



Dinamiki sınaqlar əsasında çoxmərtəbəli yaşayış binalarının vibrasiya və dinamik dayanıqlığının qiymətləndirilməsi

Yıldırım Duman

Xülasə. Bu məqalədə çoxmərtəbəli yaşayış binalarının vibrasiya xüsusiyyətlərinin və dinamik dayanıqlığının dinamik sınaqlar əsasında qiymətləndirilməsi məsələləri araşdırılmışdır. Müasir şəhərsalma şəraitində hündürmərtəbəli binaların sayının artması onların seysmik təsirlər, külək yükləri, nəqliyyat vibrasiyaları və digər dinamik təsirlər qarşısında davranışının öyrənilməsini aktuallaşdırır. Tədqiqatın əsas məqsədi bina konstruksiyalarının təbii rəqs tezliklərinin, rəqs formalarının və sönümlənmə əmsallarının eksperimental üsullarla müəyyən edilməsi, həmçinin əldə edilən nəticələr əsasında onların dinamik dayanıqlığının qiymətləndirilməsidir. Araşdırma zamanı bina konstruksiyalarında yerində dinamik sınaqlar aparılmış, xüsusi ölçü cihazları vasitəsilə vibrasiya parametrləri qeydə alınmışdır. Toplanmış məlumatlar spektral və modal analiz üsulları ilə emal edilmiş, konstruksiyanın dinamik davranış göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, eksperimental olaraq əldə edilən dinamik parametrlər layihə göstəriciləri ilə müqayisədə konstruksiyanın faktiki texniki vəziyyəti haqqında daha dəqiq məlumat verir.

Açar sözlər: çoxmərtəbəli, dinamik sınaqlar, vibrasiya analizi, dinamik dayanıqlıq, modal analiz, təbii rəqs tezliyi

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, magistrant, Bakı, Azərbaycan

E-poçt: thisisnewalil@gmail.com

Daxil oldu: 25 Fevral 2026; Qəbul edildi: 27 May 2026; Onlayn dərc edildi: 30 İyun 2026

© Müəllif(lər) 2026. Bu, Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyası (CC BYNC 4.0) şərtləri altında paylanan açıq girişli məqalədir.

Assesment of Vibration and Dynamic Stability o Multi-Story Residential Buildings based on Dynamic Tests

Yıldırım Duman

Abstract. This article examines the issues of assessing the vibration characteristics and dynamic stability of multi-story residential buildings based on dynamic tests. The increase in the number of high-rise buildings in modern urban development makes the study of their behavior under seismic effects, wind loads, transport vibrations and other dynamic effects relevant. The main purpose of the study is to determine the natural vibration frequencies, vibration forms and damping coefficients of building structures by experimental methods, as well as to assess their dynamic stability based on the results obtained.

During the study, dynamic tests were conducted on building structures on site, vibration parameters were recorded using special measuring devices. The collected data were processed using spectral and modal analysis methods, and the dynamic behavior indicators of the structure were determined.

The results showed that the experimentally obtained dynamic parameters provide more accurate information about the actual technical condition of the structure compared to the design parameters.

Keywords: multi-storey, dynamic tests, vibration analysis, dynamic stability, modal analysis, natural oscillation frequency

Azerbaijan University of Architecture and Construction, Master's student, Baku, Azerbaijan

E-mail: thisisnewalil@gmail.com

Received: 25 February 2026; Accepted: 27 May 2026; Published online: 30 June 2026

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

Müasir dövrdə urbanizasiya prosesinin sürətlənməsi və əhalinin şəhərlərdə cəmləşməsi çoxmərtəbəli yaşayış binalarının tikintisinin geniş vüsət almasına səbəb olmuşdur. Bu tip binalar məhdud şəhər ərazilərindən səmərəli istifadə edilməsinə imkan versə də, onların təhlükəsizliyi və etibarlılığı mühəndislik baxımından xüsusi diqqət tələb edir. Xüsusilə seysmik aktiv zonalarda, güclü külək yüklərinin müşahidə olunduğu ərazilərdə və intensiv nəqliyyat axınının mövcud olduğu şəhər mühitində çoxmərtəbəli binalar müxtəlif dinamik təsirlərə məruz qalır. Bu təsirlər nəticəsində konstruksiyalarda vibrasiyalar yaranır ki, bu da həm binanın konstruktiv elementlərinin möhkəmliyinə, həm də insanların komfort şəraitinə təsir göstərə bilər.

