



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

**Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 1-ci mərhələ)**

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Layda su axınının qarşısını almaq və quyudibi ətrafı sahədə dinamik zərbələrə davamlı nano-Fe₃O₄ maqnetit/poliakrilamid əlavə edilmiş sement əsaslı tamponaj sistemlərinin tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Tapdıqov Şamo Zöhrab oğlu**

Qrantın məbləği: **140 000**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/05/2-M-05**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **07 aprel 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2024-cü il**

Layihənin I mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	<p>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş elmi işlər</p> <p><i>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə aşağıdakı elmi-tədqiqat işləri yerinə yetirilmişdir: Tamponaj sementinin elastiklik və mexaniki-kimyəvi göstəricilərində nəzərdə tutulan xassələri təmin etmək məqsədi ilə seriyalı və müxtəlif tərkibə malik beton daşları hazırlanmış, onların quruluş strukturları tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatda 0.50; 0.45 və 0.40 su/sement nisbətində hazırlanmış qarışıqlara yüksək molekulyar kütləli poli-N-vinilpirrolidon (PVPr) və poliakrilamid (PAA) əlavə etməklə qarışığın ilkin və sərtləşdikdən sonra işə fiziki-mexaniki xassələri öyrənilmişdir. Həmçinin tərkibində sementin quru küləsinin 1% və 2%-i qədər polimerlər mühitində stabilləşmiş maqnetit nanohissəcikləri olan beton daşları hazırlanmış və bəzi struktur və spektroskopik tədqiqatları aparılmışdır. Bundan başqa müxtəlif miqdar polimerlər əlavə edilmiş sement pastasının yayılması, tutuşmasının ilkin və son nöqtələri, hidratasiyası, betonun işə su adsorbsiyası, sıxılma və əyilməyə davamlılıq kimi parametrləri müəyyən edilmişdir. Eləcə də, 0.1-1.0% kütlə miqdarlarında PAA və PVPr ilə modifikasiya olunmuş beton nümunələrinin İQ, rentgen-XRD, termoqramimetrik göstəriciləri TQA, DTA ilə identifikasiya edilməklə polimer makromolekulları ilə sement hissəcikləri kimyəvi qarşılıqlı əlaqənin təbiəti müəyyən edilmişdir.</i></p>
2	<p>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)</p> <p><i>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulan işlərin 80-85%-i yerinə yetirilmişdir.</i></p>

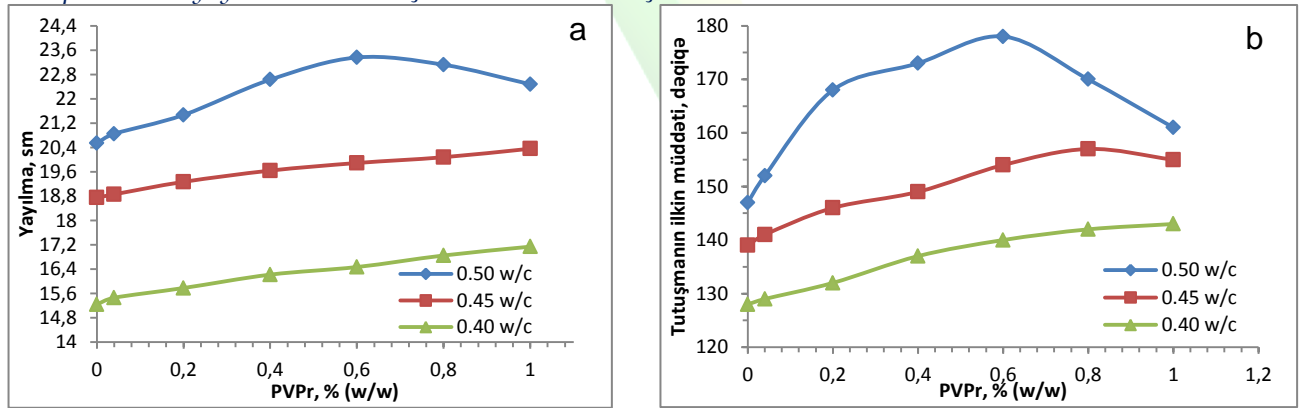
3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

Hesabat dövründə müxtəlif su/sement nisbətində hazırlanmış qarışıqlara sementin quru kütləsinin 0.04; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 və 1.0% miqdarında PVPr (eləcə də PAA) əlavə etməklə beton nümunələri hazırlanmışdır. Əldə edilən betonun fiziki-mexaniki xassələrinin və spektroskopik xarakterizə edilməsindən aşağıdakı elmi nəticələr əldə olunmuşdur:

