

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ НА РОЗТЯГ

THE PROBLEM OF INCREASING THE TENSILE STRENGTH OF ROAD CONCRETE

Толмачов С.М., д.т.н., проф., Рідкозубов О.О., к.т.н., доц., Захаров Д.С., аспірант (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)

Tolmachov S.M., Doctor of Technical Sciences, Prof., Ridkozubov O.O., candidate of technical sciences, Associate Prof., Zakharov D.S., postgraduate (Kharkov national automobile and highway university, Kharkiv)

У статті показана необхідність підвищення міцності дорожнього цементного бетону на розтяг. Наведено кілька способів підвищення міцності на розтяг. Показано, що підвищення міцності при розтягуванні - це шлях можливого вирішення проблеми підвищення довговічності.

The article shows the need to improve the tensile strength of cement road concrete. Here are a few ways to increase the tensile strength. It is shown that an increase in tensile strength - this is the way to solve the problem of possible increase durability. Shown in the article problems require further analysis, search of new and improvement of existing methods of increasing the strength of the road concrete on a stretching at a bend, as a decisive factor in its durability. Studies were conducted of the change in strength of specimens of fine concrete in various stages of hardening on activated very fine quartz sand with a content of silty-clay particles.

Ключові слова: дорожній цементний бетон, міцність на розтяг, зона контакту, структура бетону

Keywords: road concrete, tensile strength, contact zone, structure of concrete

Вступ. Численні дослідження різних вчених показали, що руйнування дорожніх і аеродромних цементних бетонів обумовлено розтягуючими напруженнями. У випадку, якщо міцність зони контакту «цементний камінь-заповнювач» або міцність самого цементного каменю, менше, ніж виникають внутрішні напруження розтягу, відбувається руйнування бетону. В умовах «вільного» (без обтиснення) прикладання стискаючого навантаження руйнування також походить від розтягуючих напружень. Розтягуючи навантаження при експлуатації дорожніх бетонів виникають при проїзді транспорту, при гальмуванні і наборі швидкості. Навіть при стоянці автомобіля, якщо вважати, що монолітний бетон розбитий на окремі плити, які спираються по контуру, розтягуючи напруження виникають і від статичного навантаження. Враховуючи, що в останні роки підвищенню міцності бетону на розтяг (або розтяг при згині) дослідники приділяють мало уваги, актуальними є дослідження, які спрямовані на підвищення саме цих механічних властивостей дорожнього бетону.

Огляд останніх досліджень. Торкаючись основних причин руйнування дорожніх бетонів, Р.Я. Лівша зі співробітниками зазначив, що тільки за останні 10 років інтенсивність руху на дорогах України зросла настільки, що в 1,5 - 3 рази перевищує допустиму для даних категорій доріг інтенсивність [1]. Дослідження показали, що однією з головних причин руйнування покриття дороги є дія температури в момент, коли бетон знаходиться у водонасиченому стані. У осінньо-зимово-весняний період при заморожуванні води виникає кристалізаційний тиск льоду, який приводить до значних внутрішніх напружень. У літній період до цього ж приводять набухання і усадка. Розтягуючи деформації, що виникають при таких впливах, викликають появу тріщин, руйнування швів, лущення і викришування дорожнього бетону.

Й. Фунакосі пропонує оцінювати експлуатаційні властивості дорожніх покриттів за кількома показниками [2], одним з них є зносостійкість, яка характеризує опір тріщиноутворенню і деформаціям згину та розтягу.

Як зазначає О.В. Ушеров-Маршак, найбільшою ефективністю для підвищення якості бетону мають заходи, які спрямовані на поліпшення структури бетону, зокрема, зміни характеру капілярної пористості у всьому масиві бетону [3]. Про це ж свідчать

дослідження І.М. Грушко, в яких також відзначена можливість отримання бетонів високої міцності на розтяг, щільності, водонепроникності і зниженою стиранистю за рахунок зміни характеру пористості, наприклад, введенням до складу бетону хімічних і мінеральних добавок. У той же час, в роботі [4] показано, що структура порового простору, щільність і проникність бетону залежать від процесів, які відбуваються під час твердіння бетону.

Багаторічні дослідження, які були проведені на кафедрі технології дорожньо-будівельних матеріалів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету під керівництвом І.М. Грушко [5] показали, що міцність бетону при розтягу можна виразити формулою:

$$R_p = A_1 A_2 A_3 R_{ц} ,$$

де $R_{ц}$ - активність цементу; A_1 ; A_2 ; A_3 - показники, що враховують якість макро-, мезо- і мікроструктури бетону.

