

CTBUH Technical Guides

Performance–Based Seismic Design for Tall Buildings

An output of the CTBUH Performance–Based Seismic Design Working Group

Ramin Golesorkhi, Leonard Joseph, Ron Klemencic, David Shook & John Viise



طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بلند براساس عملکرد

تألیف:

کارگروه طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بلند براساس عملکرد CTBUH
رامین گلسرخی، لئونارد ژوزف، رون کلمنسیک، دیوید شوک، جان ویس

ترجمه:

شهریار طاوسی تفرشی - استادیار دانشکده مهندسی عمران و منابع زمین دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز
پیمان عسکری نژاد - مدیر ارشد و هیئت مشورتی موسسه CTUBH در شهر نیویورک
خشیار تجزیه‌چی - دانشجوی دکترای سازه دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز



نشر علم عمران

www.elme-omran.com
Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن ملی ناشران کتاب دانشگاهی

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

عنوان و پدید آورنده

طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بلند براساس عملکرد، تالیف کارگروه طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بلند براساس عملکرد CTUBH رامین گلسرخی [و دیگران]؛ ترجمه شهریار طاوسی تفرشی، پیمان عسکری‌نژاد، خشایار تجزیه‌چی.

مشخصات نشر

نشر علم عمران، ۱۴۰۰

مشخصات ظاهری

۱۳۹ ص: مصور، جدول، نمودار

شابک

978-600-5176-62-9، ۱۰۰۰۰۰ ریال

موضوع

ساختمان‌های بلند -- اثر زلزله، ساختمان‌های ضد زلزله

شناسه افزوده

رامین گلسرخی، Golsorkhi Ramin

شناسه افزوده

طاوسی تفرشی، شهریار، ۱۳۴۴- مترجم

شناسه افزوده

عسکری‌نژاد، پیمان، ۱۳۵۶- مترجم

شناسه افزوده

تجزیه‌چی، خشایار، ۱۳۷۰- مترجم

رده‌بندی کنگره

TH۱۰۹۵

رده‌بندی دیویی

۶۹۳/۸۵۲

شماره کتابخانه ملی

۸۷۰۰۷۱۰



نشر علم عمران

طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بلند براساس عملکرد

تالیف

رامین گلسرخی، لئونارد ژوزف، رون،..

ترجمه

شهریار طاوسی تفرشی، پیمان عسکری‌نژاد،
خشایار تجزیه‌چی

چاپ اول

بهار ۱۴۰۱

حروف‌چینی و صفحه‌آرایی

نشر علم عمران

تعداد و قطع صفحات

۱۳۹ صفحه خشتی

شمارگان

۱۰۰

بهای کتاب

۵۰۰۰۰۰ ریال

شابک

978-600-5176-62-9

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، خیابان جهان آراء، بین خیابانهای ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱

تلفن: ۸۸۳۵۳۹۳۰، دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲



Bibliographic Reference:

Golesorkhi, R., Joseph, L., Klemencic, R., Shook, D. & Viise, J. (2017). Performance-Based Seismic Design for Tall Buildings: An output of the CTBUH Performance-Based Seismic Design Working Group. Chicago: Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

Principal Authors: Ramin Golesorkhi, Leonard Joseph, Ron Klemencic, David Shook & John Viise Coordinating Editors: Jason Gabel & Benjamin Mandel Layout: Kristen Dobbins & Annan Shehadi

© 2017 Council on Tall Buildings and Urban Habitat

Printed in the USA

The right of the Council on Tall Buildings and Urban Habitat to be identified as author of this work has been asserted by them in accordance with sections 77 and 78 of the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publishers.

Trademark notice: Product or corporate names may be trademarks or registered trademarks, and are used only for identification and explanation without intent to infringe.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

A catalog record has been requested for this book

ISBN 978-0-939493-56-2

CTBUH Headquarters

The Monroe Building

104 South Michigan Avenue, Suite 620

Chicago, IL 60603, USA

Phone: +1 (312) 283-5599

Email: info@ctbuh.org

www.ctbuh.org

www.skyscrapercenter.com.

