فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ یازدهم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۴۰۰
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 11, No.4, Serial 42 (Winter 2022)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۳

Comparison on dominance of wind loading versus seismic loading in building structural design by static method in different conditions of the country

Ali Vedadi[1], Amirabbas Fatemi[2]

1. Master of Science in Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran, Email: alivedadi2013@gmail.com

2. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Pardis Branch, Islamic Azad University, Pardis, Iran, (Corresponding Author), Email: fatemi@pardisiau.ac.ir

Abstract

Background and objective: According to sixth issue of the National Building Regulations in Iran, the calculation of building structures against lateral forces of wind and earthquake is done separately. Maximum effect of these two lateral forces is used to calculating criterion of each element of the structure. In any case, it is mandatory to observe the special rules of seismic design according to the structural system in all members. Since most parts of the country are located on the plateau of Iran, which is at a high level in terms of seismicity, many engineers pay special attention to the seimic loads, versus wind loads.

Method: In this study, while reviewing the wind phenomenon, within the framework of the methods approved by the regulations and applicable standards of the country, all possible situations and design criteria in the lateral wind force calculating in different buildings of the country have been analyzed by comparing the earthquake lateral force. Among the studied areas, the results of provincial centers are presented in this article. The impact of all types of soil, structural systems, seismic hazard zone, the importance of buildings according to the building function and existing standards of the country is considered in this study. More over, according to the different building function and structural system, the necessary gravitational loads have been applied in the calculation process.

Findings: The elevation level of dominance of static wind load versus equivalent static earthquake load is obtained in studied areas and considering the allowable height of the structural systems. According to the rules; the lateral wind load from this level upwards should be the main criterion for the design of building structures. The results in the form of different tables indicate the height levels that the design needs to be considered more seriously against lateral wind force.

Conclusion: The results of the analysis indicate that by increasing the values of the behavior factor of buildings, the height level of the structure when the lateral force of the wind overcomes the lateral force of the earthquake decreases. Ardabil, Zahedan and Kerman are among the critical areas against wind due to the regional wind speed of 130 km per hour, which requires more attention of structural engineers. Alborz, Ilam, Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad provinces have less sensitivity in terms of wind lateral load because they have an average wind speed of less than 80 km per hour in all seasons. The wind lateral force in the initial levels of altitude is dominant over the seismic lateral force for all types of structural systems with different importance in most sites with soil type I. Therefore, it needs special attention.

Keywords: Wind and Earthquake lateral force, Building structural systems, Structure height, Seismic hazard zone, Soil type, Regional wind speed

▶**Citation (APA 6th ed.):** Vedadi A, Fatemi A. (2022, Winter). Comparison on dominance of wind loading versus seismic loading in building structural design by static method in different conditions of the country. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 11*(4),348-365.

مقایسه غلبه بارگذاری باد نسبت به بارگذاری زلزله به روش استاتیکی در طراحی سازه‌های ساختمانی در شرایط مختلف مناطق کشور

علی ودادی[1] و امیر عباس فاطمی[2]

کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، ایران .alivedadi2013@gmail.com

استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، ایران (نویسنده مسئول).fatemi@pardisiau.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، محاسبه سازه‌های ساختمانی در برابر نیروهای جانبی باد و زلزله به تفکیک انجام می‌گردد و در هر بخش از سازه اثر هر یک که بیشتر باشد، ملاک محاسبات قرار می‌گیرد. در هر حالت، رعایت ضوابط ویژه طرح لرزه‌ای مطابق سیستم سازه در کلیه اعضاء الزامی می‌باشد. از آنجا که اکثر مناطق کشور در فلات ایران واقع شده‌اند -که از نظر لرزه‌خیزی در سطح بالایی قرار دارند-، بسیاری از مهندسین توجه ویژه‌ای به بارهای ناشی از زلزله دارند و گاهی بارهای ناشی از باد مورد توجه لازم قرار نمی‌گیرد.

روش: در این پژوهش، ضمن مروری بر پدیده باد، در چهارچوب روش‌های مورد تأیید آیین‌نامه‌ها و استانداردهای لازم‌الاجرای کشور، همه حالات ممکن و معیارهای طراحی در محاسبه نیروی جانبی باد در ساختگاه‌های مختلف کشور به صورت جزء به جزء و مقایس‌های نسبت به نیروی جانبی زلزله مورد تحلیل قرار گرفته و به عنوان نمونه نتایج مراکز استانها در این مقاله ارائه شده است. تأثیر تمام انواع خاک، انواع سیستم‌های سازهای، پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله، اهمیت ساختمان‌ها با توجه به کاربری تعریف شده در آیین‌نامه و استانداردهای موجود کشور، در این مطالعه منظورشده است. همچنین متناسب با کاربری و سیستم‌های سازهای مختلف، بارگذاری‌های ثقلی لازم در روند محاسبات اعمال گردیده است.

یافته‌ها: تراز ارتفاعی از ساختمان که بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله غلبه می‌کند با در نظر گرفتن ارتفاع مُجاز سیستم‌های سازه برای ساختگاه‌های مورد بررسی بدست آمده است. مطابق ضوابط، بار جانبی باد از این تراز به بالا باید ملاک اصلی محاسبه و طراحی سازه‌های ساختمانی قرار گیرد. نتایج حاصل در قالب جداول مختلف بیانگر ترازهای ارتفاعی می‌باشد که لازم است طراحی در برابر نیروی جانبی باد به صورت جدیتر مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از تحلیلها حاکی از آن است که با افزایش مقادیر ضریب رفتار در ساختمان‌ها، تراز ارتفاع غلبه نیروی جانبی باد بر نیروی زلزله کاهش می‌یابد. مراکز استان‌های اردبیل، سیستان و بلوچستان و کرمان به دلیل سرعت باد منطق‌های ۱۳۰ کیلومتر بر ساعت از مناطق بحرانی در برابر باد محسوب می‌گردند و نیازمند توجه مضاعف مهندسین و طراحان سازه می‌باشند. استان‌های البرز، ایلام و کهکیلویه و بویراحمد به دلیل اینکه دارای میانگین سرعت باد کمتر از ۸۰ کیلومتر برساعت در تمام فصول سال می‌باشند، از حساسیت کمتری از نظر بار جانبی باد برخوردار هستند. نیروی جانبی باد برای تمام انواع سیستم‌های سازهای با اهمیت‌های مختلف در بیشتر ساختگاه‌ها با خاک نوع I در ترازهای ابتدایی ارتفاع بر نیروی جانبی زلزله غالب می‌باشد در نتیجه نیازمند توجه ویژه خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: نیروی جانبی باد و زلزله، سیستم سازه‌های ساختمانی، ارتفاع ساختمان، پهنه بندی خطر نسبی زلزله، نوع خاک، سرعت باد منطقه

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** وداد، علی؛ فاطمی، امیر عباس. (زمستان، ۱۴۰۰). مقایسه غلبه بارگذاری باد نسبت به بارگذاری زلزله به روش استاتیکی در طراحی سازه‌های ساختمانی در شرایط مختلف مناطق کشور. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، *۱۱* (۴)،۳۴۸-۳۶۵.

مقدمه

ساختمان‌های بلند مرتبه اولیه به دلیل وزن زیاد دیوارهای باربر مصالح بنایی، چنان بودند که نیروی باد قادر به غلبه بر نیروهای جاذبه زمین نبود. حتی هنگامی‌که روش دیوار باربر به‌وسیله سازه قاب صلب در اواخر قرن ۱۹ جایگزین گردید، نیروی جانبی باد عامل تعیین کننده اصلی نبود، اما از سال ۱۹۵۰ با ایجاد فضاهای باز داخلی و کاهش وزن نسبی ساختمان‌ها برای اولین بار اهمیت نیروهای ناشی از باد خود نمایی کرد. با معرفی قاب‌های فولادی سبک وزن، دیگر وزن، یک عامل محدود کننده ارتفاع ساختمان‌ها نبود، لیکن عصر ساختمان‌های بلندتر با خود مشکلات جدیدی به همراه داشت؛ بار مرده کاهش داده شد، فضاهای بزرگتر و انعطاف‌پذیر ایجاد شد، تیرهای با دهانه بزرگ، دیوارهای غیر باربر جدا کننده داخلی متحرک و دیوارهای پیرامونی غیر باربر به نوبه خود از صلبیت کلی سازه می‌کاستند. در این شرایط نقش سختی جانبی و به تناسب آن، تغییرمکان جانبی ساختمان، مهمتر از مقاومت آن می‌گردد و در نتیجه، اثر باد یک مسأله اساسی در طرح ساختمان‌ها به ویژه ساختمان‌های بلندتر و سبکتر خواهد بود. اعمال باد بر ساختمان به شکل، لاغری، ترکیب نمای ساختمان و نحوه قرار گرفتن ساختمان‌های مجاور وابسته است. درک و پیشبینی رفتار باد به صورت کامل و دقیق پیچیده و غیر ممکن می‌باشد که این امر نیز بر حساسیت طراحی در برابر باد می‌افزاید.

با مطالعات و بررسی دقیق پیرامون نیروی‌های جانبی تاثیرگذار بر سازه‌های ساختمانی که شامل نیروی باد و نیروی زلزله می‌باشد، مشخص می‌گردد که هرکدام از بارهای مورد نظر دارای چه ویژگی، ساختار و عوامل تأثیرگذار بر رفتار سازه‌های ساختمانی هستند. مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در طراحی اعضای سازه، اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی‌شوند و مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک که بیشتر باشد، طراحی گردند. از آنجایی که اکثر طراحی‌های سازه‌های ساختمانی در کشور ما براساس نیروی جانبی زلزله محاسبه می‌گردد، باید به این مهم اشاره کرد که نیروی باد نیز به نوبه خود همانند نیروی زلزله دارای اهمیت و بعضاً دارای ماهیت پیچیدهای می‌باشد که البته به صورت استاتیکی و دینامیکی قابل بررسی است. از این رو در بسیاری از طراحی‌های سازه‌های ساختمانی، متغیرهای محاسبه نیروی باد شامل؛ میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان‌ها، میزان پوشش و موانع درمقابل باد، باید علاوه بر پارامترهای مؤثر بر نیروی جانبی زلزله، در طراحی سازه‌های ساختمانی نیز در نظر گرفته شود.

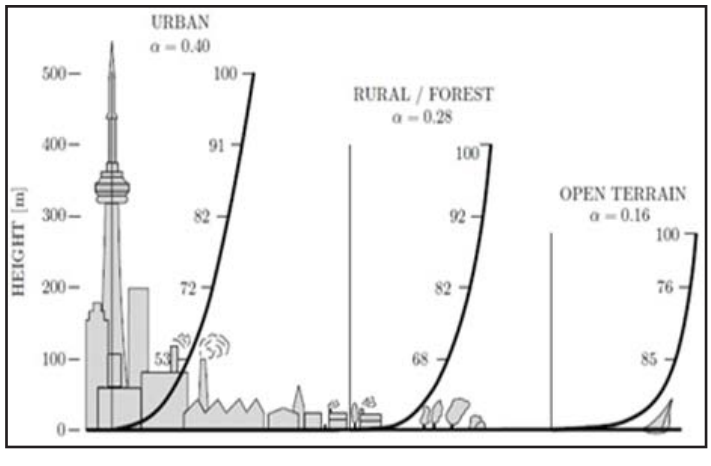
در این مقاله فرض شده است که نیروی جانبی زلزله با روش استاتیکی معادل، محاسبه گردد و در هریک از امتدادهای سازه به صورت رفت و برگشت به سازه اثر کند و نیروی جانبی باد به روش استاتیکی، محاسبه گردد و به صورت افقی در هریک از امتدادهای محورهای اصلی ساختمان به طور غیر همزمان به ساختمان اثرگذاری نماید. علاوه بر این، تأثیر همه انواع خاک، انواع سیستم‌های سازهای، پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله، اهمیت ساختمان‌ها در بررسی بارهای جانبی طراحی در سازه‌های ساختمانی با توجه به تغییرات ارتفاع سازه و مقایسه دو نیروی جانبی در همان ساختگاه با رعایت اصول طراحی مطابق ضوابط بارهای وارده بر ساختمان (مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، ۱۳۹۲) و آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ۱۳۹۳) مورد بررسی قرار گرفته است و از یک تحلیل مقایس‌های مطابق مقررات ملی به این پرسش در این پژوهش پاسخ داده شده است که از چه ارتفاعی از ساختمان، احتمال رخداد حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله بالاتر می‌باشد و مهندسان طراح، لازم است توجه بیشتری به مقوله بار جانبی باد داشته باشند. در انتها، نتایج حاصل از آن در قالب نمودار ارائه شده است.

