



ЦЕМЕНТ-БЕТОН ЖОЛДАРЫНЫҢ САПАСЫН РЕНТГЕНДІК ДИФРАКТОМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ

Галия Асанова^{1,2*}, Қайрат Мұхамбетқалиев^{1,3}, Зәуреш Өмірбекова¹, Бексұлтан
Чугулев^{1,3}, Айшолпан Ибраева¹

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

²Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты

³Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

*Жауапты автор: g.asanova@qazjolgzi.kz

Аңдатпа. Бұл мақалада цемент-бетон жолдарының сапасы мәселесі қарастырылады, ол жол жамылғыларының беріктігі мен сенімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Мақалада Алматы–Қорғас автожолының учаскесінде жарықтар мен қабыршақтану сияқты кең таралған ақаулардың мысалында егжей-тегжейлі талдау ұсынылады. Бұл ақаулар жамылғының жұмыс қасиеттерін айтарлықтай нашарлатып, жол қозғалысы қауіпсіздігін төмендетіп, жолды күтіп ұстау шығындарын арттырады.

Мақалада цемент-бетон қоспасының минералдық құрамын және химиялық сипаттамаларын зерттеу үшін рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістерін қолдану сипатталады. Нәтижесінде барлық үлгілерден бос әк табылды, бұл бетонның гидратация процесінің үдеуі туралы хабар береді. Бұл жағдай бірқатар жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері портландиттің бетон беріктігін ішкі кернеуді арттыру арқылы арттыруға әсер ететіндігі туралы гипотезаны растайды. Бетон бетінде көптеген микро жарықтардың болуы осыны дәлелдейді.

Алынған деректер жабынның беріктігіне әсер ететін негізгі факторларды анықтауға және цемент-бетон ақауларының пайда болуын болдырмау шараларын ұсынуға мүмкіндік береді.

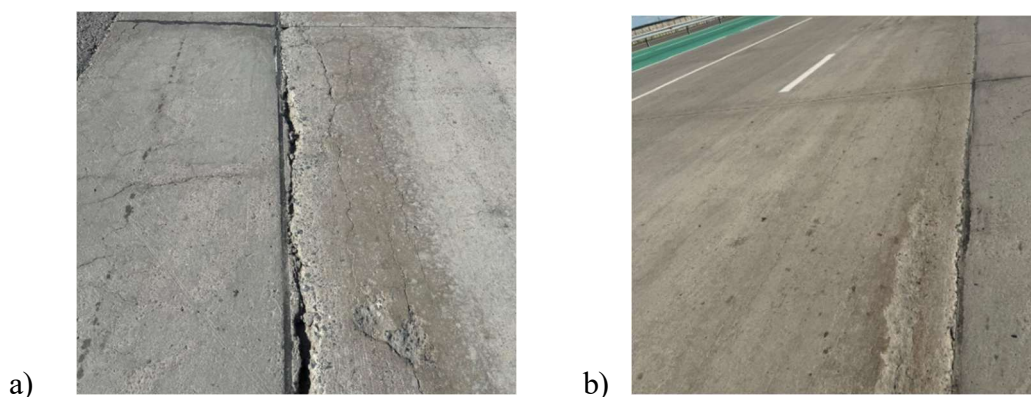
Түйінді сөздер: цемент-бетон жолдары, рентгендік дифракциялық талдау, химиялық талдау, жабын беріктігі, бетон ақаулары.

Кіріспе

Цемент-бетон жолдарының сапасы жол жабынының ұзақмерзімділігі мен сенімділігін анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Пайдалану барысында мұндай жолдар әртүрлі зақым түрлеріне ұшырайды, олардың ішінде жарықтар мен қабыршақтану ең жиі кездесетіндері болып саналады. Цемент-бетон сапасына қатысты мәселелер отандық ғалымдардың бірқатар ғылыми еңбектерінде зерттелген [1–4]. 1-суретте Алматы–Қорғас цемент-бетон жолының бір бөлігіндегі осындай ақаулар көрсетілген. Бұл ақаулар жол жабынының пайдалану сипаттамаларын айтарлықтай нашарлатып, жол қозғалысы қауіпсіздігін төмендетіп, жөндеу мен күтім шығындарын арттыруы мүмкін. Сондықтан жол желісінің жоғары сапасын сақтау үшін жарықтар мен қабыршақтанудың себептерін уақтылы зерттеу мен талдау аса маңызды міндеттер қатарына жатады.