CTBUH Asia Headquarters

College of Architecture and Urban Planning

Tongji University

1239 Si Ping Road, Yangpu District

Shanghai 200092, China

Phone: +86 21 65982972

Email: china@ctbuh.org

CTBUH Research Office

Iuav University of Venice

Dorsoduro 2006

30123 Venice, Italy

Phone: +39 041 257 1276

Email: research@ctbuh.org

CTBUH Academic Office

S. R. Crown Hall Illinois

Institute of Technology

3360 South State Street

Chicago, IL 60616

Phone: +1 (312) 567 3487

Email: academic@ctbuh.org

The information contained in this guide is for educational purposes and obtained by CTBUH from sources believed to be reliable. However, neither CTBUH or its authors guarantee the accuracy or completeness of any information published herein, and neither CTBUH or its authors shall be responsible for any errors, omissions, or damages arising out of the use of this information. This work is published with the understanding that CTBUH and its authors are supplying information but are not attempting to render engineering or other professional services. The recommendations should not be used to circumvent building codes or other municipal or governmental building requirements. The recommendations are general in nature and may or may not be applicable to any particular building or any specific circumstances.

Front Cover Image: Wilshire Grand, Los Angeles, under construction in 2015. © Gary Leonard/AC Martin Opening Chapter Image: 350 Mission St., San Francisco, designed using PBSD principles.

© Cesar Rubio

Principal Authors

Ramin Golesorkhi, Langan Engineering
Leonard Joseph, Thornton Thomasetti
Ron Klemencic, Magnusson Klemencic Associates
David Shook, Skidmore, Owings & Merrill LLP
John Viise, Thornton Thomasetti.

Contributors

Jeff Dragovich, Engineering Consultant Seattle
Neville John Mathias, Skidmore, Owings & Merrill LLP
Ian McFarlane, Magnusson Klemencic Associates
Jerome Tobolski, Thornton Thomasetti

Peer Review Panel

Ian Aiken, SIE Inc.
Xiaonian Duan, Foster + Partners
John Hooper, Magnusson Klemencic Associates
Andre Ly, Bouygues-Construction
Elena Mele, University of Naples
Elena Mola, ECSD
Roman Przepiorka, Arup
Rob Smith, Arup
John Tessem, DCI Engineers
Shah Vahdani, Applied Geodynamics, Inc.
Tom Xia, DCI Engineers
Reid Zimmerman, KPFF Consulting Engineers

About CTBUH Working Groups

CTBUH Working Groups report on specific aspects of the planning, design, construction, and management of tall buildings. They are not standing committees, but groups that form for a period of time, specifically around a need or important topic in the industry, with the aim of disseminating their findings through the publication of a technical guide.

See more on other CTBUH Working Groups at: workinggroups.ctbuh.org

پیشگفتار مترجمان

نخستین ترجمه این راهنما در مورد ساختمان های بلند توسط کارگروه CTBUH شعبه ایران به ریاست دکتر پیمان عسکری نژاد از مشاوران ارشد CTBUH و با حمایت دکتر شهریار طاوسی تفرشی، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز انجام شده است.

هدف این کارگروه، ادامه همکاری با مؤسسه ساختمان های بلند (USTBI) در شهر نیویورک و مؤسسه CTBUH در شهر شیکاگو برای انتشار دستورالعمل ها و کتاب های بیشتر به زبان فارسی و در نهایت کمک به انتقال دانش در زمینه صنعت ساختمان های بلند است.

در آینده نزدیک، مؤسسه ساختمان های بلند (USTBI) توصیه هایی را برای طراحی و ساخت ساختمان های بلند هوشمند پایدار ارائه خواهد کرد. چشم انداز مؤسسه ساختمان های بلند، حمایت از استانداردها، سخنرانی ها، گواهینامه ها، وبینارها و حمایت از دانشجویان، معماران و مهندسانی است که در زمینه طراحی و ساخت ساختمان های بلند با تمرکز بر پایداری و کربن زدایی صنعت ساختمان های بلند فعال هستند.