پیشینه و مفاهیم نظری

اختلاف فشار ناشی از تفاوت دما در قسمت‌های مختلف جو زمین، موجب جریان هوایی می‌گردد که باد نامیده می‌شود. هوا با فشار کم در اثر سبکی به بالا صعود می‌کند و روی هوای با فشار زیاد و سنگین، جریان می‌یابد که این جابجایی تولید باد می‌کند. مهندسی باد بر اساس کوشش هدفمند در توسعه ابزاری و تخمین آثار باد بر روی سازه‌های ساختمانی با دقت و ظرافت بالا حاصلگردیده است.

جهت پیش‌بینی رفتار باد و کمّی نمودن آن نیاز به ساده‌سازی‌هایی در؛ تغییرات سرعت باد با ارتفاع، فشار باد بر یک جسم ساکن، جریان آشفته و پدیده جدایش و طبیعت دینامیکی اندرکنش باد و سازه وجود دارد.

تغییرات سرعت باد در ارتفاع: سرعت باد در نزدیکی سطح زمین در تراز تقریباً صفر به علت نیروی برشی ناشی از لزجت سیال هوا تقریباً برابر با صفر می‌باشد. هرچه از سطح زمین بالاتر برویم، به دلیل کاهش نیروی برشی مقدار سرعت باد افزایش می‌یابد. ارتفاعی که در آن، سرعت باد ثابت می‌گردد، ارتفاع گرادیان و سرعت در این ارتفاع، سرعت گرادیان نامیده می‌شود. منحنی تغییرات سرعت باد با ارتفاع، تابع نوع و شدت جریان‌های آشفته و آرام است. این جریانها به ناهمواری‌های سطح زمینی که باد در آن می‌وزد، وابسته است.



شکل ۱. پروفیل سرعت باد در ارتفاع برای نواحی داخل، حومه و بیرون شهر (پاسکویل، ۱۹۷۲)[1]

تا ارتفاع گرادیان، سرعت باد تحت تأثیر ناهمواریهای زمین می‌باشد. به این بخش از هوا لایه مرزی گفته می‌شود. منحنی سرعت باد در این لایه با رابطه توانی زیر تقریب زده می‌شود.

$$V_z = V_g \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\alpha} \qquad (۱)$$

α از حدود ۰/۱۵ برای مناطق باز تا ۰/۵، ضخامت لایه مرزی Zg، سرعت گرادیان باد Vg مناطق شهری متغیر می‌باشد. در آیین‌نامه برای در نظر گرفتن اثرات باد، از سرعت مبنای باد در ارتفاع مشخص ده متر از سطح زمین و منطق‌های مسطح و بدون مانع استفاده می‌شود. میانگین عددی سرعت باد در دوره بازگشت ۵۰ ساله با احتمال تجاوز، ۲ درصد در سال است.

فشار باد بر یک جسم ساکن: تعیین فشارهای حاصل از برخورد باد با مانع واقع در یک مسیر، موضوعی آیرودینامیکی می‌باشد. باد دارای انرژی جنبشی بوده و به‌طور ساده میتوان گفت که انرژی جنبشی باد به انرژی پتانسیل نظیر فشار تبدیل میگردد. مقدار فشار بر واحد سطح برابر است با:

$$q = \frac{1}{2}\rho V^2 \qquad (۲)$$

مقداری از انرژی جنبشی که به انرژی پتانسیل نظیر فشار تبدیل می‌شود، به شکل جسم، صافی و زبری سطح جسم ونحوه قرارگیری جسم در مقابل باد بستگی دارد.

$$q = CV^2 \qquad (۳)$$

C ضریبی ثابت که بستگی به عوامل فوق دارد.

$$\rho = \frac{w}{g} = \frac{1.225\ kg/m^3}{9.81} \cong \frac{1}{8} \qquad (۴)$$

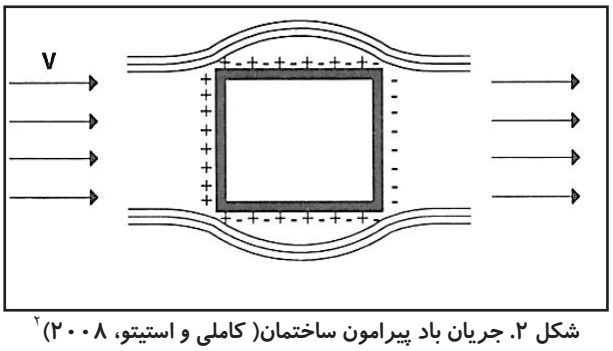
$$q = \frac{1}{2} \times \frac{1}{8} V^2 = \frac{1}{16} V^2 \qquad (۵)$$

V برحسب متر برثانیه و q برحسب کیلوگرم بر متر مربع

V برحسب کیلومتر برساعت و q برحسب کیلوگرم بر متر مربع

$$q = \frac{1}{207} V^2 \qquad (۶)$$

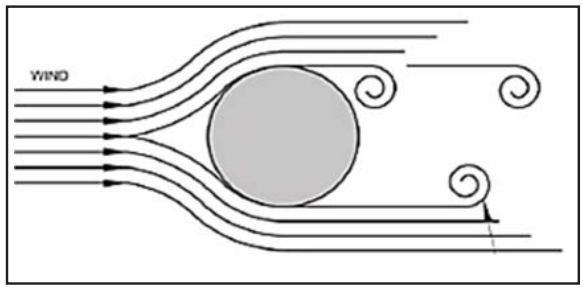
جریان آشفته و پدیده جدایش: وقتی تودهای از هوای متحرک به مانعی برخورد می‌کند با حرکت از دو طرف ساختمان دوباره به هم پیوسته و به حرکت خود ادامه می‌دهد. به دلیل اینکه توده هوای بیشتری از سطح ثابتی عبور می‌کند، سرعت باد افزایش یافته و جریانهای آشفته ایجاد می‌شود.



شکل ۲. جریان باد پیرامون ساختمان(کاملی و استیتو، ۲۰۰۸)[2]

1. Pasquill, P. (1972)

2. Cammelli, & Stitou, (2008).

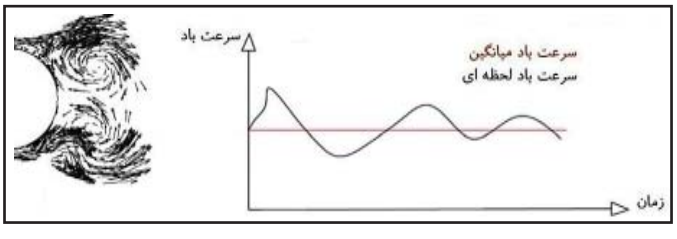


شکل ۳. جریان باد پیرامون ساختمان(زیلس و ویس، ۲۰۰۳)[1]

آشفتگی جریان باعث حرکت ذرات هوا در کلیه جهات می‌شود و به‌طور معمول، ضخامت زیادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سرعت جریان آشفته بسیار متغیر بوده و با زمان تغییر می‌کند.

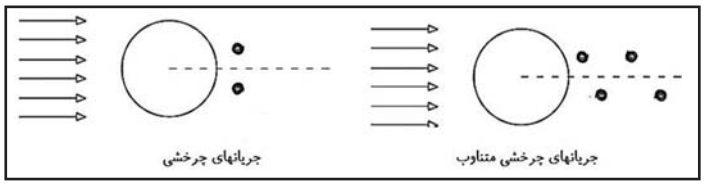
بستگی به اینکه میانگین سرعت باد را درچه بازه زمانی بدست آوریم، سرعت متفاوت خواهد بود. برای مثال ممکن است میانگین سرعت باد در یک ساعت، ۱۰ متر برثانیه باشد، درحالیکه سرعت در یک دقیقه، ۳۰ متر بر ثانیه باشد. قابل ذکر است که طولانی‌ترین زمان متوسط‌گیری در کارهای مهندسی باد یک ساعت می‌باشد. همچنین سرعت میانگین باد در آیین‌نامه آمریکا، حداکثر در یک مایل از مسیر حرکت باد در نظر گرفته شده است.

پدیده جدایش: در سطح تماس باد با موانعی مانند ساختمان، فشارهای مثبت در سطح بادگیر ساختمان ایجاد می‌گردد. با افزایش سرعت باد، در وجه بادپناه (پشت به باد) جریان‌های چرخشی (گرد باد) ایجاد می‌شود که موجب ایجاد نواحی با فشار منفی (مکش) در سمت بادپناه می‌شود. گردباد علاوه بر سمت بادپناه در دو طرف ساختمان نیز (در سرعتهای بیشتر) باعث مکش میگردد. جریان‌های چرخشی به صورت تناوبی و با فرکانس مشخص به ساختمان اثر می‌گذارد و باعث نوسان ساختمان در جهت باد یا عمود برجهت باد می‌گردد.



شکل ۴. نمودار سرعت باد در واحد زمان

اگر سرعت باد در محدوده‌ای باشد که باعث ایجاد نیروی بادی با فرکانسی نزدیک به فرکانس سازه گردد، باعث ایجاد تشدید می‌شود. تشدید نیز، سبب افزایش نیروهای باد می‌گردد.



شکل ۵. جریان باد پیرامون ساختمان

مهندس طراح لازم است تا اطمینان حاصل کند که مقاومت اجزای سازهای و غیرسازهای تحت اثر نیروی باد در طی عمر پیشبینی شده از نظر ایمنی و سرویسپذیری کافی باشد. از این‌رو می‌توان به پارامترهای موثر بار باد اشاره داشت که عبارتند از:

۱- ارتفاع سازه که با افزایش ارتفاع سرعت باد متناسب با آن افزایش می‌یابد (تشانز، ۱۹۸۲).[2]

۲- پراکندگی عوارض زمینی در اطراف ساختمان که هرچه عوارض بیشتر باشد، سرعت باد کمتر می‌شود. این عوارض در کامل‌ترین تقسیمبندی در آیین‌نامه انجمن مهندسین عمران آمریکا (ASCE/SEI 7، ۲۰۱۶)[3] اعمال شده که به ترتیب و بر اساس بافت محیط به شرح زیر می‌باشند:

I . بافت دریای باز،

II . بافت زمین باز،

III . بافت اراضی برون شهری با فاصله زیاد از شهر (مانند مناطقی که به طور پراکنده ساخته شده‌اند، یا با درختها و دیگر موانع)،

IV . بافت شهرها، اراضی برون شهری پرتراکم و جنگلها،

V. مراکز شهرهای بزرگ مانند شیکاگو و توکیو. اغلب آیین‌نامه‌ها عوارض زمین را به سه/چهار نوع تقسیم بندی می‌کنند. در شرایط فعلی در ایران، اغلب سازه‌های ساختمانی در ۴ دسته مطابق آیین‌نامه ISO تقسیم بندی می‌گردند(رینهولد و تیموتی، ۱۹۸۲).[4]

۳- توپوگرافی محیط.

۴- شکل هندسی سازه؛ اثر نیروی جانبی باد وارده بر سازه‌های ساختمانی با پلان دایره‌ای و شش ضلعی کمتر از پلان مستطیل و مربعی می‌باشد؛ به طوریکه بیشینه جابجایی در این پلانها به ترتیب بیش از ۶۰ و ۴۰ درصد نسبت به پلان مستطیلی و مربعی کاهش دارد.

1. Zils, & Viise, (2003).

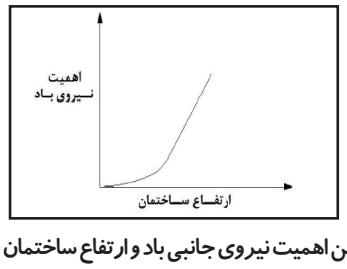
2. Tschanz, T. (1982).

3. American Society of Civil Engineers (2016).

4. Reinhold, Timothy J. (1982).

۵- سطح جانبی روبروی باد که هرچه وسیع‌تر و دارای سطح مقطع بزرگتری باشد، تاثیر نیروی باد بر آن بیشتر می‌شود.

