فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۱۳
پیشگفتار مترجمین ۱۵
فصل ۱- مقدمه ۱۷
۱-۱- کلیات ۱۷
۱-۲- دامنه کاربرد ۱۹
۱-۳- موضوعات اصلی ۲۰
فصل ۲- واژگان و تعاریف ۲۱
فصل ۳- اصول پایه طراحی لرزه‌ای ۲۳
۳-۱- کلیات ۲۳
۳-۱-۱- فلسفه طراحی مبتنی بر عملکرد ۲۳
۳-۱-۲- الزامات عملکردی ۲۵
۳-۱-۲-۱- حالت حدی محدودیت آسیب، خسارت و خرابی ۲۶
۳-۱-۲-۲- حالت حدی جلوگیری از فروریزش ۲۶
۳-۱-۳- کنش‌های زلزله ۲۷
۳-۱-۳-۱- طیف شتاب ۲۷
۳-۱-۳-۲- طیف جابجایی ارتجاعی ۲۹
۳-۱-۴- میرایی معادل برای پاسخ چرخه‌ای ۳۱
۳-۱-۵- رویکردهای طراحی ۳۲
۳-۱-۵-۱- طراحی مبتنی بر نیرو ۳۲
۳-۱-۵-۲- طراحی مبتنی بر جابجایی ۳۵
۳-۲- پیش‌ساخته سازی ۳۹
۳-۲-۱- فلسفه طراحی مبتنی بر عملکرد ۴۰
۳-۲-۲- اتصالات ۴۱
۳-۲-۳- خواص شکل‌پذیری سازه ۴۲
۳-۲-۴- تکیه‌گاه‌ها ۴۷
۳-۲-۵- آثار مرتبه دوم ۴۹
۳-۲-۶- اتصالات پانل پوششی ۵۰
۳-۲-۷- شکست برشی ۵۱
۳-۲-۸- طراحی دیافراگم‌ها ۵۱
۳-۲-۹- پایداری تیرهای متکی بر ستون‌ها ۵۲
۳-۲-۱۰- یکپارچگی سازه‌ای سازه‌های پیش‌ساخته – بندها ۵۳

۳-۳- اصول پایه طراحی مفهومی (تامین الزامات اساسی آستانه فروریزش و محدودیت خرابی)..... ۵۶
۳-۳-۱- کلیات..... ۵۶
۳-۳-۲- اصول پایه‌ی طراحی بر مبنای مدل مفهومی..... ۵۸
۳-۳-۲-۱- سادگی سازه‌ای..... ۵۸
۳-۳-۲-۲- یکنواختی– نظم در پلان..... ۵۹
۳-۳-۲-۳- اثرات یکنواختی – نظم در ارتفاع..... ۶۱
۳-۳-۲-۴- مقاومت دوجهته، مقاومت و سختی پیچشی..... ۶۶
۳-۳-۲-۵- اثرات نقش میانقاب‌ها، پارتیشن‌ها و پوشش‌های غیرسازه‌ای(تیر قوی–ستون ضعیف)..... ۶۷
۳-۳-۲-۶- کفایت شالوده..... ۷۱
فصل ۴- سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های پیش‌ساخته..... ۷۳
۴-۱- کلیات..... ۷۳
فصل ۵- سیستم‌های قابی..... ۷۵
۵-۱- کلیات..... ۷۵
۵-۲- قاب‌های دارای اتصالات تیر–ستون مفصلی و HCF (سیستم ستون کنسولی در ASCE ۷-۲۲)..... ۷۶
۵-۲-۱- اتصالات تیر–ستون مفصلی برای HCF..... ۷۸
۵-۳- قاب‌های دارای اتصالات گیردار..... ۹۱
۵-۳-۱- کلیات..... ۹۱
۵-۳-۲- سیستم‌های معادل یکپارچه با اتصال تیر به ستون خمشی..... ۱۰۱
۵-۳-۲-۱- سیستم S۱..... ۱۰۱
۵-۳-۲-۲- سیستم S۲..... ۱۱۲
۵-۳-۲-۳- سیستم S۳..... ۱۱۸
۵-۳-۲-۴- سیستم S٤..... ۱۲۴
۵-۳-۲-۵- سیستم S٥..... ۱۳۰
۵-۳-۲-۶- سیستم S٦..... ۱۳۴
۵-۳-۲-۷- سیستم S۷..... ۱۴۰
۵-۳-۳- اطلاعات کلی درباره سیستم‌های درزدار (H۱، H۲ و H۳)..... ۱۴۵
۵-۳-۴- اتصالات ستون به شالوده..... ۱۶۸
۵-۳-۴-۱- شالوده گلدانی..... ۱۶۹
۵-۳-۴-۲- اتصالات ستون به شالوده با غلاف‌های فلزی موجدار یا غلاف‌های فولادی..... ۱۸۰
۵-۳-۴-۳- اتصالات ستون به شالوده با پیچ‌های مهاری..... ۱۸۳
۵-۳-۴-۴- اتصالات ستون به شالوده با کف‌ستون‌های فولادی..... ۱۸۴
۵-۳-۴-۵- اتصالات ستون به شالوده با آرماتورهای فولاد نرمه خارجی..... ۱۸۵
۵-۳-۴-۶- انواع دیگر اتصالات ستون به شالوده..... ۱۸۷
۵-۳-۵- اتصالات تیر به تیر..... ۱۸۸

