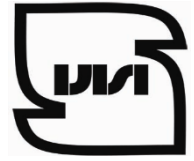




جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۹۷۳

چاپ اول

۱۳۹۶

INSO

21973

1st.Edition

2017

سقف‌های مرکب عرشه فولادی

Composite steel deck floors

ICS: 77.140.99

استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۹۷۳ : سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و دارای صلاحیت نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سقف‌های مرکب عرشه فولادی»

رئیس:

کرم الدین، عباس
(دکتری مهندسی عمران)

دبیر:

آوری، علیرضا
(کارشناسی مهندسی عمران)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ارشاد، لیلی
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

انوشه ئی، مجید
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

برادران مظفری، کامران
(کارشناسی مهندسی عمران)

برادران همتی، سعید
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

بیات، محمدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

توکلی زاده، محمد رضا
(دکتری مهندسی عمران)

خاتمی، هادی
(دکتری مهندسی عمران)

روحبخش فراحتی، امید
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی - دانشگاه فردوسی مشهد

شرکت سان سازه (فناوری سقف عرشه فولادی SunDeck)

کارشناس ارشد بخش مهندسی سازه و ابنیه - مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

مدیر طراحی عمرانی - شرکت صنایع هفت الماس

کارشناس ارشد نظارت عالییه - استانداری خراسان رضوی

کارشناس آزاد

کارشناس ارشد بخش مهندسی سازه و ابنیه - مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

عضو هیئت علمی - دانشگاه فردوسی مشهد

مدیریت پژوهشی - سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان
رضوی

کارشناس رسمی استاندارد در گرایش‌های بازرسی فنی و جوش -
کانون کارشناسان استاندارد خراسان رضوی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

- | | |
|---|--|
| مدیر کل دفتر فنی، امور عمرانی و حمل و نقل و ترافیک -
استانداری خراسان رضوی | سالیانی، مهدی
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران) |
| عضو هیئت علمی - دانشگاه شهید بهشتی | شرقی، عبدالعلی
(دکتری مهندسی عمران) |
| مدیریت نظام فنی و اجرایی - سازمان برنامه و بودجه استان
خراسان رضوی | شهیدی، سید ابراهیم
(دکتری مهندسی عمران) |
| کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد خراسان رضوی | عباسی هرفته، غلامرضا
(کارشناسی مهندسی شیمی صنایع معدنی) |
| شرکت سان سازه (فناوری سقف عرشه فولادی SunDeck) | عوض زاده، مجید
(کارشناسی مهندسی عمران) |
| مدیریت بخش مهندسی سازه و ابنیه فنی - مرکز تحقیقات راه،
مسکن و شهرسازی | فرحبد، فرهنگ
(دکتری مهندسی عمران) |
| رئیس تحقیق و توسعه مهندسی - شرکت صنایع هفت الماس | فلاحنگر، سید جمال
(کارشناسی مکانیک - مکاترونیک) |
| عضو هیئت علمی - دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی | فناپی، نادر
(دکتری مهندسی عمران) |
| عضو هیئت علمی - دانشگاه فردوسی مشهد | قلعه نویی، منصور
(دکتری مهندسی عمران) |
| معاون پذیرش و آموزش - سازمان نظام مهندسی ساختمان
خراسان رضوی | کاظمی، حمید
(دکتری مهندسی عمران) |
| شرکت بنا تدبیر البرز | کمانکش، بابک
(کارشناسی مکانیک سیالات) |
| مدیر کنترل و تضمین کیفیت - شرکت صنایع هفت الماس | کوشیار، محمود
(کارشناسی ارشد مواد و متالورژی) |

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس ارشد کنترل و تضمین کیفیت - شرکت سان سازه
فناوری سقف عرشه فولادی (SunDeck)

مجتهدپور، میثم
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت بنا تدبیر البرز

محسنی، امیر
(کارشناسی مکانیک سیالات)

معاون ارزیابی انطباق - اداره کل استاندارد خراسان رضوی

محمدی، حامد
(کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی)

کارشناس - اداره کل استاندارد خراسان رضوی

منصوری، هومن
(کارشناسی ارشد عمران)

مدیریت دفتر منطقه ای - مرکز تحقیقات راه، مسکن و
شهرسازی شمال شرق کشور

مهردوست، محمد رضا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

نصیرایی، سیروس
(دکتری مهندسی عمران)

سرپرست آزمایشگاه مصالح ساختمانی - اداره کل استاندارد
خراسان رضوی

وفایی، ولی
(کارشناسی مهندسی شیمی)

مدیر عامل - موسسه عرشه فولادی ایرانیان، مجری طرح
پژوهشی و نماینده - سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان
رضوی

هاتفی کاشی زاده، مجتبی
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

کارشناس آزاد

هنرمند، جعفر
(کارشناسی مهندسی عمران)

ویراستار:

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهید بهشتی

شرقی، عبدالعلی
(دکتری مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ مدارک اجرایی
۳	۴ مصالح
۵	۵ طراحی
۱۴	۶ اجزای الحاقی
۱۴	۷ نصب
۱۷	۸ جوش کاری
۱۷	۹ اتصال‌های مکانیکی
۱۸	۱۰ اتصال‌های اجزای الحاقی
۱۸	۱۱ تمیزکاری قبل از بتن‌ریزی
۱۸	۱۲ مسلح‌کننده‌های فولادی
۱۹	پیوست الف (الزامی) الگوهای بارگذاری حین ساخت سقف مرکب عرشه فولادی
۲۰	پیوست ب (الزامی) جدول تعیین ضخامت دال سقف مرکب عرشه فولادی در برابر آتش
۲۱	پیوست پ (الزامی) تعیین مقاومت دال مرکب بتنی-عرشه فولادی با روش پیوستگی برشی
۲۵	پیوست ت (الزامی) مشخصات مقطع دال مرکب عرشه فولادی
۲۸	پیوست ث (آگاهی دهنده) جدول انتخاب ورق واریز لبه
۳۰	پیوست ج (الزامی) الزامات مشخصات مکانیکی فولاد پایه

پیش‌گفتار

استاندارد «سقف‌های مرکب عرشه فولادی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک‌هزار و پانصد و چهل و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۱۳۹۶/۰۱/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ANSI/SDI C-2011, Standard for Composite Steel Floor Deck-Slabs

سقف‌های مرکب عرشه فولادی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه اصول کلی برای طراحی سقف‌ها یا دال‌های مرکب عرشه فولادی در ساختمان‌ها است. این استاندارد در مورد مصالح، طراحی و اجرای دال‌های مرکب بتنی-عرشه فولادی که در آن ورق‌های سرد نورد شده عرشه علاوه بر قالب ماندگار، نقش تسلیح کننده دال برای لنگر مثبت را ایفا می‌نمایند، کاربرد دارد.

برای طراحی، ضخامت فلز پایه بدون پوشش ورق به کار می‌رود. حداقل ضخامت باید برابر 0.95 ضخامت فرض شده در طراحی باشد. ضخامت ورق عرشه فولادی نباید کمتر از 0.8 mm باشد.

یادآوری: در این استاندارد، «طراح» نهادی است که مسئولیت طراحی سازه شامل دال‌های مرکب عرشه فولادی را به عهده دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی شماره ۳۱۳۲، ۱۳۹۲، میلگردهای فولادی گرم نوردیده برای تسلیح بتن - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۲-۲ استاندارد ملی شماره ۳-۸۱۳۳، ۱۳۹۳، فولاد برای مسلح کردن بتن - قسمت سوم: شبکه فولادی - ویژگی‌ها

۳-۲ استاندارد ملی شماره ۲-۱۲۰۵۶، ۱۳۸۹، مقاومت در برابر آتش برای اجزای باربر - قسمت ۲ - کف‌ها و بام‌ها - روش‌های آزمون

۴-۲ نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱، آئین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سرد نورد شده

۵-۲ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲، بارهای وارد بر ساختمان

۶-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲، طرح و اجرای سازه‌های بتن مسلح

۷-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲، طرح و اجرای سازه‌های فولادی

- 2-8 ACI 318-11, Building Code Requirements for Structural Concrete
- 2-9 AISI S100-07 w/S2-10, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, Including Supplement 2 (February 2010)
- 2-10 AISI S905-08, Test Methods for Mechanically Fastened Cold-Formed Steel Connections
- 2-11 AISI S907-08, Test Standard for Cantilever Test Method for Cold Formed Steel Diaphragms
- 2-12 AISI/AISC, Standard Definitions for Use in the Design of Steel Structures, 2007 edition
- 2-13 ANSI/AISC 360-10, Specification for Structural Steel Buildings
- 2-14 ASTM A653/A653M-10 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process
- 2-15 ASTM A706/A706M-09b Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement
- 2-16 ASTM A820/A820M-06, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete
- 2-17 ASTM A1008/A1008M-10, Standard Specification for Steel, Sheet, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High Strength Low-Alloy with Improved Formability, Solution Hardened, and Bake Hardenable
- 2-18 ASTM C1116/C1116M-10 Standard Specification for Fiber Reinforced Concrete
- 2-19 ASTM D7508/D7508M-10 Standard Specification for Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete
- 2-20 AWS D1.1:2010, Structural Welding Code-Steel
- 2-21 AWS D1.3:2008, Structural Welding Code-Sheet Steel
- 2-22 SDI-T-CD-2011, Test Standard for Composite Steel Deck-Slabs
- 2-23 SDI-DDM, Diaphragm Design Manual, 3rd Edition, including Appendices I through VI

۳ مدارک اجرایی

مدارک اجرایی سقف مرکب عرشه فولادی باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۳ بارها

۱-۱-۳ بارهای طراحی وارد بر دال مرکب عرشه فولادی بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان؛

۲-۱-۳ بارهای هنگام ساخت.

