال پانل های گوشه.....	26.....
2-2-7 اتصال پانل به پانل.....	26.....
2-2-8 اتصال دیوار به دیوار.....	29.....
2-2-9 اتصال سقف به دیوار.....	33.....
2-2-10 اتصال سقف به سقف.....	35.....
2-2-11 اتصالات پانل های دیواری و سقفی با بازشوها.....	35.....
2-2-12 اتصال دیافراگم کف به دیوار پانلی.....	36.....
2-2-13 اتصال پله.....	37.....
2-2-14 اتصال شالوده بتن مسلح به دیوار.....	37.....
فصل سوم: ویژگی های فنی مصالح مورد استفاده.....	39.....
3-1 مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در بتن پیش ساخته.....	39.....

39	3-1-1 سیمان
39	3-1-2 سنگدانه
41	3-1-3 مواد افزودنی
41	3-2 مشخصات فنی بتن
42	3-3 مبانی تعیین نسبت های اختلاط بتن پاشیده
43	3-4 آزمایش ها و معیارهای پذیرش بتن پاشیده
43	3-4-1 آزمایش های قبل از اجرا
44	3-4-2 آزمایش های حین اجرا
45	3-4-3 آزمایش های بعد از اجرا
	فصل چهارم: ملاحظات اجرایی و جزئیات ساخت و نصب سیستم دیوارهای پیش ساخته سه
47	بعدی
47	4-1 شالوده
48	4-2 نصب پانل های دیوار و اتصالات
50	4-3 نصب تاسیسات
50	4-4 نصب و اجرا سقف پانلی و غیرپانلی
51	4-5 بتن پاشی و بتن ریزی دیوارها و سقف ها
53	4-6 بتن پاشی در شرایط ویژه
55	فصل پنجم: مبانی طراحی سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک
55	5-1 طراحی معماری
56	5-2 مبانی طراحی
56	5-2-1 مبانی طراحی دیوار پانلی
56	5-2-2 مبانی طراحی سقف سازه های پانلی
57	5-3 طراحی پانل
57	5-3-1 مقاومت خمشی
57	5-3-2 مقاومت برشی
58	5-3-3 مقاومت در خمش و بار محوری
60	5-3-4 جزئیات فولادگذاری و پوشش بتن
60	5-4 طراحی بازشوها
61	فصل ششم: بررسی عملکرد سیستم به عنوان عایق حرارتی و صوتی
61	6-1 بررسی و تعیین مشخصات صوتی

61-1-1	اندازه گیری صدابندی صوتی هوابرد پانل دیواری سه بعدی بر اساس استاندارد.....
62-1-2	اندازه گیری میدانی صدابندی صدای کوبه ای بین طبقات بر اساس استاندارد.....
63-1-3	نتایج آزمایشگاهی
64-2	بررسی و تعیین مشخصات حرارتی
67	فصل هفتم: روش اجرایی سازه های پیش ساخته ی سه بعدی
67-1	مقدمه
67-2	نحوه ی ساخت سازه ها و قطعات پیش ساخته بتنی
71-3	انواع سیستم اجرایی سازه های بتنی پیش ساخته
72-3-1	سیستم سازه ای بتنی دیواری
72-3-2	سیستم سازه ای خطی
72-3-3	مزایا و معایب اجرای ساختمان ها به صورت پیش ساخته
74-4	نحوه ی نصب قطعات پیش ساخته ی بتنی
75-5	قیمت ساخت سازه های پیش ساخته ی بتنی
77	فصل هشتم: معادله ی تعیین فرکانس در سازه های پیش ساخته با استفاده از شبکه ی عصبی.....
77-8-1	مقدمه
78-8-2	روش های تحلیل ارتعاش آزاد
78-8-2-1	روش بردار ویژه
78-8-2-2	روش بردار ریتز
79-8-2-3	تحلیل دینامیکی سازه ی پیش ساخته ی بتنی به روش چند درجه آزادی.....
81-8-3	روش پیشنهادی به منظور تعیین معادله ی فرکانس
84-8-4	مثال جامع به منظور تعیین فرکانس در سازه های پیش ساخته با استفاده از شبکه ی عصبی.....
84-8-4-1	مدلسازی صورت گرفته در این مطالعه
89-8-4-2	آموزش شبکه های عصبی
101-8-4-3	رابطه ی بین پارامترهای هندسی سازه و فرکانس طبیعی مود اصلی
101-8-4-3-1	فرض رابطه ی خطی
105-8-4-3-2	فرض رابطه ی غیرخطی
107-8-5	جمع بندی
109	فصل نهم: عملکرد لرزه ای سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک در انواع مختلف خاک.....
109-9-1	عملکرد لرزه ای سیستم پیش ساخته ی بتنی