۵-۳-۶- اتصالات ستون به ستون ۱۹۲
فصل ۶- سیستم‌های دیوار پانل-بزرگ ۱۹۷
۶-۱- کلیات ۱۹۷
۶-۲- طبقه‌بندی ۱۹۸
۶-۳- رفتار لرزه‌ای، یکپارچگی و ایستایی سازه‌ای ۲۰۰
۶-۴- سازوکارهای محتمل برای استهلاک انرژی زلزله ۲۰۳
۶-۵- تلاش‌ها و مسیرهای نیرویی در اتصالات پانل-بزرگ ۲۰۵
۶-۶- جزییات سازه‌ای و رفتار اتصالات تر ساخته شده با بتن درجا و آرماتورهای حلقوی ۲۰۷
۶-۷- جزئیات ساخت ساختمان‌های پانل-بزرگ با درزهای تر (بتن و آرماتورها) ۲۱۴
۶-۸- جزییات سازه‌ای و رفتار اتصالات اسکلت سکویی-قابی امریکای شمالی ۲۱۹
۶-۸-۱- اتصالات افقی ۲۱۹
۶-۸-۲- اتصال برشی قائم دیوار به دیوار ۲۲۲
۶-۸-۳- یکپارچگی سازه‌ای ۲۲۳
۶-۸-۴- اطلاعات بیشتر درمورد بندهای افقی براساس مطالعات شولتز، ۱۹۷۹ ..... ۲۲۷
فصل ۷- سیستم دیوار-قاب (سیستم‌های دوگانه) ۲۳۱
۷-۱- کلیات ۲۳۱
۷-۲- دیوارهای برشی و قاب‌های خمشی در سیستم‌های دوگانه ۲۳۱
۷-۳- اتصالات متداول در سیستم‌های دیوار سازه‌ای ۲۳۷
فصل ۸- سیستم‌های قابی دال-ستون ۲۴۳
۸-۱- کلیات ۲۴۳
۸-۲- ابعاد موثر در رفتار دیافراگم در سیستم‌های دال پیش‌ساخته ۲۴۴
۸-۲-۱- دیافراگم رویه‌دار ۲۴۵
۸-۲-۲- دال‌های بدون رویه ۲۴۷
۸-۲-۳- دیافراگم‌های صلب در مقایسه دیافراگم‌های انعطاف‌پذیر ۲۴۹
۸-۲-۴- تلاش‌های داخلی دیافراگم ۲۵۰
۸-۲-۵- رفتار دیافراگم‌های دال پیش‌ساخته تحت اثرات زلزله ۲۵۳
۸-۳- مسائل ناسازگاری جابجایی‌ها بین سیستم‌های باربر جانبی و دیافراگم‌ها کف پیش‌ساخته ۲۵۵
۸-۳-۱- کلیات ۲۵۵
۸-۳-۲- افزایش مقاومت تیرها به‌دلیل اندرکنش با کف‌های پیش‌ساخته ۲۵۹
۸-۳-۳- نمونه‌های دیگر آثار ناسازگاری جابجایی ۲۶۱
۸-۳-۴- راهنمای طراحی برای اتصالات دال پیش‌ساخته مجوف کف به سیستم باربر جانبی ۲۶۴
۸-۳-۵- طول تکیه‌گاهی اجزای کف پیش‌ساخته برای جلوگیری از واژگونی در حین وقوع زلزله ۲۶۷
۸-۴- کنترل و کاهش آسیب وارده به دیافراگم کف ۲۷۵
۸-۴-۱- سیستم کف «مفصلی» درزدار ۲۷۶