Цемент-бетон жолдарының беткі қабатында жарықтар мен қабыршақтанудың пайда болуы көптеген факторлармен байланысты болуы мүмкін, соның ішінде: көлік құралдарының механикалық жүктемесі, климаттық жағдайлар, құрылыс кезінде пайдаланылған материалдардың құрамы мен сапасы, сондай-ақ төсеу және күтім жасау

технологиялары [5–6]. Мұндай ақаулардың табиғаты мен пайда болу механизмін түсіну оларды алдын алуға және жоюға бағытталған тиімді шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жолдардың қызмет ету мерзімін ұзартып, олардың пайдалану шығындарын азайтады.



Сурет 1 – Жол ақаулары: а) жіңішке жарықтар және б) қабыршақтану

Көлік қозғалысының қарқындылығы мен климаттық өзгерістердің тұрақты артуы жағдайында жол төсемелерінің әртүрлі әсерлерге — механикалық жүктемелерге, температуралық ауытқуларға және химиялық агрессияға — төзімділігін қамтамасыз ету ерекше маңызды болып отыр. Цемент-бетон жабындарының ұзақ мерзімділігіне әсер ететін басты аспектілердің бірі — пайдаланылатын материалдардың құрамы мен құрылымы. Ғалымдардың жинақталған көпжылдық тәжірибесіне сүйене отырып, әртүрлі тәсілдер мен сапалық зерттеу әдістерін қолдану ең дәл нәтижелер алуға мүмкіндік береді [7–8]. Сондықтан жол инфрақұрылымын салу мен пайдалану барысында дәл бағалау және сапаны бақылау маңызды рөл атқарады.

Бұл мақала цемент-бетон жолдарының пайдаланылу барысындағы жай-күйін кешенді зерттеудің бір бөлігін ұсынады, соның ішінде олардың сапасын рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістері арқылы бағалау қамтылған. Зерттеу Алматы–Қорғас автожолының бір бөлігінде жүргізілді, онда талдау үшін өзек үлгілері алынды.

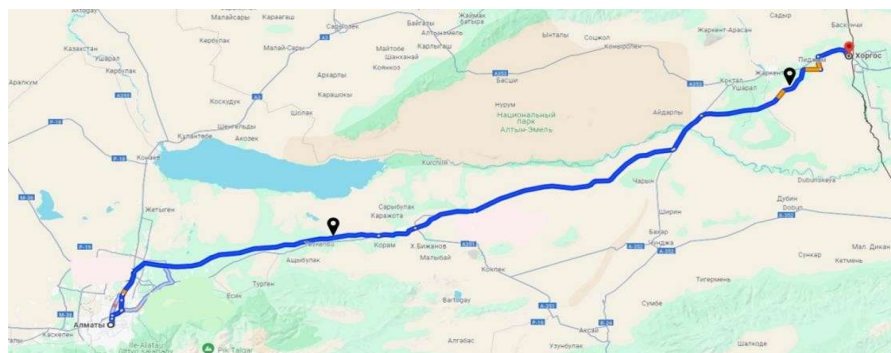
Заманауи талдау әдістері, атап айтқанда рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау цемент-бетон қоспаларының минералдық құрамы мен химиялық сипаттамаларын егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді. Рентгендік дифрактометриялық талдау материалдардың кристалдық құрылымы туралы ақпарат беріп, фаза құрамын анықтауға және олардың мөлшерін бағалауға жол ашады. Ал химиялық талдау бетонның қасиеттеріне әсер ететін негізгі оксидтер мен басқа да химиялық компоненттердің құрамын анықтауға мүмкіндік береді.