- PVPr-nun 0.6% miqdarda sementə əlavə edilməsi təzə sement pastasının yayılmasını artırır ki, bu da polimerin özlülüyü hesabına baş vermişdir. Göstərilən miqdar PVPr ilə modifikasiya hidratasiya prosesini ləngitdiyindən sementin ilkin və son bərkimə nöqtələrinin uzanmasına səbəb olmuşdur;
- Su-sement nisbəti azaldıqca polimerin məhdud hidrofillaşması hesabına betonun məsaməliyinin azalması baş vermişdir. PVPr makromolekullarının sement hissəcikləri arasında bərabər paylanması məsamələrin tutulmasına gətirib çıxarır. PVPr-nun əlavəsi bütün su-sement nisbətlərində 28 gündən sonrakı daşlarda sıxılma və əyilməyə davamlılıq parametrlərinin artmasına səbəb olmuşdur;
- PVPr betonun dartılmaya müqavimət xassəsini 28 gündən sonra kontrol ilə müqayisədə 3.74 MPa-dan 4.89 MPa-a qədər artırmışdır. Betonun tərkibində PVPr-nun miqdarının 0.6-08 % olan nümunəsinin su absorpsiyası maksimum olmuş, 28 gündən sonra 21-23 % təşkil etmişdir;
- Sement və polimerə xarakterik udulma zolaqlarının İQ spektroskopik izlənilməsinə əsasən PVPr sement hissəcikləri ilə kimyəvi qarışılıqlı əlaqəyə daxil olmuşdur. Belə ki, polimerdəki karbonil qrupuna aid 1646 sm^{-1} -dəki absorpsiya zolağı betonda 1652 sm^{-1} nahiyəsinə kimyəvi sürüşmə edir ki, bu da makromolekuldakı karbonil qrupunun Ca^{2+} və Al^{3+} ionları ilə koordinasiya rəbtəsinin mövcudluğunu sübut edir;
- 1.0% PVPr əlavəli betonun XRD spektri kontrol ilə əksər nahiyələrdə identik olmuşdur. Kiçik qiymətli sürüşmə polimerin sement strukturunda immobilizə olunduğunu sübut etmişdir. Bunun sübutu olaraq PVPr modifikasiyalı betonun termiki davamlılığının 2-3% artması olmuşdur;
- Sementin quru kütləsinin 0.6-1.0%-i qədər yüksək molekul şəkli PVPr ilə modifikasiya olunmuş sement pastasının axıcılığı və adgeziyası yüksəlmişdir. Daha üstün nəticələr isə sementə PAA və maqnetit nanohissəcikləri olan PAA/ Fe_3O_4 və PVPr/ Fe_3O_4 sistemlərinin kütləcə 1 və 2% əldə edilməsi ilə əldə edilmişdir. Əldə olunmuş nəticələr ədəbiyyat materialları ilə müqayisə edilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, bu vaxta qədər sement tozunun PAA/ Fe_3O_4 və PVPr/ Fe_3O_4 maqnetit nanohissəcikləri ilə modifikasiya etməklə beton daşının fiziki-mexaniki göstəricilərinin dəyişilməsinə aid heç bir tədqiqat işi aparılmamışdır. Bu nöqəti-nəzərdən əldə olunmuş nəticələri yeni qəbul etmək olar.

Əldə olunmuş əsas elmi nəticələr isə aşağıdakı eksperimentlərə əsaslanır:

Məlumdur ki, tamponaj sementlərini quyudibi zonaların bərkidilməsi zamanı tətbiq edərəkən əsas göstəricilərdən biri təzə hazırlanmış sement məhlulunun axıcılığıdır. Müxtəlif su/sement nisbətlərində PVPr-nun qatılığının sement pastasının yayılmasına təsiri şəkil 1(a)-də verilmişdir.

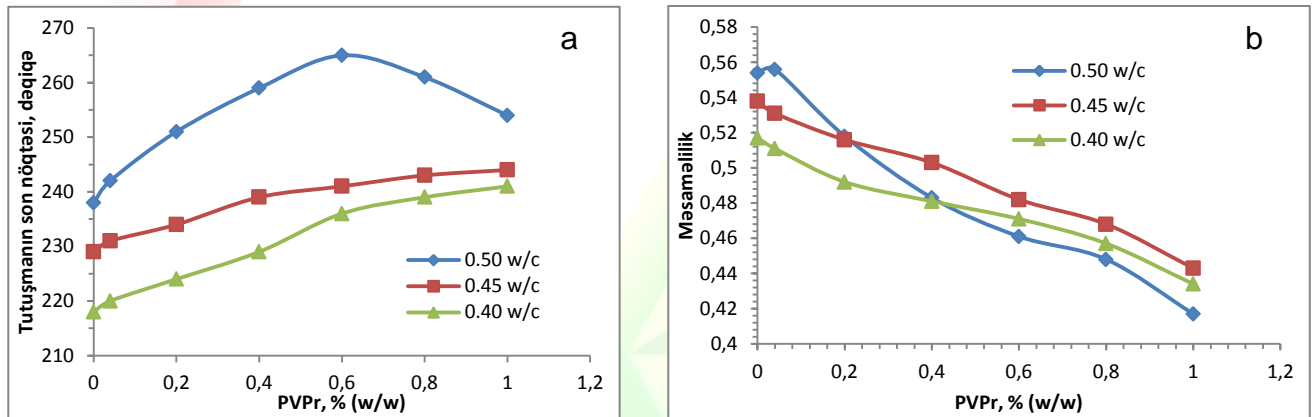


Şəkil 1. Müxtəlif su-sement nisbətlərində təzə hazırlanmış sement pastasının yayılması və tutuşmasının ilkin nöqtəsinin PVPr-nun miqdarından asılılığı, $T=24 \text{ }^\circ\text{C}$