Тому змінюючи показники якості кожного рівня структури бетону можна направлено впливати на міцність бетону в цілому, і, в першу чергу, на міцність при розтягу. Відомо, що руйнування бетону обумовлено трьома причинами: низькою міцністю зони контакту «цемент-заповнювач», низькою міцністю самого великого заповнювача або низькою міцністю цементного каменю. Найбільш слабкою ланкою є міцність зони контакту, зміцнити яку можна попередньою обробкою заповнювачів розчинами солей, кислот або лугів. При такій обробці змінюється (або посилюється) знак заряду поверхні заповнювача і забезпечується підвищення якості зони контакту.

Механізм цього можна викласти таким чином [6]. Гідратація поверхні кварцу визначається розташуванням кремнікисневих тетраедрів поверхневого шару, які характеризуються наявністю некомпенсованих валентностей. Компенсування атомів кисню тетраедрів SiO_4 зазвичай відбувається за рахунок гідроксилювання поверхні кварцового заповнювача. Зазначена будова поверхні кварцу визначає і його електрокінетичний потенціал при контакті з водою. Гідроксильні групи частково дисоціюють, при цьому віддають у водну фазу іон водню, поверхня при цьому заряджається негативно. Тому, на поверхні кварцу адсорбуються переважно позитивно заряджені продукти гідратації цементу - гідроалюмінати

або гідросульфоалюмінати кальцію. Якщо перезарядити поверхню кварцу, то можна забезпечити коагуляцію негативно заряджених гелевих частинок гідросилікатів. Менші розміри цих частинок (у порівнянні з кристалогідратами) забезпечать щільну структуру зони контакту.

Перезарядку поверхні кварцу можна забезпечити шляхом змочування його розчинами електролітів, які містять іони полівалентних металів. Оптимальна концентрація розчинів для обробки може визначатися на підставі оцінки електрокінетичного потенціалу заповнювача. В результаті проведених експериментів [6] встановлена залежність зміни міцності дрібнозернистих цементних бетонів з активованим заповнювачем від концентрації обробляючих розчинів електролітів і величини дзета-потенціалу кварцового піску.

Результати досліджень. Були проведені дослідження зміни міцності зразків із дрібнозернистого бетону в різні терміни твердіння на активованому дуже дрібному кварцовому піску з вмістом 12 % пилувато-глинистих частинок (табл. 1). Оскільки випробування на чисте розтягування бетону являє значні труднощі, то зазвичай для оцінки стійкості бетонів на розтяг досліджують розтяг при згині. Активацію проводили 0,01 % розчином $AlCl_3$.

Таблиця 1

Міцність бетонів

Склад	Міцність при стиску / при згині, МПа					
	Доби					
	3	7	14	28	90	180
Контрольний	7,5/1,4	12,4/1,9	20,2/2,9	25,8/3,6	26,7/3,9	27,1/4,1
На активованому заповнювачі	16,9/2,2	23,2/3,1	30,1/4,3	33,6/4,9	34,9/5,4	35,5/5,7

Кінетика зміни міцності бетону на активованому заповнювачі показує, що підвищення міцності у початковий період твердіння (до 14 діб) відбувається інтенсивно, тому бетонні зразки у цьому віці набирають до 75 % марочної міцності. Після 28 діб твердіння в нормальних умовах міцність збільшується незначно.

На підставі отриманих даних можна встановити вплив добавок, що вводяться у бетонну суміш на якість структури бетону. Для цього необхідно оцінити коефіцієнт дефектності структури, що приймається як відношення міцності при стиску до міцності при згині (по І.М. Грушко). Коефіцієнт дефектності структури до 28 діб твердіння в бетонах з обробленим заповнювачем складає 6,9, а у контрольних зразків 7,2. Отримані дані свідчать про те, що бетон на активованому заповнювачі має більш однорідну структуру з меншою дефектністю.

Крім того, таке значне підвищення міцності бетону на розтяг при згині (на 40...60 %) і зниження коефіцієнта дефектності структури бетону свідчить про значне зміцнення зони контакту. Підвищення міцності зони контакту дозволяє підвищити опір бетону дії розтягуючих напружень на рівні мезо- і макроструктури.

Ще одним ефективним способом впливу на структуру дорожнього бетону з метою підвищення його міцності на розтяг при згині є введення різного роду фіброволокон. Враховуючи, що металева фібра може після ущільнення знаходитися на поверхні і становити небезпеку для проїзду транспорту, найбільш придатною є полімерна або базальтова фібра.