Мақалада цемент-бетон жолдарының сапасын рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістері арқылы бағалауға бағытталған зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыстың мақсаты – жол жабынының беріктігі мен пайдалану сипаттамаларына әсер ететін негізгі факторларды анықтау және цемент-бетондағы ақаулардың пайда болуын болдырмауға бағытталған ұсынымдар әзірлеу. Бұл зерттеудің нәтижелері жол инфрақұрылымының сапасы мен сенімділігін арттыруға ықпал етеді, бұл өз кезегінде тас жолдарда қауіпсіз және тұрақты көлік қозғалысын қамтамасыз ету үшін маңызды.

Әдістеме

Цемент-бетонға зерттеулер Алматы–Қорғас тас жолының қолданыстағы бөлігінде (108 және 305 км) жүргізілді. Жол құрылысын бағалау үшін зерттеліп жатқан жол бөлігінің

әртүрлі орындарынан керн үлгілері алынды. Жол учаскелерінің орналасуы **2-суретте** көрсетілген.



Сурет 2 – Керн үлгілері алынған орындардың орналасуы

Цемент-бетонның минералогиялық және химиялық құрамы жол жабынының сапасы мен күйін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер ретінде пайдаланылды.

Зерттеу жұмыстары келесі ретпен жүргізілді:

- зерттеліп жатқан жол учаскесінде керн үлгілерін бұрғылау;
- цемент-бетонға рентгендік дифрактометриялық талдау жүргізу;
- цемент-бетонға химиялық талдау жүргізу;
- нәтижелерді өңдеу және талдау.

Керн үлгілерін бұрғылау ішкі диаметрі 100 мм болатын алмас тісті өзекқашар арқылы жүзеге асырылды (3-сурет).



Сурет 3 – Керн үлгілерін алу: а) K1 – 108 км қашықтықтағы керн және б) K2 – 305 км қашықтықтағы керн.

Цементбетон үлгілеріне рентгендік дифрактометриялық талдау олардың минералогиялық құрамын, фазалық құрамын және кристалдық құрылымын анықтау мақсатында жүргізілді. Рентгендік дифракциялық талдау автоматтандырылған DRON-3 дифрактометрінде $\text{CuK}\alpha$ сәулеленуі және β -сүзгі көмегімен орындалды.

Диффрактограмма түсіру шарттары:

- кернеу $U = 35 \text{ кВ}$;
- ток $I = 20 \text{ мА}$;
- түсіру әдісі – θ - 2θ ;
- детектордың айналу жылдамдығы – 2 град/мин .

Жартылай сандық рентгендік фазалық талдау ұнтақ үлгілердің дифрактограммалары негізінде, тең мөлшерлеу әдісі мен жасанды қоспалар қолданылып жүргізілді. Дифрактограммаларды интерпретациялау ICDD деректер картотекасы негізінде: PDF-2 Powder Diffraction File (2022 ж.) және HighScorePlus бағдарламалық жасақтамасы көмегімен жүзеге асырылды.