بررسی اثرات نیروی جانبی باد بر رفتار ساختمان‌ها: در ساختمان‌ها با افزایش ارتفاع، نیروهای جانبی باد به سرعت افزایش می‌یابد، در نتیجه، کاهش نیروهای باد در ساختمان‌های بلند اهمیت بسیاری دارد. هنگامی‌که ارتفاع افزایش می‌یابد، نیروهای طبیعی به ویژه باد غالب می‌گردند. ساختمان‌های بلند و باریک باید برای مهار کردن تاثیرات دینامیکی گردبادها از طریق انطباق دادن سختی و دیگر ویژگی‌های دینامیکی سازه به گونه‌ای طراحی گردند که فرکانس گردبادها برابر با فرکانس طبیعی سازه نباشد؛ زیرا درغیر این صورت پدیده تشدید رخ خواهد داد. تغییر مکان‌های جانبی و شتاب طبقات بالایی ساختمان باید از نقطه نظر قابلیت سرویس‌دهی و راحتی ساکنین بررسی گردند. شتاب ماکزیمم در طبقات بالایی ساختمان که حاصل طوفان‌های مکرر است، باید محدود گردد تا حرکات احتمالی‌که توسط ساکنین احساس می‌شود، به حداقل برسد. از طرف دیگر، در طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله، لازم است از فروپاشی یکباره ساختمان تحت زمین لرزه‌های شدید جلوگیری گردد. به علاوه باید محدوده آسیب‌های غیر سازهای در هنگام زمین‌لرزه‌های مکرر حداقل شود. ساختمان باید طوری طراحی شود که شکل‌پذیری کافی برای تحمل بارهای ثقلی تحت تغییرشکل‌های بزرگ غیر الاستیک در هنگام فعالیت لرزه‌های شدید را داشته باشد. همچنین، سازه‌های بسیار بلند باید برای بار مرده و سایر بارها همانند بارهای جانبی باد و زلزله (هرکدام که بزرگتر است) طراحی شود. برای یک ساختمان که در منطقه لرزه‌خیز واقع شده است، حتی زمانی که نیروهای باد در طراحی، حاکم باشند، باید اتصالات سازهای برای جذب انرژی زلزله طراحی گردند (اروین، ۲۰۱۰).[1]



شکل ۶. رابطه بین اهمیت نیروی جانبی باد و ارتفاع ساختمان (اروین، ۲۰۱۰)

اندرکنش باد و سازه: برخلاف متوسط جریان باد که می‌تواند به صورت استاتیکی مورد بررسی قرار گیرد، بار باد مرتبط با تندباد یا تلاطم، بسیار سریع و حتی ناگهانی تغییر می‌کند و آثار بسیار شدیدتری از حالت اعمال تدریجی بار، ایجاد می‌نماید (قوش، ۲۰۰۰). بر این اساس، بارهای باد باید همانطوری که در طبیعت بصورت دینامیکی هستند، بررسی گردند. شدت بار باد به سرعت تغییرات آن و نیز پاسخ ساختمان بستگی دارد. بنابراین فشارهای ناشی از تندباد وارد برساختمان، که ابتدا زیاد شده و سپس کاهش می‌یابند، چه به صورت دینامیکی بررسی شوند و چه به صورت استاتیکی، وابستگی بسیار زیادی به خصوصیات ساختمانی که به آن وارد می‌شوند، خواهند داشت. در روش‌های استاتیکی تعیین بار باد، موقعیت جغرافیایی ساختمان، آثار تندبادهای ناگهانی و درجه اهمیت ساختمان در مراحل پس از طوفان نیز در آنالیز دخالت داده می‌شود. برای ساختمان‌های بسیار بلند، لاغر و یا انعطاف پذیر پیشنهاد شده است که از روش تونل‌های باد با لایه مرزی تغییرات سرعت باد نسبت به ارتفاع استفاده شود. همچنین وزش‌های ناگهانی را با دقت بیشتری برای تخمین بارگذاری در پروژه‌های بزرگ استفاده می‌نمایند (فوجیتا، ۱۹۷۱).[2]

کاهش آثار ناشی از بار باد: در ساختمان‌ها هر چه تعداد طبقات و ارتفاع افزایش می‌یابد به دلیل سنگینتر شدن ساختمان، بارهای طراحی شالوده و ستونها بزرگتر شده و این امر باعث افزایش سطح مقطع ستونها، بادبندها و شالودهها می‌شود. گذشته از صرفهجویی در زمان ساخت، بیشتر به منظور صرفه اقتصادی، طراحان سعی در استفاده از مصالح با وزن کم و مقاومت بالا دارند که این امر به نوبه خود باعث افزایش انعطافپذیری و کاهش میرایی سازه می‌گردد و چنین سازههایی در مقابل بارهای جانبی باد و زلزله حساسیت فوقالعادهای از خود نشان می‌دهند. حال با تشخیص ارتفاع بحرانی بار باد در سازه‌های ساختمانی می‌توان تدابیری را برای کنترل اثر بار باد اندیشید. بنابراین دراین زمینه به طُرُق مختلف مطالعات گستردهای صورت گرفته است که می‌توان به دو مفهوم اصلی سازه و معماری اشاراتی داشت. استراتژی‌های ساختاری به دو شیوه قابل بررسی است؛ شیوه اول افزایش سختی سازه با توجه به

1. Irwin, Peter A. (2010).

2.Fujita, T. T. (1971).

سیستم سازهای قابل طراحی می‌باشد، که فراهم کردن سختی کافی برای کنترل پاسخ‌های دینامیکی سازه (اغلب مناسب ساختمان‌هایی با ارتفاع کم یا اصطلاحاً ساختمان‌های کوتاه را در نظر دارد و در سازه‌های بلند کاربردی ندارد) و شیوه دوم سیستم‌های جذب انرژی می‌باشد، که مقدار انرژی تخلیه و اتلاف شده یک سازه را در نظر دارد و می‌تواند شرایطی را برای کاهش اثرات ناشی از پاسخ تشدید در سازه را فراهم سازد (علاقمندان و النیمری، ۲۰۱۳)[1].

استراتژی‌های معماری می‌توانند به عنوان روش‌های منفعل و احتیاطی برای مقابله با نیروی باد عمل کنند. لیکن، از جمله روش‌های اصلی در کاهش اثرات ناشی از نیروی جانبی باد می‌توان به تأثیر اشکال متفاوت در سازه‌های ساختمانی اشاره نمود؛ اشکالی نظیر فرم‌های ایرودینامیکی، مخروطی، فرورفتگی و شبک‌های که با توجه به نوع طرح ایرودینامیکی سازه می‌توانند سبب کاهش ۶۰ درصدی فشار ناشی از نیروی باد به کناره‌های سازه و مقدار کمی نسبت به اطراف سازه‌های بلند گردند. (کوآن و همکاران، ۲۰۱۶)[2].

یک دیدگاه مؤثر و مهم در طراحی سازه ساختمان‌های لاغر و بلند با ابعاد عریض و بزرگ، در بین تمامی روش‌ها، استفاده از توسعه فرمولها و روش‌های جدید طراحی سازه‌های بلند مرتبه است. از جمله پیشرفت این فرمولها در برابر بادهای قوی و پیچشی که به صورت گردباد می‌باشند، انواع میراگرهای مایع تنظیم شونده می‌باشد که مورد استفاده قرار می‌گیرد. این میراگرها در بالای ساختمان‌های لاغر بلند مرتبه مدلسازی و با ساختار سازه همراه می‌گردد که با ایجاد فرکانسی وابسته به میراگرهای ایرودینامیکی و سختی به عنوان ماتریسی از ضرایب ثابت، ارائه و برای دامنه زمان ارتعاشات ناشی از باد نصب می‌گردد. تحلیل استفاده شده در این نوع روش مشخص می‌کند که اثرات منفی ایرودینامیکی در فرکانس‌های پایین ساختمانی تحت شرایط نامطلوب و آشفته، باعث افزایش پاسخها می‌گردد (جئونگ، ۲۰۱۵)[3].

روش

در این مطالعه به منظور تعیین تراز ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله در ساختگاه‌های مختلف کشور، به بررسی همه حالات محتمل به صورت جزبهجز و مقایس‌های نیروی جانبی باد نسبت به نیروی جانبی زلزله پرداخته شده است. پس از این بررسیها مشخص گردید که از کدام تراز ارتفاعی به بالا نیروی جانبی باد توانسته بر نیروی جانبی زلزله غلبه کند و عامل اصلی محاسبه بارهای جانبی سازه قرار گیرد. از اینرو محاسبات بر مبنای ضوابط طراحی آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران و استاندارد ۲۸۰۰ ایران به کمک ماکرونویسی در نرم افزار اکسل انجام شده و همه حالات محتمل برای این دو نیروی جانبی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. از آنجا که محاسبه وزن موثر سازه مد نظر یکی از پارامترهای کلیدی در تعیین بار زلزله محسوب می‌گردد، طبق روال آیین‌نامه‌ها در محاسبه وزن به پارامترهای مؤثر نیز پرداخت شده است. با حذف نوع اسکلت مواردی نظیر نوع سیستم دیافراگم سقف سازه، دیوارهای پیرامونی و دیوارهای داخلی و همچنین نقش بار مرده و بار زنده منظور شده است. جهت یکسانسازی محاسبات در مقایسه این دو نیروی جانبی، فرآیند محاسبات برای یک متر مربع انجام شده است و برای بهدست آوردن تراز ارتفاعی ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد و مقایسه آن نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله در ساختگاه مشخص، مراکز استان‌های کشور به عنوان نمونه مناطق مورد مطالعه انتخاب گردیده است. فرضیات حاکم بر این مطالعه که در ادامه آورده شده است بدین شرح می‌باشد که؛ همهٔ مناطق مورد مطالعه دور از گسلها در نظر گرفته شده است و شرایط و ویژگی‌های حوزه نزدیک گسل به مطالعات آینده موکول شده است. همچنین از تأثیرات بار باد در عناصر غیر سازهای به همراه بازشوها در سطوح مختلف سازهای در این مرحله صرف نظر گردیده است. تیپ زمین تحت تأثیر نیروی باد به دلیل انتخاب مراکز استان، مناطق داخل شهری پُرتراکم که دارای ساختمان‌های متعدد و یا انبوه درختان هستند، در نظر گرفته شده است. نوع تغییرات زمین هم با توجه به این نوع انتخاب، مطابق مبحث ششم مقررات ملی در بند ۶-۱۰-۶-۲ و بند ۶-۱۰-۶-۱ در نظر گرفته شده است. بر این اساس ضریب بادگیری و نوع زمین برای مناطق شهری و پُر تراکم به صورت پیش فرض، به طور کامل برای زمین‌های ناهموار (بدترین حالت ممکن) در نظرگرفته شده است.

1. Alaghmandan, M., & Elnimeiri, M. (2013).
2.. Quan Y et al, (2016).
3. Jeong, U. Y. (2015).

در انتخاب روش برای محاسبات بار باد و اثرات ناشی از آن در طراحی به روش استاتیکی، فرض شده است که بار باد به صورت افقی و در هریک از امتدادها، ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان، و به طور غیر همزمان به ساختمان اثر می‌نماید. از این رو به تحلیل عوامل مؤثر در ماهیت نیروی باد به روش استاتیکی برای سازه‌های ساختمانی بلند مرتبه و کوتاه مرتبه و همچنین، اعضای سازهای، اعضای غیرسازهای و نما برابر ضوابط طراحی موجود در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان پرداخته شده است و ضرایب فشار خارجی نیروی باد برای ساختمان‌هایی با پشت بام‌های تخت همراه با شیب کمتر از ۵ درجه برابر بندهای ۶-۱۰-۶-۷ و ۶-۱۰-۶-۸ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان درنظر گرفته شده است.