9-2	معرفی رکوردهای انتخابی زلزله	110
9-3	مقایسه ی عملکرد لرزه ای سیستم پیش ساخته در انواع مختلف خاک	115
9-3-1	عملکرد لرزه ای سیستم در خاک نوع 1	115
9-3-2	عملکرد لرزه ای سیستم در خاک نوع 2	115
9-3-3	عملکرد لرزه ای سیستم در خاک نوع 3	116
9-3-4	عملکرد لرزه ای سیستم در خاک نوع 4	116
9-3-5	مقایسه ی عملکرد لرزه ای سیستم در چهار نوع خاک	117
118	منابع	

فهرست شکل ها

فصل اول: معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ پانل	2
شکل 1-1 اجزای اصلی دیوار پیش ساخته سه بعدی	2
شکل 2-1 نمایش گستردگی شبکه فولادی در سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی	2
شکل 3-1 پیوستگی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی از پایین تراز تا بالاترین تراز	4
شکل 4-1 نمونه ای از نماهای خارجی اجرا شده بر روی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی در کارخانه	5
شکل 5-1 نمونه ای از نماهای داخلی اجرا شده بر روی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی در کارخانه	6
شکل 6-1 حمل و نصب سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی	8
فصل دوم: مشخصات عناصر و اتصالات	9
شکل 1-2 نمایش پانل های سقف و دیوار	10
شکل 2-2 انواع چیدمان برشگیرها در سیستم سه بعدی ساندویچ پانل	11
شکل 3-2 نحوه ی اتصال چنگک بالابر با پانل جهت حمل و جابجایی	12
شکل 4-2 انواع برشگیرهای با عملکرد یک طرفه با هندسه متفاوت پانل	14
شکل 5-2 انواع برشگیرهای به کار رفته در سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی	14
شکل 6-2 انواع برشگیرهای با عملکرد دو طرفه	15
شکل 7-2 ادوات فلزی به منظور انتقال نیروی کششی در سیستم ساندویچ پانل	15
شکل 8-2 ادوات از جنس پلی پروپیلن و فایبر گلاس به منظور انتقال نیروی کششی در سیستم ساندویچ پانل	15
شکل 9-2 جزئیات اتصال پانل های دیواری غیر برشی به فونداسیون بتنی	17