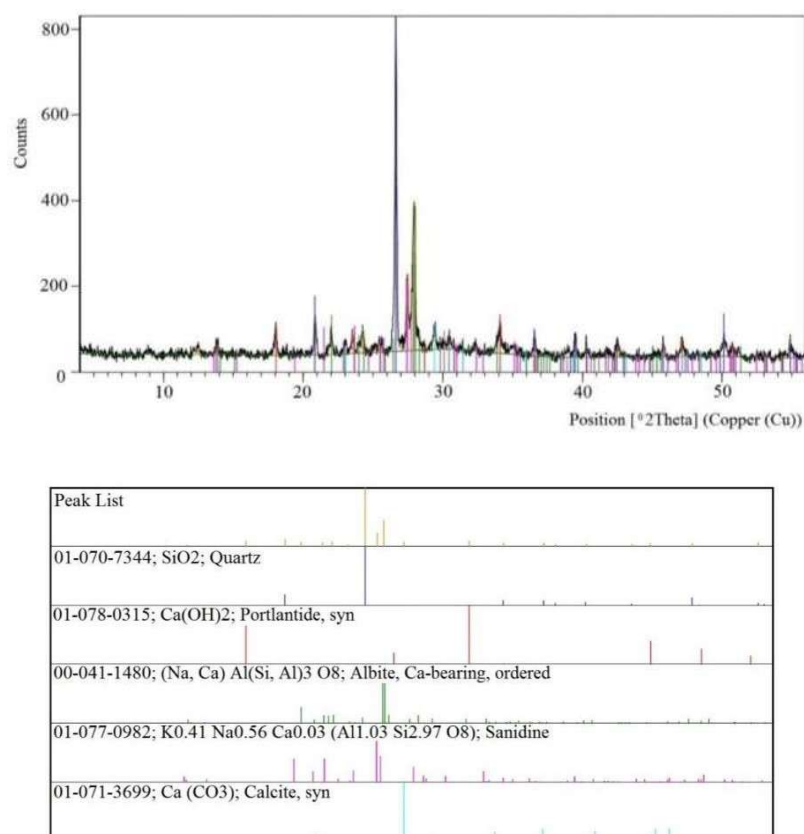
Цементбетонның химиялық құрамы мен барлық құрамдас бөліктердің концентрациясын анықтау үшін химиялық талдау жүргізілді. Химиялық талдау – арнайы жабдықты қажет ететін, еңбек сыйымдылығы жоғары процесс. Алынған нәтижелердің интерпретациясы цементтің және цементбетон құрамындағы әртүрлі толтырғыштардың сапасын бағалауға, сондай-ақ құрылыс технологиялық процесінің талаптарға сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және талқылау

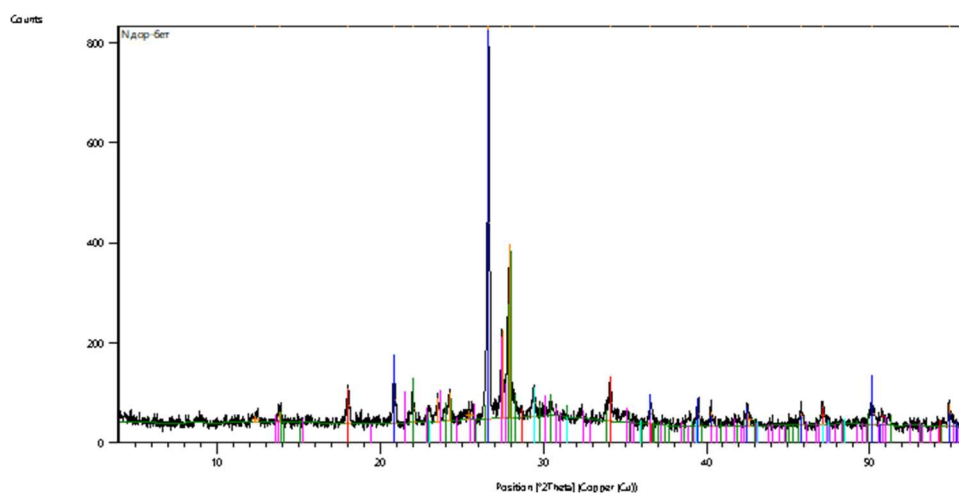
1-кестеде цементбетон құрамындағы ықтимал қоспалар көрсетілген, олардың мөлшерінің аздығына, тек 1–2 дифракциялық шыңдардың болуына немесе әлсіз кристалдануына байланысты анықтау күрделі. 4-сурет пен 5-суретте К1 және К2 цементбетон үлгілерінің дифрактограммалары берілген. Кристалдық фазалардың жартылай сандық талдау нәтижелері де 2-кестеде келтірілген.

