

<http://doi.org/10.58225/sw.2023.2-97-102>

HÜNDÜR BİNALARIN ZƏLZƏLƏYƏ DAVAMLILIĞININ TƏMİN OLUNMASINDA AUTRIQGER VƏ KƏMƏR SİSTEMLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN TƏDQIQI

Əliyev Valeh Muradxan oğlu- elmi işçi, Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Azimetİ, valeh-eliyev-1990@mail.ru

Xülasə. Məqalə çoxmərtəbəli hündür binaların zəlzələ və külək (üfüqi) yüklərinə qarşı dayanıqlılığını artıran autriqger (outrigger) və kəmərlərinin növlərinin, tətbiqinin və səmərəliliyinin araşdırılmasına həsr edilir.
Açar sözlər: Çoxmərtəbəli hündür binalar, autriqger (outrigger), kəmərlər, struktur, üfüqi yüklər, sərtlilik, seysmika, əyilmə, müqavimət

STUDY OF EFFECTIVENESS OF OUTRIGGER AND BELT SYSTEMS IN ENSURING EARTHQUAKE RESISTANCE OF HIGH BUILDINGS

Aliyev Valeh Muradxan- researcher, Azerbaijan Scientific Research Institute for Construction and Architecture, valeh-eliyev-1990@mail.ru

Summary. The article is devoted to the study of the types, application and efficiency of outrigger and belt systems that increase the resistance of multi-story buildings against earthquake and wind (horizontal) loads.

Keywords: Multi- storey tall buildings, outrigger, belt, structure, lateral loads, stiffness, seismic, deflection, resistance

Giriş. Çoxmərtəbəli hündür binalar, yaşayış, ofis və əsasən kommersiya fəaliyyəti üçün layihələndirilir. Çoxmərtəbəli hündür binaların tikintisinin vacibliyi ilk növbədə şəhər əhalisinin sürətlə artması, işgüzar fəaliyyətlərin bir-birinə mümkün qədər yaxın olması və yerləşmə sahələrinin məhdud olmasına əsaslanır. Hündür binaların incəliyi və elastikliyi artdıqca binalar külək və zəlzələ nəticəsində yaranan üfüqi yüklərdən ciddi şəkildə təsirlənir. Bununla bağlı olaraq, hündür binalarda üfüqi yüklərə müqavimət göstərmək üçün müvafiq struktur sistemlərini müəyyənləşdirmək hər zaman vacib məsələlərdən biri olmuşdur. Hal hazırda hündür binaların tikintisində üfüqi müqaviməti təmin etmək üçün istifadə edilən bir çox struktur sistemləri mövcuddur. Onların inkişafında amerikalı mühəndis Fəzlur Xanın müstəsna rolu vardır [1]. 1969-cu ildə o, hündürmərtəbəli binaları memarlıq xüsusiyyətlərinə və yük daşıyıcı konstruksiyalar üçün istifadə olunan materialların növlərinə (həm polad, həm də dəmir-beton) görə təsnif etdi. 1973-cü ildə o, hündürmərtəbəli binaların əldə olan strukturlarını təkmilləşdirdi, onun əsərləri Mir M. Əli və Kyonq Sun Mun, V. Şueller və digər tədqiqatçıların bir sıra əsərlərində təqdim olundu. Fəzlur Xanın əsərləri bütün ölkələrdə hündürmərtəbəli tikintilərin inkişafı üçün əsas və hündürüyü 70 mərtəbədən çox olan binalar üçün konstruktiv sistemlərin formalaşmasında yeni eranı qeyd edən başlanğıc nöqtəsi oldu [1]. Dünya miqyasında bir sıra tanınmış binalar, üfüqi yüklərə effektiv bir şəkildə müqavimət göstərməkdə və binaların komfortunu təmin etməkdə effektivliyini sübut etmiş autriqger struktur sistemində sahibdir. Aşağıdakı cədvəldə autriqger struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan birneçəsi cədvəl 1-də verilmişdir [3].

