

UOT 666.973.6

ƏKBƏROVA S.M., SADIQLI A.A.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
sevinjakbarova16@gmail.com, aisha.khalilzade@mail.ru

YERLİ XAMMALLAR ƏSASINDA YÜNGÜL BETON TƏRKİBİNİN İŞLƏNMƏSİ VƏ XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Giriş. Kapital tikintidə elmi və texnoloji tərəqqinin sürətləndirilməsinin əsas məqsədi yüksək möhkəm və uzunömürlülüğü saxlamaqla bina və qurğuların material tutumunu, maya dəyərini və əmək tutumunu azaltmaq, eləcə də tikinti təcrübəsində effektiv dəmir-beton konstruksiyaların növlərini istifadə etməkdir.

Məsaməli doldurucular əsasında yüngül betonların istifadəsi ilə belə konstruksiyaların yaradılması üçün geniş imkanlar açılır. Bu, ilk növbədə, bütün yüngül betonların böyük əksəriyyətini təşkil edən keramzitbeton və keramzit texnologiyası ilə istehsal olunan betonlara aiddir.

Tikinti təcrübəsində yüngül betonun təzyiq altında xüsusiyyətləri həm nəzəri, həm də eksperimental olaraq kifayət qədər öyrənilməmişdir. Bu, mövcud qaydalarla tənzimlənmə və yüngül beton əsasında dəmir-beton konstruksiyaların geniş və hərtərəfli istifadəsinə mane olan bir sıra məhdudiyyətlərə səbəb olmuşdur.

Betonun, xüsusən də məsaməli doldurucular əsasında yüngül betonların yüksək fiziki qeyri-bircinsliliyi və "tərkib-struktur-xüsusiyyət" sistemində mürəkkəb səbəb-nəticə əlaqələrinin olması tədqiqatlarda ehtimalstatistik metodların və eksperimental dizaynının istifadəsini zəruri edir.

Xarici ölkələrdə müasir tikintinin inkişaf tendensiyyalarını təhlil edərkən, onların getdikcə yeni texnologiyalara (qeyri-ənənəvi beton) əsaslanan betonun inkişafı ilə əlaqəli olduğunu görmək mümkündür. Tədqiqatçılar konstruksiyalarda qeyri-ənənəvi betonun istifadəsinin uzunmüddətli iqtisadi effektini müəyyən etmişlər. Bu da ancaq onların artan möhkəmliyi ilə deyil, həm də yüksək istismar xüsusiyyətləri (şaxtayadavamlılıq, kor-

oziyadavamlılıq, yüksək suyadayanıqlıq dərəcəsi və s.) ilə əlaqədardır. Bundan əlavə, belə beton beton qarışığının rahatyerləşmə qabiliyyətini artırmışdır.

Yüngül betonun istifadəsi əhəmiyyətli dərəcədə genişlənir, çünki onun istifadəsi yalnız qızdırılan binaların xarici örtükləri üçün deyil, həm də konstruksiyanın kütləsinin azaldılmasının zəruri olduğu bütün hallarda effektivdir [1]. Yüngül beton, böyük bloklardan olan binaların tikintisi üçün xüsusilə vacibdir, çünki onun istifadəsi əmək tutumunu, kütləni və maya dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Yüngül betonun kompleks istifadəsi binaların və mühəndis konstruksiyalarının tikintisində enerjiyə qənaət məsələlərinin həllinə kömək edir, onların etibarlılığını, uzunömürlülüynü və istismar təhlükəsizliyini artırır. Bununla belə, Belarus qaydalarını Avrokodla uyğunlaşdırmaq üçün Belarus Respublikası üçün aktual olan yüngül betonun müəyyən möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətlərini aydınlaşdırmaq lazımdır. Bu məqsədlə, ГОСТ 24452 [2,3] standartına uyğun olaraq qısamüddətli mərkəzi sıxılmada kublar, prizmalar və silindrlər şəklində Belarus zavodlarından keramzit əsasında hazırlanmış yüngül beton nümunələrinin möhkəmliyi və deformasiya xassələri üzrə eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır.