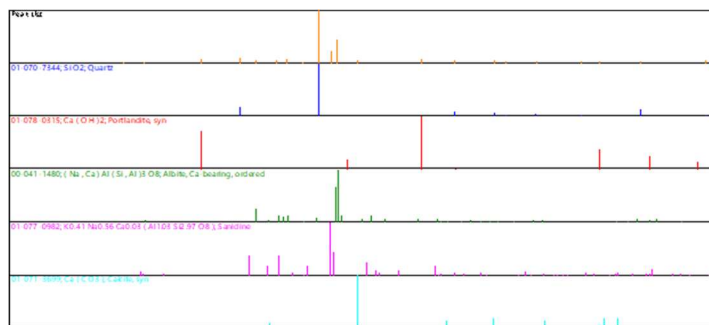
1-кесте – Үлгілердің аралық жазықтық арақашықтығы және фазалық құрамы

Позиция [2 θ .]	d-арақашықтық [Å]	Салыстырмалы интенсивтілік [%]	Сәйкес тендірілген дереккөз
12.3755	7.15251	1.75	
13.8156	6.41003	2.58	00-041-1480; 01-077-0982
18.0506	4.91456	9.08	01-078-0315
20.8626	4.25805	11.78	01-070-7344
22.0245	4.03599	7.22	00-041-1480
23.5481	3.77819	6.22	00-041-1480; 01-077-0982
24.2584	3.66914	7.40	00-041-1480
25.4115	3.50520	2.56	00-041-1480; 01-077-0982
26.6386	3.34645	100.00	01-070-7344; 00-041-1480
27.4953	3.24410	22.59	01-077-0982
27.9583	3.19142	44.20	00-041-1480; 01-077-0982
29.4228	3.03583	6.76	01-071-3699
34.0988	2.62946	9.30	01-078-0315; 00-041-1480
36.5778	2.45675	5.30	01-070-7344; 01-078-0315; 00-041-1480; 01-077-0982
39.4863	2.28223	5.84	01-070-7344; 00-041-1480; 01-077-0982; 01-071-3699
40.3198	2.23696	3.49	01-070-7344; 01-077-0982
42.5440	2.12502	3.44	01-070-7344; 00-041-1480
45.8102	1.98083	3.36	01-070-7344; 00-041-1480
47.1230	1.92866	4.89	01-078-0315; 01-071-3699
50.1556	1.81893	5.10	01-070-7344
54.8632	1.67347	6.00	01-070-7344



Сурет 4 – К1 цемент-бетон үлгісінің дифрактограммасы





Сурет 5 – К2 цемент-бетон үлгісінің дифрактограммасы

2 кесте – Кристалдық фазалардың жартылай сандық талдауының нәтижелері

Анықтама коды	Қосылыс атауы	Химиялық формула	Минерал атауы	RIR	Жартылай Сандық [%]
01-070-7344	Silicon Oxide	SiO ₂	Quartz	3.050	29
01-078-0315	Calcium Hydroxide	Ca (OH) ₂	Portlandite, syn	3.460	3
00-041-1480	Sodium Calcium Aluminum Silicate	(Na , Ca) Al (Si , Al) ₃ O ₈	Albite, Ca-bearing, ordered	1.060	36
01-077-0982	Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	K _{0.41} Na _{0.56} Ca _{0.03} (Al _{1.03} Si _{2.97} O ₈)	Sanidine	0.600	31
01-071-3699	Calcium Carbonate	Ca (CO ₃)	Calcite, syn	3.230	2

Рентгендік дифрактометриялық талдау нәтижелері зерттелген учаскелерден алынған барлық сынамаларда бос әк (еркін әк) бар екенін көрсетеді. Оның болуы бетонның гидратация процесінің жеделдеуін білдіреді, бұл бірқатар теріс салдарларға әкеледі.

Цементтің гидратация процесі келесі кезеңдерде жүреді. Бетонның бастапқы беріктігі сілтілік орта мен алюминий оксиді Al₂O₃ өзара әрекеттесуінің арқасында қамтамасыз етіледі, содан кейін бос әк Ca(OH)₂ (сілті) химиялық реакциядан басқа минералогиялық күйге өтеді. Кейінгі беріктік SiO₂, кальций оксиді және гипстің жұмысы мен олардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде қалыптасады. Егер 28 күн қатуынан кейін сынама салынған судың рН көрсеткіші сілтілік орта болса, бос әктің миграциясы және қабыршақталу қаупі бар. Егер цемент құрамындағы Al₂O₃ мөлшері 3-тен 8%-ға дейін болса, беріктік пен ішкі кернеу (қаттылық) артады. Нәтижесінде келесі теріс салдарлар байқалады: жарықтар, сынықтар, қабыршақтану және бұралу; Al₂O₃ толық гидратацияланғаннан кейін бетонның ішкі қабыршақтануы мен бұзылуы жүреді. Бұл әсерлер су әсеріне және цементтегі Al₂O₃ мөлшеріне байланысты. Ішкі бұзылулар бос әктің SiO₂-ге әсерінен пайда болады, ал бетонның ішкі кернеуінен термиялық кеңеюі артады.