لازم به ذکر است به دلیل انتخاب روش استاتیکی، از لاغری ساختمان که در زیر شاخه محاسبات دینامیکی قرارگرفته می‌گردد نیز صرف نظر شده است. همچنین می‌توان به دلیل وسعت انجام تحقیقات در پژوهش فوق از طرف پژوهشگران به لحاظ بررسی فرم و شکل و نوع سازه در نوع عملکرد و قیاس آنها در برابر نیروهای جانبی، به صرف نظر کردن از آنها نیز به عنوان محدودیت‌های طرح اشاره کرد. با درنظر داشتن ارتفاع مُجاز طراحی و نوع اقلیم منطقه و همچنین با صرف نظر کردن از اثر ساختمان‌های مجاور در برابر شدت بارهای ناشی از باد، در نتایج نهایی مشخص گردید که ارتفاع بحرانی سازه مورد بررسی چه نسبتی از ارتفاع کل سازه‌های ساختمانی در هر مرکز استان خواهد داشت.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، سرعت باد منطقه و پهنه لرزهخیزی مراکز استانها مشخص شده است. مراکز استان‌های البرز، ایلام و کهکیلویه و بویراحمد به دلیل اینکه برابر مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران دارای میانگین سرعت باد کمتر از ۸۰ کیلومتر برساعت در تمام فصول سال می‌باشند، وارد روند محاسبات نشدهاند. لازم به ذکر است که هیچ یک از مراکز استان در پهنه خطر نسبی زلزله " کم" قرار نگرفتهاند.

جدول ۱. درجه خطر نسبی زلزله و سرعت مبنای باد مراکز استانها

ردیف	مراکز استان	سرعت مبنای باد (Km/h)	خطر نسبی زلزله			
			کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	تبریز	۱۱۰				*
۲	ارومیه	۹۰			*	
۳	اردبیل	۱۳۰			*	
۴	اصفهان	۱۰۰		*		
۵	کرج	کمتر از ۸۰				*
۶	ایلام	کمتر از ۸۰		*		
۷	بوشهر	۱۰۰			*	
۸	تهران	۱۰۰				*
۹	شهرکرد	۸۰			*	
۱۰	بیرجند	۹۰			*	
۱۱	مشهد	۸۰			*	
۱۲	بجنورد	۱۳۰			*	
۱۳	اهواز	۹۰		*		
۱۴	زنجان	۸۰			*	
۱۵	سمنان	۸۰			*	
۱۶	زاهدان	۱۳۰			*	
۱۷	شیراز	۸۰			*	
۱۸	قزوین	۱۰۰				*
۱۹	قم	۹۰			*	
۲۰	سنندج	۹۰			*	
۲۱	کرمان	۱۳۰				*
۲۲	کرمانشاه	۹۰			*	
۲۳	یاسوج	کمتر از ۸۰			*	
۲۴	گرگان	۸۰			*	
۲۵	رشت	۹۰			*	
۲۶	خرم آباد	۸۰			*	
۲۷	ساری	۹۰			*	
۲۸	اراک	۹۰		*		
۲۹	بندرعباس	۱۰۰			*	
۳۰	همدان	۱۰۰			*	
۳۱	یزد	۱۱۰		*		

یافته‌ها و تعیین تراز ارتفاعی در حالت غلبه بار جانبی باد بر زلزله

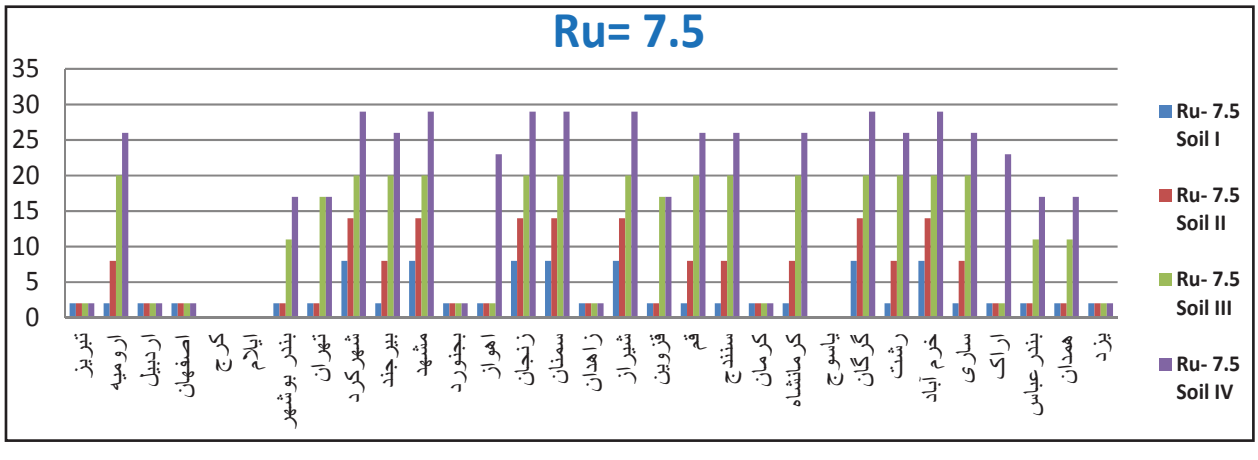
با داشتن پارامترهای طراحی نظیر نیروی باد وارد بر سازه و سرعت مبنای آن در منطقه، نوع خاک منطقه، نوع سیستم سازهای و ضریب رفتار متناسب با آن، ضریب اهمیت ساختمان در زلزله و باد، لرزه

خیزی منطقه و شتاب مبنای طراحی متناسب با آن، ضمن در نظر گرفتن حدود مجاز ارتفاع به محاسبه و ارزیابی مناطق مختلف کشور در چهارچوب آیین‌نامه‌های موجود پرداخته شده است. برای هر منطقه به کمک یک فایل excel مستقل محاسبات دو نیروی جانبی باد (به روش استاتیکی) و زلزله (به روش استاتیکی معادل) برای هر یک از ساختگاهها با رعایت تمام حالات محتمل مطابق ضوابط انجام پذیرفته است. در هر ساختگاه میزان تأثیر هر یک از نیروهای جانبی باد و زلزله بر سیستم‌های سازهای مشخص شده است. سپس با مورد مقایسه قرار دادن این نیروها با یکدیگر مشخص گردید که در چه تراز ارتفاعی از ساختمان‌ها، نیروی جانبی باد بر نیروی زلزله غلبه می‌کند (با توجه به حد مجاز ارتفاع در سیستم‌های سازهای مد نظر در استاندارد ۲۸۰۰ ایران). این مقایسهها حاکی از آن است که مهندسین در چه ترازهای ارتفاع از هر تیپ ساختمان لازم است توجه ویژهای به مبحث بار جانبی باد در روند محاسبات سازهای داشته باشند. البته در این مقاله به جهت محدودیت تنها نتایج بدست آمده در مراکز استانها به صورت نمونه ارائه شده است.

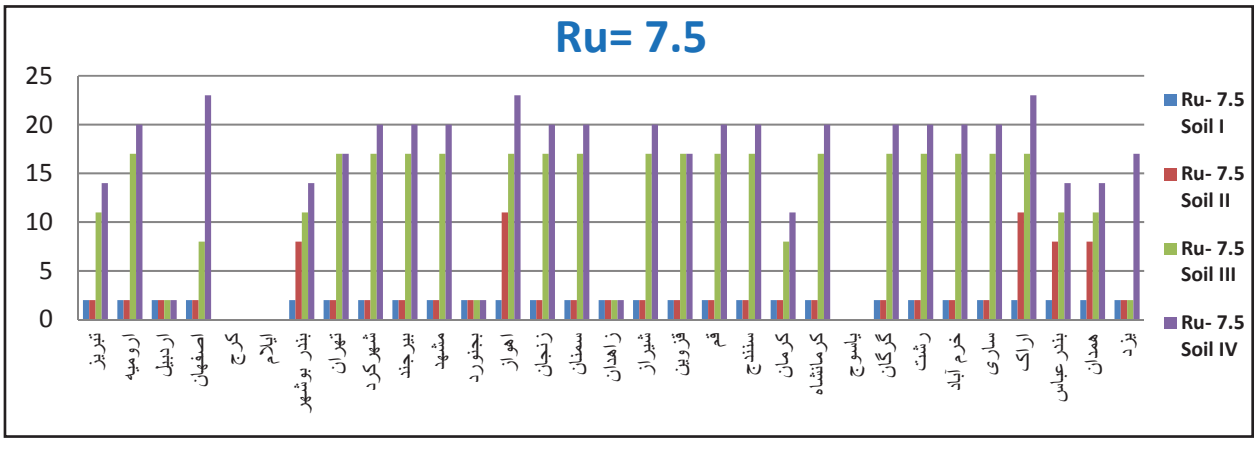
طبق استاندارد و مقررات ملی ساختمان، تراز ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله، با توجه به اهمیت ساختمان‌ها در چهار گروه «خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم» طبقهبندی می‌گردد. بدیهی است اهمیت سازهها بر اساس نوع کاربری طبقهبندی می‌شود و ضرایب اهمیت ساختمان تحت بار باد و بار زلزله یکسان نمی‌باشند (مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲). علاوه بر این، خروجی محاسبات مطابق استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان به ضرایب رفتار سازه (Ru)، جنس خاک و شتاب مبنای طراحی و عوامل مؤثر بر نیروی جانبی باد وابسته می‌باشند. خروجی‌های حاصل از نتایج هر سری از تحلیل‌های این پژوهش در قالب نمودارهایی به صورت زیر قابل ارائه می‌باشد.

به عنوان نمونه، نمودارهای ۱ تا ۴، نتایج حاصل از تحلیل ساختمان‌های قاب خمشی فولادی ویژه، قاب خمشی بتنی ویژه و سیستم سازهای ترکیبی شامل قاب خمشی و دیوار برشی بتنآرمه ویژه را -که برابر استاندارد ۲۸۰۰ ایران دارای ضریب رفتار ۷/۵ می‌باشند-، با توجه به انواع محتمل جنس خاک و همچنین چهار گروه اهمیت ساختمان‌ها برحسب ارتفاع این ساختمان‌ها نمایش می‌دهد.

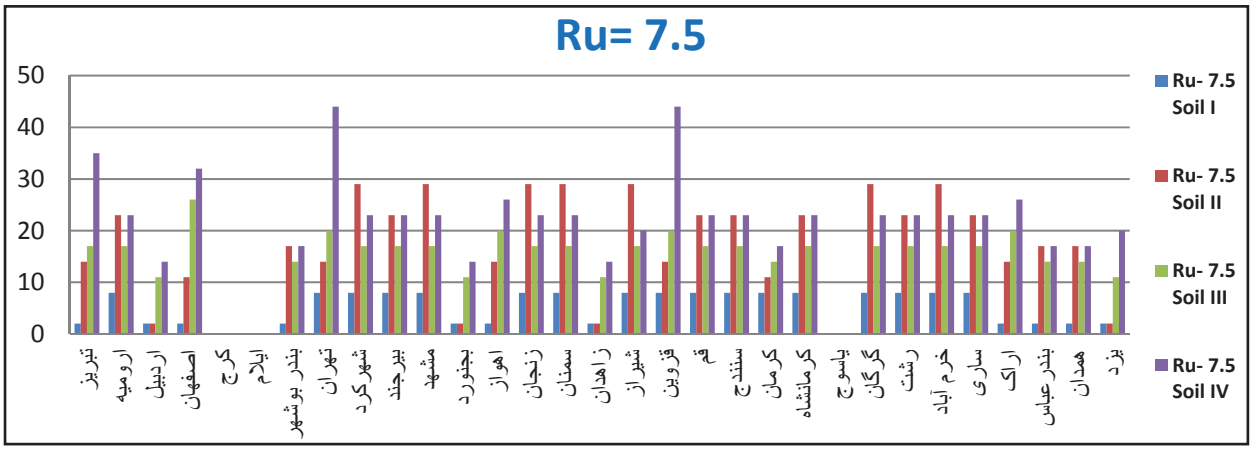
کلیه نمودارهای ارائه شده در این مقاله به عنوان بخشی از نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش، تراز ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله را نمایش می‌دهد. نمودارهای زیر نتایج حاصل همه حالت‌های ممکن را در مرکز استان‌های کشور ارائه می‌نماید. محور قائم در نمودارها بیانگر ارتفاعی است که بار (جانبی) استاتیکی باد بر بار (جانبی) استاتیکی معادل زلزله غالب می‌شود.