- شکل 2-10 ادامه جزئیات اتصال پانل های دیواری غیر برشی به فونداسیون بتنی.....18
- شکل 2-11 جزئیات اتصال پانل به فونداسیون و دال سقف19
- شکل 2-12 جزئیات اتصال شیاردار پانل به فونداسیون20
- شکل 2-13 جزئیات پانل دیوار برشی21
- شکل 2-14 جزئیات مهاربندی های پانلی در اتصال به فونداسیون21
- شکل 2-15 جزئیات اتصال پانل های دیواری غیر باربر به تیرها22
- شکل 2-16 جزئیات اتصال پانل های باربر به تیرها22
- شکل 2-17 جزئیات اتصال پانل های دیواری باربر به عرشه بام های فلزی23
- شکل 2-18 جزئیات اتصال پانل های دیواری باربر به دال های دارای هسته میانی23
- شکل 2-19 جزئیات اتصال پانل های دیواری باربر به تیرهای اصلی23
- شکل 2-20 جزئیات اتصال در پانل های دیواری باربر به عرشه بام های تی شکل24
- شکل 2-21 جزئیات اتصال پانل به تیر سر در24
- شکل 2-22 ادامه جزئیات اتصال پانل به تیر سر در24
- شکل 2-23 جزئیات اتصال پانل به کف های میانی25
- شکل 2-24 ادامه جزئیات اتصال پانل به کف های میانی25
- شکل 2-25 جزئیات اتصال پانل های گوشه26
- شکل 2-26 ادامه جزئیات اتصال پانل های گوشه26
- شکل 2-27 اتصال پانل به پانل دیوار برشی27
- شکل 2-28 اتصال پانل به پانل های هم امتداد28
- شکل 2-29 اتصال پانل به پانل در محل درز28
- شکل 2-30 اتصال پانل به پانل29
- شکل 2-31 پلان اتصال پانل های دیواری30
- شکل 2-32 تقویت اطراف بازشوهای موجود در پانل ها30
- شکل 2-33 جزئیات آب بندی در پانل های سه بعدی31
- شکل 2-34 پلان اتصال سپری شکل سه دیوار32
- شکل 2-35 پلان اتصال سپری شکل گوشه دیوار32
- شکل 2-36 اتصال دیوار به پانل های سقفی34
- شکل 2-37 اتصال دیوار خارجی به پانل های سقفی شبیدار35
- شکل 2-38 جزئیات تقویت اطراف بازشوهای بریده شده از وسط پانل کامل36
- شکل 2-39 ایجاد دیافراگم در سیستم سقف سازه36

37	شکل 2-40 انواع مختلف روش های اجرای پله
37	شکل 2-41 انواع اتصالات راه پله
40	فصل سوم: ویژگی های فنی مصالح مورد استفاده
43	شکل 3-1 نحوه اجرای بتن بر روی پانل پیش ساخته سه بعدی س
44	شکل 3-2 درجه بندی مغزه ها
	فصل چهارم: ملاحظات اجرایی و جزئیات ساخت و نصب سیستم دیوارهای پیش ساخته سه بعدی
47	شکل 4-1 تصویر شماتیک آرماتورهای انتظار
48	شکل 4-2 تصویر آرماتورهای انتظار به منظور نصب دیوار بر روی فونداسیون
49	شکل 4-3 نحوه ی قرارگیری پشت بندهای لازم جهت استقرار دیوارهای پانلی
49	شکل 4-4 نحوه ی قرارگیری توری های آماده ی دور باز شو
50	شکل 4-5 حداکثر فاصله ی بین شمع ها در اجرای سقف های پانلی
52	شکل 4-6 روش صحیح حرکت نازل در پاشش یکنواخت
53	شکل 4-7 تاثیرات زاویه ی نازل با دیوار در بازگشت مصالح
53	شکل 4-8 تاثیر نحوه ی نگهداری نازل در بتن پاشیده کنج پانل
55	فصل پنجم: مبانی طراحی سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک
56	شکل 5-1 لنگر خمشی وارد شده بر یک نمونه دال سقفی
58	شکل 5-2 مدلسازی دیوار پانلی با قاب بادبندی شده معادل
	شکل 5-3 نمودار اندرکنش بار محوری و خروج از مرکزیت برای پانل با ضخامت هسته ی عایق
59	40 میلی متر
	شکل 5-4 نمودار اندرکنش بار محوری و خروج از مرکزیت برای پانل با ضخامت هسته ی عایق
59	60 میلی متر
	شکل 5-5 نمودار اندرکنش بار محوری و خروج از مرکزیت برای پانل با ضخامت هسته ی عایق
60	100 میلی متر
61	فصل ششم: بررسی عملکرد سیستم به عنوان عایق حرارتی و صوتی
65	شکل 6-1 تصویر شماتیک انتقال حرارت در دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک
66	شکل 6-2 عملکرد حرارتی دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک در زمستان
66	شکل 6-3 عملکرد حرارتی دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک در تابستان
67	فصل هفتم: روش اجرایی سازه های پیش ساخته ی سه بعدی
69	شکل 7-1 تجهیزات مورد نظر جهت اتصال پانل های پیش ساخته ی بتنی