Yüngül betonun möhkəmliyi əsasən yüngül doldurucuların möhkəmliyindən asılıdır. Müxtəlif alimlər süni məsaməli doldurucuların, xüsusən də sənaye və texnogen tullantıların tərkibini və istehsal texnologiyalarını təqdim etmişlər [4].

Yüngül doldurucuların möhkəmliyi standart silindrdə sınaqdan keçirildikdə 0,49-dan 9,8 MPa-ya qədər geniş şəkildə dəyişir. Lakin betonda istifadə edildikdə, bu fərq xeyli azalır

və yüngül betona xas olan ümumi nümunələri ortaya qoyur. Bu halda, yüngül betonun dağılması ağır betonun dağılmasından fərqli olaraq, əsasən doldurucu vasitəsilə baş verir. Ağır betonlarda dağılma adətən doldurucunun məhlulla təması nəticəsində baş verir. Məsəməli doldurucular aşağı orta sıxlığa, sıx dolduruculardan daha aşağı möhkəmliyə və kələ-kötür səthə malikdir. Bu xüsusiyyətlər beton qarışığının suya tələbatını və suyun miqdarını kəskin şəkildə dəyişdirir və bununla da beton qarışığının və betonun əsas xüsusiyyətləri dəyişir. Məsəməli doldurucular əsasən hazırlanmış yüngül betonların məsəməliliyi 40%-ə qədər, sıxlığı isə 2200 kq/m^3 -ə qədərdir. Yüngül betonun möhkəmliyi sement aktivliyindən, su-sement nisbətindən, bərkimə şəraitindən və müddətindən, doldurucuların möhkəmliyindən və betondakı məhlul və doldurucuların həcmələri və s. digər amillərdən asılıdır. Yüngül betonun möhkəmliyi və orta sıxlığı yapışdırıcı sərfi ilə artır. Bu da daha möhkəm, eyni zamanda daha ağır komponent olan sement daşının miqdarının artması ilə izah olunur. Dənəciklərin ölçüsünün paylanması və doldurucuların keyfiyyəti, eləcə də dənəciklərin forması və səthi yüngül betonun orta sıxlığına və möhkəmliyinə çox böyük təsir göstərir. Məsəməli quruluşuna görə iri doldurucu dənəcikləri qranit dənəciklərindən daha aşağı orta sıxlığına və möhkəmliyinə malik olduğundan, qarışıqda iri doldurucu tərkibinin artması betonun orta sıxlığını və möhkəmliyini azaldır [5, 6].

Üzvi-mineral modifikatorlardan istifadə etməklə hazırlanan yüksək möhkəm yüngül betonların əsas fiziki, mexaniki və reoloji xassələri tədqiq edilmiş, onların deformasiya xüsusiyyətləri və möhkəmliyi müəyyən edilmişdir. Alınmış təcrübi məlumatlar nəzərə alınmaqla sürüngenliyi və yığışma deformasiyalarının təsviri üçün nəzəri əlaqələrin inkişafı və dəqiqləşdirilməsi aparılmışdır. Uzunmüddətli yüklər altında olanlar da daxil olmaqla, hesablanmış möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətlərinə dair təkliflər də hazırlanmışdır.

Modifikasiya olunmuş yüksək möhkəm yüngül betonun əsas fiziki, mexaniki və reoloji xassələri haqqında yeni təcrübi məlum-

atlar əldə edilmişdir. Modifikasiya olunmuş yüksək möhkəm yüngül betonun uzunmüddətli deformasiyalarının tədqiqi müasir sürüngenlik nəzəriyyəsinin nəzərdən keçirilən kompozisiyalar üçün uyğunlaşdırmağa və ölçüləri praktiki hesablamalar üçün uyğun formaya gətirməyə imkan vermişdir. Yüksək möhkəm yüngül betonların, o cümlədən uzunmüddətli yük altında olanların əsas möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətlərinin standartlaşdırılması üçün təkliflər işlənilib hazırlanmışdır [7-9].