۸-۴-۲- سیستم لولای فوقانی با غلاف تحتانی ۲۷۸
فصل ۹- سیستم‌های دیوار دوبل ۲۸۱
۹-۱- کلیات ۲۸۱
۹-۲- روش اجرا به صورت در محل ۲۸۳
۹-۳- رفتار شکل‌پذیر ۲۸۴
۹-۴- مدل‌های عددی برای تحلیل سازه ۲۸۴
۹-۵- اتصالات سازه‌ای و سایر جزئیات سازه‌ای ۲۸۵
فصل ۱۰- سیستم‌های سلول پیش‌ساخته ۲۹۳
۱۰-۱- کلیات ۲۹۳
۱۰-۲- طبقه‌بندی ۲۹۴
۱۰-۳- خصوصیات و روش‌های اجرایی ۲۹۶
۱۰-۴- اتصالات ۲۹۹
۱۰-۵- سازه‌های جعبه‌ای شکل در ایالات متحده ۳۰۲
پیوست الف – شکل‌پذیری سازه‌ای سیستم‌های قابی پیش‌ساخته ۳۰۵
الف.۱ شکل‌پذیری موضعی ۳۰۶
الف.۲ شکل‌پذیری کلی ۳۰۸
الف.۳ قاب‌های یک‌طبقه ۳۱۰
الف.۴ انواع دیگر شکل‌پذیری ۳۱۲
پیوست ب – ضرایب رفتار در سیستم‌های قابی پیش ساخته ۳۱۳
ب.۱ کلیات ۳۱۳
ب.۲ رابطه شکل‌پذیری-اتلاف انرژی ۳۱۵
ب.۳ مقادیر استاندارد ۳۱۶
پیوست پ – مثال‌های طراحی ساختمان صنعتی یک‌طبقه ۳۱۸
پ.۱ کلیات ۳۱۸
پ.۱.۱ ساختمان صنعتی یک‌طبقه نمونه ۳۱۹
پ.۱.۲ خطر لرزه‌ای و طیف‌های آن ۳۲۱
پ. ۲ طراحی تکرارشونده مبتنی بر نیرو (FBD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای ULS (آستانه فروریزش) .. ۳۲۳
پ.۲.۱ مرحله ۱: محاسبه دوره تناوب اولیه T_i ۳۲۳
پ.۲.۲ مرحله ۲: محاسبه مختصات طیفی و برش پایه ۳۲۴
پ.۲.۳ مرحله ۳: محاسبه جابجایی مورد نیاز ۳۲۵
پ.۲.۴ مرحله ۴: کنترل حالت حدی نهایی ناشی از اثر $P-\Delta$ ۳۲۶
پ.۲.۵ مرحله ۵: طراحی اعضاء سازه‌ای و مقاطع بحرانی ۳۲۷
پ.۲.۶ مرحله ۶: کنترل مفروضات اولیه سختی، دوره تناوب، جابجایی موردنیاز و ضریب q غالباً چشم‌پوشی شده ۳۲۸
پ.۲.۷ مرحله ۷: ارزیابی عملکرد واقعی ۳۳۱