۲-۳ پلان‌های تیرریزی سازه‌ای

۳-۳ عرشه و اتصال‌های آن

۱-۳-۳ عمق، مقطع ورق شکل دهی شده، ضخامت طراحی ورق و طرح هندسی آج‌ها؛

۲-۳-۳ مشخصات مکانیکی ورق و نیز مشخصات پوشش آن؛

۳-۳-۳ چیدمان ورق‌های عرشه، نوع، فاصله و جزئیات اتصال‌های آن.

۴-۳ بتن و مسلح‌کننده‌ها

۱-۴-۳ مقاومت مشخصه فشاری بتن، f'_c ؛

۲-۴-۳ چگالی مشخصه بتن؛

۳-۴-۳ مقاومت مشخصه تسلیم، F_y یا رده مقاومتی میلگردهای فولادی و یا شبکه سیمی جوش شده^۱ در صورت استفاده؛

۴-۴-۳ قطر، موقعیت و محل قطع کلیه میلگردها و شبکه‌های سیمی جوش شده؛

۵-۴-۳ ضخامت دال در قسمت‌های مختلف؛

۶-۴-۳ جنس، نوع و عیار الیاف‌های مسلح‌کننده گسسته^۲ در صورت استفاده.

۴ مصالح

۱-۴ ورق فولادی

۱-۱-۴ کلیه ورق‌های فولادی که در عرشه و الحاقات آن مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید دارای حداقل مقاومت مشخصه تسلیم 230 MPa باشند. مشخصات مکانیکی فولاد پایه ورق باید مطابق پیوست ج این استاندارد باشد.

۲-۱-۴ در مواردی که عرشه فولادی نقش تسلیح‌کننده^۳ دال را برعهده دارد، عرشه باید از نوع آج‌دار با حداقل عمق آج 1 mm بوده و نیز مشخصات ورق فولادی باید مطابق نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری باشد. افزایش طول نسبی نهایی ورق فولادی عرشه در نمونه با طول

1 - Welded wire reinforcement
2 - Discontinuous fiber reinforcement
3- Tensile reinforcement

۵۰mm، باید ده درصد یا بیش از آن بوده و همچنین مقاومت مشخصه تسلیم نباید از F_y یا ۳۴۵ MPa بیشتر باشد^۱.

۳-۱-۴ ضخامت ورق فولادی عرشه باید مطابق نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری باشد.

۴-۱-۴ ورق‌های فولادی مورد استفاده در الحاقاتی که برابر هستند باید مطابق نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری باشند. برای ورق‌های فولادی در الحاقات غیر برابر می‌توان از هر نوع فولاد مناسبی استفاده نمود.

۲-۴ بتن و مسلح کننده‌ها

۱-۲-۴ بتن مورد استفاده بر روی عرشه باید در انطباق با ضوابط فصل‌های مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۲-۲-۴ در دال‌های مرکب عرشه فولادی مقاومت مشخصه فشاری بتن نباید کمتر از ۲۰MPa و بیش از ۴۰MPa باشد. چنانچه بر پایه رده بندی آتش به مقاومت بیش از ۴۰MPa نیاز باشد، در محاسبه‌های مربوط از مقاومت ۴۰MPa استفاده می‌شود.

۳-۲-۴ استفاده از افزودنی‌هایی که دارای نمک‌های کلردار یا مواد خورنده دیگری که به ورق عرشه و اجزای مدفون در بتن آسیب می‌رسانند، مجاز نمی‌باشد.

۴-۲-۴ میلگردها و شبکه‌های فولادی باید مطابق استانداردهای زیر باشند:

۱-۴-۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۳۲ برای میلگردهای آج‌دار؛

۲-۴-۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۸۱۳۳ برای شبکه سیمی جوش شده؛

۳-۴-۲-۴ سایر میلگردهای آج‌دار یا شبکه سیمی جوش شده مجاز شناخته شده طبق بخش 3.5.3، منبع ACI-318.

۵-۲-۴ الیاف‌های مسلح کننده گسسته باید مطابق استاندارد ASTM A820 برای الیاف فولادی و استاندارد ASTM D7508 برای الیاف مصنوعی باشند.

۱- آج‌ها به صورت زائده‌های برجسته روی عرشه فولادی در برابر نیروی برشی به وجود آمده بین دال بتنی و عرشه فولادی مقاومت می‌نمایند و در الگوی‌های متنوعی از لحاظ شکل هندسی قابل تولید می‌باشند. جهت کسب مقاومت برشی لازم، آج‌ها باید با برجستگی حداقل به عمق ۱ mm و همچنین به دو حالت منقطع و پیوسته بر روی عرشه فولادی ایجاد شوند. نقش آج منقطع جلوگیری از لغزش بین عرشه فولادی و دال بتنی و نقش آج پیوسته جلوگیری از جدا شدگی دال بتنی از عرشه فولادی می‌باشد.

۳-۴ رواداری ابعاد عرشه‌های تحویلی به کارگاه ساختمانی

۳-۴-۱ کمترین ضخامت ورق عرشه فولادی بدون پوشش، تحویلی به کارگاه ساختمانی در هیچ قسمت نباید کمتر از ۰/۹۵ ضخامت طراحی باشد. البته ضخامت‌های کمتر در خم‌ها، نظیر گوشه‌های ناشی از نورد سرد می‌تواند قابل قبول باشد.

۳-۴-۲ رواداری ساخت در طول هر قطعه از ورق‌های عرشه فولادی $13 \pm$ mm می‌باشد.

۳-۴-۳ رواداری ساخت در عرض هر قطعه از ورق‌های عرشه فولادی از ۱۰ mm - تا ۲۰ mm + است.

۳-۴-۴ حداکثر مقدار خمیدگی و تابیدگی ورق‌های عرشه فولادی، برابر ۲ mm در متر می‌باشد.

۳-۴-۵ ناگونمایی انتهایی ورق‌های عرشه فولادی نباید بیش از ۱۰ mm برای هر متر عرض عرشه فولادی باشد.

۴-۴ پوشش ورق عرشه فولادی

۴-۴-۱ ورق‌ها باید مطابق استاندارد ASTM A653/A653M، به روش غوطه وری گرم، روی اندود شوند. حداقل پوشش ورق باید معادل Z120^۱ باشد.

۴-۴-۲ در صورت نیاز، یک لایه رنگ آستر در سطح زیرین ورق برای محافظت در برابر خوردگی باید انجام گیرد.

۴-۴-۳ جزییات پوشش نهایی ورق باید توسط طراح مشخص گردد.

یادآوری: پوشش ورق باید برای شرایط محیطی که عرشه در طول دوره بهره برداری در معرض آن قرار دارد، مناسب باشد. با توجه به این که عرشه مرکب نقش تسلیح کششی دال را برعهده دارد، دوره بهره برداری آن باید حداقل برابر دوره بهره‌برداری سازه باشد. استفاده از پوشش‌های آلومینیوم-روی توصیه نمی‌شود. در محیط‌های شیمیایی و یا بسیار خورنده و یا در مواردی که مواد واکنش‌زا در تماس با عرشه فولادی قرار می‌گیرند، باید از پوشش‌های خاص یا مواد ویژه استفاده شود. همچنین رنگ عرشه باید برای رده‌بندی آتش مورد استفاده تأیید شده باشد.

۵ طراحی

۱-۵ عرشه فولادی به عنوان قالب (پیش از گیرش نهایی بتن)

۱-۱-۵ طراحی به دو روش مقاومت مجاز (ASD)^۲ و ضرایب بار و مقاومت (LRFD)^۳ قابل انجام است. مشخصات مقطع، مقاومت مجاز و یا مقاومت طراحی برای عرشه‌های فولادی باید بر اساس نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، صورت پذیرد.

۱ - وزن پوشش ورق در رده Z120 می‌باید برابر با 120 gr/m^2 در هر دو طرف ورق باشد.

2- Allowable Strength Design (ASD)

3 - Load and Resistance Factor Design (LRFD)

۵-۱-۲ مقاومت عرشه باید برای ترکیب بارهای زیربندهای زیر مورد ارزیابی قرار گیرند:

۵-۱-۲-۱-۱ روش مقاومت مجاز

$$w_{dc} + w_{dd} + w_{lc} \quad (۱)$$

$$w_{dc} + w_{dd} + P_{lc} \quad (۲)$$

$$w_{dd} + w_{cdl} \quad (۳)$$

که در آنها:

w_{dc} وزن بتن تازه بر حسب kN/m^2 ؛

w_{dd} وزن عرشه فولادی بر حسب kN/m^2 ؛

w_{lc} بار زنده گسترده هنگام ساخت در زمان بتن ریزی که از $1/0 \text{ kN/m}^2$ کمتر نباشد؛

P_{lc} بار زنده متمرکز هنگام ساخت در واحد عرض در زمان بتن ریزی که به اندازه $2/2 \text{ kN}$ می باشد؛

w_{cdl} بار زنده گسترده هنگام ساخت پیش از بتن ریزی که از $2/5 \text{ kN/m}^2$ کمتر نباشد.

انتخاب بارهای طراحی هنگام ساخت برای دهانه‌های ساده به دلیل عدم وجود نامعینی و ایمنی کمتر، باید با دقت بیشتری صورت گیرد.