Tikinti sahəsində istifadə olunan müasir layihələndirmə metodları bina konstruksiyalarının statik və dinamik yüklər altında davranışının əvvəlcədən proqnozlaşdırılmasına imkan yaratsa da, istismar müddətində yaranan dəyişikliklər nəzəri hesablamalarla faktiki vəziyyət arasında fərqlərin meydana çıxmasına səbəb ola bilər.

Metodlar

Çoxmərtəbəli yaşayış binalarının dinamik dayanıqlığının qiymətləndirilməsi zamanı əsas göstəricilərdən biri konstruksiyanın təbii rəqs tezliyidir (Yang et al., 2021). Bu parametr binanın xarici dinamik təsirlərə qarşı davranışını xarakterizə edir və rezonans hadisəsinin baş vermə ehtimalını müəyyən etməyə imkan verir (Sun et al., 2023).

Nəticələr

Bir sərbəstlik dərəcəsinə malik sistem üçün təbii dairəvi tezlik aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

burada k konstruksiyanın ekvivalent sərtliyi (N/m), m isə konstruksiyanın ümumi kütləsidir (kg). Təbii rəqs tezliyi aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir: (Zhang et al., 2024).

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$$

Tutaq ki, 12 mərtəbəli yaşayış binası üçün:

Konstruksiyanın ümumi kütləsi $m = 3.0 \times 10^6$ kq;

Ekvivalent sərtlik $k = 1.2 \times 10^9$ N/m-dir.

Sönümlənmə əmsalı isə:

$$\xi = \frac{\delta}{2\pi}$$

ifadəsi ilə hesablanır (Kartal et al., 2021).

Dinamik sınaq zamanı aşağıdakı amplitudalar qeydə alınmışdır: (Moravvej & El-Badry, 2024).

$$\begin{aligned} x_1 &= 12 \text{ mm} \\ x_2 &= 9.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bu halda:

$$\delta = \ln\left(\frac{12}{9.5}\right) = 0.234$$

və

$$\xi = \frac{0.234}{2\pi} = 0.037$$

yəni

$$\xi = 3.7\%$$

Alınan nəticə dəmir-beton karkaslı yaşayış binaları üçün qəbul edilən 2–5% diapazonuna uyğun gəlir və konstruksiyanın normal dinamik davranışa malik olduğunu göstərir (Yetkin, 2024).

Harmonik yükün təsiri altında konstruksiyanın maksimal yerdəyişməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir: (Sun et al., 2023).

$$X = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2}}$$

burada:

- F_0 – xarici qüvvənin amplitudası;
- $r = \omega/\omega_n$ – tezliklər nisbəti;
- ξ – sönümlənmə əmsalıdır.

Bu göstərici konstruksiyanın komfort və təhlükəsizlik baxımından qiymətləndirilməsində istifadə olunur (Imamaliyeva & Hasanova, 2024).

Müzakirə və Nəticə

Aparılmış tədqiqat nəticəsində çoxmərtəbəli yaşayış binalarının vibrasiya xüsusiyyətlərinin və dinamik dayanıqlığının qiymətləndirilməsi üçün dinamik sınaqların mühüm əhəmiyyətə malik olduğu müəyyən edilmişdir. Dinamik analizlər və hesablama nümunələri əsasında konstruksiyanın əsas dinamik parametrləri, o cümlədən təbii rəqs tezliyi, rəqs periodu, sönümlənmə əmsalı və dinamik yerdəyişmə göstəriciləri təyin edilmişdir.