71.....	شکل 7-2 اجرای شبکه ی مش و جاگذاری آن در پانل
73.....	شکل 7-3 حمل پانل های پیش ساخته
75.....	شکل 7-4 نصب پانل های پیش ساخته
76.....	شکل 7-5 نمای بیرونی و داخلی سازه ی پیش ساخته
77.....	فصل هشتم: معادله ی تعیین فرکانس در سازه های پیش ساخته با استفاده از شبکه ی عصبی
80.....	شکل 8-1 بررسی رفتار دینامیکی پانل پیش ساخته با و بدون در نظر گرفتن میرایی
81.....	شکل 8-2 پاسخ سیستم یک درجه آزادی در دو حالت با و بدون میرایی
83.....	شکل 8-3 شبکه ی عصبی تک لایه
83.....	شکل 8-4 شبکه ی عصبی چند لایه
84.....	شکل 8-5 شبکه ی عصبی بازخوردی
86.....	شکل 8-6 نمای سازه پیش ساخته 2 طبقه
86.....	شکل 8-7 تصویر سه بعدی سازه پیش ساخته 2 طبقه
88.....	شکل 8-8 توزیع تنش در سازه پیش ساخته 2 طبقه به ازای ترکیب های مختلف بارگذاری
90.....	شکل 8-9 تعریف سه لایه در شبکه ی عصبی
91.....	شکل 8-10 تعریف شبکه ی عصبی در محیط نرم افزار متلب
91.....	شکل 8-11 معیارهای انتخاب مطلوب ترین ساختار شبکه ی عصبی
92.....	شکل 8-12 بررسی عملکرد مربوط به شبکه ی با سه لایه و در هر لایه 20 نرون
92.....	شکل 8-13 بررسی توابع همبستگی مربوط به شبکه ی عصبی با سه لایه و در هر لایه 20 نرون
93.....	شکل 8-14 بررسی رگرسیون مربوط به شبکه ی عصبی با سه لایه و در هر لایه 20 نرون
102.....	شکل 8-15 تغییرات فرکانس بر حسب طول دهانه سازه، به ازای ارتفاع های منتخب
103.....	شکل 8-16 تغییرات فرکانس بر حسب ارتفاع سازه، به ازای طول های مختلف سازه
104.....	شکل 8-17 میزان پراکندگی داده های به دست آمده با روش رگرسیون خطی
105.....	شکل 8-18 میزان پراکندگی داده های به دست آمده با روش رگرسیون غیر خطی
106.....	شکل 8-19 توزیع نرمال ضریب ارتفاع سازه
107.....	شکل 8-20 توزیع نرمال ضریب طول سازه
109.....	فصل نهم: عملکرد لرزه ای سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک در انواع مختلف خاک
111.....	شکل 9-1 تاریخچه زمانی شتاب و سرعت دو رکورد در دو مولفه
111.....	شکل 9-2 تاریخچه زمانی شتاب و طیف فوریه رکوردهای منتخب متناظر با مولفه ی افقی
112.....	شکل 9-3 تاریخچه ی زمانی شتاب و طیف فوریه ی رکوردهای بم و طیس متناظر با مولفه ی افقی

شکل 4-9	تاریخچه ی زمانی سرعت زمین در رکوردهای بم، طیس	113
شکل 5-9	آرایش طیفی مود اصلی ارتعاشی مدل مورد مطالعه در طیف پاسخ سرعت متناظر با مولفه ی موازی با گسل رکوردهای انتخابی	113
شکل 6-9	ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین ها	114
شکل 7-9	طیف فوریه رکورد متناسب با نوع خاک 1	115
شکل 8-9	طیف فوریه رکورد متناسب با نوع خاک 2	116
شکل 9-9	طیف فوریه رکورد متناسب با نوع خاک 3	116
شکل 10-9	طیف فوریه رکورد متناسب با نوع خاک 4	117