یادآوری ۱: بار زنده گسترده هنگام ساخت (w_{lc}) براساس روش‌های متداول اجرایی شامل حمل بتن و ریختن آن به وسیله لوله پمپ و پرداخت آن توسط وسایل دستی در نظر گرفته شده است. طراح باید بارهای مجاز حین ساخت طراحی را در مدارک اجرایی درج نماید و توجه سازنده را به این مسئله جلب نماید که تجمع زیاد بتن توسط جام، انتقال دهنده‌ها، چرخ دستی و یا استفاده از لوازم موتوری سنگین برای پرداخت نظیر ماله لرزان ممکن است مستلزم طراحی عرشه به عنوان قالب برای تحمل بار زنده یکنواخت حین ساخت $2/5 \text{ kN/m}^2$ و یا بیشتر باشد. بار زنده متمرکز حین ساخت در زمان بتن ریزی بر اساس وزن یک کارگر ساختمانی با تجهیزات مربوط می باشد.

یادآوری ۲: طراح باید اضافه وزن بتن ناشی از افتادگی سازه شامل عرشه و تیرهای نشیمن زیر اثر بارهای هنگام ساخت را در محاسبه لحاظ نماید.

۵-۲-۱-۲ روش ضرایب بار و مقاومت

$$1.6 w_{dc} + 1.2 w_{dd} + 1.4 w_{lc} \quad (۴)$$

$$1.6 w_{dc} + 1.2 w_{dd} + 1.4 P_{lc} \quad (۵)$$

$$1.2 w_{dd} + 1.4 w_{cdl} \quad (۶)$$

۵-۱-۳ دهانه‌های طره‌ای باید برای ترکیبات بارهای زیر مورد ارزیابی قرار گیرند:

۵-۱-۳-۱ در روش مقاومت مجاز، معادله‌های (۱) و (۲) باید بر روی دهانه طره و دهانه مجاور آن اعمال شود. بار زنده متمرکز هنگام ساخت (P_{lc}) باید در انتهای طره اعمال شود.

۵-۱-۳-۲ در روش ضرایب بار و مقاومت، معادله‌های (۴) و (۵) باید بر روی دهانه طره و دهانه مجاور آن اعمال شود. بار زنده متمرکز زنده هنگام ساخت (P_{lc}) باید در انتهای طره اعمال شود.

۴-۱-۵ بارگذاری خاص

۱-۴-۱-۵ با توجه به روش اجرا و در صورت نیاز، بارهای زنده هنگام ساخت باید افزایش یابد.

۲-۴-۱-۵ بارگذاری دهانه‌ها باید متناسب با توالی بتن‌ریزی در هنگام اجرا مطابق با پیوست الف باشد. برای محاسبه نیروی برش، گشتاور خمشی و افتادگی در دهانه‌های نابرابر می‌توان از روش‌های تحلیل تقریبی استفاده نمود.

۵-۱-۵ افتادگی عرشه

۱-۵-۱-۵ افتادگی محاسبه شده عرشه در نقش قالب، زیر اثر بار یکنواخت وزن عرشه فولادی و بتن تازه در تمام دهانه‌ها نباید از $\frac{1}{18}$ دهانه آزاد و 20 mm بیشتر شود. افتادگی باید نسبت به صفحه اصلی تکیه‌گاه‌ها محاسبه شود.

۲-۵-۱-۵ در دهانه‌های طره، افتادگی عرشه در نقش قالب، زیر اثر وزن عرشه فولادی و بتن تازه نباید از $\frac{1}{9}$ طول طره و 20 mm تجاوز نماید.

۶-۱-۵ حداقل طول نشیمن و فاصله اتصال دهنده عرشه از لبه آن باید براساس نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری باشد.

۷-۱-۵ ظرفیت برشی دیافراگم

مقاومت و سختی دیافراگم باید با در نظر گرفتن ظرفیت عرشه فولادی بدون بتن مطابق با روش‌های زیر تعیین شود:

۱-۷-۱-۵ روش مندرج در منبع SDI-DDM؛

۲-۷-۱-۵ آزمایش‌های انجام شده مطابق منبع AISI S907.

۸-۱-۵ اتصال‌ها

عرشه به منظور مقاومت در برابر بارها و نیز فراهم کردن پایداری سازه‌ای اعضای تکیه‌گاهی باید به نحو مناسب به تکیه‌گاه‌ها متصل شوند. اتصال‌ها باید براساس نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و AISI S100 طراحی شوند و یا مقاومت آن‌ها باید با توجه به آزمایش‌های منطبق بر استاندارد AISI S905 تعیین شوند. آزمایش‌ها باید بیانگر شرایط طراحی باشند و دو حالت اتصال تکی یا روی هم ورق‌ها را در برگیرند.

۲-۵ عرشه مرکب (پس از گیرش نهایی بتن)

۱-۲-۵ مقاومت

مقاومت برشی عرشه مرکب باید براساس یکی از روش‌های زیر تعیین شود:

۱-۱-۲-۵ روش پیوستگی برشی، مطابق پیوست پ؛

۲-۱-۲-۵ آزمایش عملکرد با ابعاد واقعی، براساس منبع SDI-T-CD.

۲-۲-۵ ترکیب بارها: برای ترکیب بارها باید از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان استفاده نمود.

۳-۲-۵ ظرفیت باربری: ظرفیت سربارهای عرشه را می‌توان از کسر وزن بتن و عرشه فولادی از ظرفیت باربری کل بدست آورد. معمولاً دال‌های مرکب عرشه فولادی به دلیل ترک‌های ایجادشده در محل تکیه‌گاه به صورت دهانه ساده در نظر گرفته می‌شوند مگر اینکه بر روی تکیه‌گاه‌ها میلگرد خمش منفی طراحی شده باشد.

۴-۲-۵ بتن: مقاومت مشخصه فشاری مشخصه بتن (f'_c) باید منطبق بر بخش ۴-۲ بوده و نباید کمتر از ۲۰ MPa و یا مقدار مورد نیاز برای رده بندی مقاومت در برابر آتش یا دوام باشد.

۱-۴-۲-۵ حداقل پوشش بتن، ضخامت بتن روی سطح فوقانی عرشه فولادی (h_c در شکل ب-۱) نباید کمتر از ۵۰ mm و یا مقدار مورد نیاز برای رده بندی‌های مقاوم در برابر آتش باشد. حداقل پوشش بتن برای میلگردها باید در انطباق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۵-۲-۵ افتادگی و ارتعاش: معیار پذیرش افتادگی و ارتعاش دال مرکب باید به ترتیب در انطباق با مبحث‌های نهم و دهم مقررات ملی ساختمان کنترل شوند.

۱-۵-۲-۵ مشخصات مقطع مرکب باید براساس پیوست ت محاسبه شود.

۲-۵-۲-۵ افتادگی اضافی ناشی از خزش بتن در صورت لزوم باید با ضرب کردن افتادگی آنی الاستیک بارهای دراز مدت در ضرایب زیر محاسبه شود.

- ضریب ۱/۰ برای مدت زمان بارگذاری سه ماه و کمتر؛

- ضریب ۱/۲ برای مدت زمان بارگذاری شش ماه؛

- ضریب ۱/۴ برای مدت زمان بارگذاری یک سال؛

- ضریب ۲/۰ برای مدت زمان بارگذاری پنج سال و بیشتر.

یادآوری: افتادگی‌های ناشی از سربار زنده به ندرت در طراحی تعیین کننده می‌شوند. افتادگی ناشی از سربار زنده کمتر یا برابر

$\frac{1}{۳۶}$ دهانه قابل پذیرش می‌باشد. افتادگی دال مرکب با استفاده از ممان اینرسی میانگین مقطع ترک خورده و ترک نخورده

مطابق پیوست ت محاسبه می‌شود.

از آن جا که عرشه به تنهایی وزن بتن را تحمل می‌کند، برای محاسبه افتادگی ناشی از خزش صرفاً سربارهای پس از گیرش در نظر گرفته می‌شوند.

ارتعاش کف، ناشی از عملکرد مجموعه اجزای تشکیل دهنده آن شامل تیرهای تکیه‌گاهی می‌باشد. برای جزییات بیشتر می‌توان به مراجع معتبر از جمله^۱ AISC-DG 11 مراجعه نمود.

۵-۲-۶ بارهای خاص: بار آویزها شامل سقف کاذب، تجهیزات روشنایی، کانال‌ها و سایر تاسیسات نیز باید در تحلیل و محاسبات مقاومت و افتادگی و ارتعاش در نظر گرفته شوند.

۵-۲-۷ مقاومت برشی یک طرفه^۲: برای محاسبه مقاومت برشی یک طرفه دال مرکب بتنی-عرشه فولادی از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$\phi V_n = \phi_v V_c + \phi_s V_D \leq \phi_v 0.172 \sqrt{f'_c} A_c \quad (۷)$$

که در معادله بالا:

$$V_c = 0.086 \lambda \sqrt{f'_c} A_c \quad (۸)$$

که در آن‌ها:

V_D مقاومت برشی مقطع عرشه فولادی محاسبه شده بر اساس نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری بر حسب کیلونیوتن (kN)؛

A_c سطح مقطع بتن مقاوم در برابر برش مطابق شکل ۱ بر حسب میلی‌مترمربع؛

λ برای بتن‌های با چگالی بزرگ‌تر از 2100 kg/m^3 برابر یک و در غیر این صورت برابر 0.75 خواهد بود؛

ϕ_v ضریب کاهش مقاومت برشی برابر با 0.75 ؛

ϕ_s ضریب کاهش مقاومت فولاد برابر با 0.85 .