3-кесте мен 4-кестеде цемент-бетон сынамаларының элементтері мен оксидтерінің химиялық құрамы көрсетілген.

3 кесте – Элементтер бойынша химиялық құрамы

Spectrum	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Result
Average	53.63	1.95	0.81	4.64	19.00	0.73	1.69	14.70	0.21	2.64	100.00

4 кесте – Оксидтер бойынша химиялық құрамы

Spectrum	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Na ₂ O	Result
Average	3.05	1.60	10.49	49.67	2.33	2.52	25.68	0.44	4.21	3.05	100.00

Қазақстан Республикасының 218-127-2016 «Қазақстанның климаттық жағдайларын ескере отырып, цемент-бетон автожол жабындарының рационалды құрамы бойынша ұсыныстар» нормативтік құжатының 4.1 тармағына сәйкес, портландцементтегі алюминий оксидінің мөлшері 4%-дан 8%-ға дейін болуы тиіс, ал диаграммаға сәйкес химиялық құрамы бойынша лабораториялық тәжірибелерде бұл көрсеткіш 10%-дан жоғары болып отыр.

Қорытынды

Мақалада ұсынылған жүргізілген зерттеулер портландиттің (Ca(OH)₂) бетонның ішкі кернеуін арттыру арқылы беріктіктің артуына әсер ететіні гипотезасын растайды, бұл бетонның беріктігінің артуымен қатар оның сынғыштығының жоғарылауына әкеледі. Бұл нәтиже бетон жабын бетінде көптеген микро жарықтардың болуы арқылы расталады. Рентгендік фазалық талдау бойынша, әртүрлі учаскелердегі портландит мөлшері 3-тен 5%-ға дейін өзгеріп, оның белсенділігін көрсетеді. Мақалада бетон құрылымындағы алюминий оксидтерінің автожолдардың жағдайына әсері қарастырылады. Портландит пен алюминий оксидтерінің мөлшері жоғары учаскелерде цемент-бетон жабын бетінде цемент-бетон жабынның жоғары ішкі кернеуінен туындаған көп мөлшерде жіңішке жарықтар пайда болады, сондықтан жүйелі динамикалық жүктемелер әсерінен цемент-бетон жабын біртіндеп бұзылады, оның беріктігі төмендейді.

1. Алюминий оксидінің салыстырмалы түрде төмен, ал портландиттің жоғары мөлшердегі үлгілердің нәтижелері цемент-бетон жабын бетінің коррозиясына әкеледі, бұл процесс жаңбыр суы әсерінен портландиттердің бетон денесі арқылы миграциялануымен байланысты, ал алюминий оксидтері толық гидратацияланғандықтан, портландит тұздарды қосылыстарға байланыстырып, бетон жабын бетіне шығып, беттің қабатталуына (пилинг) себепші болады. Беттің қабатталуы су көп жиналатын немесе су әсері үнемі болатын жерлерде пайда болады. Алынған нәтижелерге сәйкес, жабындының қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретін негізгі аспектілерді анықтап, бетон құрамына деген көзқарасты өзгерту қажет:

2. Цемент байлағышының иілу беріктігіне қойылатын талаптарды белгілеу ұсынылады.

3. Цемент-бетон жолдар үшін цемент байлағышындағы алюминий оксидтерінің мөлшеріне қатаң талаптар қою қажет.