فهرست مطالب

فصل اول: معرفی..... ۱۱

- ۱-۱ بررسی اجمالی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد ۱۳
- ۱-۲ اهداف PBSD ۱۳
- ۱-۳ تاریخچه توسعه مقررات PBSD ۱۴
- ۱-۴ لرزه خیزی و رشد شهری ۱۴
- ۱-۵ PBSD در مقایسه با روشهای سنتی ۱۵
- ۱-۶ اهداف عملکرد و زلزله مورد انتظار ۱۵
- ۱-۷ سیستم ارزشیابی عملکرد لرزه‌ای ۱۸
- ۱-۸ روند استفاده از PBSD ۱۸
- ۱-۹ بازنگری دآوری ۱۹
- ۱-۱۰ به کارگیری مناسب PBSD ۲۱

فصل دوم: ارزیابی خطرات لرزه‌ای مختص سایت ۲۳

- ۲-۱ معرفی ۲۴
- ۲-۲ توسعه طیف پاسخ هدف مختص سایت ۲۴
- ۲-۳ بازه پریرود سازه مد نظر ۲۶
- ۲-۴ حرکات زمین نزدیک گسل ۲۶
- ۲-۵ MCER و زلزله سطح سرویس SLE ۲۷
- ۲-۶ اطلاعات مورد نیاز از مهندس سازه ۲۷
- ۲-۷ انتخاب و توسعه رکورد سری زمانی مختص سایت ۲۷
- ۲-۸ حرکت عمودی زمین ۳۲

فصل سوم: طراحی براساس تحلیل خطی ۳۳

- ۳-۱ مدلسازی و تحلیل ۳۴
- ۳-۲ ملاک پذیرش ۳۷

فصل چهارم : صحت‌سنجی پاسخ توسط NRHA تحت MCER ۴۱

- ۴-۱ مدل سازی و تحلیل ۴۲
- ۴-۲ معیارهای پذیرش ۵۰

فصل پنجم: مبانی مثال طراحی ۵۳

- ۵-۱ کلیات ۵۴
- ۵-۲ روسازه ۵۴
- ۵-۳ زیرسازه ۵۵
- ۵-۴ سیستم فونداسیون ۵۵
- ۵-۵ تحلیل آیین‌نامه و معیارهای طراحی ۵۵
- ۵-۶ تحلیل و طراحی سازه‌ای ۵۷
- ۵-۷ ضماضم ۶۲

فصل ششم: نمونه‌های طراحی لرزه‌ای مبتنی بر عملکرد..... ۶۳

- ۶-۱ تحلیل و صحت‌سنجی رویداد قابلیت سرویس دهی ۶۴
- ۶-۲ شرح مدل الاستیک ۶۴
- ۶-۳ صحت‌سنجی و تحلیل تاریخچه زمانی پاسخ غیر خطی ۶۷
- ۶-۴ شرح مدل NRHA ۶۸
- ۶-۵ بررسی اجمالی پروژه ۸۰
- ۶-۶ ارائه نیازها و پذیرش اجزای دیوار هسته ای ۸۴
- ۶-۷ نیازها و پذیرش برش دیوار هسته‌ای - کاربرد خواص BRB برای محدودسازی نیازها ۸۷
- ۶-۸ نیازهای نیروی BRB در اتصالات ۸۸
- ۶-۹ استفاده از تحلیل پوش اور (Pushover) برای شناسایی حداکثر نیاز پیش‌رونده در اتصالات ۸۸
- ۶-۱۰ نیازها و پذیرش ستون کامپوزیت ۸۹
- ۶-۱۱ نیازها و پذیرش جوشکاری صفحه فولادی ستون کامپوزیت ۹۰
- ۶-۱۲ تحلیل و پذیرش خرپای کمربندی فولادی ۹۲
- ۶-۱۳ روش طراحی و نیازهای بال و مناره مشخصه پشت بامی ۹۳
- ۶-۱۴ اثرات کوتاه شدگی غیر یکنواخت بر روی عملکرد و ساخت ۹۴
- ۶-۱۵ شرح پروژه ۹۶
- ۶-۱۶ معیارهای طراحی ۹۸
- ۶-۱۷ مدل تحلیلی ۱۰۲
- ۶-۱۸ نتایج تحلیل ۱۰۴
- ۶-۱۹ طراحی و جزئیات خاص پروژه ۱۱۰
- ۶-۲۰ شرح پروژه ۱۱۲
- ۶-۲۱ معیارهای طراحی ۱۱۵
- ۶-۲۲ مدل تحلیلی ۱۱۷
- ۶-۲۳ نتایج تحلیل ۱۲۳
- ۶-۲۴ جزئیات و طراحی های خاص پروژه ۱۲۵
- شرایط طراحی پانل ۱۲۵