Дослідження різних авторів показують, що існує різні думки з приводу фізико-механічних характеристик фібробетонів. Зокрема висловлюється думка про те, що при введенні фібри міцність бетонів при стиску знижується. Однак немає сумніву в тому, що практично всі інші характеристики фібробетонів перевершують характеристики бетонів без фібри. Це відноситься до міцності на розтяг при згині, ударної стійкості, зносостійкості, морозо- і корозійної стійкості. Наші дослідження показали, що при введенні в бетонну суміш, наприклад, поліпропіленової фібри виробництва ТОВ «Спецснаб», м. Дніпропетровськ відбувається підвищення міцності на розтяг при згині, а міцність бетонів при стиску в розглянутому діапазоні кількості фібри практично залишається незмінною (табл. 2). У бетоні використовували щебінь фракції 5-10 мм в кількості 1280 кг/м³, пісок кварцовий з Мкр = 2,2 в кількості 600 кг/м³, цемент ПЦ І – 500 Н в кількості 380 кг/м³, а також суперпластифікатор Fk 88 виробництва фірми MC Bauchemie, Німеччина.

Цікаво, що найкращі результати отримані при введенні в суміш 1 кг фібри. При подальшому збільшенні її кількості (більше 1 кг)

відбувається зниження показників. Міцність фібробетонів на розтяг при згині зростає у порівнянні з бетонами без фібри на 40 %. Приблизно на стільки ж поліпшується коефіцієнт дефектності структури бетону.

Ці та інші дослідження фібробетонів, у тому числі піщаних, які були проведені нами, свідчать про ефективність застосування полімерних фібр для підвищення міцності важких бетонів на розтяг при згині.

Таблиця 2

Властивості фібробетонів з полімерними волокнами

№ з/п	Найменування бетону	Кількість фібри, кг/м ³	Показники міцності, МПа у віці 28, діб	Кдеф.
			$R_{згин} / R_{стиск}$	$R_{стиск} / R_{згин}$
1	Контрольний, без фібри	-	4,9/44,0	8,98
2	З фіброю	0,6	6,0/44,2	7,36
3	З фіброю	1,0	6,9/45,4	6,58
4	З фіброю	1,4	6,5/43,0	6,62

Існують також і інші методи підвищення міцності бетону на розтяг і розтяг при згині. До них відносяться різні види фізико-механічної активації бетонної суміші та бетону. Однак, як показує практика дорожнього будівництва, зазначені методи досі не знаходять застосування. Не зовсім зрозуміле питання з впливом суперпластифікаторов (СП) на зростання міцності бетонів на розтяг. Всім відомо, що введення СП приводить до зростання міцності бетону на стиск на 30...60 % і більше. Але міцність на розтяг при згині у цьому випадку (за даними ряду авторів) зростає не більше, ніж на 20...40 %, тобто в меншій мірі. Якщо аналізувати різницю у приростах міцностей, то виникає висновок про те, що при введенні СП, незважаючи на зростання міцностей, формується більш дефектна структура бетону, тому підвищується коефіцієнт її дефектності. Найголовнішою перешкодою спрямованого підвищення міцності бетонів на розтяг є відсутність аналізу ефективності методів впливу, що застосовуються і, власне, необхідності їх прикладання. Це є прямим порушенням «принципу

відповідності», який було запропоновано О.П. Мчедловим-Петросяном. Відсутність наукового підходу до вибору методів впливу приводить до хаотичного прикладання різних активаційних прийомів, які протидіють між собою.

Висновок. Висловлені в статті проблеми вимагають подальшого аналізу, пошуку нових і вдосконалення існуючих способів підвищення міцності дорожніх бетонів на розтяг при згині, як вирішального чинника його довговічності.

1. Лівша Р. Я. Сумісний вплив вологості й температури на поздовжню стійкість монолітних цементобетонних покриттів / Р. Лівша, М. Ольховик, Н. Васьків // Автомобільні дороги й дорожнє будівництво. – 2004. – Вип. 72. – С. 47 - 52.

2. Фунакоси Йоити. Метод оценки дорожных покрытий / Й. Фунакоси // Roads and Road Construction. – 1981. – № 484. – Р. 81 – 82.

3. UsheroV-Marshak A.V. DSK investigation and analysis of ice formation in capillary-porous materials / A.V. UsheroV-Marshak, V.P. Sopov, O.A. Zlatkovski // Proc. ESTAC-7. - Balatonfurd. Hungary. - 1998. - P. 158.

4. Грушко И.М. Довговічність бетону при спільній дії середовища та механічного навантаження / И.М. Грушко, Е.Б. Киреева // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1978. – № 23. - С. 64 – 68.

5. Грушко И.М. Прочность бетонов на растяжение / И.М. Грушко, А.Г. Ильин, С.Т. Рашевский. - Х.: изд-во ХГУ, 1973. - 156 с.

6. Ольгинский А.Г. Регулирование прочности мелкозернистых цементных бетонов по электрокинетическому потенциалу заполнителя / А.Г. Ольгинский, А.А. Редкозубов // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета, Выпуск №3. – Харьков, 1996. – С. 42 - 45.