4. Үлгілердің сутегі индексі бақылауды қамтамасыз ету қажет, оның үшін үлгілер орналастырылған судың рН көрсеткішін өлшеу керек. Қышқылдықтың жоғарылауы сілтілік заттардың болуын көрсетеді, бұл ішкі кернеуді арттырады және жабын бетінің қабатталуына әкеледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Жол құрылысына арналған бетонның беріктік сипаттарына кешенді қоспаның әсері / Г. Рахимова, Г. Славчева, М. Айсанова, М. Рахимов, Е. Ткач // *International Journal of GEOMATE*. — 2023. — Т. 25, № 110. — Б. 243–250. <https://doi.org/10.21660/2023.110.3934>
2. Терең оқыту әдістері мен термиялық инфрақызыл спутниктік суреттерді пайдаланып, бұрын жасалған бетон ғимараттардың құрылымдық жағдайын инновациялық бағалау құралы / М. Каргин, Р. Лукпанов, А. Серенков, Ю. Шаймагамбетов, Ж. Каргин, Р. Гарсия, И. Лаори // *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. — 2023. — Т. 13, № 2–3. — Б. 561–578. <https://doi.org/10.1007/s13349-022-00655-4>
3. Тест аппаратының көмегімен топырақта профильдері өзгертін тіректердің жүктеме көтеру қабілетін статикалық сынақ модельдері арқылы бағалау / Р. Лукпанов, С. Еңкебаев, З. Жантлесеова, Д. Дүссембинов, А. Алтынбекова, Р. Рахимов // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. — 2024. — Т. 2, № 1(128). — Б. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301421>
4. Екі сатылы көбік енгізу әдісі мен модификацияланған қоспаның көбік бетонның жұмыс істеу қасиеттеріне әсерін зерттеу / Р. Лукпанов, Д. Дүссембинов, А. Алтынбекова, С. Еңкебаев, А. Жұмағұлова // *Materials*. — 2024. — Т. 17, № 9. <https://doi.org/10.3390/ma17092024>
5. Ұсақ бөлшектелген қоспалары мен суперпластификаторы бар өздігінен тығыздалатын бетон / Д.С. Дүссембинов, Т. Авад, Ю.Ю. Сабитов, А.А. Жұмағұлова, Ж.А. Шахмов, Ж. Қалиева, Д.О. Базарбаев // *Magazine of Civil Engineering*. — 2023. — Т. 123, № 7. <https://doi.org/10.34910/MCE.123.6>
6. Қазақстандағы жол және негіздегі температура мен ылғалдылықты бақылау / Б.Б. Телтаев // *Smart Geotechnics for Smart Societies*. — 2023. — Б. 92–101. <https://doi.org/10.1201/9781003299127-8>
7. Әртүрлі әдістерді пайдаланып, гетерогенді топырақ жағдайларында тіректердің статикалық және динамикалық сынақ кешені / Р.Е. Лукпанов, Д.В. Цыгулұев, С.Б. Еңкебаев, Д.С. Дүссембинов // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2022. — Т. 182. — Б. 239–246. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_21
8. Көп қабатты жол құрылымының уақытша температура режимін модельдеу / М.З. Журинов, Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Г. Лопренчипе, К.Б. Тілеу // *Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабарлары, Геология және техникалық ғылымдар сериясы*. — 2022. — Т. 1, № 451. — Б. 175–180. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.155>

Авторлар туралы мәліметтер (үш тілде):

Ғалия Асанова – Директордың орынбасары, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Алматы, Қазақстан, g.asanova@qazjolgzi.kz

Галия Асанова – Заместитель директора, АО «КаздорНИИ», Алматы, Казахстан, g.asanova@qazjolgzi.kz

Galiya Asanova – Deputy Director, JSC “KazdorNII”, Almaty, Kazakhstan, g.asanova@qazjolgzi.kz

Қайрат Мұхамбетқалиев – к.т.н., Ғылыми зерттеу және дамыту орталығының меңгерушісі, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Кайрат Мухамбетқалиев – Руководитель Научного центра развития и инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Kairat Mukhambetkaliyev – Head of the Research and Development Center, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Зәуреш Өмірбекова – Жаңа технологиялар бөлімінің басшысы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Зауреш Омирбекова – Руководитель отдела новых технологий, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Zauresh Omirbekova – Head of the New Technologies Department, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Бексұлтан Чугулев – Сынақ зертханасының жетекші инженері, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, beksultan_d@mail.ru