پ.۲. ۸ مرحله ۸: افزایش مضاعف ظرفیت برش پایه (سختی ستون) تا زمان برآوردن الزامات طراحی ستون..... ۳۳۲
پ.۳ طراحی تکرارشونده مبتنی بر نیرو (FBD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای SLS (خسارت محدود)..... ۳۳۵
پ.۴ طراحی فرم‌بسته مبتنی بر نیرو (CFBD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای ULS (آستانه فروریزش)..... ۳۳۸
پ.۴. ۱ مرحله ۱: تعیین تغییرشکل تسلیم سازه..... ۳۳۹
پ.۴. ۲ مرحله ۲: تعیین پاسخ‌های طرح قابل‌اجرا با استفاده از منحنی دامنه سازگاری مقاومت–سختی..... ۳۳۹
پ.۴. ۳ مرحله ۳: تعیین برش پایه زلزله طرح و بررسی ضریب حساسیت..... ۳۴۱
پ.۵ روش طراحی فرم‌بسته مبتنی بر نیرو (CBFD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای SLS (محدودیت خرابی)..... ۳۴۳
پ.۶ طراحی مبتنی بر جابجایی (DBD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای ULS (آستانه فروریزش)..... ۳۴۶
پ.۶. ۱ گام ۱: سیستم SDOF معادل..... ۳۴۶
پ.۶. ۲ گام ۲: تعریف جابجایی نهایی (هدف) و محاسبه جابجایی تسلیم، شکل‌پذیری و میرایی ویسکوز معادل..... ۳۴۷
پ.۶. ۳ مرحله ۳: درج طیف جابجایی و محاسبه دوره تناوب مؤثر و سختی (مماس بر جابجایی هدف)..... ۳۴۸
پ.۷ طراحی مبتنی بر جابجایی (DBD) ساختمان صنعتی یک‌طبقه برای SLS (محدودیت خرابی)..... ۳۴۹
پ.۷. ۱ مرحله ۱: ساختمان SDOF معادل..... ۳۴۹
پ.۷. ۲ مرحله ۲: تعریف جابجایی نهایی (هدف) و محاسبه جابجایی تسلیم، شکل‌پذیری و میرایی ویسکوز معادل..... ۳۴۹
پ.۷. ۳ گام ۳: درج طیف جابجایی و محاسبه دوره تناوب و سختی مؤثر (مماس بر جابجایی هدف)..... ۳۵۰
پ.۸ مقایسه FBD، FBD فرم‌بسته و DBD..... ۳۵۱
پیوست‌ها..... ۳۰۵
منابع و ماخذ..... ۳۵۳
واژگان فارسی به انگلیسی..... ۳۷۳

پیشگفتار

از اواسط قرن بیستم، اجرای سازه‌های بتنی به روش صنعت پیش ساختگی؛ به‌دلیل مزایای شناخته شده‌اش سهم فزاینده‌ای از بازار جهانی ساخت‌وساز را به خود اختصاص داد. برخی از این مزایا عبارتند از: استفاده از مصالح بصورت بهینه، بازدهی سازه‌ای، انعطاف‌پذیری در مصرف، سرعت ساخت، آگاهی و کنترل در کیفیت، دوام، سازگاری با محیط زیست و پایداری.