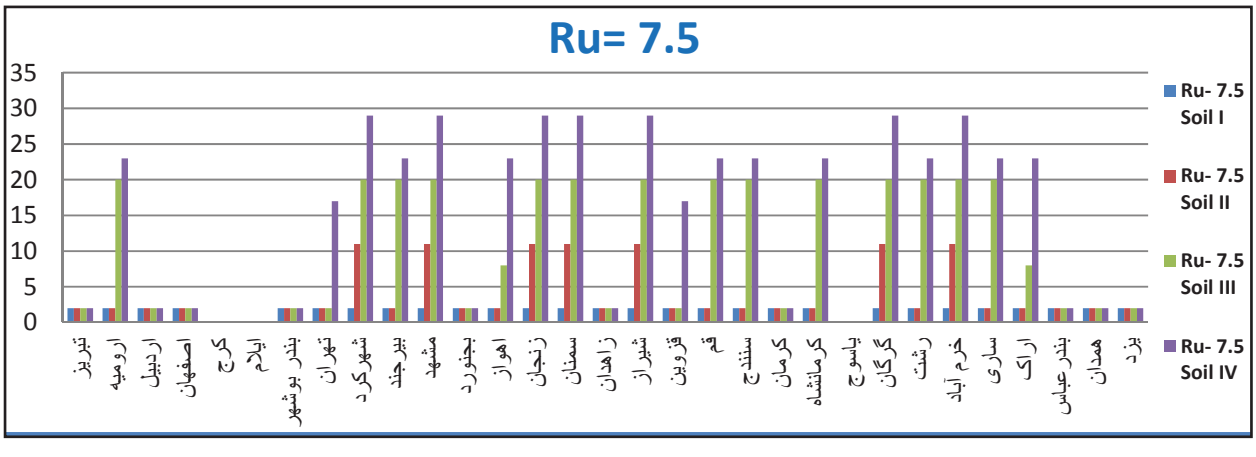
نمودار ۱. ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و ضریب رفتار ۷/۵



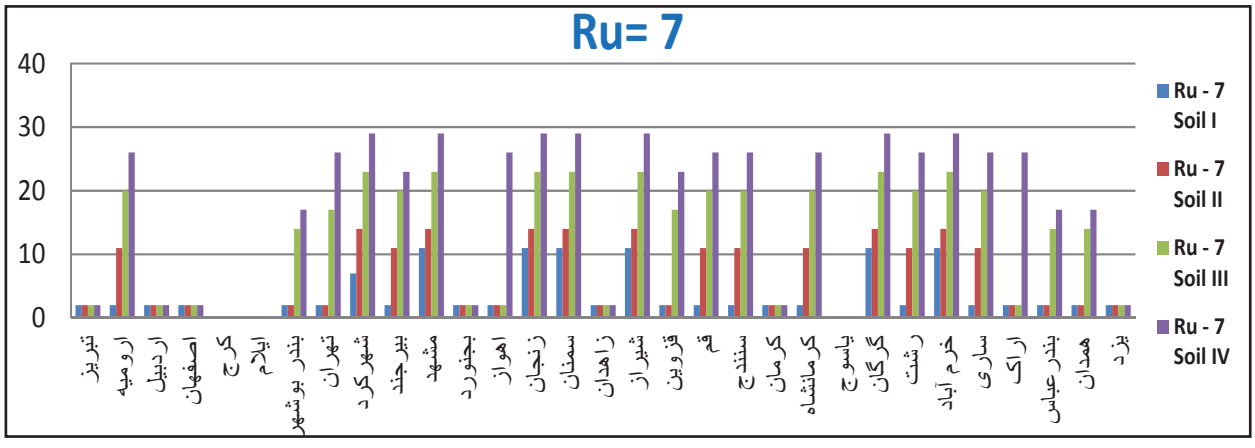
نمودار ۲- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۷/۵



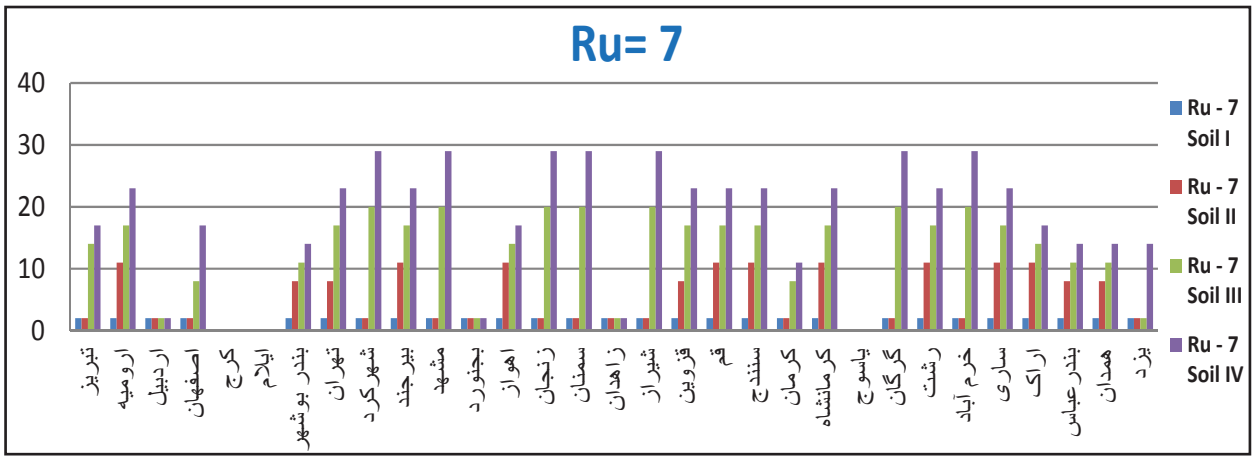
نمودار ۳- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۷/۵



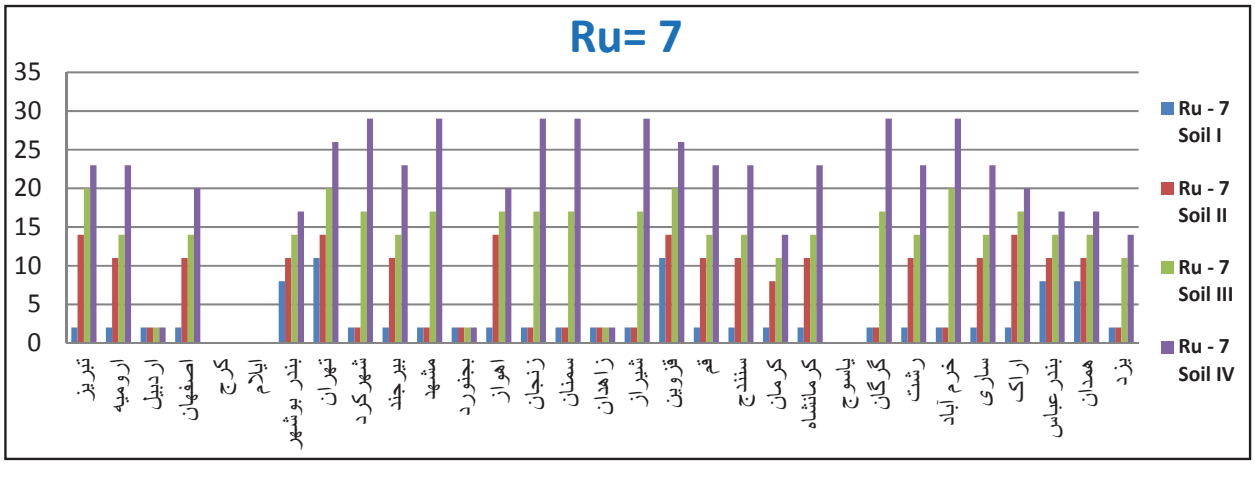
نمودار ۴- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۷/۵



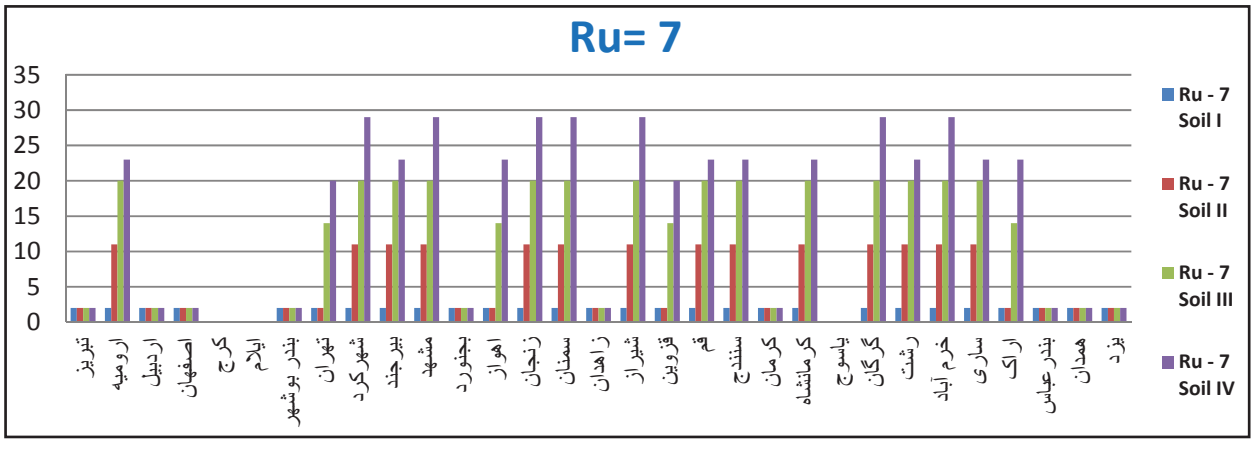
نمودار ۵- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلیزیاد و ضریب رفتار ۷



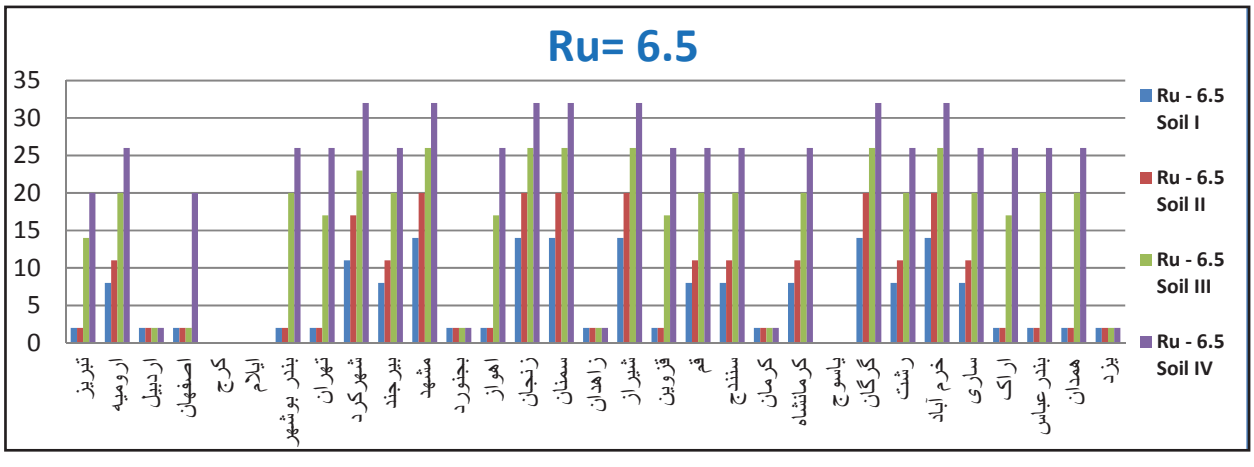
نمودار ۶- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۷