۵-۲-۸ مقاومت برش سوراخ کننده^۳: سطح بحرانی برای محاسبه برش سوراخ کننده باید عمود بر صفحه دال و بیرون از محیط اعمال بار متمرکز و یا سطح واکنش تکیه‌گاهی باشد. مقاومت برش سوراخ کننده ضریب دار، V_{pr} باید از معادله زیر تعیین گردد.

$$V_{pr} = 0.043 (2 + 4/\beta_c) \phi_v \sqrt{f'_c} b_0 h_c \leq 0.172 \phi_v \sqrt{f'_c} b_0 h_c \quad (۹)$$

که در آن

b_0 محیط مقطع بحرانی بر حسب mm؛

h_c ضخامت بتن روی سطح فوقانی عرشه فولادی (شکل ب-۱) بر حسب mm؛

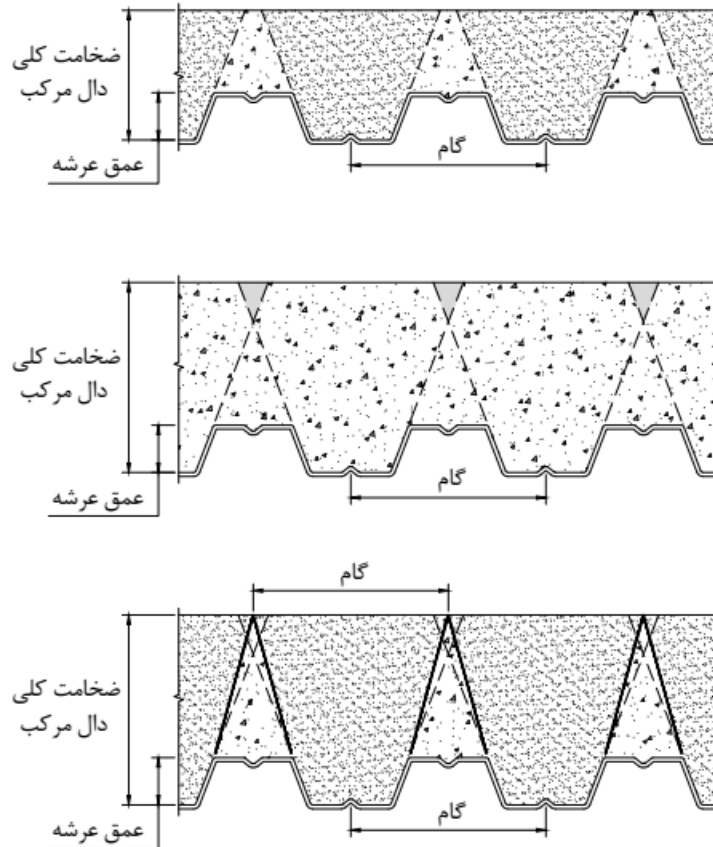
1- AISC Design guide series, 11, floor vibration due to the human activity

2- One-way shear strength

3- Punching shear resistance

β_c نسبت طول به عرض سطح بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاهی؛

ϕ_v ضریب کاهش مقاومت برشی برابر با ۰٫۷۵.



شکل ۱- سطح مقاوم بتن در برش یک‌طرفه. افزایش ضخامت دال سبب بوجود آمدن محدوده همپوشانی شده است و در این حالت سطح مقاوم بتن باید کاهش داده شود.

۹-۲-۵ بارهای متمرکز: اثر پخش عرضی بارهای متمرکز در جهت عمود بر کنگره عرشه باید مطابق ضوابط این بخش در نظر گرفته شوند. همچنین برای پخش بار عرضی می‌توان از روش‌های تحلیل مناسب استفاده نمود.

۱-۹-۲-۵ بارهای متمرکز باید به صورت جانبی (عمود بر کنگره‌های عرشه) در عرض موثر b_e بصورت یکنواخت پخش شوند.

۲-۹-۲-۵ بتن روی عرشه فولادی باید بعنوان دال بتنی مسلح برای گشتاور خمشی محور ضعیف M_{wa} در پهنای W طراحی شود. طراحی باید براساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

$$b_m = b_2 + 2t_c + 2t_t \quad (10)$$

$$b_e = b_m + (2)(1 - \frac{x}{L})x \leq 106.8 (\frac{t_c}{h}) \quad (11)$$

برای طراحی خمشی در دهانه‌های ساده

$$b_e = b_m + \frac{4}{3}(1 - \frac{x}{L})x \leq 106.8 (\frac{t_c}{h}) \quad (12)$$

برای طراحی خمشی در دهانه‌های پیوسته هنگامی که میلگرد لازم برای گشتاور خمشی منفی وجود داشته باشد.

$$b_e = b_m + (1 - \frac{x}{L})x \leq 106.8 (\frac{t_c}{h}) \quad (13)$$

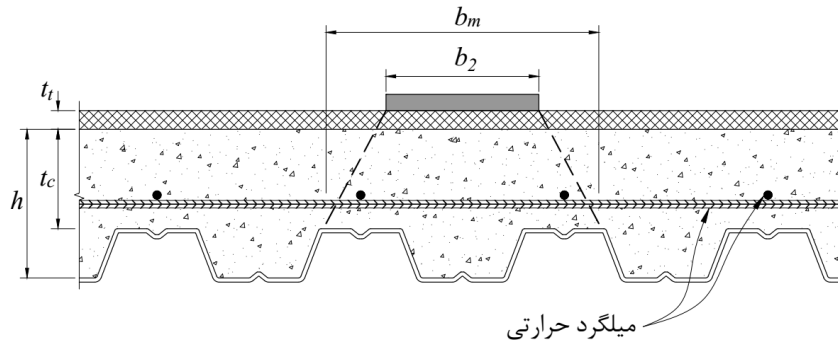
برای طراحی برشی

$$W = \frac{L}{2} + b_3 \leq L \quad (14)$$

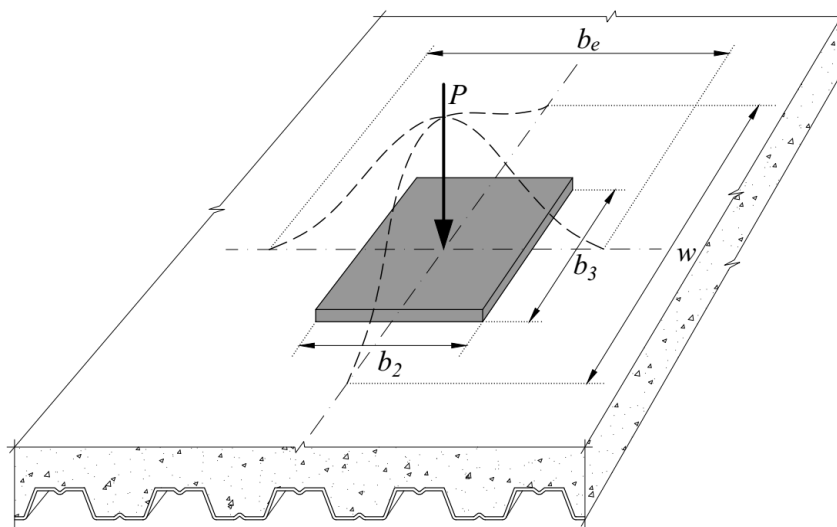
$$M_{wa} = \frac{P b_e}{15W} \quad (15)$$

که در آن‌ها:

- b_e عرض موثر بار متمرکز، عمود بر کنگره عرشه برحسب mm؛
 - b_m پهنای گسترش یافته بار متمرکز، عمود بر کنگره در تراز روی عرشه برحسب mm؛
 - b_2 پهنای بار متمرکز در امتداد عمود بر کنگره‌های عرشه برحسب mm؛
 - b_3 پهنای بار متمرکز در امتداد موازی با کنگره‌های عرشه برحسب mm؛
 - h ضخامت کل دال مرکب از کف عرشه فولادی تا تراز روی بتن برحسب mm؛
 - L طول دهانه عرشه، فاصله مرکز تا مرکز تکیه گاه‌های عرشه برحسب mm؛
 - M_{wa} گشتاور خمشی محور ضعیف در واحد عرض عمود بر کنگره‌های عرشه برحسب N.mm/mm؛
 - P مقدار بار متمرکز نیوتن برحسب N؛
 - t_c ضخامت بتن روی سطح فوقانی عرشه فولادی برحسب mm؛
 - t_t ضخامت پوشش سخت روی بتن سازه‌ای در صورت وجود برحسب mm؛
 - W پهنای موثر بار متمرکز در راستای کنگره‌های عرشه برحسب mm؛
 - x فاصله مرکز بار متمرکز تا نزدیک‌ترین تکیه‌گاه عرشه برحسب mm؛
- پارامترهای فوق در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۲- مقطع عرضی برای نمایش پارامترهای برش سوراخ کننده



شکل ۳- نمای سه بعدی برای نمایش پارامترهای برش سوراخ کننده

یادآوری- استفاده از سقف‌های مرکب عرشه فولادی در کاربری‌هایی که تحت اثر بارهای با طبیعت تکراری یا تجهیزات ترافیکی سنگین چرخ‌دار مانند لیفت‌تراک هستند، توصیه نمی‌گردد و در این سقف‌ها عرشه فولادی صرفاً به‌عنوان قالب عمل کرده و باید به‌صورت یک دال بتنی مسلح طراحی گردد زیرا بارهای مذکور صرفاً شامل بارهای ثقلی نیست، بلکه بارهای ضربه‌ای عمودی و بارهای درون صفحه‌ای - ناشی از حرکت، توقف و دور زدن تجهیزات- را نیز شامل می‌شود. ماهیت تکرار شونده این بارگذاری شامل ضربه، خستگی و اثرات درون صفحه‌ای می‌تواند اثرات تخریبی بیشتری نسبت به بارهای ثقلی بر روی عملکرد دال عرشه داشته باشد. همچنین جهت طراحی سقف‌های عرشه فولادی در پارکینگ‌ها، بر اساس^۱ SDI Position Statement موارد زیر توصیه می‌شوند:

الف - دال‌های عرشه فولادی به‌صورت یکسره با استفاده از میلگردهای منفی روی تکیه‌گاه‌ها طراحی شوند.