Göründüyü kimi PVPr sement məhlulunun yayılmasına 0.5 su/semant amilində kəskin təsir edir. Təzə pastanın tərkibində PVPr-nun qatılığı artdıqca yayılma bütün su/semant nisbətlərində artır. 0.6% PVPr istifadəsindən sonra bütün hallarda tədricən yayılmanın azalması baş verir. Su-semant nisbəti azaldıqca əlavə edilən PVPr məhlulunun qatılmasına baxmayaraq polimerin özlülüyü onun axıcılığını artırır. Daha yüksək PVPr qatılıqlarında (>5%) sement pastasının yayılması kontrol ilə müqayisədə azalır. Bunu polimerin sement tərkibində olan kationlarla yüksək dərəcədə ion əlaqəsinə daxil olaraq hidratasiya prosesini sürətləndirməsi, yaxud polimerin özünün hidratasiyada aktiv iştirakı ilə əlaqələndirmək olar. Bu nəticə sement məhlulunun tutuşma nöqtələrinin tədqiqində aydın görünür (Şəkil 1,b). Göründüyü kimi PVPr-nun kiçik qatılıqlarında tutuşma prosesi ləngiyir. Lakin polimerin 0.8% miqdarından sonra tutuşmanın ilkin nöqtəsi azalmağa-polimersiz vəziyyətə doğru dəyişir. 0.6% PVPr istifadəsini inyeksiya üçün optimal qatılıq kimi qəbul edə bilərik.

Nəticələr özünü tutuşmanın son nöqtələrinin də dəyişməsində göstərir (Şəkil 2,a). Deməli, PVPr makromolekullarının su ilə hidratlaşması hidratasiya prosesini ləngitməklə tutuşmanın həm başlanğıc, həm də son müddətlərinin uzanmasına gətirib çıxarır.

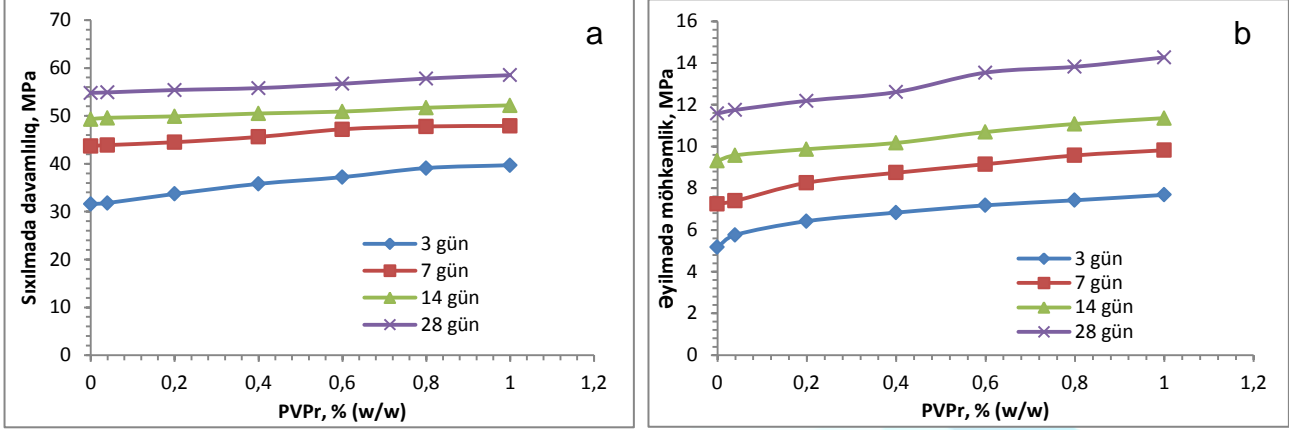
Məlumdur ki, betonun məsaməliliyi onun keçiricilik xassələrinə təsir edən əsas amillərdən biridir. Müxtəlif su-semant nisbətlərində PVPr ilə modifikasiya edilmiş betonun məsaməliliyi 28 günlük qocalmadan sonrakı nümunələr üçün test edilmişdir (Şəkil 2,b). Göründüyü kimi betonda PVPr-nun miqdarının artması məsaməliliyi azaldır. Lakin azalma 0.5 su-semant nisbətində daha çox baş vermişdir. Qarışıqda suyun miqdarı azaldıqca sement hissəcikləri ilə polimer arasında suyu cəzb etmə uğrunda rəqabəti baş verir. Su kifayət qədər olduqda sement tam sərtləşmədiyindən PVPr su molekulları ilə asanlıqla hidratlaşaraq həm sərtləşməni ləngidir, həm də hissəciklər arasında boşluqların yaranmasını məhdudlaşdırır. Müəyyən olunmuşdur ki, 0.45 su-semant nisbətində 0.2-0.4% PVPr ilə modifikasiya olunmuş betonun məsaməliliyi optimal hal kimi qəbul edilə bilər.



Şəkil 2. Müxtəlif su-semant nisbətlərində təzə hazırlanmış sement pastasının tutuşmasının son nöqtəsinin və su absorpsiyası qabiliyyətinin PVPr-nun miqdarından asılılığı, T= 24 °C.