Məqalədə yüngül betonun əsas xüsusiyyətlərinin təhlili təqdim olunmuşdur. Qeyd olunan tədqiqatların və problemin həllinə dair müxtəlif yanaşmaların qısa icmal göstərir ki, yüngül betonun fiziki, mexaniki və deformasiya xüsusiyyətlərinə məsəməli doldurucuların bir sıra spesifik xüsusiyyətləri: möhkəmlik, məsəməli quruluşu, səthinin xarakteri, dənəvər tərkibi və digər xassələri əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Betonun əsas xüsusiyyətləri (orta sıxlıq, möhkəmlik, davamlılıq, istilikkeçiriciliyi və s.) bir çox amillərdən asılıdır. Bu amillər əsasən yapışdırıcının keyfiyyəti və miqdarı, doldurucuların dənəvər tərkibi və keyfiyyəti, sıxlaşma dərəcəsi və beton qarışığının bərkimə şətidir.

Kimyəvi və mineraloji qeyri-bircinsliliyi, keramzit doldurucusu əsasında yüngül betonların istehsalı üçün yararlılığını qiymətləndirmək üçün tərkibinin və xüsusiyyətlərinin ətraflı qiymətləndirilməsini tələb edir.

Yüngül doldurucu kimi "Azerit" tikinti materialları zavodunun keramzit çinqilindən və dəniz qumundan istifadə olunmuşdur. Keramzitin digər məsəməli doldurucularla müqayisədə fərqli xüsusiyyəti, aşağı orta sıxlığı ilə nisbətən yüksək möhkəmliyidir.

Keramzit doldurucusu dörd fraksiyada götürülmüşdür: 0-1.2; 1.2-5; 5-10; və 10-20 mm. Keramzitin yüngül beton üçün məsəməli doldurucular üçün Tikinti Normaları və Qaydalarına uyğunluq baxımından sınaqdan keçirilmişdir. Keramzit qumu və çinqilinin fiziki və mexaniki xassələri ГОСТ 9758 "Yüngül betonlar üçün məsəməli qeyri-üzvi doldurucular. Sınaq üsulları" na uyğun olaraq müəyyən edilmişdir.

Keramzitbetonun tökülmüş halda orta sıxlığı üçün müqayisə edilə bilən nəticələr əldə etmək üçün ayrı-ayrı fraksiyaların orta

sıxlığını təyin etməklə yanaşı, qarışığın standart orta sıxlığı aşağıdakı dənəvər tərkibi ilə təyin olunmuşdur (Cədvəl 1).

Cədvəl 1

Keramzit partiyası	Fraksiyaları mm	Tökülmüş halda orta sıxlığı kq/m ³	Standart orta sıxlığı kq/m ³	Bir parçada orta sıxlığı kq/m ³	Məsaməlilik, %	Suudma (%)		Möhkəmlik kq/sm ²
						kütlə	həcmi	
I	0-1,2	860	830	-	-	-	-	-
	1,2-5	750		-	-	-	-	-
	5-10	730		1130	55,1	17,7	19,8	62,8
	10-20	550		965	65,2	15,4	13,3	39,2
II	0-1,2	950	800	-	-	-	-	-
	1,2-5	870		-	-	-	-	-
	5-10	610		865	59,3	18,5	17,6	40,7
	10-20	470		740	68,9	17,1	12,6	29,4

Keramzitbetonun sıxılmada möhkəmliyinə həm ilkin materialların xassələri, həm də təzə yerləşdirilmiş betonun vahid həcmində düşən sərfi təsir göstərir. Bundan başqa, keramzitbeton qarışığının hazırlanması və yerləşdirilməsi üsulları, sıxlaşdırma şəraiti, istilik emalı üsulları və s. kimi texnoloji amillər keramzitbetonun möhkəmliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Keramzitbetonun optimal tərkibini müəyyən etmək üçün betonun tərkibini seçmək üçün xüsusi təcrübələr aparılmışdır. ГОСТ 25820–2021-ə əsasən, yüngül betonun sıxılmada möhkəmliyi 15x15x15 sm ölçülü nümunələrdən istifadə etməklə müəyyən edilmişdir.