Бексұлтан Чугулев – Ведущий инженер испытательной лаборатории, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, beksultan_d@mail.ru

Beksultan Chugulev – Lead Engineer of the Testing Laboratory, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, beksultan_d@mail.ru

Айшолпан Ибраева – Ғылым және инновацияларды дамыту департаментінің маманы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Айшолпан Ибраева – Специалист департамента науки и развития инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Aisholpan Ibraeva – Specialist of the Department of Science and Innovation Development, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Авторлардың үлесі (әр автордың тиісті үлесін көрсетіңіз):

Автор 1 – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Автор 2 – тұжырымдама, әдістеме, талдау, интерпретация, редакциялау.

Автор 3 – ресурстар, қаржыландыру алу, редакциялау.

Автор 4 – модельдеу, талдау, визуализация, мәтінді дайындау.

Автор 5 – деректерді жинау, тестілеу.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану: Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект пайдаланылған жоқ.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОГ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Галия Асанова^{1,2}, Кайрат Мухамбеткалиев^{1,3}, Зауреш Омирбекова¹, Бексултан
Чугулев^{1,3}, Айшолпан Ибраева¹

¹АО «Казахский дорожный научно-исследовательский институт», Астана,
Казахстан

²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва

*Корреспондент автор: g.asanova@qazjolgzi.kz

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема качества цементобетонных дорог, играющая важную роль в обеспечении прочности и надежности дорожных покрытий. Представлен детальный анализ на примере распространенных дефектов трещин и шелушения на участке автодороги Алматы–Хоргос. Эти дефекты существенно ухудшают эксплуатационные характеристики покрытия, снижают безопасность дорожного движения и увеличивают затраты на его содержание. В работе описано применение методов рентгеновского дифрактометрического и химического анализа для исследования минерального состава и химических характеристик цементобетонной смеси. В результате во всех образцах была обнаружена свободная известь, что свидетельствует об ускорении процесса гидратации бетона. Это может привести к ряду негативных последствий. Полученные результаты подтверждают гипотезу о влиянии портландита на прочность бетона за счёт увеличения внутренних напряжений. Наличие многочисленных микротрещин на поверхности бетона служит доказательством этого.

Полученные данные позволяют выявить основные факторы, влияющие на прочность покрытия, и предложить меры по предотвращению возникновения дефектов цементобетонных дорог.

Ключевые слова: цементобетонные дороги, рентгеновский дифракционный анализ, химический анализ, прочность покрытия, дефекты бетона.

ASSESSMENT OF CEMENT-CONCRETE ROAD QUALITY USING X-RAY DIFFRACTOMETRY AND CHEMICAL ANALYSIS

Galiya Asanova^{1,2*}, Kairat Mukhambetkaliyev^{1,3}, Zauresh Omirbekova¹, Beksultan
Chugulyov^{1,3}, Aisholpan Ibrayeva¹

¹Kazakh Road Research Institute JSC, Astana, Kazakhstan

²L. B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute

³L.N. Gumilyov Eurasian National University

*Corresponding author: g.asanova@qazjolgzi.kz

Abstract. This article addresses the issue of cement-concrete road quality, which plays a crucial role in ensuring the strength and reliability of road pavements. A detailed analysis is presented based on common defects—cracking and scaling—observed on a section of the Almaty–Khorgos highway. These defects significantly deteriorate pavement performance, reduce traffic safety, and increase maintenance costs. The paper describes the use of X-ray diffractometry and chemical analysis methods to study the

mineral composition and chemical characteristics of the cement-concrete mixture. As a result, free lime was detected in all samples, indicating an acceleration of the concrete hydration process. This condition can lead to a number of adverse consequences. The findings confirm the hypothesis that portlandite can affect concrete strength by increasing internal stresses. The presence of numerous microcracks on the concrete surface supports this conclusion. The obtained data make it possible to identify the key factors affecting pavement strength and propose measures to prevent the occurrence of cement-concrete defects.

Keywords: cement-concrete roads, X-ray diffraction analysis, chemical analysis, pavement strength, concrete defects.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).