فهرست جدول ها

فصل اول: معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ پانل	1
فصل دوم: مشخصات عناصر و اتصالات	9
جدول 1-2 مشخصات فیزیکی و مکانیکی پلی استایرن قابل انبساط	12
فصل سوم: ویژگی های فنی مصالح مورد استفاده	39
جدول 1-3 حدود دانه بندی سنگدانه های بتن پاشیده	40
فصل چهارم: ملاحظات اجرایی و جزئیات ساخت و نصب سیستم دیوارهای پیش ساخته سه بعدی	47
فصل پنجم: مبانی طراحی سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک	55
فصل ششم: بررسی عملکرد سیستم به عنوان عایق حرارتی و صوتی	61
جدول 1-6 ضرایب هدایت حرارتی مصالح تشکیل دهنده ی پانل	64
جدول 2-6 حداقل مقاومت حرارتی جدارهای غیرنورگذر	65
فصل هفتم: روش اجرایی سازه های پیش ساخته ی سه بعدی	67
فصل هشتم: معادله ی تعیین فرکانس در سازه های پیش ساخته با استفاده از شبکه ی عصبی	77
جدول 1-8 معرفی نمونه های مدل شده در نرم افزار ایتبس به همراه فرکانس مود اصلی	88
جدول 2-8 معرفی مشخصات دینامیکی پیش بینی شده توسط شبکه ی عصبی	93
جدول 3-8 تعیین ضرایب مربوط به رابطه ی رگرسیون خطی	104
جدول 4-8 تعیین ضرایب مربوط به رابطه ی رگرسیون غیرخطی	106
فصل نهم: عملکرد لرزه ای سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی سبک در انواع مختلف خاک	109
جدول 1-9 مقادیر پریود و فرکانس زاویه ای مود اول سازه	113
جدول 2-9 نتایج بررسی عملکرد لرزه ای سازه مد نظر در انواع خاک	117

فصل اول

معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ پانل

1-1 مقدمه

سیستم دیوارهای پیش ساخته سه بعدی اولین بار در ایالت کالیفرنیا آمریکا مطرح شد. در این سیستم قسمتی از دیوارهای بتن مسلح به صورت پیش ساخته در کارخانه تولید می شود. این دیوارها از دو لایه بتن مسلح که از یکدیگر فاصله دارند ساخته شده و فاصله بین لایه ها توسط یک هسته عایق پر می شود. وجود فاصله بین لایه ها علاوه بر سهولت در زمان حمل و نقل (در مقایسه با دیوارهای پیش ساخته یکپارچه تو پر)، به دلیل کاهش وزن قابل توجه سازه (در مقایسه با سیستم سازه ای دیوارهای دولایه یا قالب سرخود بتنی) به ویژه در زمان وقوع زلزله، عملکرد لرزه ای بسیار ایده آلی را فراهم می آورد. در این سیستم به دلیل استفاده از فناوری بتن پاشیده، بسیاری از مشکلات ساختمان های بتن آرمه رفع شده است. اجزای اصلی تشکیل دهنده یک دیوار پیش ساخته سه بعدی شامل شبکه جوش شده، هسته عایق و صفحه برشگیر می باشد (شکل 1-1).