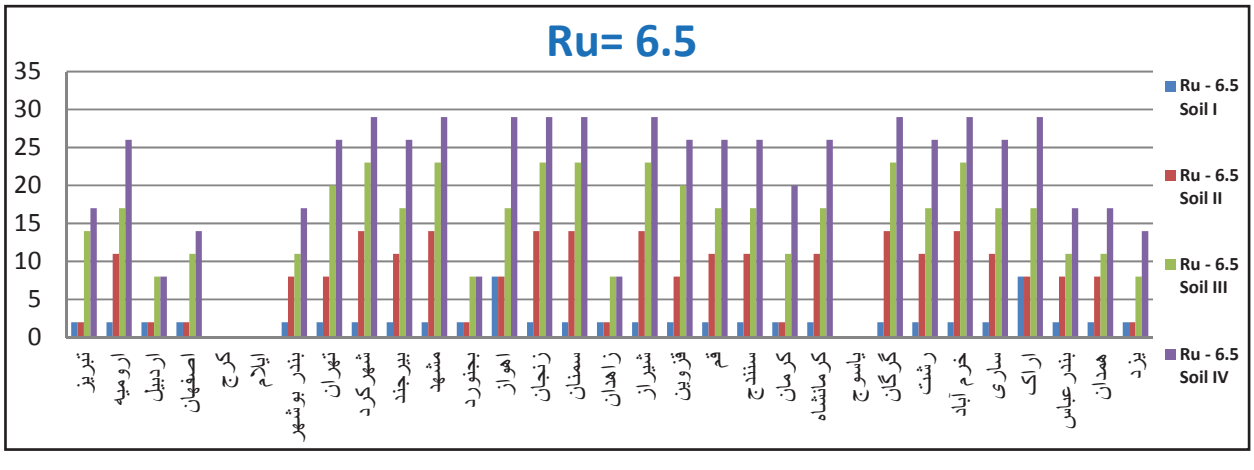
نمودار ۷- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۷



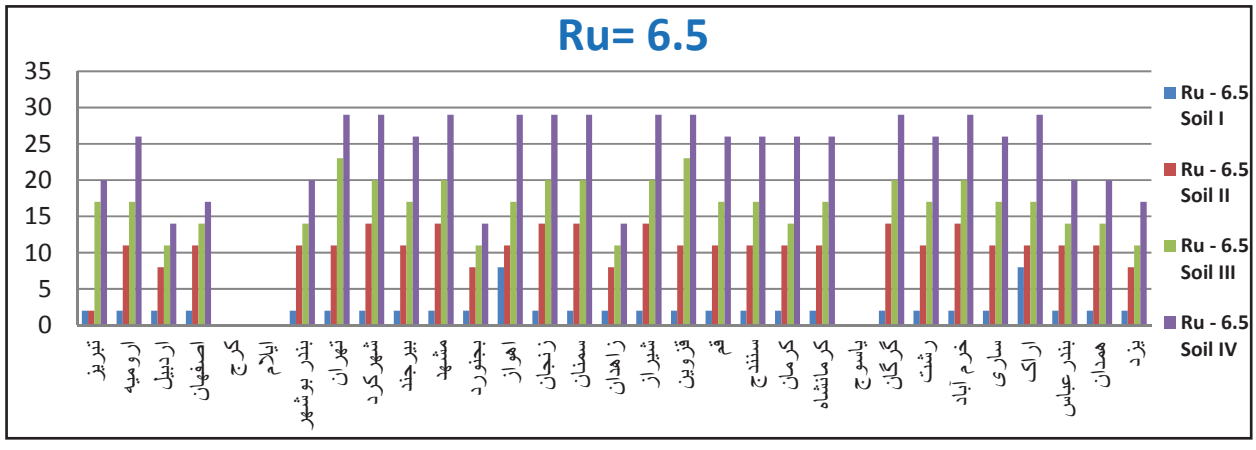
نمودار ۸- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۷



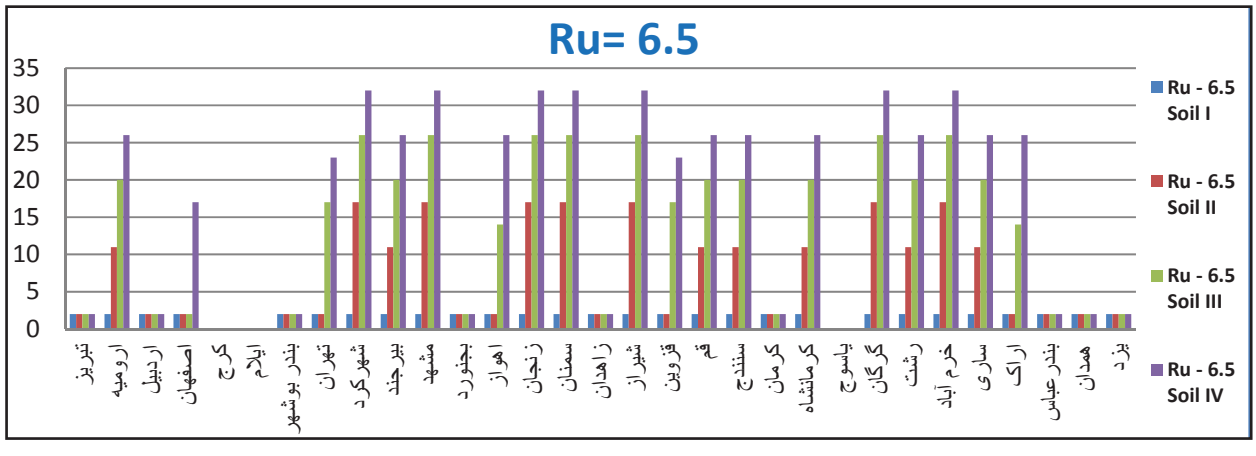
نمودار ۹- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلیزیاد و ضریب رفتار ۶/۵



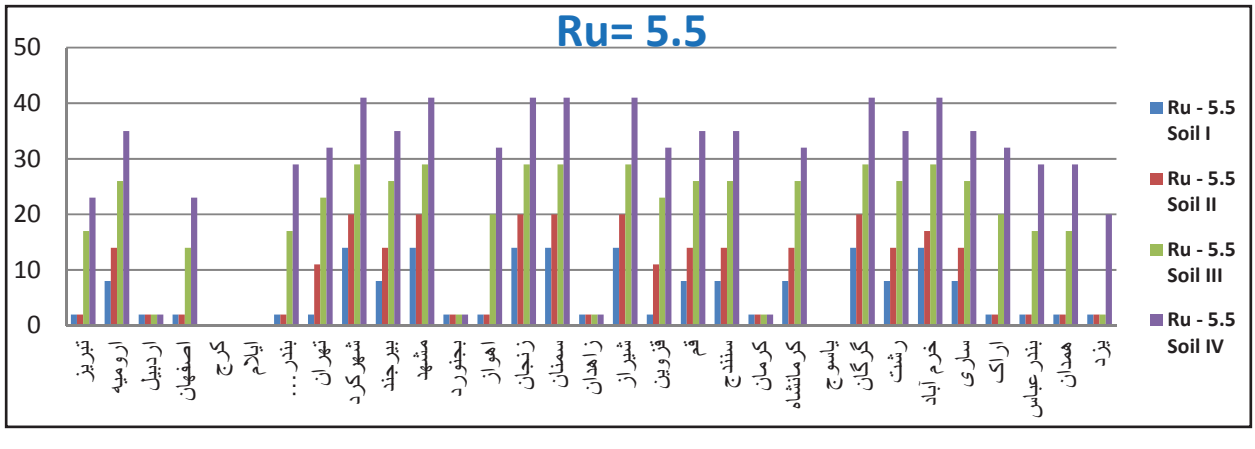
نمودار ۱۰- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۶/۵



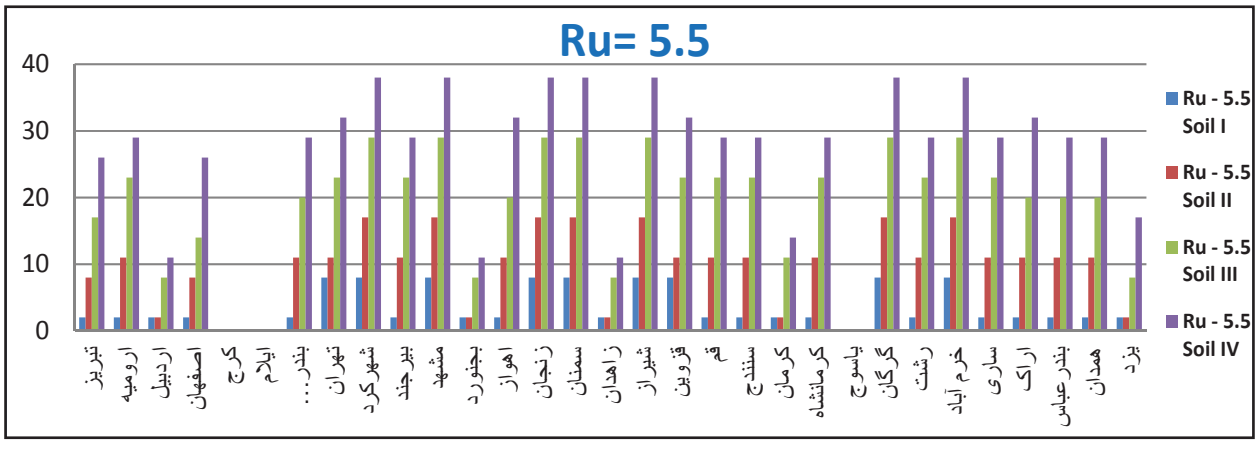
نمودار ۱۱- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۶/۵



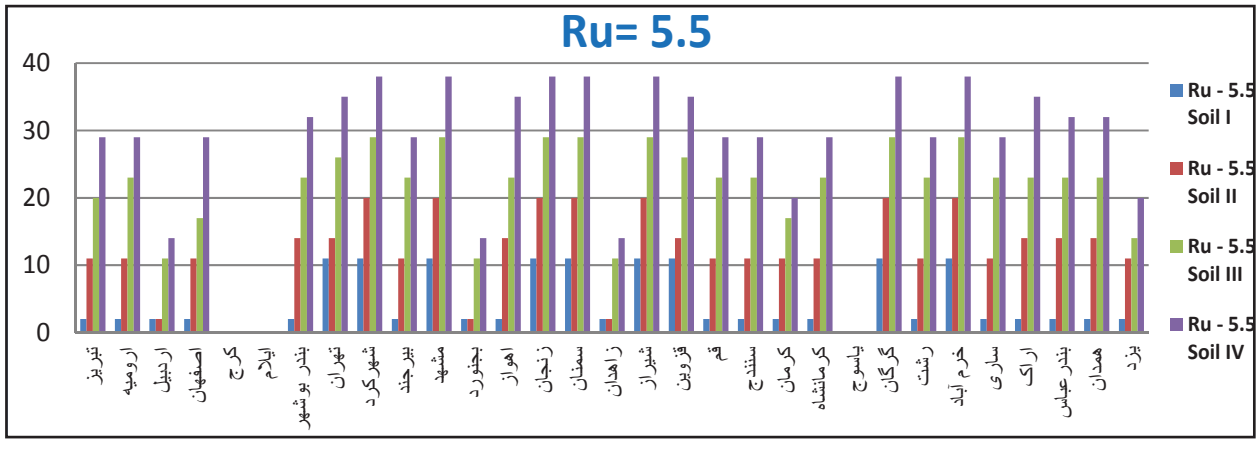
نمودار ۱۲- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۶/۵



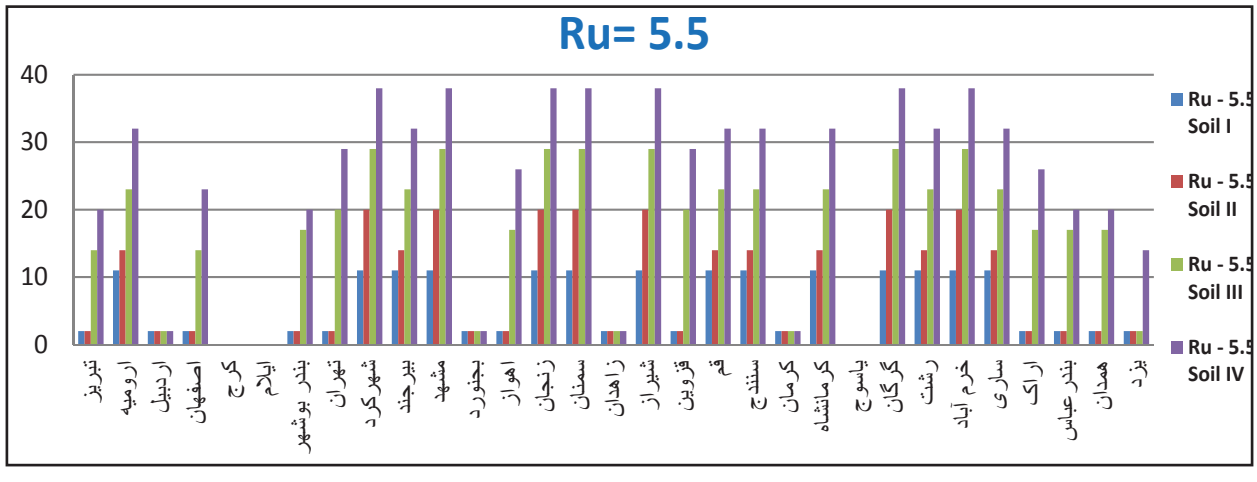
نمودار ۱۳- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلیزیاد و ضریب رفتار ۵/۵