Keramzitbetonun möhkəmliyi və orta sıxlığı eyni amillərdən asılı olduğundan, bu

parametrlər arasında əlaqə mövcuddur.

Keramzitbetonun möhkəmliyi və orta sıxlığı arasındakı əlaqə beton sınaq nümunələrindən alınan nəticələrlə müəyyən edilmişdir. Buraya həmçinin beton tərkibinin seçilməsi zamanı nümunələrin sınaq nəticələri, müxtəlif proses amillərinin öyrənilməsi və keramzitbetonun möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətləri də daxil olmuşdur (Cədvəl 2).

Betonun yaşından asılı olaraq keramzitbetonun möhkəmlik göstəriciləri cədvəl 3-də təqdim olunmuşdur.

Keramzitbetonun zamanla möhkəmliyinin artma əmsalı, adi betonla eynidir. Yəni, dəyişkəndir və istifadə olunan sementin növündən, doldurucuların möhkəmliyindən, bərkimə şəraitindən və s. asılıdır.

Cədvəl 2

Nümunələrin Nösi	1 m ³ betona materiallar sərfi							28 gündə orta sıxlığı	Sıxılmada möhkımlık həddi, kq/sm ²
	Sement, kq	Su, l	Fraksiyaya görə keramzit				Qum, kq		
			0-1.2 mm	1.2-5 mm	5-10 mm	10-20 mm			
1	234	200	200	90,9	214	176	364	1322	99,7
2	182	162	202	90,0	172	168	357	1251	87,9
3	250	198	206	77,0	197	176	360	1446	143,8
4	240	206	202	87.4	240	184	364	1465	154,5
5	340	234	227	70,7	228	178	303	1490	170,1
6	372	240	193	84,5	240	185	338	1475	161, 2
7	357	224	186	76,0	250	177	325	1547	222,8

Cədvəl 3

Nümunələrin №si	1 m ³ beton üçün sement sərfi, kq	Betonun orta sıxlığı, kq/m ³			Kub möhkəmliyi, kq/sm ²			Möhkəmlik artım əmsali $\beta_{k.b}$
		7 gün	28 gün	1 il	7 gün	28 gün	1 il	
1	234	1402	1322	1311	57,1	91,2	136,0	1,49
2	182	1303	1251	1241	56,2	83,1	105,1	1,26
3	250	1516	1446	1413	81,0	140,1	158,2	1,13
4	340	1565	1490	1479	158,1	186,2	202,0	1,08

Sıxılmaya sınaqlar zamanı keramzitbeton nümunələri əsasən betonun həm məhlul hissəsi, həm də keramzit dənələri ilə kəşişən şaquli müstəvilər boyunca dağılmışdır. Bu tip dağılmanı, konstruktiv betonun, keramzit dənələrinin öz möhkəmliyindən daha möhkəm məhlul hissəsinə malik olması ilə izah etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Орентлихер Л. П. XXI век – век легких бетонов //Актуальные проблемы современного строительства: Материалы Всероссийской 31-й научно-технической конференции, Пенза, 25-27 апреля, 2001, ч.4.
2. Строительные материалы и изделия – Пенза: изд-во ПГАСА, 2001, с. 76-77.
3. ГОСТ 24452-2023 Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.
4. Рекомендации по подбору составов, изготовлению и применению модифицированных химическими и минеральными добавками конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного керамзитобетонов /РУП «Институт БелНИИС». – Минск, 2013. – 38 с.
5. С.Д. Семенюк, В.А. Ржевущкая. Влияние компонентов легкого бетона на прочностные и деформативные характеристики. Вестник БелорусскоРоссийского университета. 2018. № 4(61).
6. А.С. Иноземцев. Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов. Magazine of Civil Engineering, No.7, 2014.