Sıxılma, əyilmə, dartılmaya müqavimət gərginlikləri və su absorpsiyası

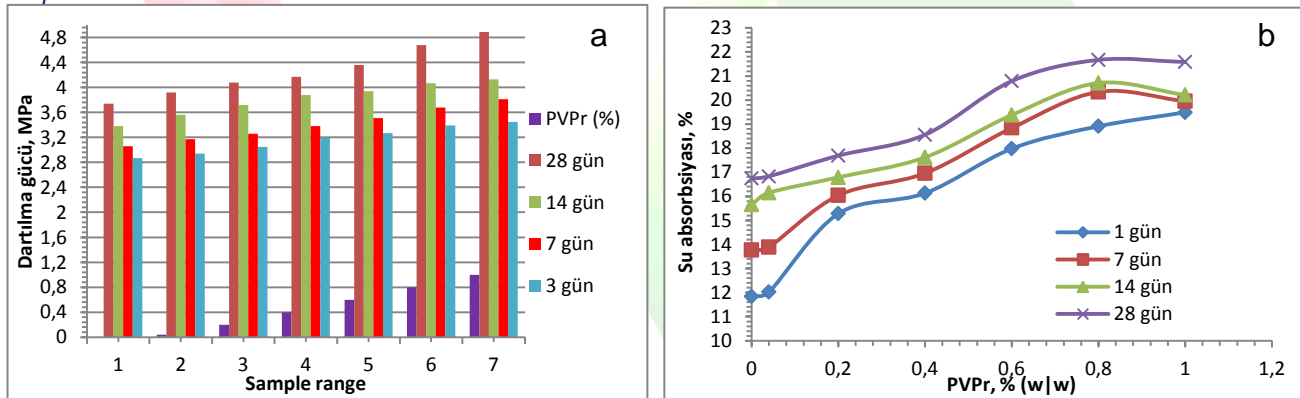
0,5 su/semant nisbətində PVPr ilə modifikasiya olunmuş betonun sıxılma və əyilməyə davamlılıq göstəriciləri 3-28 günlük bərkimələrdən sonra test edilmişdir (Şəkil 3, a və b). Müəyyən olunmuşdur ki, 0.04-1.0% PVPr-nun sementə əlavə edilməsi onun sıxılmaya davamlılığına cüzi təsir edir. Belə ki, ən yaxşı halda 28 gündən sonra kontrol ilə müqayisədə sıxılmaya davamlılıqda 6.7-7.2% artım müşahidə olunur. Lakin əyilmədə davamlılıq həddində isə yaxşılaşma 23-24% təşkil edir. Amorf quruluşa malik polimer sıxılmaya yüksək müqavimət göstərə bilmir. Ancaq əyilməyə davamlılıqda progress PVPr-nun uzun makromolekul zəncirləri hesabına betonun elastiklik xassəsi nümayiş etdirməsi ilə əlaqədardır.



Şəkil 3. 0.5 su-sement nisbətində hazırlandıqdan sonra 3-28 gün intervollarında bərkimiş sement daşının sıxılmada və əyilmədə möhkəmlilik həddinin PVPr-nun miqdarından asılılığı, T=24 °C

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi polimerin 1% və ondan daha çox istifadəsi zamanı göstərilən parametrlərdə yüksəlmə deyil, sabitləşmə və ya azalma baş verir. Bu baxımdan PVPr-nun optimal olaraq 0.8-1.0 % miqdarda sementi modifikasiya etməklə elastiki beton nümunəsi hazırlamaq mümkündür.

Dartılmada davamlılıq gərginliyi (splitting tensile strength) sementin süxur səthlərinə yapışması, həm də dinamik təsirlərə müqavimət göstərməsi baxımdan vacib parametrdir. Əlavə edilmiş PVPr-nun miqdarından asılı olaraq müxtəlif yaşlanma (ageing) dövrlərindəki betonun dartılmada davamlılıq gərginlikləri öyrənilmişdir (Şəkil 4,a). Göstərilmişdir ki, digər mexaniki xassələrlə müqayisədə PVPr betonun dartılmaya müqavimət xassələrinin artmasına güclü təsir etmişdir. 28 gündən sonra betonun dartılma gücü kontrol ilə müqayisədə 3.74 MPa-dan 4.89 MPa-a qədər yüksəlmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, PVPr-nun dartılmada müqavimət gücünə təsiri sementin erkən hidratasiya dövrlərində (3 və 7 gün) az olur. Tam bərkimədən sonra dartılmaya müqavimətin artması PVPr-nun sement hissəcikləri arasında hidrofiliyini saxlaması və sement hissəciklərinə adgeziyası ilə əlaqədardır.



Şəkil 4. 0.5 su-sement nisbətində hazırlandıqdan sonra 3-28 gün intervollarında bərkimiş sement daşının dartılma gücü, və müxtəlif su-sement nisbətində məsaməliliyinin PVPr-nun miqdarından asılılığı, T=24 °C.

Şəkil 4,b-dən görüldüyü kimi betonun tərkibində PVPr-nun miqdarı 0.6%-ə qədər artdıqca onun su absorbsiyası da artır. Həmçinin bu parametr betonun yaşlanması ilə paralel olaraq da əlaqəlidir. Tam bərkimə zamanı polimer ilə əlaqəli olan su molekulları hidratlaşmaya sərf olunduğundan həmin nümunələrin su absorbsiyası da yüksək olur. 0.7-0.8 %-dən çox PVPr ilə modifikasiya etdikdə nümunələrin su absorbsiyası sabitləşməyə, bəzən isə azalmağa başlayır. Görünür beton tərkibində PVPr-nun miqdarının hansısa qiymətində absorbsiya olunmuş su molekulları hidratasiyada iştirak edə bilmədiyindən geri ayrılma baş verir [30]. Belə ki,

ilkın mərhələdə daxilə nüfuz etmiş su molekulları sonradan PVPr-nun hidrofillaşması və makromolekulların çovikliyinın artması nəticəsində artıq su hissəciklərini itələyirlər.