Cədvəl 1. Autriqger struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan [3]

Bina	Şəhər	Hündürlük və mərtəbələrin sayı
Bürç Xəlifə	Dubay	828 (160)
Taybey 101	Taybey	509 (101)
Şanxay Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Şanxay	492 (101)
Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Honkonq	483 (118)
Petronas əkiz qüllələr	Kuala Lumpur	452 (88)
Nangin Qrinqlənnd Maliyyə Mərkəzi	Nangin	450 (89)
Tramp Beynəlxalq Hotel & Tower	Çikaqo	423 (96)
Dubay Qülləsi	Doha	438 (90)

Plaza Rəkyat Ofis binası	Malaziya	382 (79)
Aston Apartmanları yaşayış binası	Sidney	90 (30)

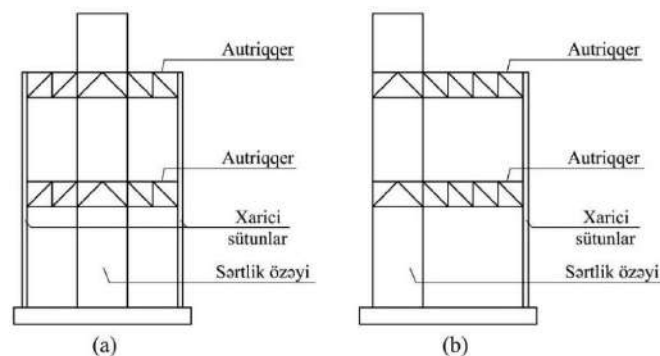
Müasir dövrdə hündür binalar əsasən aşağıdakı struktur sistemlərindən istifadə edilərək layihələndirilir:

Daxili yükdaşıyan sistem: Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın daxilində yerləşdikdə, daxili struktur sistemi kimi tanınır; 1- Sərt çərçivə; 2- Gücləndirilmiş çərçivə; 3- Pərdə divarlar, Oynaqli çərçivə; 4- Pərdə divarlar, Ferma sistemi; 5- Autriqger (Outrigger) sistemi; 6- Autriqger (Outrigger) kəmərlər ferma (belt truss) sistemi: [1].

Xarici yükdaşıyan sistem: Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın perimetri boyu yerləşirsə, xarici struktur sistemi kimi tanınır; 1- Boru çərçivə; 2-Boru içində boru sistemi; 3- Gücləndirilmiş boru sistemi; 4-Birləşdirilmiş boru sistemi; 5-Çarpaz şəbəkəli sistem; 6-Fəza şəbəkə ferması; 7-Super çərçivə; 8-Xarici qoruyuculu sistem: [1].

Ultra hündür (100 və daha çox mərtəbəli) binaların struktur sistemlərinin vacib xüsusiyyətlərindən biri odur ki, struktur sisteminin daxili hissəsi ilə xarici hissəsi birgə fəaliyyət göstərsin. Bu xüsusiyyətə malik struktur sistemlərindən biridə autriqger struktur sistemidir. Hündür binalarda 50 ildən artıqdır ki, autriqger struktur sistemi uğurla istifadə olunur. Autriqgerli binaların ilknümunələri yalnız külək yüklərinin təsirləri üçün istifadə olunan bir sxem idi. Seysmiki qüvvələrə müqavimət göstərmək və əlavə qüvvə paylanmasını təmin etmək üçün autriqgerdən istifadə etmək son bir neçə onillikdə sürətlə inkişaf etmişdir. Autriqger sisteminin ən erkən sənədləşdirilmiş istifadələrindən biri, Kanadanın Montreal şəhərində yerləşən “Tour de la Bourse” binasında olmuşdur. Bu 47 mərtəbəli dəmir-beton bina 1964- ci ildə tikilmişdir.

Hündür mərtəbəli binaların tikintisində autriqger ideyası, üfüqi yüklərə müqavimət göstərməklə binanın ətraf və daxili konstruktiv elementlərinin birgə işini təmin etməkdir. Autriqger və kəmərlərferma struktur sistemi binanın hündürlüyü boyu bir və daha çox səviyyələrdə yerləşdirilə bilər. Autriqger elementləri (üfüqi elementlər) xarici sütunlara sərtlik özəyi arasında əlaqə yaradır, kəmərlərfermaları isə binanın perimetri boyu sütunları biri birinə bağlayır. Autriqgerli sistemlərdə sərtlik özəyi, binanın mərkəzində və ya binanın bir tərəfində yerləşdirilə bilər (şəkl.1) [2].