7. Жуков И.В., Матвеев Е.И., Иноземцев А.С. Опыт применения легких бетонов в технологии сборного железобетона // Сборник докладов научно технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов ИПГС НИУ МГСУ «Дни студенческой науки». – М.: НИУ МГСУ, 2024. – С. 497- 499.
8. Choi Yun Wang, Kim Yong Jic, Shin Hwa Cheol, Moon Han Young An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweight self-compacting concrete //Cement And Concrete Research, - 2006, (36), № 9, P.1595 – 1602.
9. H.Z. Cui, T.Y. Lo, W. Xu. Effect of lightweight aggregates on the mechanical properties and brittleness of lightweight aggregate concrete. Constr. Build. Mater., 35 (10) (2012), pp. 149-158.
10. Elrahman Abd, M., Chung, S., & Stephan, D. (2019). Effect of different expanded aggregates on the properties of lightweight concrete. Magazine of Concrete Research., 71, 95–107.

UOT 666.973.6

Əkbərova S.M., Sadıqlı A.A.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
sevinjakbarova16@gmail.com, aisha.khalil-
zade@mail.ru

Yerli xammallar əsasında yüngül beton tərkibinin işlənməsi və xassələrinin tədqiqi

XÜLASƏ

Betonun əsas xüsusiyyətləri (orta sıxlıq, möhkəmlik, davamlılıq, istilikkeçiriciliyi və s.) bir çox amillərdən asılıdır. Bu amillər əsasən yapışdırıcının keyfiyyəti və miqdarı, doldurucuların dənəvər tərkibi və keyfiyyəti, sıxlaşma dərəcəsi və beton qarışığının bərkimə şərtidir. Kimyəvi və mineraloji qeyri-bircinsliliyi, keramzit doldurucusu əsasında yüngül betonların istehsalı üçün yararlılığını qiymətləndirmək üçün tərkibinin və xüsusiyyətlərinin ətraflı qiymətləndirilməsini tələb edir.

Açar sözlər: Yüngül beton, orta sıxlıq, möhkəmlik, keramzit, məsaməlik

UOT 666.973.6

Акбéroва С.М., Садигли А.А.

*Азербайджанский Университет
Архитектуры и Строительства
sevinjakbarova16@gmail.com, aisha.khalil-
zade@mail.ru*

**Разработка и изучение свойств
легкого бетона на основе
местного сырья**

РЕЗЮМЕ

Основные свойства бетона (средняя плотность, прочность, долговечность, теплопроводность и др.) зависят от многих факторов. К этим факторам относятся, главным образом, качество и количество вяжущего, гранулометрический состав и качество заполнителей, степень уплотнения и условия твердения бетонной смеси. Химическая и минералогическая неоднородность требует детальной оценки его состава и свойств для

определения пригодности для производства легкого бетона на основе керамзита.

Ключевые слова: Легкий бетон, средняя плотность, прочность, керамзит, пористость.

UOT 666.973.6

Akbarova S.M., Sadigli A. A.

*Azerbaijan University of Architecture and
Construction
sevinjakbarova16@gmail.com, aisha.khalil-
zade@mail.ru*

**Development and study of the
properties of lightweight concrete
based on local raw materials**

ABSTRACT

The main properties of concrete (average density, strength, durability, thermal conductivity, etc.) depend on many factors. These factors primarily include the quality and quantity of binder, the particle size distribution and quality of fillers, the degree of compaction, and the curing conditions of the concrete mix. Chemical and mineralogical heterogeneity require a detailed assessment of its composition and properties to determine its suitability for the production of expanded clay-based lightweight concrete.

Keywords: Lightweight concrete, average density, strength, expanded clay, porosity.

Məqaləyə

*AzMIU-nun "Materialşünaslıq"
kafedrasının dosent əvəzi, t.ü.f.d.,
İ.H. Məmmədova rəy vermişdir.*

Redaksiyaya daxil olma/Received 13.05.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.06.2026