فصل هفتم: جمع‌بندی ۱۳۳

- جمع بندی ۱۳۴
- ملاحظات آینده ۱۳۴
- درباره راهنماهای فنی CTBUH ۱۳۶
- درباره راهنماهای فنی CTBUH ۱۳۶
- مترجمان کتاب ۱۳۷
- درباره نویسندگان ۱۳۸

پیشگفتار

در سال ۲۰۰۸، کارگروه لرزه نگاری شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری (CTBUH) نشریه «توصیه‌هایی برای طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های بلند» را تألیف کرد. این سند و جلسات کارگروه متعاقب آن نشان داد که اجماع متخصصان بر این باورند که فرآیند طراحی لرزه‌ای مبتنی بر عملکرد (PBSD) اغلب مناسب‌تر از رویکردهای مبتنی بر آیین‌نامه‌های تجویزی برای طراحی ساختمان‌های بلند در مناطق با لرزه‌خیزی بالا است. با توجه به اینکه ۷۵ درصد از بلندترین ساختمان‌های تکمیل‌شده در سال ۲۰۱۶ در مناطق لرزه‌خیز جهان ساخته شده‌اند که در آن‌ها نوعی طراحی و تحلیل غیر مبتنی بر دستورالعمل برای تأیید ساختمان لازم بوده است (The Skyscraper Center, ۲۰۱۶) بدیهی است که انتشار اصول طراحی همراه با از فرآیند طراحی PBSD برای مخاطبان بین‌المللی مفید خواهد بود. در نتیجه، کارگروه طراحی لرزه‌ای مبتنی بر عملکرد (PBSD) CTBUH با هدف تولید نشریه‌ای برای معرفی اصول PBSD به مخاطبان بین‌المللی و ارائه نمونه‌هایی از کاربرد آن تشکیل شد.

اگرچه رویه و پروتکل برای طراحی غیر مبتنی بر دستورالعمل در برخی کشورها (مانند چین و ژاپن) کاملاً جا افتاده است، روش‌های مورد استفاده برای PBSD بصورتیکه که در مناطق غربی ایالات متحده انجام می‌شود بیش از سایر کشورها مورد توجه می‌باشد. دستورالعمل‌های PBSD بر اساس شیوه‌های محلی مورد بازنگری قرار گرفته و در طراحی ساختمان‌های بلند در مناطقی از جمله ترکیه، فیلیپین و روسیه اجرا شده‌اند. روش‌های مورد استفاده برای PBSD ساختمان‌های خلاقانه و مقرون به صرفه‌ای را در این مناطق تولید کرده است. در نتیجه، این نشریه ممکن است مرجع مفیدی باشد برای متخصصانی که در سطح بین‌المللی کار می‌کنند، و برای حوزه‌هایی که به دنبال توسعه دستورالعمل‌ها و پروتکل‌های PBSD خود برای یک فرآیند تأیید طراحی هستند.

در اتخاذ این روش برای استفاده در خارج از ایالات متحده، مشخص شده است که شیوه‌های طراحی محلی در سطح بین‌المللی متفاوت خواهد بود. حوزه‌های فنی که ممکن است در آنجا تفاوت‌های قابل توجهی با رویه ایالات متحده رخ دهد، شامل معیارهای عملکرد، فرآیندهای تأیید، استانداردهای طراحی مواد و تعاریف خطر لرزه‌ای است. مهندسان سازه محلی باید از نزدیک این مسائل را با شهرداری‌های محلی و مقامات تأیید کننده مربوطه بررسی و حل و فصل کنند.

هدف گروه کاری (PBSD) CTBUH این است که این روش‌ها را در بین مخاطبان بین‌المللی برای پیشرفت و گسترش اصول PBSD منتشر کند. علاوه بر این، ارائه چندین نمونه مطالعه موردی، مسائلی را که معمولاً هنگام استفاده از PBSD برای طراحی ساختمان‌های بلند با آن مواجه می‌شوند و اینکه مهندسان مجرب چگونه آنها را حل کرده‌اند را نشان می‌دهد.