ب - از میلگرد حرارتی اضافی جهت کنترل ترک‌های ناشی از تغییرات درجه حرارت استفاده گردد.

پ - در شرایطی که احتمال نفوذ آب‌های حاوی نمک به داخل بتن دال وجود داشته باشد، تمهیدات لازم جهت جلوگیری از خوردگی عرشه فولادی پیش‌بینی گردد.

1- Use of composite steel floor deck in parking garages

۵-۲-۱۰ میلگرد منفی^۱: هنگامی که دال مرکب عرشه فولادی بصورت یکسره طراحی شود در ناحیه گشتاور خمشی منفی، عرشه فولادی فقط به عنوان یک قالب عمل کرده و دال بتنی مسلح باید به صورت غیرمرکب براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی گردد.

۵-۲-۱۱ دال‌های طره‌ای: در دال‌های طره‌ای، عرشه فولادی تنها به عنوان قالب عمل کرده و استفاده از آن در نقش مسلح‌کننده فشاری مجاز نمی‌باشد و دال بتنی مسلح باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی گردد.

۵-۲-۱۲ ظرفیت برشی دیافراگم: سختی و مقاومت دیافراگم باید براساس روش‌های زیر تعیین شود:

۵-۲-۱۲-۱ روش مندرج در منبع SDI DDM؛

۵-۲-۱۲-۲ آزمایش‌های انجام شده مطابق منبع AISI S907.

۵-۲-۱۳ تسلیح‌کننده آفت و حرارت

۵-۲-۱۳-۱ تسلیح‌کننده‌هایی که به منظور کنترل ترک‌ها استفاده می‌شوند باید توسط یکی از روش‌های زیر تأمین شوند:

۵-۲-۱۳-۱-۱ شبکه سیمی جوش شده یا میلگرد با حداقل مساحت 0.0075 برابر مساحت بتن روی سطح فوقانی عرشه (با ضخامت h_c در شکل ب-۱) که نباید از مساحت تأمین شده توسط یک شبکه سیمی جوش شده به اندازه $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ به قطر حداقل $3/4 \text{ mm}$ کمتر باشد.

۵-۲-۱۳-۱-۲ استفاده از الیاف‌های فولادی^۲ نوع ۱، ۲ یا ۵ مطابق استاندارد ASTM A820 در بتن‌های الیافی مطابق استاندارد ASTM C1116 (نوع ۱). وزن الیاف فولادی در واحد حجم بر اساس پیشنهاد تولید کننده و حداقل برابر با 15 kg/m^3 می‌باشد.

۵-۲-۱۳-۱-۳ استفاده از الیاف‌های ماکروسنتتیک^۳ (الیاف مصنوعی درشت) مطابق استاندارد ASTM D7508. در بتن‌های الیافی مطابق استاندارد ASTM C1116 (نوع سه) وزن الیاف ماکروسنتتیک در واحد حجم بر اساس پیشنهاد تولید کننده و حداقل برابر $2/4 \text{ kg/m}^3$ می‌باشد.

یادآوری: پیشنهاد می‌گردد اگر از الیاف بعنوان میلگرد آفت و حرارت استفاده می‌شود، طراح تمهیدات کنترل کیفیت را براساس منبع ACI 544.3R در مشخصات پروژه وارد نماید.

از آنجا که دال‌های مرکب عرشه فولادی عموماً با دهانه‌های ساده طراحی می‌شوند، ترک‌های خمشی ممکن است بر روی تیرهای تکیه‌گاهی علیرغم وجود شبکه میلگرد آفت و حرارت به وجود آید. ترک‌های خمشی بتن در نواحی گشتاور منفی دال (روی تکیه‌گاه‌ها) نگران کننده نیستند، مگر این که کف بصورت نمایان باقی

1- Negative reinforcement
2- Steel fibers
3- Macrosynthetic fibers

بماند و یا با کف سازی سخت^۱ پوشش شده باشد. ترک‌های خمشی و عرض ترک را می‌توان با استفاده از یک یا چند روش زیر کاهش داد:

- جلوگیری از ایجاد اضافه بار در میانه دهانه عرشه حین عملیات ساختمانی؛

- به‌کاربردن عرشه فولادی با سختی خمشی بیشتر؛

- کاهش دهانه عرشه.

در صورت نیاز جهت کاهش و یا محدود کردن ترک‌ها می‌توان با استفاده از میلگردهای منفی بر روی تکیه‌گاه‌ها دال مرکب را به‌صورت یکسره طراحی کرد.

۵-۲-۱۴ مقاومت در برابر آتش: در طراحی دال‌های مرکب باید ملاحظات مورد نیاز برای رده بندی مقاومت در برابر آتش در نظر گرفته شود. به عنوان یک راهنمای کلی می‌توان از جدول ب-۱، پیوست ب استفاده نمود.

۶ اجزای الحاقی

در طراحی اجزای الحاقی با عملکرد سازه‌ای باید ابعاد و ضخامت مناسب، مطابق نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری یا AISC 360 تعیین شود. به‌منظور سهولت طراحی حداقل ضخامت پیشنهادی ورق قالب لبه سقف در پیوست ث ارایه شده است.

۷ نصب

۷-۱ شمع‌های موقت در صورت نیاز، باید به گونه‌ای طراحی شوند که در برابر بارهای ذکر شده در زیربند ۵-۱-۲ مقاوم باشند و تا زمانی که بتن به ۷۵ درصد مقاومت مشخصه خود نرسیده در محل باقی بماند.

۷-۲ اتصال عرشه به تکیه‌گاه: عرشه فولادی باید توسط جوش نقطه‌ای^۱، جوش گوشه^۲ و یا اتصال‌های مکانیکی^۳ به تکیه‌گاه‌های سازه‌ای متصل شود تا از لغزش عرشه روی تیر تکیه‌گاهی جلوگیری گردد. فاصله متوسط اتصال عرشه به تیر تکیه‌گاهی در امتداد عمود بر عرشه نباید از ۳۰۰ mm بیشتر شود و نیز بیشینه این فاصله نباید از ۴۵۰ mm فراتر رود. در طراحی دیافراگم کف ممکن است به اتصال‌های با فواصل کمتر نیاز باشد.

1 - Inflexible floor
2 - Arc spot weld
3 - Fillet weld
4 - Mechanical fastener

۷-۳ اتصال هم‌پوشانی ورق‌های عرشه، برای عرشه‌هایی با دهانه کمتر از ۱٫۵ m، هم‌پوشانی مورد نیاز نیست مگر این‌که براساس طراحی دیافراگم ضرورت داشته باشد. برای عرشه‌هایی با دهانه‌های بزرگ‌تر از ۱٫۵ m اتصال هم‌پوشانی عرشه‌ها در فواصل حداکثر یک متر به یکی از روش‌های زیر لازم است:

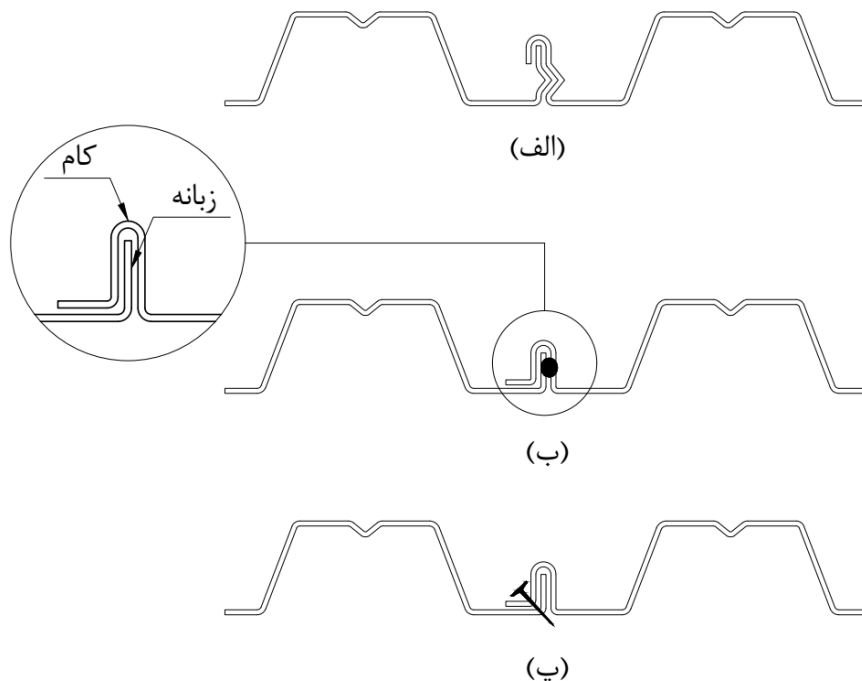
۷-۳-۱ پیچ‌هایی با حداقل قطر ۵ mm؛

۷-۳-۲ تا کردن و بست دکمه‌ای^۱ دو ورق عرشه فولادی.

۷-۳-۳ جوش نقطه‌ای با حداقل قطر ۱۶ mm، جوش گوشه با حداقل طول ۴۰ mm و یا سایر جوش‌های معادل دیگر در انطباق با استانداردهای AISI S905 و نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

یادآوری ۱: فواصل اتصال جانبی ذکر شده در بالا مربوط به حداقل‌ها می‌باشد. بارهای بهره برداری و یا طراحی دیافراگم ممکن است به فواصل نزدیک‌تر و یا جوش‌های جانبی بزرگ‌تری نیازمند باشند. ورق‌ها باید جهت جوش مناسب کاملاً با هم در تماس باشند. در هنگام جوش کاری، ایجاد سوراخ‌های مذاب بروی عرشه قابل انتظار است. استفاده از جوش در ورق‌های با ضخامت کمتر از ۰٫۹ mm توصیه نمی‌شود.