Şəkil 1. (a) Mərkəzi özəkli autriqger sistemi; (b) Kənar özəkli autriqger sistemi [2]

Autriqger struktur sistemi sərtlik özəyinə bağlanmasına əsasən bir neçə növə ayrılır [2,3,4]. Konvensiyal (ənənəvi) autriqger sistemi:

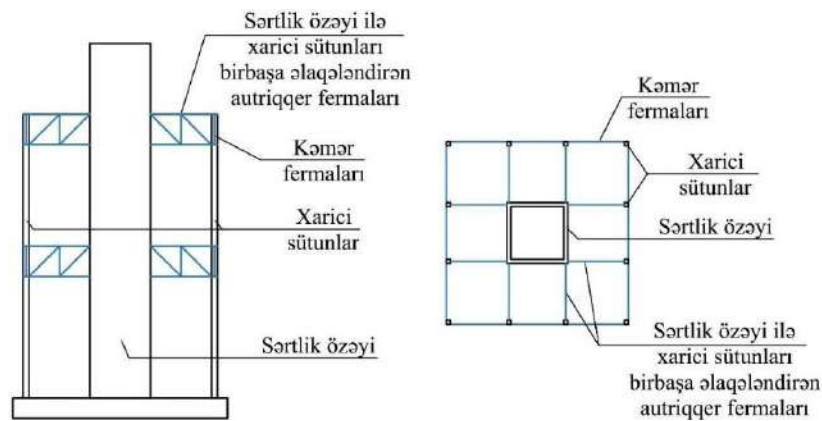
Konvensiyal (ənənəvi) autriqger sistemi və kəmərlərferma sistemi:

Virtual autriqger (kəmərlər) sistemi:

Virtual ofset autriqger (özək divarlarının müstəvisindən kənar yerləşmiş üfüqi autriqger elementləri) sistemi:

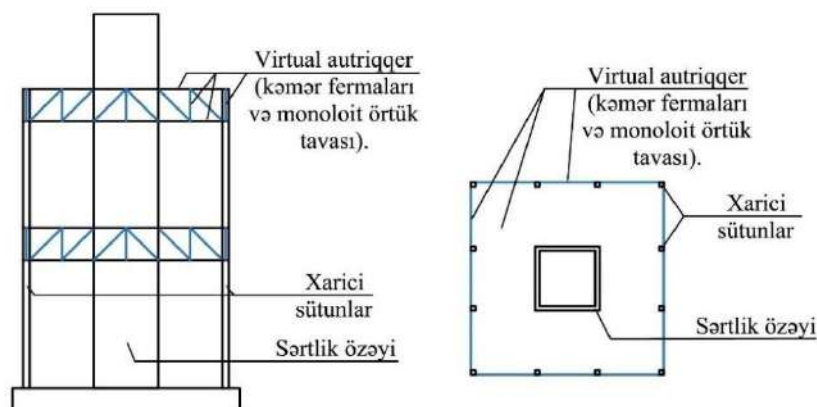
Konvensiyal (ənənəvi) autriqger sistemində autriqger fermaları və ya tirləri öz müstəvilərində yerləşən sərtlik özək divarlarına və özəyin xaricində yerləşən sütunlara birləşir. Sərtlik özək divarı ilə eyni müstəvidə yerləşən xarici sütunları birbaşa əlaqələndirir. Sərtlik özəyinə və özəyin xaricindəki sütunlara birləşdirilmiş autriqger fermaları, sərtlik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkdəki aşma momentinin bir hissəsini xarici sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir.

Konvensiyal (ənənəvi) autriqger sistemi və kəmərlərferma sistemində konvensiyal autriqger elementlərinin quruluşu dəyişməz qalır və əlavə olaraq kəmərlərfermaları verilir. Burada kəmərlərfermaları binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə bağlayır və aralıq sütunları binanın üfüqi yüklərə qarşı müqavimətinin təmin edilməsində fəaliyyətə cəlb edir (şəkl.2).