واژه نامه و اختصارات

کنش: یک نیرو، لنگر، کرنش، جابجایی یا یک تغییر شکل دیگر ناشی از اعمال ترکیبات بار طراحی.

شدت آریاس: یک مقیاس قدرت حرکت زمین.

مهاربند کمانش ناپذیر (BBR): یک عضو سازه ای طراحی شده برای نشان دادن رفتار تسلیم خوب کنترل شده و قابل پیش بینی در بارگذاری کششی، فشاری و چرخه ای. این شامل یک صفحه هسته فولادی است که در یک پوسته فولادی بیرونی پر از ملات قرار گرفته است که از کمانش فشاری جلوگیری می کند.

طراحی ظرفیت: یک روش طراحی که سازه را به گونه ای پیکربندی می کند که رفتار تسلیم و غیرکشسانی را در مکان های خاصی متمرکز کند که در آنجا اجزاء برای توسعه قابل اعتماد چنین رفتاری با جزئیات مشخص شده اند. این رفتار شکل پذیر اجازه می دهد تا تقاضاهای لرزه ای در سایر بخش های سازه کاهش یابد تا اساساً در هنگام پاسخ به زلزله الاستیک باقی بماند.

مقاومت capping: حداکثر مقاومتی که توسط یک جزء سازه ای تحت بارگذاری یکنواخت به دست می آید.

CBC: آیین نامه ساختمانی کالیفرنیا

طیف میانگین مشروط (CMS): روشی برای محاسبه یک طیف پاسخ متوسط مشروط به وقوع یک شتاب طیفی هدف در دوره مورد نظر.

اقدام بحرانی: اقدامات کنترل شده تحت اثر نیرو که در آنها مود شکست عواقب شدیدی برای پایداری سازه تحت بارهای ثقلی و/یا جانبی دارد.

کنش تغییر شکل کنترل شده: عملی که برای آن ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیک قابل اعتماد بدون فروپاشی مقاومت بحرانی قابل دستیابی است.

زمین لرزه طراحی (DE): لرزش زمین با $2/3$ لرزش زمین MCER تعریف می شود.

نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR): تقاضا (مقدار نیرو یا تغییر شکل پیش بینی شده برای رخ دادن در رویداد لرزه ای مشخص) تقسیم بر ظرفیت (مقدار حد بالای پیش بینی شده مقاومت عضو یا توانایی پذیرش تغییر شکل).

تحلیل خطر لرزه ای قطعی (DSHA): وقوع یک زلزله با بزرگی خاص را بر روی یک گسل خاص در فاصله ای از یک سایت در نظر می گیرد.

نیروی جانبی معادل (ELF): یک الگوی تعریف شده از نیروهای استاتیکی افقی اعمال شده به تمام سطوح طبقات برای تقریب برش کلی ساختمان و نیروهای لنگر واژگونی ناشی از رویدادهای لرزه ای. معمولاً در رویکردهای ساده شده برای طراحی لرزه ای استفاده می شود.

استحکام مورد انتظار: حداکثر مقاومت احتمالی یک جزء سازه ای با در نظر گرفتن تنوع ذاتی در مقاومت مصالح و سخت شدن کرنش.

اثر نیروی کنترل شده: کنشی که ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیک برای آن تضمین نشده است.

تحلیل پاسخ زمین: یک تکنیک محاسباتی مبتنی بر نظریه انتشار موج برای تخمین لرزش زمین در یک سایت.

سطح خطر: احتمال فراگذشت در یک بازه زمانی معین (یا دوره بازگشت) که در آن شدت لرزش زمین اندازه گیری می شود.

نسبت رانش جانبی بین طبقه (IDR): حداکثر تفاوت در جابجایی های جانبی در دو سطح طبقه مجاور که پیش بینی می شود در طول یک رویداد لرزه ای روی دهد، تقسیم بر ارتفاع طبقه بین آن سطوح.