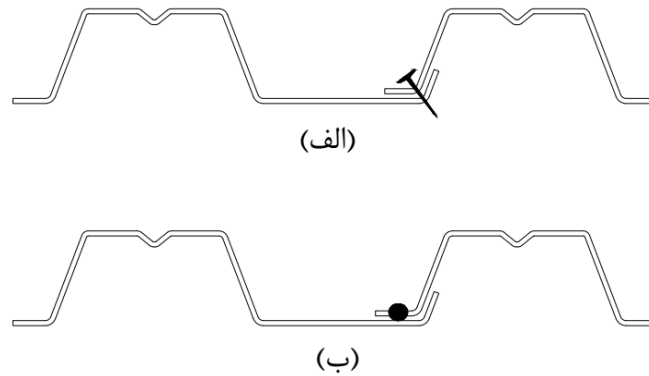
یادآوری ۲: انواع هم‌پوشانی جانبی عرشه‌ها مطابق شکل‌های ۴ و ۵ می‌باشد. هنگامی که هم‌پوشانی جانبی عرشه‌ها بصورت کام^۲ و زبانه باشد می‌توان تنها قسمت کام را به تکیه‌گاه متصل نمود مشروط بر این‌که قسمت کام بتواند زائده زبانه را پایین نگه دارد. در صورتی که هم‌پوشانی جانبی به صورت هم‌پوشانی بدون کام و زبانه باشد یک اتصال که از بین دو ورق عرشه فولادی عبور کند، برای هر دو عرشه فولادی کافی می‌باشد.



شکل ۴- انواع اتصال هم‌پوشانی جانبی عرشه‌ها بصورت کام و زبانه: الف-بست دکمه‌ای، ب- جوشی و پ- پیچی

1 - Button punch

2- Female hem



شکل ۵- انواع اتصال همپوشانی جانبی عرشه‌ها بدون کام و زبانه: الف- پیچی، ب- جوشی

۴-۷ اتصال عرشه به تیرهای موازی کنگره‌ها، برای عرشه‌هایی با دهانه کمتر از ۱٫۵ m اتصالی مورد نیاز نیست مگر این که توسط طراحی دیافراگم الزامی شده باشند. برای عرشه‌هایی با دهانه بزرگ‌تر از ۱٫۵ m اتصال‌هایی با فواصل حداکثر یک متر با به‌کارگیری یکی از روش‌های زیر به تیرهای موازی کنگره‌ها لازم است. در طراحی دیافراگم کف ممکن است به اتصال‌های با فواصل کمتر نیاز باشد.

۱-۴-۷ پیچ‌هایی با حداقل قطر ۵ mm؛

۲-۴-۷ جوش نقطه‌ای با حداقل قطر ۱۶ mm، جوش گوشه با حداقل طول ۴۰ mm؛

۳-۴-۷ اتصال‌های مکانیکی (انفجاری و ضربه‌ای).

۵-۷ تیرهای تکیه‌گاهی عرشه: تیرهای تکیه‌گاهی عرشه باید بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه طراحی شوند.

۶-۷ طره‌ها

۱-۶-۷ اتصال هم‌پوشانی باید در انتهای طره و نیز در فواصل حداکثر ۳۰۰ mm در طول آن صورت پذیرد.

۲-۶-۷ هر کنگره عرشه باید به تکیه‌گاه پیرامونی و نیز به اولین تکیه‌گاه داخلی متصل شود.

۳-۶-۷ پیش از آن که هرگونه باری به طره وارد شود، باید اتصال‌های هم‌پوشانی ورق‌ها و نیز اتصال عرشه به تکیه‌گاه‌ها اجرا شده باشد.

۴-۶-۷ پیش از بتن‌ریزی طره، باید دهانه مجاور آن بتن‌ریزی شده باشد.

۷-۷ فاصله اتصال دهنده‌های عرشه از لبه ورق، باید براساس استاندارد طراحی اتصال‌ها تعیین شود.

۸-۷ سطوحی از عرشه که قرار است به تکیه‌گاه جوش داده شود، باید براساس الزامات منبع AWS D1.3 زیربند 5.2.3 در تماس با نشیمن قرار داشته باشند.

۸ جوش کاری

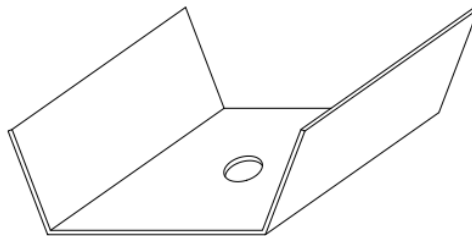
۸-۱ جوش کاری‌های عرشه باید براساس منبع AWS D1.3 انجام شود. جوش کار باید مهارت لازم را برای اجرای جوش قابل قبول براساس دستورالعمل ذکر شده در استاندارد ANSI/AWS D1.3 داشته باشد.

۸-۲ برای اتصال جوش نقطه‌ای عرشه‌های با ضخامت کمتر از 0.70 mm به نشیمن، باید واشرهای مخصوص^۱ مطابق شکل ۶ را به کار برد. این واشرها باید دارای حداقل ضخامت 1.25 mm و قطر اسمی سوراخ 10 mm باشند. برای اتصال ورق‌های هم‌پوشانی شده در فواصل بین تکیه‌گاه‌ها نباید از واشر استفاده شود.

۸-۳ در صورت عدم نیاز به استفاده از واشرهای جوش، باید از جوش نقطه‌ای با حداقل قطر ظاهری 15 mm و یا جوش خطی با حداقل طول 50 mm استفاده شود. در اتصال هم‌پوشانی ورق‌ها به تکیه‌گاه‌ها، باید جوش به همه لایه‌های ورق نفوذ کرده و با ذوب کافی عضو تکیه‌گاهی، به آن متصل شود.

۸-۴ در صورت استفاده از جوش گوشه برای اتصال ورق به تکیه‌گاه، حداقل طول جوش لازم برابر 40 mm می‌باشد.

۸-۵ هنگامی که گل میخ‌های فولادی به‌منظور ایجاد عملکرد مرکب بین تیر یا تیرچه با دال بتنی استفاده می‌شوند، گل میخ فولادی می‌تواند به‌عنوان جایگزین جوش نقطه‌ای به تکیه‌گاه در نظر گرفته شود. نصب این گل میخ‌های فولادی باید براساس منبع AWS D1.1 انجام شود.



شکل ۶- واشر جوش

۹ اتصال‌های مکانیکی

۹-۱ اتصال‌های مکانیکی به روش‌های شلیکی، ضربه‌ای یا پیچی می‌توانند برای اتصال عرشه به تکیه‌گاه استفاده شوند. این اتصال‌ها باید الزامات مقاومتی و بهره‌برداری را تأمین نمایند.

۹-۲ هنگامی که اتصال‌ها از نوع شلیکی و ضربه‌ای باشند، مقاومت هر اتصال دهنده و نیز حداقل ضخامت بال تکیه‌گاه باید براساس اسناد معتبر تولیدکننده و یا مدارک قابل پذیرش برای مراجع دارای صلاحیت تعیین شود.

1- Weld Washers

۳-۹ اتصال‌های پیچی همواره در صورت استفاده از طول پیچ متناسب با مجموع ضخامت عرشه و بال تکیه‌گاه، می‌تواند به کار گرفته شوند.

۱۰ اتصال‌های اجزای الحاقی

۱-۱۰ اجزای الحاقی سازه‌ای برای انتقال نیروهای وارده باید در فواصل کمتر از ۳۰۰ mm به تکیه‌گاه‌ها و یا عرشه متصل شوند. اجزای الحاقی غیر سازه‌ای برای تأمین الزامات بهره برداری باید در فواصل کمتر از ۶۰۰ mm به تکیه‌گاه‌ها و یا عرشه متصل شوند.

۲-۱۰ برای اتصال اجزای الحاقی می‌توان از جوش یا اتصال‌های مکانیکی استفاده نمود.

۱۱ تمیزکاری قبل از بتن‌ریزی

پیش از آغاز بتن‌ریزی، باید تمامی مصالح باقیمانده شامل قطعات سیم جوش‌ها، سرامیک‌های محافظ جوش گل‌میخ‌ها، اتصال‌های مازاد و سایر قطعات اضافی، از روی سطح جمع‌آوری گردند.

۱۲ مسلح‌کننده‌های فولادی

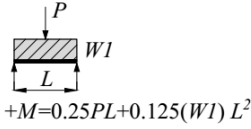
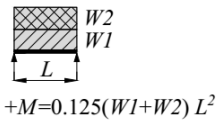
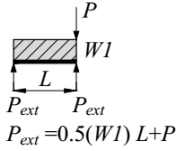
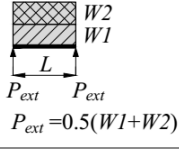
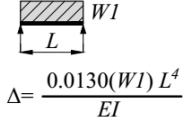
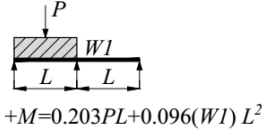
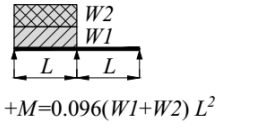
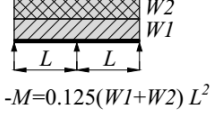
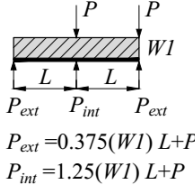
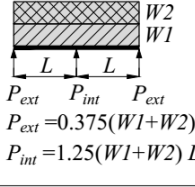
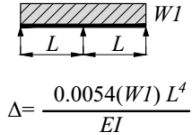
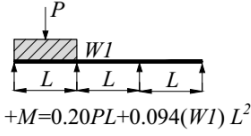
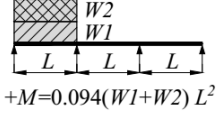
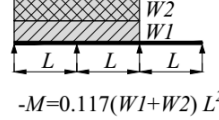
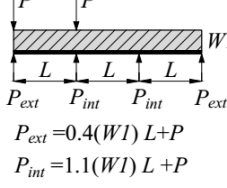
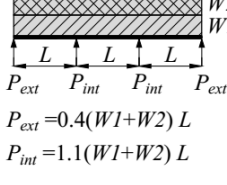
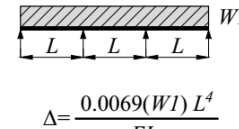
میلگردهای فولادی و شبکه‌های سیمی جوش شده باید مطابق با اسناد و نقشه‌های اجرایی، کار گذاشته شوند.