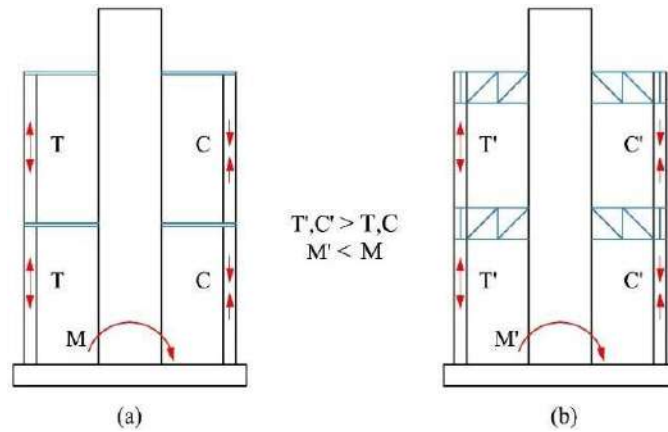
Şəkil 2. Konvensial (ənənəvi) outriqer sistemi [4]

Virtual outriqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momentinin xarici sütunlara ötürülməsi sərtlik özəyi ilə sütunlar arasında birbaşa əlaqə olmadan əldə edilir. Beləki virtual outriqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momenti outriqerin öz səviyyəsində yerləşən, sərtliyi artırılmış aşağı və yuxarı döşəmə tavaqları (üfüqi diafraqmalar) vasitəsilə sərtlik özəyindən xarici sütunlara və kəmərlər fermalarına şaquli qüvvə olaraq ötürülür. Burada kəmərlər fermaları binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə birləşdirir və döşəmə tavaqları vasitəsilə kəmərlər fermalarına ötürülən şaquli qüvvələri birləşdirərək xarici sütunlara paylayır (şəkil 3).



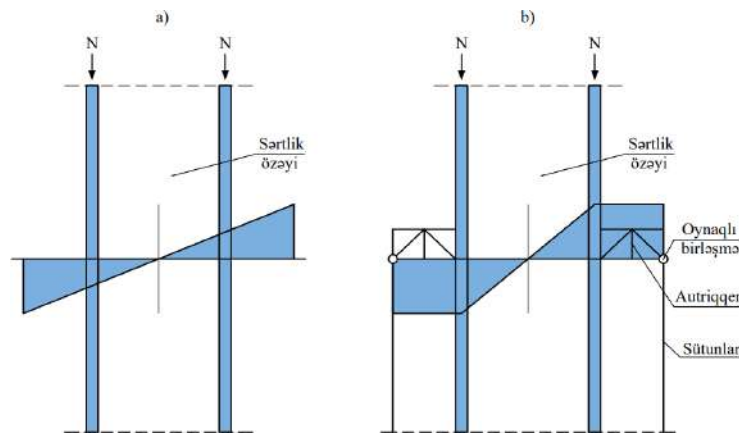
Şəkil 3. Virtual outriqer (kəmərlər) sistemi [4]

Sistemin əsas struktur reaksiyası olduqca sadədir. Outriqer, sərtlik özəyini xarici sütunlara birləşdirən sərt bir qol rolunu oynadığından, sərtlik özəyi outriqer səviyyəsində üfüqi yüklərin təsiri altında yana əyilməyə çalışarkən xarici sütunlarda dartılma, sıxılma, gərginlik yaranır və momentin əksinə hərəkət edir. Outriqer şəbəkəsi sərtlik özəyindəki qüvvələri outriqerin uclarındakı əsas xarici sütunlara ötürür və kəmərlər fermaları vasitəsilə aralıq sütunlarında birləşdirərək strukturun birgə fəaliyyətini təmin edir (şəkil 4) [5].