PVPr makromolekullarının beton tərkibində paylanması xarakterini kimyəvi rabitə nöqtəyi-nəzərdən müəyyən etmək üçün FT-IR tədqiqatları aparılmışdır. Belə ki, sərbəst PVPr, sement tozu, polimersiz hidratlaşmış beton, və 1% PVPr əlavə edilmiş betonun İQ spektrləri müqayisəli təhlil edilmişdir. Hər bir nümunə üçün xarakterik, hidratlaşma və modifikasiya zamanı transformasiyaya məruz qalmış rabitalərə aid olan absorbsiya zolaqları izlənilmiş və nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Müəyyən olunmuşdur ki, PVPr ilə modifikasiyadan sonra əsas kimyəvi sürüşməyə məruz qalan polimerdəki karbonil qrupu və sementdəki kalsium və alüminium ionlarına, onların silikatlarına xarakterik udulma zolaqlarıdır. Belə ki, polimerdəki karbonil qrupuna aid 1646 sm^{-1} -dəki absorbsiya zolağı betonda 1652 sm^{-1} nahiyəsinə kimyəvi sürüşmə edir. Bu, müəyyən elektron sıxlığına malik karbonil qrupunun sementdəki Ca^{2+} və Al^{3+} ionları ilə koordinasiyaya daxil olması ilə əlaqədardır. Cədvəl 1-dən göründüyü kimi əsas ion qarşılıqlı təsirdə iştirak edən funksional qruplardakı rabitalərin elektron sıxlığının pozulması yaxınlıqdakı funksional qruplara da təsir edir. Həmçinin C_4Al -ferrit və C_3Al -a aid 720 sm^{-1} nahiyədəki absorbsiya piki PVPr ilə modifikasiya olunmuş betonda 727 sm^{-1} -ə qədər yerini dəyişir. Əlavə olaraq $3390\text{-}3640 \text{ sm}^{-1}$ oblastlarındakı hidrogen rabitalərinə xarakterik zolaqlar müəyyən dərəcədə kimyəvi sürüşmələrə məruz qalırlar ki, bu da qarşılıqlı təsiri ehtiva edir.

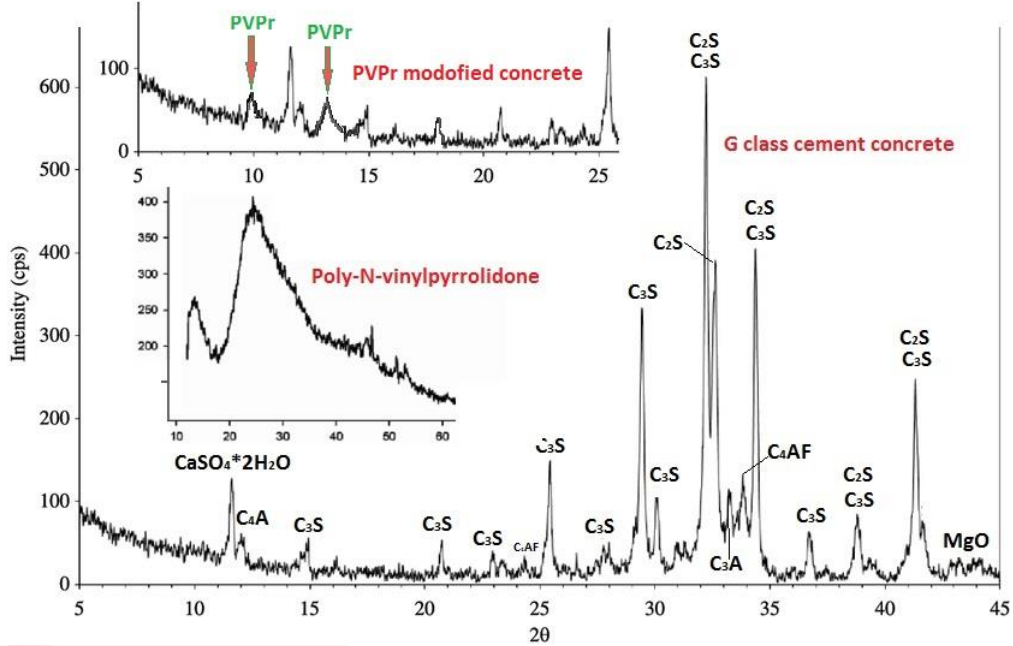
Cədvəl 1.

Sərbəst poli-N-vinilpirrolidon, təmiz sement, hidratlaşmış sement və PVPr ilə modifikasiya edilmiş sement daşının xarakteristik İQ