یادآوری: استانداردهای CRSI^۱ و WRI^۲ به عنوان مراجعی برای اجرای مسلح‌کننده‌های فولادی پیشنهاد می‌گردند.

پیوست الف

(الزامی)

الگوهای بارگذاری هنگام ساخت برای سقف مرکب عرشه فولادی

	الگوی بارگذاری و گشتاور خمشی	الگوی بارگذاری و واکنش تکیه‌گاهی	الگوی بارگذاری و افتادگی
دهانه ساده	 $+M=0.25PL+0.125(W1)L^2$  $+M=0.125(W1+W2)L^2$	 $P_{ext}=0.5(W1)L+P$  $P_{ext}=0.5(W1+W2)L$	 $\Delta = \frac{0.0130(W1)L^4}{EI}$
دو دهانه	 $+M=0.203PL+0.096(W1)L^2$  $+M=0.096(W1+W2)L^2$  $-M=0.125(W1+W2)L^2$	 $P_{ext}=0.375(W1)L+P$ $P_{int}=1.25(W1)L+P$  $P_{ext}=0.375(W1+W2)L$ $P_{int}=1.25(W1+W2)L$	 $\Delta = \frac{0.0054(W1)L^4}{EI}$
سه دهانه	 $+M=0.20PL+0.094(W1)L^2$  $+M=0.094(W1+W2)L^2$  $-M=0.117(W1+W2)L^2$	 $P_{ext}=0.4(W1)L+P$ $P_{int}=1.1(W1)L+P$  $P_{ext}=0.4(W1+W2)L$ $P_{int}=1.1(W1+W2)L$	 $\Delta = \frac{0.0069(W1)L^4}{EI}$

بار زنده متمرکز هنگام ساخت $P=P_{lc}$

ممان اینرسی عرشه فولادی I

وزن دال بتنی + وزن عرشه فولادی $W1 = w_{dc} + w_{dd}$

بار زنده هنگام ساخت $W2 = w_{lc}$

ضریب ارتجاعی فولاد برابر با 203000 MPa E

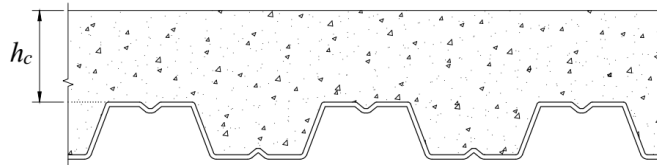
طول دهانه آزاد L

پیوست ب

(الزامی)

جدول تعیین ضخامت دال سقف مرکب عرشه فولادی در برابر آتش

در طراحی سقف‌های مرکب عرشه فولادی در برابر آتش، اطلاعات لازم باید توسط تولید کنندگان عرشه‌های فولادی در جداول طراحی ارائه گردد. با این حال، راهنمایی کلی به عنوان طرح مقدماتی در مورد حداقل ضخامت دال (h_c طبق شکل ب-۱) برای زمان‌های معین مقاومت در برابر آتش در جدول ب-۱ ذکر شده است. برای تعیین مدت زمان مقاومت مورد نیاز در برابر آتش باید به فصل ۲۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود. در جدول ب-۱ حداقل ضخامت ورق عرشه برای مقاومت در برابر آتش 0.8 mm است. در صورت نیاز به مقاومت بیشتر در برابر آتش می‌توان از میلگردهای تقویتی درون کنگره عرشه استفاده نمود که محاسبه آن باید مطابق با آئین نامه‌های معتبر صورت پذیرد^۱.



شکل ب-۱- نحوه محاسبه ضخامت دال

جدول ب-۱- تعیین ضخامت اولیه دال بتنی مرکب عرشه‌های فولادی برای مقاومت در برابر آتش

نیاز به عایق آتش ^۲	ضخامت بتن معمولی، h_c (mm)	مدت زمان (ساعت)
ندارد	۹۰	۱
ندارد	۱۰۰	۱٫۵
ندارد	۱۱۵	۲
ندارد	۱۳۵	۳
دارد	۶۵	۱
دارد	۶۵	۱٫۵
دارد	۶۵	۲
دارد	۶۵	۳
دارد	۶۵	۴

۱ - برای طراحی در برابر آتش می‌توان به نشریه SCI Publication 056 با عنوان زیر مراجعه نمود:

The Fire Resistance of Composite Floors with Steel Decking (2nd Edition)

۲ - روش آزمون مقاومت سقف در برابر آتش مطابق استاندارد ملی ۱۲۰۵۶-۲ انجام می‌گردد.

پیوست پ

(الزامی)

تعیین مقاومت دال مرکب بتنی - عرشه فولادی با روش پیوستگی برشی

پ-۱ کلیات

در این پیوست روش‌هایی برای محاسبه مقاومت دال مرکب بتنی-عرشه فولادی با روش پیوستگی برشی ارائه می‌گردد. این روش‌ها را می‌توان برای هر دو حالت وجود گل میخ‌های فولادی یا عدم وجود آن بر روی بال تیر تکیه‌گاهی استفاده نمود.

پ-۲ محدودیت‌ها

پ-۲-۱ سطح فوقانی ورق عرشه فولادی باید یا گالوانیزه و یا بدون پوشش باشد.

پ-۲-۲ کلیه ورق‌های فولادی مورد استفاده در عرشه فولادی باید با زیربندهای ۴-۱ این استاندارد انطباق داشته باشد.

پ-۲-۳ بتن باید با زیربندهای ۴-۲ این استاندارد انطباق داشته باشد.

پ-۲-۴ ضخامت بتن (h_c در شکل ب-۱) روی سطح فوقانی عرشه باید برابر یا بیشتر از ۵۰ mm باشد.

پ-۳ مقاومت دال مرکب باید برابر کمترین مقدار به دست آمده حالت‌های حدی زیر در نظر گرفته شود:

پ-۳-۱ مقاومت پیوستگی برشی؛

پ-۳-۲ مقاومت خمشی؛

پ-۳-۳ مقاومت برش یک طرفه براساس زیربند ۵-۲-۷.

پ-۴ برای ترکیبات بار شامل بارهای متمرکز، برش سوراخ کننده باید مطابق زیربند ۵-۲-۸ کنترل شود.

پ-۵ مقاومت پیوستگی برشی

پ-۵-۱ مقاومت نهایی پیوستگی برشی مقطع یک دال مرکب باید با استفاده از پارامترهای به دست آمده از آزمایش نمونه دال با مقیاس واقعی که براساس منبع SDI-T-CD انجام شده است، محاسبه شود. مقاومت طراحی پیوستگی برشی (V_r) یک دال مرکب طبق معادله (پ-۱) تعیین می‌شود.

$$V_r = \phi_v V_r \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن:

V_r مقاومت پیوستگی برشی در پهنای دال بر حسب N/m؛

V_t مقاومت حاصل از آزمایش پیوستگی برشی در پهنای دال برحسب N/m محاسبه شده براساس منبع
؛SDI-T-CD

ϕ_v ضریب کاهش مقاومت پیوستگی برشی برابر با ۰٫۷۵.

پ-۵-۲ بار یکنواخت متناظر با مقاومت طراحی پیوستگی برشی از معادله (پ-۲) تعیین می‌شود:

$$W_r = \phi_v \frac{2V_t}{L} \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن L طول دهانه طراحی عرشه برحسب m است.

پ-۶ مقاومت خمشی

پ-۶-۱ دال‌های مرکب در معرض گسیختگی خمشی باید براساس نسبت عمق ناحیه فشاری به دو دسته کم فولاد و پر فولاد تقسیم بندی شوند. دال‌های با نسبت (c/d) کمتر از شرایط متوازن $(c/d)_b$ باید کم فولاد در نظر گرفته شوند. در حالی که دال‌های با نسبت (c/d) بزرگ‌تر یا مساوی $(c/d)_b$ باید به عنوان پر فولاد لحاظ شوند.