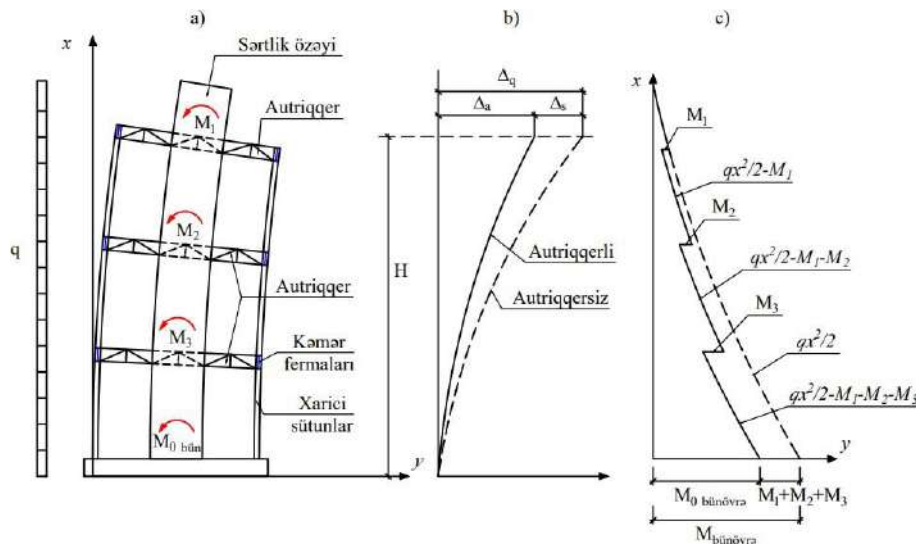
Şəkil 4. Adi sərtlik özəkli çərçivə sistemi (a) ilə autriqerli sərtlik özəkli sistemin (b) müqayisəsi [5]

Burada: T, T, C, C sütunlardakı qüvvələr, M, M isə bünövrə momentləridir. Autriqer elementləri hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin özəkətrafı konstruksiyalara paylanmasını təmin edir (şək.5).



Şəkil 5. a– Autriqer sistemi olmayan hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı; b – Autriqer sistemli hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı [5]

Sərtlik özəyi şaquli bir konsol kimi əyildikdə autriqer şəbəkəsi vasitəsilə üfüqi yüklərin təsir etdiyi səthdə yerləşən sütunlarda dartılma gərginliyinin artması və üfüqi yüklərin təsir etmədiyi səthdə yerləşən sütunlarda sıxılma gərginliyinin yaranması ilə dayanıqlılığın təmin edilməsində strukturun bütün üzvləri iştirak edir. Autriqer struktur sistemi birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir (şək.6).



Şəkil 6. a– autriqker sistemli binanın ümumi sxemi; b– autriqker sistemli və autriqker sistemli binanın hərəkət diaqramı; c– autriqker sistemli və autriqker sistemli binanın hündürlüyü boyu moment diaqramı [5]

Autriqkerlərin M_1 , M_2 və M_3 məhdudlaşdırıcı momentlərini yaratmaq üçün kifayət qədər sərt olduğunu qəbul etsək, bünövrədəki $M_{bünövrə}$ momenti azalacaq.

$$M_{bünövrə} = M_0 \text{ bünövrə} + M_1 + M_2 + M_3 \quad (1)$$

Düstur (1) aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$M_0 \text{ bünövrə} = M_{bünövrə} - \sum M_i \quad (2)$$

Burada: M_i autriqkerlərin i sayda məhdudlaşdırıcı momentləridir: [1,4,5].

Autriqker sisteminin tətbiqi onların aşağıdakı üstünlüklərə malik olduğunu göstərmişdir: Araşdırmalar göstərir ki autriqker sistemləri gücləndirilmiş polad çərçivəli sərtlilik özəyi olan binalarda quraşdırma işləri daha asan başa gəlir. Buna baxmayaraq beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində də yaradıla bilər.

Sərtlilik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkdəki aşma momentinin bir hissəsini sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir. Autriqker və kəmərlər sistemlərinin birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlilik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir, sütun və bünövrə boyunca qaldırma qüvvələrinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına nail olunur.