IBC: آیین نامه بین المللی ساختمان

LATBSDC: شورای طراحی سازه ای ساختمان های بلند لس آنجلس (LATBSDC). <http://www.tallbuildings.org/> در سال ۱۹۸۸ تشکیل شد و دستورالعمل هایی را برای طراحی ساختمان های بلند در لس آنجلس با سیستم های مقاوم در برابر نیروی جانبی که توسط قوانین حاکم تشخیص داده نمی شوند، تولید می کند LATBSDC همچنین یک سازمان رابط با CTBUH است.

مقاومت حد پایین: حداقل مقاومت احتمالی که یک جزء سازه ای ممکن است با در نظر گرفتن تنوع بالقوه در مقاومت مصالح و طرز کار ایجاد کند.

حداکثر زمین لرزه در نظر گرفته شده، هدف خطر (MCE): سطح لرزش مشخص شده توسط استاندارد ASCE ۷ به عنوان مبنایی برای استخراج حرکات زمین طراحی. بارگذاری یکنواخت: بارگذاری یک جزء سازه ای که در آن جابجایی به طور یکنواخت بدون تخلیه یا بارگذاری مجدد افزایش می یابد.

NEHRP: برنامه ملی کاهش خطرات زمین لرزه.

تحلیل تاریخچه پاسخ غیرخطی (RHA): NRHA که در آن غیرخطی بودن مصالح و هندسه در نظر گرفته می شود.

NIST: موسسه ملی استاندارد و فناوری

اقدامات غیربحرانی: اثرات نیروی کنترل شده که در آن شکست منجر به ناپایداری سازه ای یا آسیب بالقوه تهدید کننده عمر سازه نمی شود.

حداکثر مقاومت: حداکثر مقاومتی که یک جزء تحت یک پروتکل بارگذاری خاص ایجاد می کند.

طراحی لرزه‌ای مبتنی بر عملکرد (PBSD): یک روش طراحی لرزه‌ای ساختمان است که استثناء، بهبود یا تأیید عملکرد مفاد آیین نامه ساختمان را از طریق ارزیابی صریح اهداف عملکرد تسهیل می کند.

حداکثر شتاب زمین (PGA): در رابطه با نداشت سری زمانی، حداکثر دامنه شتابی که بر روی عرض نگاشت ثبت می شود.

PEER/TBI: تحقیقات مهندسی زلزله اقیانوس آرام / ابتکار ساختمان های بلند (<http://peer.berkeley.edu/tbil>). مرکز تحقیقات مهندسی زلزله اقیانوس آرام (PEER) با رهبری یک ابتکار برای توسعه معیارهای طراحی که ساختمان های بلند ایمن و قابل استفاده را پس از زلزله های آینده تضمین می کند، به افزایش ساخت و سازهای بلندمرتبه با استفاده از سیستم های قاب بندی جدید پاسخ داده است.

تحلیل خطر لرزه‌ای احتمالی (PSHA): تناوب وقوع خطر لرزه ای را در مکانی که دامنه حرکت زمین بزرگتر از مقدار مشخص شده است، تعیین می کند.

دوره بازگشت: میانگین فاصله زمانی بین شدت تکان دادن که برابر یا بیشتر از یک مقدار مشخص شده است که به عنوان فاصله بازگشت نیز شناخته می شود. تناوب سالانه تجاوز از شدت معین برابر است با معکوس دوره بازگشت برای آن شدت.

تحلیل تاریخچه پاسخ‌ها (RHA): همچنین به عنوان تحلیل تاریخچه زمانی (THA) نامیده می شود، این نوع تحلیل می تواند خطی یا غیرخطی باشد و شامل تحلیل مرحله زمانی است که یک راه حل برای تمام اجزای یک سازه در هر مرحله زمانی در طول یک نگاشت تاریخچه زمانی حرکت زمین به دست می آورد.

تحلیل طیف پاسخ (RSA): یک روش تحلیل آماری دینامیکی خطی است که سهم هر حالت طبیعی ارتعاش را برای نشان دادن حداکثر پاسخ لرزه ای احتمالی یک سازه اساساً الاستیک اندازه گیری می کند.

طبقه بندی ریسک: طبقه بندی ساختمان ها برای تعیین بارهای زلزله بر اساس ریسک مرتبط با عملکرد غیر قابل قبول.