Poli-N-vinilpirrolidon	Təmiz sement	Hidratlaşmış sement	PVPr əlavə edilmiş sement
$3396 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{OH})$	3465 sm^{-1} zəif pik. simmetrik və asimmetrik O-H dartılma	$3640 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{CH})$ zəif	3393 sm^{-1} su molekullarındakı $\nu(\text{OH})$
2950 sm^{-1} asimmetrik $\nu(\text{CH}_2)$ pirrolidon halqasında	$3100\text{-}3400 \text{ sm}^{-1}$ geniş zolaq. Simmetrik və asimmetrik dartılma O-H vibrator su molekullarının	3390 sm^{-1} vibrasiyalı dartılma $\nu(\text{O-H})$ suyun	2955 sm^{-1} asimmetrik $\nu(\text{CH}_2)$ pirrolidon tsikli $2852 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{CH}_3)$ zəncir $1482, 875$ və 779 sm^{-1} uyğundur karbonata CO_3^{2-}
2922 sm^{-1} simmetrik $\nu(\text{CH}_2)$ zəncirdə	$885\text{-}895; 520; 465 \text{ sm}^{-1}$ alit	$3000\text{-}2000 \text{ sm}^{-1}$ əlavə zəif ayılmış oerton rejimləri	$3050\text{-}2070 \text{ sm}^{-1}$ oerton rejimləri
$1646 \text{ sm}^{-1} \nu(>\text{C}=\text{O})$	$965\text{-}985$ və $845\text{-}850 \text{ sm}^{-1}$ belit	1642 sm^{-1} adsorbsiyalı su molekullarının ayılmış vibrasiyası	$1652 \text{ sm}^{-1} \nu(>\text{C}=\text{O})$ $727 \text{ sm}^{-1} \text{C}_4\text{Al}$ -ferrit və C_3Al
$1373 \text{ sm}^{-1} \delta(\text{C-H})$	$1080\text{-}1100 \text{ sm}^{-1}$ gips	1108 sm^{-1} zəif əlaqələr. SO_4^{2-} -dəki	1101 sm^{-1} zəif əlaqələr və SO_4^{2-}
$1286 \text{ sm}^{-1} \text{CH}_2$ rəqsi $\nu(\text{C-N})$	$720 \text{ sm}^{-1} \text{C}_4\text{Al}$ -ferrit və C_3Al	950 sm^{-1} asimmetrik $\nu(\text{Si-O})$ dartılma titrəyişi. Bu hidratlaşmış Ca-Si-in məhdud polimerləşməsini göstərir.	$1640 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{C-N})$ pirrolidon, 956 sm^{-1} asimmetrik $\nu(\text{Si-O})$ dartılma titrəyişi.
$1017 \text{ sm}^{-1} \text{C-C}, \text{CH}_2,$ $572 \text{ sm}^{-1} \delta(\text{N-C}=\text{O})$	871 və $925 \text{ sm}^{-1} \text{Si-O}$ dartılmış rejim	$450 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{Si-O})$ rabitə titrəyişi	$454 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{Si-O})$ əlaqə titrəyişi
$933 \text{ sm}^{-1} \text{C-C}$ rabitə $843 \text{ sm}^{-1} \delta(\text{CH}_2)$	925 sm^{-1} hidratlaşmamış CS	$1480, 872$ və 772 sm^{-1} uyğundur CO_3^{2-}	$1662 \text{ sm}^{-1} \nu(\text{aromatik tsikli})$

Məlumdur ki, polimer ilə işlənmə zamanı makromolekullar sementin hidratasiyası zamanı hissəciklər ilə əlaqəyə daxil olaraq fərqli struktur formalaşdırırlar. Bu struktur transformasiyanı X-Ray xarakterizasiya ilə də təs

etmək mümkündür. Belə ki, Hu və başqaları poliakrilamid ilə mono-CaAl arasında yaranan kompleksin rentgen strukturunu tədqiq etmişlər. Göstərmişlər ki, PAA olmayan kontrol ilə müqayisədə spektrdə peyda olan yeni piklər polimer ilə sementdəki Ca_3AlSi hissəcikləri arasındakı ion rəbtəsi hesabına formalaşır. Qeyd olunanları nəzərə alaraq PVPr ilə modifikasiya edilmiş betonun, polimerin və betonun rentgen xarakterizasiyası aparılmışdır. Kristal quruluşa malik betona 1% miqdarında PVPr-nun əlavə edilməsi onun strukturunu pozmasa da rentgen spektrdə polimerə aid cüzi intensivliklərin əmələ gəlməsi müşahidə olunmuşdur (Şəkil 5).



Şəkil 5. XRD diffraktoqram pikləri – təmiz PVPr, sement daşığı və PVPr ilə modifikasiya edilmiş 28 günlük beton.

Şəkildən görüldüyü kimi polimersiz sement daşığında di- və trikalsium silikat üçün spesifik piklər $2\theta = (25.2^\circ), (29.1^\circ), (32.4^\circ), (34.5^\circ)$ və (41.3°) -də müşahidə olunur. PVPr isə amorf maddə olduğundan beton kimi aydın spektr vermir. Yalnız $2\theta = (14.6^\circ)$ və (26.4°) ətrafında enli spektr formalaşdırır. 1% PVPr əlavəli betonun XRD spektrində isə $2\theta = (15^\circ)$ -dən sonra piklər identikdir. Lakin amorf PVPr-a xas $2\theta = (9.7^\circ)$ və (13.2°) - də zəif intensivlikli piklər müşahidə olunmuşdur. Kiçik qiymətli sürüşmə ilə qeydə alınan piklər polimerin sement strukturunda immobilizə olduğunu sübut edir.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar

Layihədə nəzərdə tutulan eksperimentlərin yerinə yetirilməsi zamanı müasir standartlara və uyğun tədqiqatlarla əsaslanan üsul və yanaşmalardan istifadə olunmuşdur. Tədqiqatlar zamanı tətbiq olunmuş metod, analiz, prosedür və digər spektroskopik üsulların istifadə forması aşağıda verilmişdir:

Beton qarışıqlarının hazırlanmasında G markalı quyu üçün nəzərdə tutulan Portland sementi (API Specification 10A-2011), yüksək orta molekul kütləli poli-N-vinilpirrolidon (CAS 9003-39-8, $M_w = 1.3 \times 10^6$) və şirin sudan istifadə edilmişdir. Plastikləşdirici əlavə kimi bütün nümunələrə 1% nisbətə polikarboksilatdan istifadə olunmuşdur (pH=6.5, sıxlığı 1.095 qr/ml, açıq qəhvəyi mayedir). İstifadə olunmuş sementin fiziki və kimyəvi parametrləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