Binalar, autriqker və kəmərlər sistemləri vasitəsilə sərtlilik özəyi ətrafında xarici çərçivə, sərt çərçivəli əlaqələrə ehtiyac olmadan "sadə" tir və sütun çərçivəsindən ibarət ola bilər və nəticədə qənaət yaranır. Binalarda autriqker və kəmərlər sistemləri özək və boru sistemlərində əhəmiyyətli dərəcədə ağırlıq yükü daşıyan sütunları üfüqi yükə dayanıqlı sistemə səmərəli bir şəkildə daxil edərək əhəmiyyətli dərəcədə qənaətə gətirib çıxara bilər [5].

Autriqker sisteminin tikinti praktikasında tətbiqinin aşağıdakı çatışmazlıqları vardır: Autriqker sistemlərinin istifadəsindəki ən əhəmiyyətli çatışmazlıq, onların yerləşdiyi mərtəbələrdə istismar sahələrini məhdudlaşdırması və montaj prosesində ciddi əmək sərf olunmasıdır. Bu çatışmazlıqlar bəzi yanaşmalarla minimuma endirilə bilər. Sistemin texniki mərtəbələrlə eyni səviyyələrə uyğunlaşdıraraq verilməsilə. Təkrarlanan tikinti prosesi və konstruksiyaların ölçülərinin azalması nəticəsində tikinti prosesinin sürətlənməsilə.

Konvensional (ənənəvi) outriqker sistemi istismar sahələrini məhdudlaşdırmasına və quraşdırılma prosesində ciddi əmək sərf olunmasına baxmayaraq çoxmərtəbəli hündür binaların sərtliyinin artırılmasında qarantili olduğu üçün öz mövqeyini qoruyub saxlamaqdadır [5].

Nəticə.

1. Autriqker və kəmərlər sistemləri polad, beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində yaradıla bilər.
2. Autriqker və kəmərlər sistemlərinin mərtəbələrinin sayı 40 mərtəbədən çox olan binalarda üfüqi yüklərə qarşı dayanıqlığın artırılmasında istifadə edilməsi məqsədə uyğundur.
4. Binaların yuxarı və orta sahəsində autriqker və kəmərlər sisteminin yerləşdirilməsi 60 mərtəbəyə qədər olan

binalar üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunur. Material sərfi və binanın üfüqi sərtliyinin artırılması baxımından sistemin səmərəliliyi 30% qiymətləndirilir.

5. Autriqker sistemini binanın hündürlüyü boyu texniki mərtəbələrdə yerləşdirmək məqsədəuyğun hesab olunur bu halda binanın funksional təyinatı pozulmur.

6. Araşdırmalar göstərir ki, autriqker və kəmərlər sistemi tətbiq edilmiş bina modellərində rəqs müddəti autriqker və kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərinə nəzərən daha kiçik olur. Beləki, autriqkervə kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərində rəqs müddətini azaltmaq üçün struktur elementlərinin en kəsiklərinin artırılması tələb olunur.

7. Autriqker və kəmərlər sistemi hündür binaların tikintisində ən çox inkişaf edən, aktiv və iqtisadi cəhətdən sərfəli sistemlərdən biridir.

Ədəbiyyat

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость высотных зданий и сооружений. 175-182с. 2015
2. Ajinkya Prashant Gadkari, 2N. G. Gore. Review on Behaviour of Outrigger Structural System in High-Rise Building. IJEDR. Vol.4, Issue 2. ISSN: 2321-9939. 2016
3. N. G. Gore, Miss Purva Mhatre. Outrigger Structural System – A Review and Comparison of the Structural System. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). vol. 64 N1. October 2018
4. R. Shankar Nair, Belt Trusses and Basements as “Virtual” Outriggers for Tall Buildings. Engineering Journal. Fourth Quarter. 1998
5. Goman W.M. Ho. The evolution of outriggers system in tall
6. Buildings. Article in International Journal of High-Rise Building March. 2016

Məqaləyə istinad: Əliyev V.M. Hündür binaların zəlzələyə davamlılığının təmin olunmasında autriqkervə kəmərlər sistemlərinin səmərəliliyinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 97-102, N2, 2023

For citation: Aliyev V.M. Study of effectiveness of outrigger and belt systems in ensuring earthquake resistance of high buildings. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 97-102, N2, 2023

Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.