در همین بازهٔ زمانی، کمیسیون شماره ۶ از خبرنامه fib با عنوان *پیش ساخته‌سازی* کار FIP را در مورد مسائلی مانند اعضاء سازه‌ای، جزئیات، اتصالات، سیستم‌ها، تولید، جابه‌جایی، مونتاژ، پیاده کردن که با بتن پیش‌ساخته ارتباط مستقیم دارند و همچنین مسائلی مانند فناوری مواد، آنالیز سازه ای، فیزیک ساختمان، تجهیزات و توسعهٔ پایدار که با بتن پیش‌ساخته ارتباطی غیر مستقیم دارند ادامه داد.

ساخت‌وساز در نواحی لرزه‌خیز به دلیل پیشرفت علم زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است. علم مهندسی زلزله به شناسایی نواحی در معرض خطر و درک عمیق‌تر پاسخ سازه‌ها می‌پردازد. کلیهٔ انواع سازه‌ها، از جمله سازه‌هایی که به‌طور عام با بتن معمولی و به‌طور خاص با بتن پیش‌ساخته بنا می‌شوند، تحت تأثیر این پیشرفت‌ها قرار گرفته‌اند.

خبرنامهٔ fib با شماره ۲۷ با عنوان «*طراحی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی بتن پیش‌ساخته* (۲۰۰۳)»، که توسط کارگروه ۳-۷ کمیسیون شماره ۷ از خبرنامه fib با عنوان "*طراحی لرزه‌ای*" *تدوین گردیده‌است* به همین موضوع می‌پردازد. در این خبرنامه مبانی نظری، روش‌ها و شیوه‌های طراحی در پیشرفته‌ترین کشورهای جهان در آن زمان به‌طور جامع مرور شده بودند.

از آن زمان به‌بعد تجربیات دیگری در ارتباط با سازه‌های بتنی پیش‌ساخته، که تحمل زلزله‌هایی با شدت متفاوت را داشتند، مطرح شده‌اند. اغلب سازه‌ها دارای عملکرد خوبی می‌باشند، اما برخی از آنها، مخصوصاً بناهای قدیمی‌تر، ضعف‌هایی نشان دادند که نیازمند بررسی بیشتر دربارهٔ رفتارشان بود تا نحوهٔ ارتقای کیفیت طرح‌های آتی مشخص شود. در پروژه‌های پژوهشی جامع در سطح بین‌المللی نتایج مهمی دربارهٔ ظرفیت سازه‌های پیش‌ساخته

در تحمل رخ دادهای لرزه‌ای به‌دست آمد. این پروژه‌ها برای بهبود جزئیات اجرایی مرسوم، و نیز ارزیابی شکل‌پذیری کلی سازه‌های بتنی پیش‌ساخته بسیار مفید بودند و ثابت شد این سازه‌ها کاملاً مشابه سازه‌های درجا[۱] هستند و به همین دلیل تعریف عوامل رفتاری مناسب را تسهیل می‌کنند. امروزه، می‌توان گفت که ابهامات بسیاری روشن شده‌اند و می‌توان تجربیات جدید را به اجرا درآورد تا بناهای جدیدی ساخته شوند که عملکرد موردنظر لازم را داشته باشند. هدف نوشتار حاضر این است که طراحان را در جریان پیشرفت‌های امروزی قرار دهد و در عملیات اجرایی معمول به آنها کمک کند. کتاب حاضر به انجام مطالعات بیشتر دربارهٔ نحوهٔ ارتقای سازه‌های موجود، از جمله سازه‌هایی که احتمالاً در اثر زلزله آسیب می‌بینند و زمانی اجرا شده‌اند که کیفیت اجرا پائین‌تر از حد مطلوب بوده، پرداخته است.

شیوه‌نامه طراحی و ساخت سازه‌های بتنی پیش ساخته آمریکا به‌عنوان مبنایی برای تهیهٔ این گزارش به‌کار گرفته شد. هیچ یک از محتواهای مندرج در این کتاب با شیوه‌نامه ایالات متحده تناقض ندارد. این نوشتار به‌عنوان نشریهٔ مشترک fib-PCI به تأیید شورای فعالیت‌های فنی مؤسسه بتن پیش‌ساخته/پیش‌تنیده (PCI) رسیده است.