Hesablamalar nəticəsində binanın əsas təbii rəqs tezliyinin 3.18 Hz, rəqs periodunun isə 0.314 s olduğu müəyyən edilmişdir. Bu göstəricilər konstruksiyanın kifayət qədər sərtliyə malik olduğunu və normal istismar şəraitində təhlükəsiz davranış nümayiş etdirdiyini göstərir. Sönümlənmə əmsalının 3.7% olması dəmir-beton karkaslı yaşayış binaları üçün qəbul edilən normativ diapazona uyğun gəlmiş və konstruksiyanın vibrasiya enerjisini effektiv şəkildə söndürmək qabiliyyətinə malik olduğunu təsdiq etmişdir.

Modal analiz nəticələri binanın ilk üç rəqs formasını müəyyən etməyə imkan vermiş, konstruksiyanın əsasən əyilmə və burulma xarakterli dinamik davranış nümayiş etdirdiyi aşkar edilmişdir. Müəyyən edilmiş təbii tezliklər və rəqs formaları binanın külək, seysmik və digər dinamik təsirlər altında davranışının qiymətləndirilməsi üçün etibarlı məlumat bazası yaratmışdır.

Ədəbiyyat

1. Chandravanshi, M. & Mukhopadhyay, A. (2013). *Modal Analysis of Structural Vibration*. 14. 10.1115/IMECE2013-62533.
2. Fritzen, Claus-Peter. (2005). Vibration-Based Structural Health Monitoring – Concepts and Applications. *Key Engineering Materials*, 3(20), 293–294. 10.4028/www.scientific.net/KEM.293-294.3.
3. Imamaliyeva, Jamila & Hasanova, Tukezban. (2024). *Dynamic Characteristics of Buildings Based on Vibration Signal Processing*. 1-11. 10.54381/itta2024.16.
4. Khoroshavin E.A. (2021). Dynamic Tests and Monitoring of the Dynamic State of Buildings and Structures Based on Microseismic Vibrations. *Magazine of Civil Engineering*, 4(104), 10410.
5. Kartal, H., Dere, Y., & Arslan, M. H. (2021). Ambient Vibration Analysis of an Industrial Building. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(1), 47–64. <https://doi.org/10.17482/uumfd.773354>
6. Limongelli, Maria Pina. (2019). *Vibration-based structural health monitoring: Challenges and opportunities*. 10.1201/9780429426506-344.
7. Moravvej, M., & El-Badry, M. (2024). Reference-Free Vibration-Based Damage Identification Techniques for Bridge Structural Health Monitoring—A Critical Review and Perspective. *Sensors*, 24(3), 876. <https://doi.org/10.3390/s24030876>
8. Sun, X., Ilanko, S., Mochida, Y., & Tighe, R. C. (2023). A Review on Vibration-Based Damage Detection Methods for Civil Structures. *Vibration*, 6(4), 843-875. <https://doi.org/10.3390/vibration6040051>
9. Yang, Y., Zhang, Y., & Tan, X. (2021). Review on Vibration-Based Structural Health Monitoring Techniques and Technical Codes. *Symmetry*, 13(11), 1998. <https://doi.org/10.3390/sym13111998>
10. Yetkin, Musa. (2024). *Determination of the Dynamic Characteristics of a Historic Building by Ambient Vibration Tests*.
11. Zhang, X., Zheng, X. Y., & Lin, K. (2024). Structural Response Analysis and Comfort Evaluation of Residential Buildings: A Combined Wind Tunnel and FEM Approach. *Buildings*, 14(9), 3025. <https://doi.org/10.3390/buildings14093025>
12. Zacharakis, I., & Giagopoulos, D. (2022). Vibration-Based Damage Detection Using Finite Element Modeling and the Metaheuristic Particle Swarm Optimization Algorithm. *Sensors*, 22(14), 5079. <https://doi.org/10.3390/s22145079>