İnqridiyentlər	(%)-lə miqdarı	Fiziki xassələri	0.5 su/sement amilində
CaO	62.4	Sıxlığı, qr/sm ³	3.17
SiO ₂	20.7	Xüsusi səth sahəsi sm ² /qr	4765
Al ₂ O ₃	5.2	Alovlanma itğisi, %	0.18
MgO	≤1.24	Tutuşma nöqtəsi, daq	İlkin 147, Son 238

İnqridiyentlər	(%)-lə miqdarı	Fiziki xassələri	0.5 su/sement amilində
Fe ₂ O ₃	4.3	Sıxılmaya davamlılıq, MPa, 40×40×40 mm-lik ölçülü betonlar üçün	3 gün 31.6 7 gün 43.7 14 gün 44.8 28 gün 49.3
Tri-Ca-silikat	59.2	Yayılməsi, sm	20.50
Tri-Ca-alüminat	2.18		
Tetra-Ca-Al-ferrit	16.75		
Di-Cal-silikat	9.16		
SO ₃	≤2.5	Əyilməyə davamlılıq, MPa.	3 gün 5.17
K ₂ O, Na ₂ O,	0.56	40×40×160 mm mm-lik ölçülü betonlar üçün	7 gün 7.24 14 gün 9.31 28 gün 11.58
P ₂ O ₅	0.12		
TiO ₂	0.18	Məsəməliyi, 10.3 MPa və 40 °C-də	0.495
Cl	0.0088	Elektrik keçiriciliyi, s/m, 10 saat	0.43

Tamponaj sementinin su ilə qarışımı üç nisbətdə hazırlanmışdır: 0.5; 0.45 və 0.40. Hər bir hal üçün götürüləcək sementin quru kütləsinin 0.04; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 və 1.0 %-i qədər polimer PVPr məhlulundan istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə ilkin olaraq 500 qr 10%-li PVPr məhlulu hazırlanmış, və sement qarışdırılacaq suya əlavə edilmişdir. Beton nümunələrinin su absorpsiyası AZS 572.3-2011 standartlarına uyğun qravimetrik üsulla təyin edilmişdir. Hazırlanmış təzə sement pastaları ölçüləri 20×20×20 mm olan qəliblərdə saxlanılmış, tam bərkimə gözlənilmişdir. Belə ki, 28 gündən sonra tam bərkimiş beton nümunələri 2 gün ərzində 40 °C-də tam qurudulur və 24 saat şirin suda saxlamaqla absorpsiya faizləri (A_s) hesablanmışdır.

$$A_s = \frac{W_n - W_0}{W_0} \times 100$$

W₀ = sement daşının quru kütləsi (qr), W_n isə 24 saat suda saxladıqdan sonrakı nəm kütləsi (qr).

Təzə sement pastasının yayılması Abrams konuslarından istifadə etməklə AZS 529-2011 standartına uyğun ölçülmüşdür. Yeni hazırlanmış sement pastası otaq temperaturunda konusa yerləşdirilib bir dəqiqə saxladıqdan sonra konus yuxarı dərhal çəkilir. Üzərində dairəvi ölçülü halqalar çizilmiş piltə üzərində sement pastası yayıldıqdan sonra mərkəzi nöqtədən sona qədər olan radiusu qeyd edilir.

Polimer olmayan və PVPr əlavə edilmiş sement daşının sıxılmaya davamlılığı ASR-8503B (China) cihazında təyin edilmişdir. Bu məqsədlə ölçüləri 40×40×40 mm olan metal qəliblərdən istifadə olunmuş və, 3, 7, 14 və 28 gündən sonra 3000 kN yüklənmə altında sıxılmaya davamlılıq qiymətləri ölçülmüşdür. Əyilməyə davamlılıq parametrləri üçün isə 40×40×160 mm ölçülü qəliblərdən istifadə olunmuşdur. Nümunələrin dartılma gücü isə AZS 532-2011 standartına uyğun 150×150×150 mm ölçülü sement daşları üçün 28 gündən sonra test edilmişdir. Dartılma gücünün hesablanması aşağıdakı empirik ifadəyə əsasən təyin edilmişdir:

$$f_{st} = \frac{2P}{\pi LD} \text{ (MPa)}$$

Burada f_{st} dartılma gücü (MPa), P = maksimum yüklənmə (N), L = nümunələrin yüklənmə hissəsinin uzunluğu (mm), D = nümunələrin seçilmiş kəsik ölçüsü (mm).

Polimersiz və müxtəlif miqdar PVPr saxlayan sement pastalarının tutuşmasının ilkin və son nöqtələri Vik iynəsi ilə 24 °C temperaturda 63-L0028 cihazında müəyyən edilmişdir. 40 °C-də 48 saat qurudulmuş kontrol və PVPr saxlayan sement daşlarının məsəməliyi isə AZS 572.4 - 2011 standartlarına uyğun aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablanmışdır.

$$n = \frac{m_d - m_q}{m_d - m_s}$$

Burada m_d = sement daşının su ilə doymuş kütləsidir (qr), m_q = sement daşı nümunəsinin 40 °C-də qurudulduqdan sonrakı kütləsidir (qr), m_s = isə nümunənin suya batırılmış kütləsidir (qr). Bəzi eksperimentlər zamanı sement daşının, qəliblərdən sərtilmiş nümunələrin çıxarılması, kontrol beton daşı, 1% kütlə miqdarında PVPr və 0.1% miqdarında Fe²⁺ və Fe³⁺ duzları ilə işlənmiş beton daşlarının, eləcə də alınmış maqnetit nanohissəciklərinin vizual görüntüləri aşağıdakı şəkillərdə qeyd olunmuş ardıcılıqla verilmişdir.