2-1 اجزای تشکیل دهنده ی دیوار پیش ساخته سه بعدی

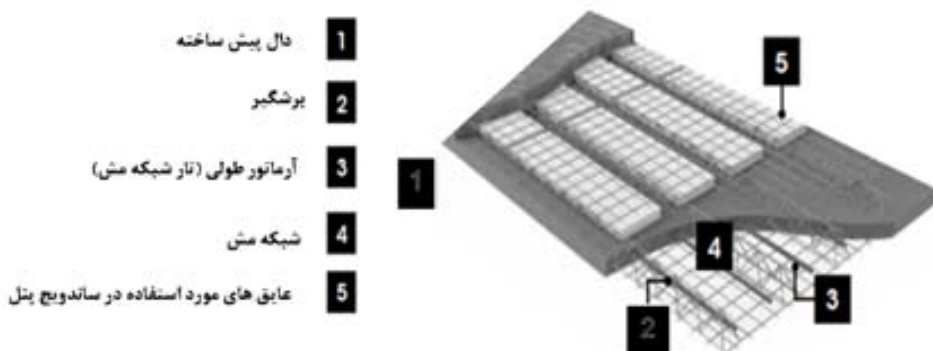
پانل های سه بعدی به دلیل عدم حضور بتن تا قبل از نصب نهایی در ساختار طراحی شده در محل اجرا، دارای وزن کم و سهولت نقل و انتقال می باشند و از طرفی در مقایسه با سایر سیستم های مشابه از جمله سیستم سازه ای دیوار دو لایه، به دلیل وجود هسته عایق بین دو لایه بتن، در زمان بهره برداری نیز وزن کمتری خواهد داشت و عملکرد لرزه ای سازه را تا حد قابل توجهی بهبود خواهد بخشید [1]. در این ساختار با توجه به یکپارچگی تمامی دیوارها، سقف ها و اتصال کلیه زوایا، شاهد احداث سازه ای با عملکرد جعبه ای خواهیم بود. لذا درجات آزادی فعال سیستم به تعداد فزاینده ای افزایش یافته به نحوی که بر خلاف سیستم های قابی، نیروهای ایجاد شده در سیستم به صورت گسترده در نقاط مختلف پخش و شدت آن ها به مراتب کاهش می یابد. این موضوع مزایای مختلفی از جمله

کاهش مساحت مورد نیاز شالوده، جلوگیری از ایجاد نیروهای بلند شدگی در پای سازه، عدم ایجاد ممان پیچشی مضاعف، افزایش مفاصل پلاستیک در سازه تا حصول ناپایداری را موجب می شود، که این موارد به دلیل یکپارچگی و درجات آزادی فزاینده سیستم می باشد.



شکل 1-1 اجزای اصلی دیوار پیش ساخته سه بعدی (ساندویچ پانل) [2]

سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی به دلیل استفاده از یک لایه عایق در ساختار خود سبب می شود تا اعضای این مجموعه بتوانند به عنوان عایق های حرارتی و صوتی به ایفای نقش بپردازند. از طرفی با توجه به گستردگی شبکه فولادی در تمامی اعضای سیستم در تمامی سطوح، احتمال ایجاد آوار و ریزش های ناشی از جدایش مصالح در بارگذاری های لرزه ای به حداقل ممکن کاهش می یابد، به صورتی که در حالات حدی نهایی باربری، اجزای گسیخته شده در محل خود باقی می مانند (شکل 2-1).



شکل 2-1 نمایش گستردگی شبکه فولادی (مش) در سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی [2]

3-1 ضریب رفتار دیوار پیش ساخته سه بعدی

پانل های سه بعدی ساختمانی می توانند در سازه های متعارف بتنی و فلزی به عنوان دیوار برشی جهت باربری جانبی مورد استفاده قرار گیرند. ساختار این پانل ها به نحوی است که امکان استفاده از آن ها در ساختارهای کم ارتفاع، به عنوان اعضای باربر قائم و افقی نیاز به دیگر اجزای باربر از جمله تیر و ستون را مرتفع می سازد. در واقع ساختمان های کم ارتفاع را می توان با تکیه بر رفتار سه بعدی پانل ها بدون نیاز به قاب های باربر طراحی و اجرا نمود. علاوه بر آن از این پانل ها می توان به صورت همزمان با قاب های ساختمانی متعارف استفاده کرد. از این ویژگی می توان با هدف مقاوم سازی و تقویت باربری قاب های موجود بهره برد. عملکرد لرزه ای سیستم های پانلی به دلیل ساختار خاص آن ها دارای تفاوت هایی با اعضای متعارف سازه ای می باشد. در این رابطه، خواص مکانیکی اجزای پانل و عملکرد جعبه ای ساختار سازه ای آن، باعث ایجاد سازه ای با شکل پذیری کمتر در مقایسه با سازه های معمول می شود. توجه به این نکته ضروری است که علیرغم شکل پذیری کمتر، رفتار کلی سازه های سه بعدی پانلی نشانگر ضرایب اضافه مقاومت بالاتری در مقایسه با انواع دیگر ساختارهای باربر جانبی بوده است. در حالت کلی شکل پذیری کمتر و ضرایب اضافه مقاومت بالاتر، موجب شده است که ضریب رفتار این سازه ها در حدود ضریب رفتار سازه های با سیستم دیوارهای برشی بتن آرمه به دست آید، اما تعیین ضریب رفتار این سیستم به صورت دقیق مستلزم انجام مطالعات گسترده و جامع تری خواهد بود.