مارکو منگوتو — لاربی سنو

ریاست اسبق کمیسیون شماره۶ از خبرنامه fib: *پیش‌سازی* — به نمایندگی از PCI

اسپایروس سوکانتاس

نمایندهٔ کارگروه شماره ۱۰-۶ از خبرنامه fib: *ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته در نواحی لرزه‌خیز – جنبه‌های عملی* — س.ک. جاش — به نمایندگی از PCI

۱. Cast-in-place structures

پیشگفتار مترجمین

رشد و توسعه کشور عزیزمان ایران در تمام عرصه‌ها مستلزم تلاش و مجاهدت مستمر می‌باشد. یکی از مصادیق مهم پیشرفت هر کشور؛ ارتقاء کیفیت در صنعت ساختمان سازی است. در حال حاضر روش‌های مرسوم ساخت سازه‌های بتنی همچنان از شیوه‌های سنتی تبعیت می کند و باید توجه داشت که برای افزایش دقت، سرعت و کاهش هزینه‌های غیرقابل پیش بینی، تغییر در روند ساخت و ساز امری ضروری است. پیش ساخته سازی سازه‌های بتنی یکی از مهم ترین رویکردها برای تحول و بهبود در روند اجرای ساختمان‌های بتنی بوده و می‌تواند مزایای ساخت سازه‌های فولادی را برای سازه‌های بتنی نیز بهمراه داشته باشد. به همین منظور مترجمین این اثر با توجه به ضرورت این مسئله و همچنین لرزه‌خیز بودن تمام پهنه کشور؛ بر آن شدند که یکی از معتبر ترین منابع موجود در جهان در زمینه سازه‌های پیش ساخته بتنی در مناطق لرزه خیز را شناسایی نموده و به فارسی روان ترجمه نمایند. امید است تا با آشنایی بیشتر مهندسین عزیز کشور با صنعت پیش ساخته سازی شاهد تغییرات مثبت و بزرگی در عرصه طراحی و اجرای سازه‌های بتنی باشیم. همانطور که در این کتاب در ادامه خواهید دید رسیدن به این هدف با توجه شیوه‌های ارائه شده و استعدادهای موجود در کشورمان قابل حصول خواهد بود.

لازم به ذکر است که برای انتشار این کتاب، از فدراسیون بین المللی سازه بتنی (fib) از طریق ایمیل مستقیم در بهمن ماه سال ۱۴۰۲ از دبیرکل محترم fib آقای دکتر David Fernandez-Ordonez کسب اجازه گردید و ایشان ضمن استقبال از این موضوع موافقت خود را در پاسخ ابراز نمودند. از ایشان و فدراسیون بین المللی سازه بتنی مستقر در کشور سوییس کمال تشکر و قدردانی را داریم.

برخود لازم می‌دانیم تا از عزیزانی که مارا در این مسیر یاری نموده و تجربیات ارزشمند خود در بهتر شدن این اثر را در اختیار مترجمین قرار دادند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

از آقایان مهندس محمد شیخ پور و مهندس میثم حداد که از مدیران موفق در حوزه صنعتی‌سازی ساختمان و تولید سازه‌های پیش‌ساخته بتنی می‌باشند و با حمایت و ایجاد بستر مناسب، ما را در این مسیر یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

از مهندس سروش عباسی، مهندس امیرحسین برجسته و مهندس حسین ممقانی که نقش مؤثری در ویرایش و بازخوانی نهایی این اثر داشتند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

لطفاً جهت ارائه نظرات سازنده خود جهت بهبود و رفع نواقص احتمالی این اثر از طریق ایمیل مستقیم با مترجمین در ارتباط باشید.

بهزاد حاصلی Std_haseli@alumni.khu.ac.ir

فرید حیدرنژاد info@Faridheydarnejad.ir