زمین لرزه سطح سرویس (SLE): لرزش زمین با طیف پاسخ شتاب میرا شده الاستیک ۰.۲٪ که دوره بازگشت ۴۳ سال دارد، تقریباً معادل ۵۰٪ احتمال فراگذشت در ۳۰ سال است.

اصلاح کننده خواص مقطع: مقداری معمولاً کمتر از یک است که در تحلیل های کامپیوتری برای کاهش سختی مؤثر یک عضو به دلیل آسیب در زلزله استفاده می شود. آنها بر اساس شدت تکان دادن و آزمایش تجربی انتخاب می شوند و در برخی موارد ممکن است توسط استاندارد طراحی حاکم تعیین شوند.

تحلیل پاسخ سایت: تحلیل انتشار موج از طریق یک محیط خاکی مورد استفاده برای ارزیابی اثر بر شکل طیفی زمین شناسی محلی.

مقاومت مشخصه: حداقل مقاومت طراحی مشخص شده یک عنصر سازه ای.

اثر متقابل خاک و سازه (SSI): فرآیندی که در آن پاسخ خاک بر پاسخ سازه تأثیر می گذارد. روش های طراحی مرسوم این تأثیر را نادیده می گیرند.

مهندس سازه نگاشت (SEOR): مهندس مسئول طراحی و مجوز سیستم سازه.

طیف خطر یکنواخت: یک طیف پاسخ شتاب ویژه مکان ساخته شده به گونه ای که عرض محور قائم در هر دوره دارای احتمال فراگذشت یا دوره بازگشت یکسان باشد.

فصل اول

معرفی

مقدمه

طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد (PBSD)، یک روش طراحی سازه است که در مناطق شهری غرب آمریکا مخصوصاً برای طراحی سازه‌های بلند مرتبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیوه طراحی زمینه را برای انعطاف در طراحی و به کارگیری فرصت‌های طراحی برای بالا بردن عملکرد سازه و همچنین پیش بردن روش‌های نوآورانه، فراهم می‌سازد. متداول ترین استفاده عملیاتی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد، تحقق بخشیدن به استثنای الزامات توصیه شده توسط آیین نامه، همانند حداکثر ارتفاع در سیستم سازه‌ای مورد استفاده، می‌باشد. دومین کاربرد طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد ایجاد امکان دستیابی به سطوح عملکردی بالاتر برای سازه در شدت‌های مختلف زلزله است. یک جزء طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد، تحلیل تاریخیچه پاسخ غیر خطی (NRHA) می‌باشد. این روش پیشرفته تحلیل در پروسه طراحی برای مناطق

با خطر لرزه‌ای بالا مانند چین، فیلیپین، مالزی و... به کار گرفته شده است. الزامات طراحی مورد نیاز PBSD گسترده هستند و مستلزم دانش قابل توجهی در حوزه طراحی لرزه‌ای غیر خطی، عملکرد ساختمان و مدلسازی تحلیلی می‌باشند. این خواسته‌ها نه تنها باعث محدود شدن طراحی سازه‌ها نیستند، بلکه منجر به طراحی تعدادی سازه‌های بلند بسیار بهینه شده است که با استفاده از روش‌های سنتی طراحی بر اساس تجویزات آیین نامه ای، هیچگاه میسر نبود.

طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد هم اکنون در تعداد زیادی از مراکز شهری ایالات متحده آمریکا مانند لس آنجلس (تصویر ۱-۱ و ۲-۱)، سانفرانسیسکو، سیاتل، سن دیگو و سانت لیک سیتی مقبول می‌باشد. نسخه فعلی آیین نامه بارگذاری جامعه مهندسين عمران آمریکا (ASCE 7-16) شامل یک چارچوب طراحی با جزئیات PBSD است که امکان استفاده از روش‌های PBSD با بهره‌گیری از این استانداردها را فراهم می‌سازد. مقبولیت عمومی این متد در ایالات متحده آمریکا، درک کاملتر از پاسخ ساختمان در هنگام وقوع زلزله و همچنین ایجاد زمینه راهکارهای نوآورانه در طراحی لرزه‌ای را، در پی خواهد داشت.