در سیستم های دیوارهای پیش ساخته سه بعدی به دلیل باربر بودن دیوارها، باید مسیر انتقال نیروهای ثقلی و جانبی در ارتفاع پیوسته باشد و هیچ گونه انقطاعی در طول مسیر وجود نداشته باشد. به عبارتی دیگر لازم است، در این سیستم، دیوارهای سازه ای از پایین ترین تراز تا بالاترین تراز مورد نیاز فاقد قطع شدگی و انحراف باشند (شکل 1-3).



شکل 1-3 پیوستگی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی از پایین تراز تا بالاترین تراز

با توجه به ساختار دیافراگم های افقی ساختمان های پانلی سه بعدی، علاوه بر سقف های پانلی می توان از انواع دیگر سیستم های سقف متداول از جمله سقف تیرچه بلوک، سقف دارای تیرچه های با جان باز یا دال بتن آرمه، به منظور تامین دهانه بارگیر مورد نیاز استفاده کرد. علاوه بر جنبه های مقاومتی سازه های پانلی، لازم است به جنبه های پایایی در این سیستم ها نیز توجه شود. می توان پایایی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی از طریق روش هایی مانند استفاده از مصالح استاندارد و یا در نظر گرفتن پوشش کافی میلگردها به منظور کاهش آثار خوردگی و دیگر پیامدهای منفی آن، تامین نمود. در سیستم های دیوارهای پیش ساخته سه بعدی، با توجه به این که دیوارها در کارخانه بتن ریزی می شوند، امکان اجرای دقیق و عمل آوری مناسب آن ها وجود دارد و این موضوع به عنوان یکی از نقاط قوت این سیستم مطرح است. از طرفی، اجرای دیوارها در کارخانه این امکان را برای سازنده فراهم می کند که انواع نماهای مورد نظر را قبل از بتن ریزی روی کف قالب های دیوار اجرا و سپس فرایند بتن ریزی انجام شود (شکل های 1-4 و 1-5).

فصل اول: معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ پانل // 5



شکل 1-4 نمونه ای از نماهای خارجی اجرا شده بر روی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی در کارخانه



شکل 1-5 نمونه ای از نماهای داخلی اجرا شده بر روی دیوارهای پیش ساخته سه بعدی در کارخانه

وجود طرح های مختلف بر روی قالب ها علاوه بر جنبه ی زیبایی، باعث اتصال مناسب و مقاوم نما به سیستم سازه ای شده و در نتیجه خطر سقوط نما به هنگام وقوع زلزله را به حداقل می رساند. این موضوع سبب می شود حمل و نصب این قطعات از حساسیت خاصی برخوردار باشد. در ادامه تصاویر شماتیک نصب دیوارهای پیش ساخته سه بعدی نمایش داده شده است (شکل 1-6).

فصل اول: معرفی سیستم سازه ای دیوارهای پیش ساخته سه بعدی یا ساندویچ پانل // 7





شکل 1-6 حمل و نصب سیستم دیوار پیش ساخته سه بعدی [3]