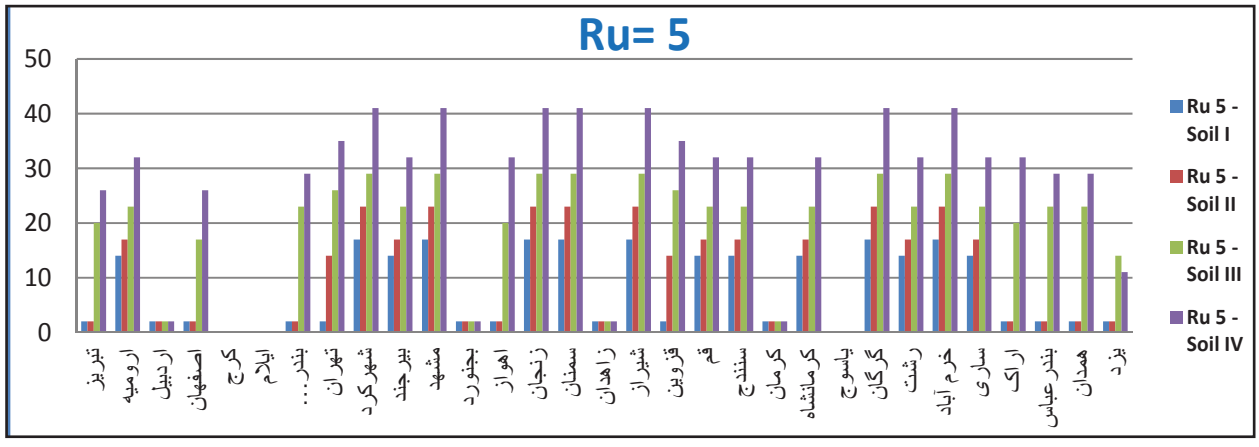
نمودار ۱۴- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۵/۵



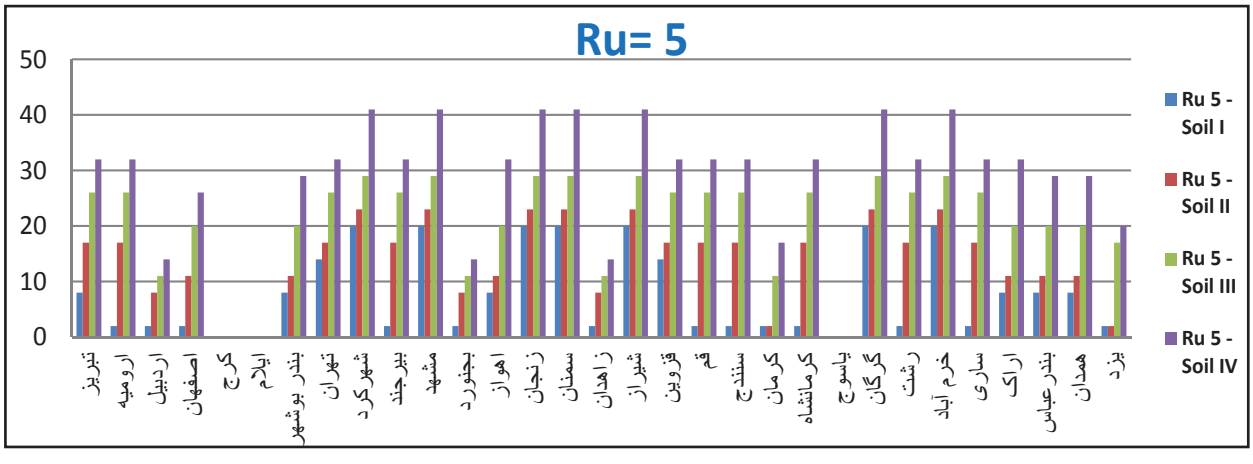
نمودار ۱۵- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۵/۵



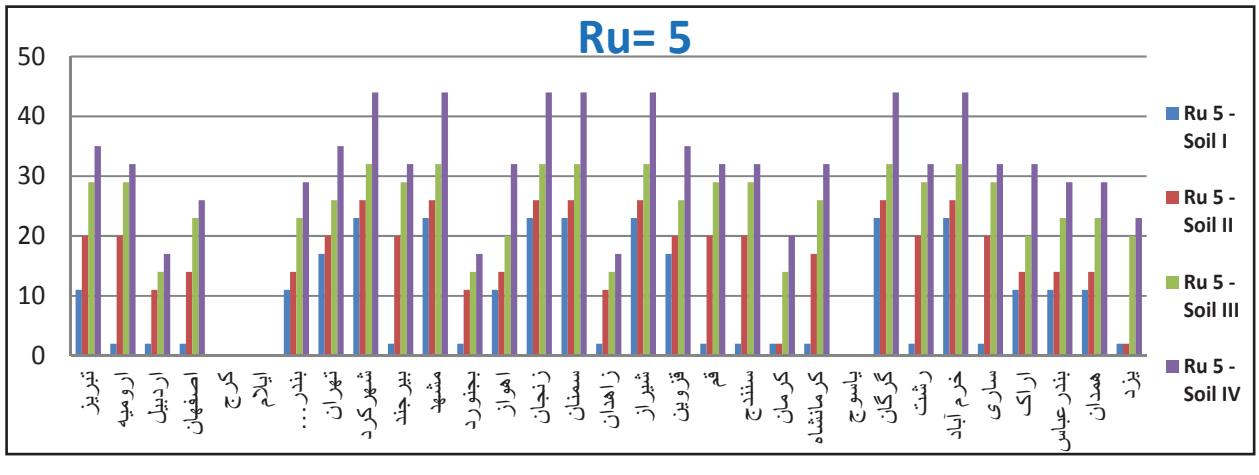
نمودار ۱۶- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۵/۵



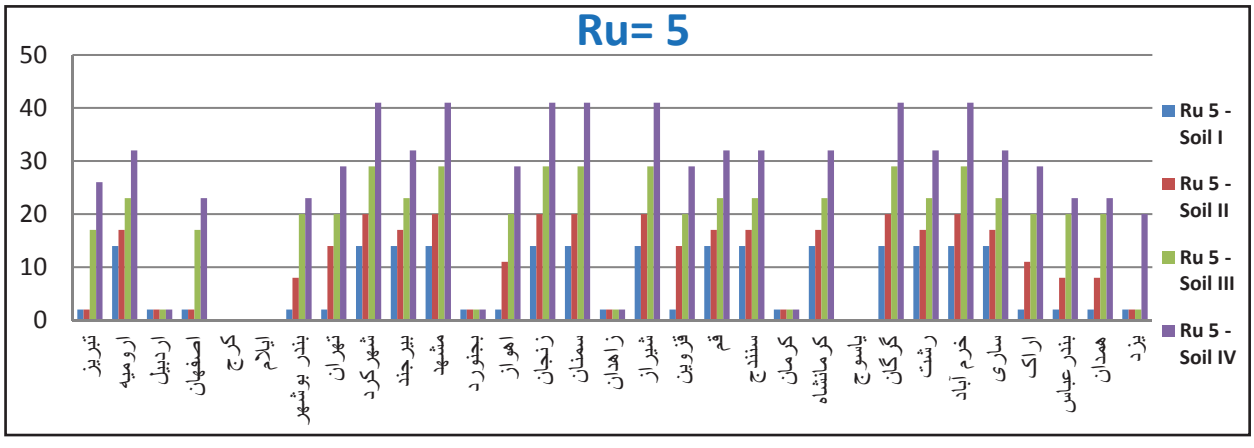
نمودار ۱۷- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلیزیاد و ضریب رفتار ۵



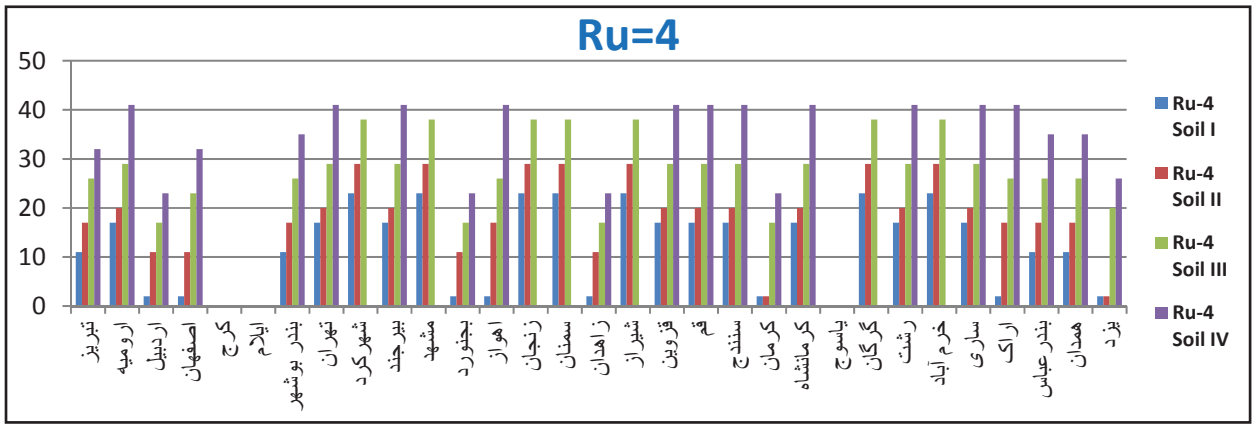
نمودار ۱۸- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۵



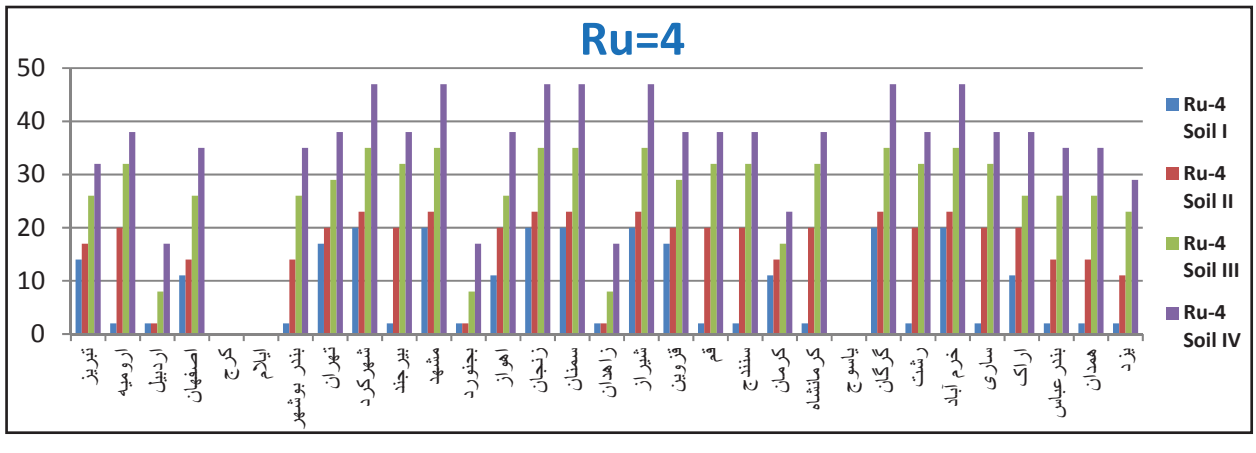
نمودار ۱۹- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۵