این کتاب یک درک عمومی از روش طراحی سازه بر اساس عملکرد به همراه مثالهایی از شرکت‌های پیشگام مهندسی سازه با پیشینه طراحی سازه‌های بلند در مناطق لرزه خیز را، برای پیمانکاران، توسعه دهندگان و مهندسين سازه در ایالات متحده و سایر نقاط جهان، فراهم می‌سازد. هدف این کتاب ارائه یک آیین نامه مانند ASCE 7 یا دستورالعمل‌های PEER/TBI و LATBSDC نمی‌باشد بلکه سند راهبردی برای معرفی طراحی بر اساس عملکرد به مخاطب بین المللی است. مهندسين سازه باید در پی توسعه اصول طراحی منحصر به فرد برای هر پروژه بر اساس مراجع و لحاظ کردن شرایط منطقه‌ای برای گام برداشتن در راستای تصویب پروژه، باشند. متد PBSD به طور مستمر در حال تکامل است و می‌بایست از به



تصویر ۱-۱ وان رینکون هیل، سانفرانسیسکو. طراحی شده بر اساس الزامات، PBSD
©Magnusson Klemencic Associates

روز ترین آیین نامه‌ها و دستور العمل‌ها بهره گرفت.

۱-۱ بررسی اجمالی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد

طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد یک روش کاملاً توسعه یافته طراحی است که انعطاف در طراحی بسیار بیشتری در مقایسه با روشهای بر پایه آیین نامه را به ارمغان می‌آورد. البته، این روش نیاز به تلاش بیشتری در مباحث طراحی و تحلیل دارد چراکه نیاز به صحت سنجی عملکرد ساختمان در سطوح مختلف لرزه‌ای با استفاده از



روشهای تحلیل خطی و غیر خطی سازه، وجود دارد. در طراحی سازه بر اساس عملکرد اولین اصول مهندسی برای تناسب و جزئیات سیستم‌های سازه‌ای و مولفه هایش برای وصول به اهداف عملکردی تعیین شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در استفاده از روش PBSD، تمرکز مهندس سازه از "رویکرد طراحی بر اساس چک-لیست‌های مفاد آیین نامه" به "نیاز به شناخت کامل از عملکرد سازه و منطق حاکم بر آیین نامه" تغییر می‌یابد. یافتن راه حل بر اساس دانشی غنی تر از رفتار لرزه‌ای ساختمان غالباً منجر به راه حلی بهینه از لحاظ اقتصادی که تمامی سطوح عملکردی مورد نظر نیز ارضا می‌کند، می‌شود. اگرچه روش PBSD، از منظر طراحی پیچیده تر است لکن، مزایای آن بسیار چشمگیر می‌باشد. از این مزیت‌ها می‌توان به کاهش هزینه‌های ساخت، استفاده بهینه از فضاها و عملکرد لرزه‌ای بهتر، اشاره کرد.

۱-۲ اهداف PBSD

توسعه دهندگان و مهندسان سازه روش PBSD را برای دلایل زیادی به کار می‌گیرند. اهداف متداول استفاده از روش PBSD عبارتند از:

- امکان ایجاد استثناها در آیین نامه‌ها، مانند محدودیت ارتفاع برای سیستم باربر جانبی اتخاذ شده
- استفاده از سیستم‌های باربر لرزه‌ای و روش‌های نوآورانه طراحی که در آیین نامه به آنها اشاره نشده است.
- استفاده از متریکال پر مقاومت و دستگاه‌های مکانیکی که در آیین نامه به آنها اشاره نشده است.
- کاهش آسیب سازه‌ای و غیر سازه‌ای از طریق اهداف ارتقا یافته عملکرد لرزه‌ای در سطوح مشخص زلزله

یکی از سیستم‌های متداول باربر لرزه‌ای که در آیین نامه به آن اشاره نشده است، سیستم هسته-بست می‌باشد. در ایالات متحده آمریکا این مورد مشمول ۸۲ سیستم باربر لرزه‌ای شناسایی شده توسط ASCE 7 نمی‌باشد. استفاده از روش PBSD امکان ارزیابی و طراحی

تصویر ۱-۲ ویلشیر گرند سنتر، لس آنجلس. طراحی بر اساس PBSD.
© Gary Leonard/AC Martin