نسبت عمق ناحیه فشاری باید از معادله (پ-۳) تعیین شود:

$$(c/d) = \frac{A_s F_y}{0.85 f'_c d b \beta_1} \quad (\text{پ-۳})$$

نسبت عمق ناحیه فشاری در حالت متوازن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(c/d)_b = \frac{0.003 (h - d_d)}{\left(\frac{F_y}{E_s} + 0.003\right) d} \quad (\text{پ-۴})$$

که در آن:

A_s مساحت مقطع عرشه فولادی در پهنای دال برحسب m^2/m ؛

b پهنای واحد سطح فشاری دال مرکب برحسب mm/m ؛

c فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثای مقطع مرکب برحسب mm ؛

d فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز مقطع عرشه فولادی برحسب mm ؛

d_d عمق عرشه فولادی برحسب mm ؛

E_s ضریب ارتجاعی عرشه فولادی برحسب مگاپاسکال (MPa)؛

f'_c مقاومت مشخصه فشاری بتن برحسب مگاپاسکال (MPa)؛

F_y مقاومت مشخصه تسلیم عرشه فولادی برحسب مگاپاسکال (MPa)؛

h ضخامت کلی دال مرکب برحسب mm؛

β_1 ضریبی که به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$f'_c \leq 28 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f'_c > 28 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 1.09 - 0.008 f'_c \geq 0.65$$

پ-۶-۲ دال‌های مرکب کم فولاد $(c/d) < (c/d)_b$

مقاومت خمشی مثبت ضریب‌دار در یک دال مرکب کم فولاد به صورت معادله (پ-۵) در نظر گرفته می‌شود.

$$M_{ru} = \phi_s M_y \quad (\text{پ-۵})$$

M_y در این جا گشتاور خمشی تسلیم برای دال مرکب با در نظر گرفتن مقطع ترک خورده به صورت زیر است:

$$M_y = \frac{F_y I_{cr}}{(h - y_{cc})}$$

که در آن‌ها:

ϕ_s ضریب کاهش مقاومت فولاد برابر با ۰٫۸۵؛

F_y تنش تسلیم ورق عرشه فولادی برحسب مگاپاسکال (MPa)؛

I_{cr} ممان اینرسی مقطع ترک خورده برحسب m^4 ؛

h ضخامت کلی دال مرکب برحسب mm؛

y_{cc} فاصله تار فوقانی دال تا تار خنثای مقطع ترک خورده برحسب mm.

پ-۶-۳ دال‌های مرکب پر فولاد $(c/d) \geq (c/d)_b$

پ-۶-۳-۱ مقاومت خمشی مثبت ضریب‌دار در یک دال مرکب پر فولاد به صورت معادله (پ-۶) در نظر گرفته می‌شود.

$$M_{ro} = \phi_c f'_c b \beta_1 c \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \quad (\text{پ-۶})$$

که در آن:

$$C = d \left[\sqrt{\rho m + \left(\frac{\rho m}{2} \right)^2} - \frac{\rho m}{2} \right] \quad (\text{پ-۷})$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (\text{پ-۸})$$

$$m = \frac{E_s \varepsilon_{cu}}{f'_c \beta_1} \quad (\text{پ-۹})$$

$$E_s = 203000, \varepsilon_{cu} = 0.003, \phi_c = 0.65$$

پ-۶-۳-۲ معادله (پ-۶) تنها در مورد دال‌های مرکبی قابل کاربرد است که هیچ یک از بخش‌های عرشه فولادی جاری نشده باشد.

پیوست ت

(الزامی)

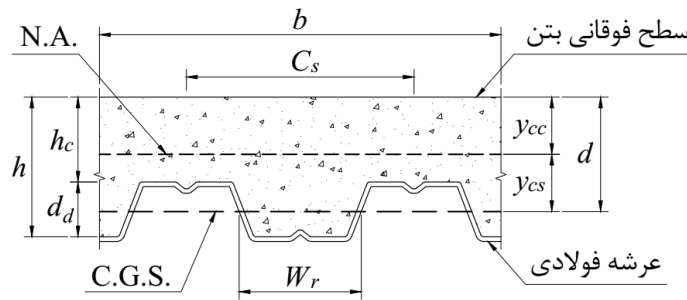
مشخصات مقطع دال مرکب عرشه فولادی

ت-۱ کلیات

در این پیوست روش‌هایی برای محاسبه مشخصات هندسی مقطع دال مرکب عرشه فولادی ارائه می‌شود. یادآوری: این روش برای دال‌های مسلح با میلگرد نتایج محافظه کارانه‌ای را ارائه می‌نماید. طراح می‌تواند روش‌هایی را انتخاب نماید که اثر میلگردهای فولادی را در محاسبه مشخصات هندسی مقطع در نظر بگیرد.

ت-۲ تار خنثای مقطع معادل

کمیت y_{cc} فاصله دورترین تار فشاری در بتن تا تار خنثای مقطع معادل باید با توجه به شکل ت-۱ و معادله‌های ت-۱ و ت-۳ تعیین شود.



شکل ت-۱- مقطع مرکب

توضیحات:

۱- مقطع نمایش داده شده در شکل فوق، عرشه غیرسلولی را نمایش می‌دهد. در صورت استفاده از مقاطع سلولی فقط بخشی از عرشه فولادی که در ارتباط مستقیم با دال بتنی است، در مشخصات مقطع در نظر گرفته می‌شود. مگر اینکه بتوان نشان داد سایر بخش‌های عرشه فولادی، پیوستگی لازم را با یکدیگر داشته باشند.

۲- C.G.S تار خنثای مقطع عرشه فولادی برحسب mm؛

۳- C_s گام کنگره‌های عرشه فولادی برحسب mm؛

۴- N.A. تار خنثای مقطع معادل برحسب mm؛

۵- W_r عرض متوسط کنگره عرشه برحسب mm؛

۶- d_d عمق عرشه فولادی برحسب m m؛

۷- h ضخامت کلی دال مرکب برحسب m m؛

۸- h_c ضخامت بتن روی سطح فوقانی عرشه فولادی برحسب m m.

ت-۳ ممان اینرسی مقطع ترک خورده

برای ممان اینرسی مقطع ترک خورده داریم:

$$y_{cc} = d \left[\sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n \right] \leq h_c \quad (ت-۱)$$

که در آن:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

A_s مساحت مقطع عرشه فولادی در پهنای واحد دال برحسب m^2 ؛

b پهنای واحد دال برحسب m m؛

d فاصله تار فوقانی بتن تا مرکز تار خنثای عرشه فولادی برحسب m m؛

n نسبت ضرایب ارتجاعی:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$E_s = 203000 \text{ MPa}$$

E_c مدول الاستیسیته بتن برحسب مگاپاسکال (MPa):

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

w_c وزن مخصوص بتن بر حسب kg/m^3 ؛

f'_c مقاومت مشخصه فشاری بتن بر حسب مگاپاسکال (MPa)؛

پارامتر y_{cs} از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$y_{cs} = d - y_{cc}$$

که در آن y_{cc} باید از معادله ت-۱ تعیین شود.

ممان اینرسی مقطع ترک خورده معادل فولادی، I_c باید از معادله ت-۲ محاسبه شود:

$$I_c = \frac{b}{3n} y_{cc}^3 + A_s y_{cs}^2 + I_{sf} \quad (ت-۲)$$

که در آن:

I_{sf} ممان اینرسی کامل عرشه فولادی در پهنای واحد دال بر حسب m^4 .

ت-۴ ممان اینرسی مقطع ترک نخورده

برای ممان اینرسی مقطع ترک نخورده داریم:

$$y_{cc} = \frac{0.5bh_c^2 + nA_s d + W_r d_d (h - 0.5d_d) \frac{b}{C_s}}{bh_c + nA_s + W_r d_d \frac{b}{C_s}} \quad (\text{ت-۳})$$

ممان اینرسی مقطع ترک نخورده معادل فولادی، I_u باید از معادله ت-۴ محاسبه شود.

پارامتر y_{cs} نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$y_{cs} = d - y_{cc}$$

که y_{cc} از معادله ت-۳ باید تعیین شود.

(ت-۴)

$$I_u = \frac{bh_c^3}{12n} + \frac{bh_c}{n} (y_{cc} - 0.5h_c)^2 + I_{sf} + A_s y_{cs}^2 + \frac{W_r b d_d}{n C_s} \left[\frac{d_d^2}{12} + (h - y_{cc} - 0.5d_d)^2 \right]$$

ت-۵ ممان اینرسی مقطع مرکب

ممان اینرسی مقطع مرکب معادل که برای محاسبات افتادگی به کار می‌رود، طبق معادله (ت-۵) است:

$$I_d = \frac{I_u + I_c}{2} \quad (\text{ت-۵})$$

یادآوری: این جدول بر اساس فرضیات زیر تهیه شده است:

- الف- وزن مخصوص بتن معمولی برابر 2400 kg/m^3 در نظر گرفته شده است.
- ب- تغییرمکان بیشینه مجاز افقی و عمودی زیر اثر بار مرده به $6/5 \text{ mm}$ محدود شده است.
- پ- تنش طراحی زیر اثر بار مرده بتن حداکثر 140 MPa و زیر اثر بار زنده هنگام ساخت به مقدار حداکثر 30% درصد افزایش داده شده است.
- ت- اثرات افتادگی یا چرخش تکیه گاه ورق واریز در محاسبات در نظر گرفته نشده است.
- ث- استفاده از خم انتهای لبه قائم ورق واریز در کلیه ضخامت‌ها توصیه می‌شود.
- ج- جدول مشخصات ورق واریز صرفاً به صورت پیشنهادی می‌باشد و تصمیم نهایی به عهده مهندس طراح است.

پیوست ج
(الزامی)

الزامات مشخصات مکانیکی فولاد پایه

عنوان	نوع	رده مقاومتی	حداقل مقاومت تسلیم (MPa)	حداقل مقاومت کششی (MPa)	حداقل افزایش طول نسبی (%)
SS	-	230	230	310	20
		255	255	360	18
		275	275	380	16
		340 Class 1	340	450	12
		340 Class 2	340	-	12
		340 Class 3	340	480	12
		340 Class 4	340	410	12
		550	550	570	-
HSLAS	Type A	275	275	340	22
		340	340	410	20
		410	410	480	16
		480	480	550	12
		550	550	620	10
HSLAS	Type B	275	275	340	24
		340	340	410	22
		410	410	480	18
		480	480	550	14
		550	550	620	12
SHS		240	240	340	26
		280	280	370	24
		300	300	390	22
BHS		240	240	340	24
		280	280	370	22
		300	300	390	20