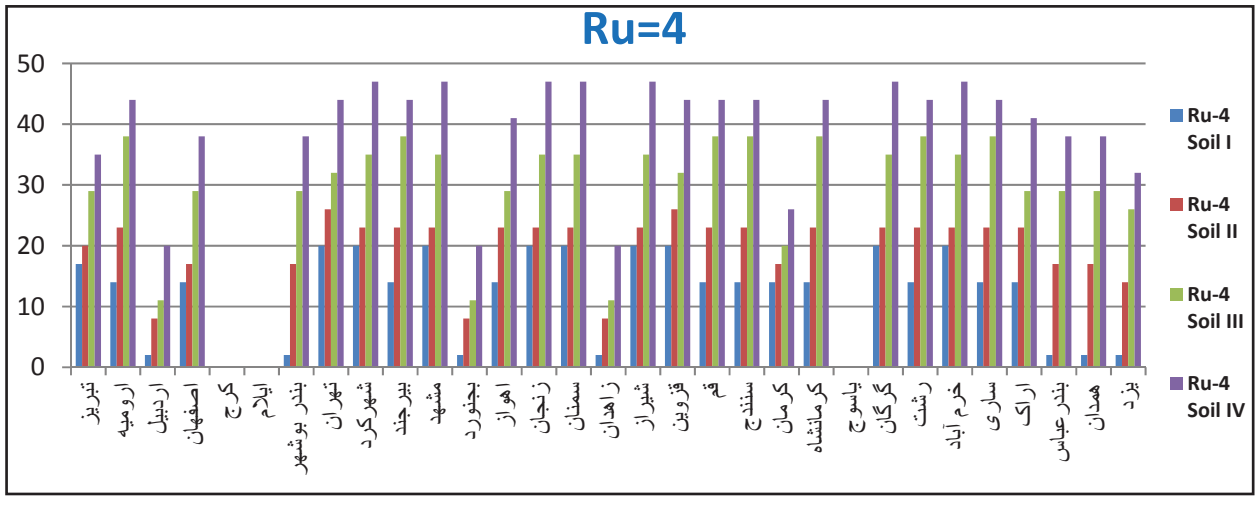
نمودار ۲۰- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۵



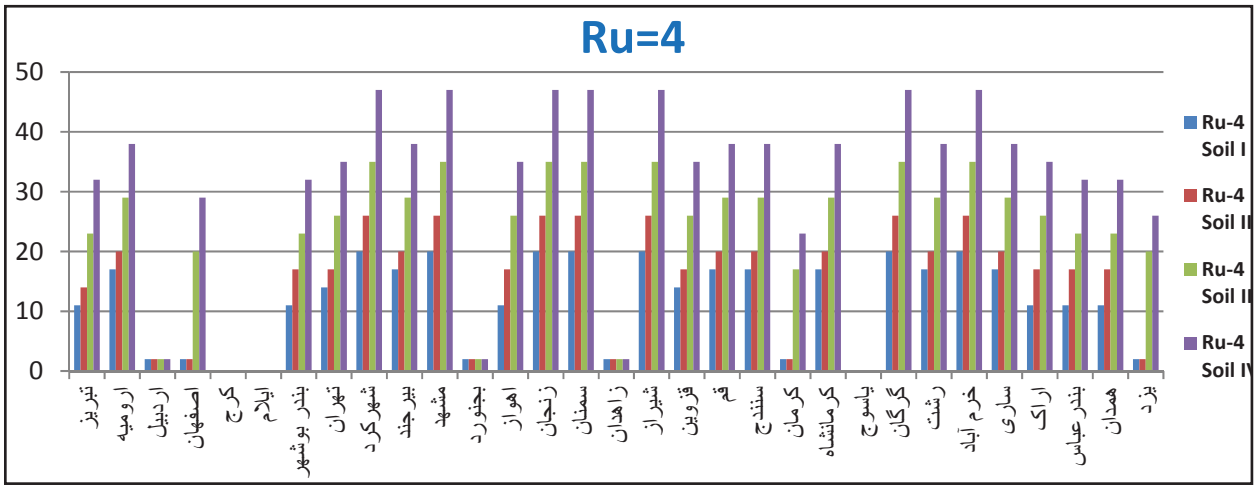
نمودار ۲۱- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت خیلیزیاد و ضریب رفتار ۴



نمودار ۲۲- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و ضریب رفتار ۴



نمودار ۲۳- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط و ضریب رفتار ۴



نمودار ۲۴- ارتفاع ساختمان در حالت غلبه بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله برحسب متر در مراکز استان برای ساختمان‌های با اهمیت کم و ضریب رفتار ۴

نتیجه گیری

نتایج به‌دست آمده از حجم قابل توجهی از تحلیل‌های انجام شده و مقایسه نتایج حاصل در تمام حالات محتمل برای نیروی جانبی زلزله حاصل از روش استاتیکی معادل و نیروی جانبی باد حاصل از روش استاتیکی به ترتیب زیر قابل بیان می‌باشد:

۱- از آنجا که اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی‌گردد و در هر بخش از سازه اثر هر یک که بیشتر باشد، ملاک محاسبات قرار می‌گیرد؛ نمودارهای ارائه شده به عنوان نتایج اصلی این پژوهش با در نظر گرفتن حداکثر ارتفاع مُجاز سازه برای ساختگاه مورد بررسی، تراز ارتفاعی را که در آن تراز ارتفاع ساختمان مورد نظر در حالتی که بارگذاری استاتیکی باد بر بار استاتیکی معادل زلزله غلبه می‌کند را نمایش می‌دهند. برابر ضوابط، از این تراز به بالا بار جانبی باد می‌تواند عامل اصلی محاسبه سازه قرار گیرد که نیاز به توجه بیشتر را می‌طلبد. البته حتی در این حالت نیز، رعایت ضوابط ویژه طراحی برای زلزله برابر نیاز سیستم سازه در کلیه اعضا الزامی می‌باشد. علاوه بر این حتماً لازم است به چهارچوب و محدودیت‌های مطالعه حاضر از جمله محدودیت روش‌های محاسبه استاتیکی باد و استاتیکی معادل زلزله توجه گردد. همچنین به عنوان محدودیت‌های مقاله ارائه شده می‌توان

به تأثیر فرم و شکل بر محاسبه بار باد و قیاس آن در برابر نیروی زلزله، شرایط و ویژگی‌های حوزه نزدیک گسل و مباحث منظمی و نامنظمی سازه‌ها که به دلیل وسعت محاسبات لازم در این پژوهش از آنها صرف نظر گردیده، اشاره نمود.

۲- معمولا در مناطق کویری و ساختگاههایی از کشور با اقلیم گرم و خشک -که دارای پیچیدگی‌های توپوگرافی می‌باشند-، تفاوت‌های گرمایی بین مناطق پَست و مرتفع موجب ایجاد اختلاف فشار و در نهایت رخداد باد و افزایش شدت باد با سرعت های بیش از ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت می‌شود که این موضوع، مستلزم توجه ویژه به بحث بار جانبی باد در این مناطق می‌باشد.

۳- در انواع سیستم‌های سازهای با گروه‌های مختلف اهمیت تعریف شده در استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، در اکثر مراکز استان با خاک نوع I ، بارگذاری استاتیکی باد می‌تواند در ترازهای ابتدایی ارتفاع بر بار استاتیکی معادل زلزله غالب باشد، در نتیجه نیازمند توجه بیشتر مهندسان طراح خواهد بود.

۴- در خاک‌های نوع III و IV، میزان تراز ارتفاع ساختمان در حالتی که بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله غلبه می‌نماید، برای همه سیستم‌های سازهای به حداکثر ارتفاع مجازی که در استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای طراحی سازه‌های ساختمانی تعیین شده اند، نزدیک می‌گردد.

۵- بطور کلی هر چه مقادیر ضرایب رفتار سازه‌های ساختمانی (Ru)، از حداقل به حداکثر (۷/۵) افزایش می‌یابد، تراز ارتفاعی از سازه که در آن بارگذاری استاتیکی باد نسبت به بار استاتیکی معادل زلزله غلبه می‌کند، به سمت ترازهای پایینتر تقلیل می‌یابد، زیرا با افزایش ضریب رفتار ساختمان، بُرش پایه زلزله حاصل از روش استاتیکی معادل کاهش می‌یابد.

۶- به دلیل اینکه استفاده از سیستم‌های سازهای که ضرایب رفتار آنها برابر ۲، ۳ و ۳/۵ می‌باشد، در ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد در تمام مناطق لرزهخیز و حتی با اهمیت متوسط در مناطق با لرزهخیزی ۱ و ۲ مجاز نیست و همچنین به دلیل اینکه حداکثر ارتفاع مجاز این سیستمها ۱۰ متر تا حداکثر ۱۵ متر می‌باشد؛ در همهٔ استانها بررسی بار استاتیکی باد این سازهها دارای حساسیت بالایی نمی‌باشد و مقادیر نیروی جانبی استاتیکی باد نسبت به نیروی جانبی استایکی معادل زلزله در این سطوح ارتفاع نزدیک است.

۷- در ساختگاههایی در پهنه لرزهخیزی "زیاد" -که در نواحی با سرعت‌های باد ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت قرار می‌گیرند-، اغلب در خاک نوع III حتی در تراز ارتفاعی بین ۱۰ الی ۲۰ متر نیاز به توجه ویژه به نیروی جانبی باد در محاسبات طراحی می‌باشد.

۸- در شهرهای اردبیل، زاهدان و کرمان -که از مناطق بحرانی برای نیروی باد محسوب می‌گردند-، به دلیل سرعت باد منطق‌های ۱۳۰ کیلومتر برساعت، لازم است مهندسان، محاسبات و طراحی‌های سازه را در هر حال، حتماً برای بار جانبی باد کنترل نمایند.

۹- در استان‌های شمالی کشور و ساختگاه‌های نزدیک به سواحل دریای مازندران بهویژه در خاک‌های نوع III و IV، نیاز مبرم به کنترل نیروی جانبی باد حتی در ترازهای ارتفاعی حدود ۲۰ متر وجود دارد.

۱۰- مراکز استان‌های البرز، ایلام و کهکیلویه و بویراحمد به دلیل اینکه دارای میانگین سرعت باد کمتر از ۸۰ کیلومتر برساعت در تمام فصول سال می‌باشند، از نظر بار جانبی باد دارای حساسیت کمتری هستند؛ بنابراین از روند مطالعات خارج شدهاند.

منابع

آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم (۱۳۹۳)؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران. بازیابی از:
http://www.nezammohandesi.ir/uploads/2800-v4.pdf

مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان، ویرایش سوم (۱۳۹۲)؛ دفتر مقررات ملی ساختمان، تهران. بازیابی از:
http://inbr.ir/wp-content/uploads/2016/08/mabhas-6.pdf

Alaghmandan, M., & Elnimeiri, M. (2013). Reducing Impact of Wind on Tall Buildings through Design and Aerodynamic Modifications (Architectural and Structural Concepts to Mitigate Wind Effect on Tall Buildings). AEI 2013, 847-856.

ASCE/SEI 7. (2016). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. The Committee on Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures of the Codes and Standards Activities Division of the Structural Engineering Institute of American Society of Civil Engineers. https://doi.org/10.1061/9780784414248.

Cammelli, S., & Stitou, A. (2008). Wind Loading on Tall Buildings. BMT Fluid Mechanics, Dubai Municipality, City Hall.

Fujita, T. T. (1971). Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. Report SMRP No. 91, University of Chicago, Chicago, IL.

Ghosh, S. K. (2000). Seismic and Wind Design of Concrete Buildings. International Building Code, ICC Publications.

Irwin, & Peter, A. (2010). Wind Issues in the Design of Tall Buildings. RWDI Consulting Engineers & Scientists, Tall Building Structural Design Council, Los Angeles.

Jeong, U. Y. (2015). Advances in Tall Building Design under Strong Winds. Structures Congress 2015, 2643-2654.

Pasquill, P. (1972). Aerodynamic Characteristics of Atmospheric Boundary Layers. Journal of Fluid Mechanics, 51, 622–623.

Timothy, A., & Reinhold. (1982). Wind Tunnel Modeling for Civil Engineering Applications Cambridge. Cambridge University Press.

Tschanz, T. (1982). Measurement of Total Dynamic Loads Using Elastic Models with High Natural Frequencies. Cambridge University Press.

Quan, Y., Kuang, J., GU, M., & Wang, S. (2016). Effects of grid curtains on the wind loads of a high-rise building. Struct. Design Tall Spec. Build, 25, 245–262.

Zils, J., & Viise, J. (2003). An Introduction to High-Rise Design Structure Magazine.