Şəkil 6. Sement qarışıqlarının hazırlanması və bəzi beton nümunələrinin görüntüləri

Sadə sement daşı və PVPr əlavə edilmiş nümunələrdə makromolekul ilə sement hissəcikləri arasında kimyəvi əlaqənin təbiəti Furiye transformasiyalı infraqırmızı (FT-IR) spektrometr (Nicolet FT-IR Avatar 360) ilə idendifikasiya edilmişdir. modeldir. Sement daşı və sement/PVPr nümunələrində kristal faza X' Pert-Pro MPD diffraktometrda (Cu-Ka mənbə, $k=0.15405$ nm) tədqiq edilmişdir. Nümunələrin termiki davamlılığı (TQA) isə PerkinElmer TGA-7 termoqravimetrik cihazda yoxlanılmışdır.

5 Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) (surətlərini əlavə etməli!)

Layihə üzrə avqust və sentyabr aylarında baş tutan elmi ezamiyyələr zamanı aparılan tədqiqatlar-spektroskopik və struktur analizlərin nəticələrinə əsasən bir konfrans materialı dərc olunmuş və bir məqalə Heliyon (İmpakt faktor 4) jurnalına çapa göndərilmişdir.

1. Shamo T., Samira M., Jamila G. Effect of Temperature on the Mechanical Properties of Polyacrylamide Modified Cement Concrete. 8th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research, Rome, İtalya, 2023, p.241.

https://www.eucongress.org/_files/ugd/614b1f_2a9b61b7d4a2402bb5c1cf0a61074bcb.pdf

2. Shamo Z.T., Elvin Y.M., Fariz F.Ah., Seoda Sh.K., Ayaz M.G., Samire M.M., Seadat F.H., Jamila E.G. The physical-mechanical behavior and chemical bonding nature of poly-N-vinylpyrrolidone modified cement concrete. Heliyon, 2023. (Çapa göndərilmişdir).

6 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər
(burada doldurmalı)

7 Layihə üzrə ezamiyyətlər

Layihə üzrə 2 ezamiyyəyə baş tutmuşdur:

1. Güləliyev Ayaz Mətləb oğlu, avqust ayında 5 günlük Rusiya Federasiyası Moskva oblasti Dubna şəhərindəki Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutuna ezam olunmuşdur. Ezamiyyə müddətində hazırlanmış polimer və maqnetit nanohissəcikli beton daşlarının - Rentgen-faza difraksiya, Termoqravimetrik və differensial termiki analiz, Skanedici Elektron Mikroskopiyası, Furiye transformasiyalı infraqırmızı spektroskopiyaya ilə spektroskopik və quruluş tədqiqi, eləcə də volt-ampere xarakteristikaları öyrənilmişdir.

2. Tapdıqov Şamo Zöhrab oğlu, sentyabrda Türkiyə, İstanbul Universitetinə 5 günlük ezamiyyəti baş tutmuşdur. Ezamiyyət dövründə aldın olmuş spektroskopik, rentgen, derivatoqrammaların təhlili, müzakirəsi aparılmışdır.

	<i>Baş tutmuş elmi ezamiyyələr barəsində ayrıca geniş həcmdə elmi hesabat təqdim olunmuşdur.</i>
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak <i>Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak nəzərdə tutulmamışdır.</i>
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak <i>(burada doldurulmalı)</i>
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) <i>(burada doldurulmalı)</i>
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar <i>Layihə üzrə cari rübdə cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materialların əldə olunması nəzərdə tutulmamışdır.</i>
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr <i>Layihə mövzusu üzrə, həmçinin əldə olunmuş nəticələrin müzakirəsi və təhlili məqsədi ilə Bakı Dövlət Universitetinin professoru, k.e.d. Oqtay Əkbərov və SOCAR NQETLİ-nun elmi işlər direktor müavini t.e.d., prof. Bağır Süleymanov ilə görüşlər keçirilmişdir.</i>
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr <i>Tədqiqatların müəyyən mərhələsində elmi müzakirə və fikir mübadiləsi məqsədi ilə Karlsruhe İnformasiya Texnologiya İnstitutunun prof. Patrick Theato (Almaniya) və Milli Tsinq Hua Universitetinin professoru İ-Ming Chu (Tayvan) ilə online əlaqələr yaradılmışdır.</i>
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı <i>Layihədən əldə edilən nəticələr layihə üzvü t.e.n. Fariz Əhmədinin elmlər doktoru dissertasiya işinin tədqiqat mövzusunə uyğun gəldiyindən materiallar gələcəkdə dissertasiya işində istifadə olunacaq və bu sahə üzrə iddiaçı tədqiqatlarını davam etdirir.</i>
15	Sərgilərdə iştirak <i>(burada doldurulmalı)</i>
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi <i>(burada doldurulmalı)</i>
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. <i>(burada doldurulmalı)</i>

Layihə rəhbərinin imzası _____ Tapdıqov Şamo Zöhrab oğlu

Tarix _____

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.