

7. Авакян В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно - геодезических работ. / В.В.Авакян. – М. Инфра – инженерия. 2016. – 588 с.

8. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. / А.П.Ворошилов. Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. 163 с.

УДК 625.02:625.852.061

Федоренко О.В., м. Київ, Укравтодор

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЦЕМЕНТОБЕТОННІЙ ОСНОВІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Незважаючи на широке застосування асфальтобетонних шарів у дорожньому будівництві і великий досвід підвищення їх якості, руйнування у вигляді поперечних тріщин при зниженні температури залишаються одними із найбільш поширених. Поява температурних тріщин є джерелом подальшого руйнування як самих асфальтобетонних шарів так і всього дорожнього одягу.

Забезпечення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних шарів на жорсткій основі є важливою задачею при будівництві вулиць і доріг. Особливу актуальність це питання набуває у зв'язку із збільшеною потребою в реконструкції або ремонті існуючого старого покриття, що вже має поперечні температурні тріщини. В такому випадку швидко

з'являються копіюючі температурні тріщини в асфальтобетонних шарах над існуючими температурними швами цементобетонних плит.

Виконані наукові дослідження та практичний досвід останніх років показали, що підвищення довговічності асфальтобетону може бути досягнуто шляхом його макроармування із застосуванням синтетичних сіток та використання асфальтобетонів на бітумі модифікованому комплексними полімерами. Це забезпечує підвищення його міцності на розтяг і покращує здатність сприймати розтягуючі температурні напруження. Завдяки цьому збільшується опір асфальтобетонних шарів розтягуючим напруженням, що сприяє підвищенню їх температурної тріщиностійкості.

Однак до цього часу відсутній науково обґрунтований метод розрахунку довговічності асфальтобетонного покриття на жорсткій основі автомобільних доріг від спільної дії навантаження транспортних засобів, зміни річної, сезонної та добової температури, а також за рахунок армованих асфальтобетонних шарів з використанням бітумів модифікованих комплексними полімерами.

Тому в даній роботі буде приводитись розрахунок температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на цементобетонній основі автомобільних доріг. Тому для вирішення цієї проблеми були поставлені такі завдання:

- провести аналіз умов роботи асфальтобетонних шарів на жорсткому дорожньому одязі;

- розробити аналітичні залежності для оцінки температурної тріщиностійкості армованих мікро асфальтобетонних шарів на бітумах модифікованих комплексними полімерами, які влаштовані на жорсткому дорожньому одязі;
- визначити розрахункові термореологічні характеристики армованих асфальтобетонних шарів для оцінки їх температурної тріщиностійкості [3, 8, 9].
- розробити метод розрахунку температурну тріщиностійкість асфальтобетонних покриттів на цементобетонній основі автомобільних доріг[3, 8, 9];

Досвід застосування макроармування асфальтобетону в Україні почав набирати обертів. Широке застосування армуючих матеріалів на автомобільних дорогах країн зарубіжжя впроваджується вже більше 35-ти років. Літературні дані свідчать, що тільки в штаті Нью-Йорк (США) використання армуючих матеріалів в дорожніх конструкціях щорічно економить близько 4 млн. доларів. Бельгійські дослідження (Rido J. M.) [1] також показали, що введення між асфальтобетонними шарами армуючого матеріалу значно зменшує виникаючі напруження в асфальтобетоні і дозволяє попередити розповсюдження тріщин із нижніх шарів у верхні шари покриття. В італійських дослідженнях встановлено доцільність полімерного армування асфальтобетонного покриття при наявності тріщин в основі. В Данії запропоновано укладати при ремонті асфальтобетонного покриття автомобільних доріг шар зносу з армованого асфальтобетону. Фірмою «Тое спан бонді»

(Японія) розроблено армуючий матеріал, призначений для укладання під асфальтобетонне покриття на розтріскану основу, що зменшує деформацію асфальтобетону [2].

Дослідженню тріщиностійкості асфальтобетонного покриття присвячені роботи багатьох учених: Г.С.Бахраха, А.М.Богуславського, Ю.М.Васильєва, Л.Б.Гезенцєва, Л.М.Гоглідзе, М.В.Горелишева, Л.С.Губача, Є.В. Дорожко, В.О.Золотарьова, П.Кендла, В.В. Мозгового, А.М. Онищенко, К.Монісіта, Б.С. Радовського, Г.К.Сюньї та ін. [1-9]. Завдяки дослідженням цих учених встановлено, що температурні тріщини виникають від діючих в матеріалі розтягуючих напружень, обумовлених зміною температури. Ці напруження сприяють розриву зв'язків в асфальтобетоні аж до утворення макротріщин.

Аналіз робіт присвячених дослідженню тріщиностійкості дорожнього покриття свідчить, що на утворення тріщин в покритті при коливаннях температури найбільш суттєвий вплив надають такі фактори: розтягування матеріалу покриття над швами або тріщинами тріщинувато-блочної основи; неоднакова температурна зміна розмірів складових компонентів асфальтобетону через відмінність їх термомеханічних властивостей.

При проведенні теоретичних досліджень в даній статті представлено розрахункову схему роботи асфальтобетонних шарів на цементобетонній основі автомобільних доріг [5]. При виборі розрахункової схеми роботи армованих асфальтобетонних шарів виходили з найбільш несприятливих для них умов – появи горизонтальних нормальних розтягуючих температурних

напружень при зміні температури [3, 5, 8, 9]. Розрахункова схема являє собою необмежену по довжині багат шарову плиту, що опирається на напівпростір (з тертям або без тертя), причому верхні шари плити є суцільними, а нижній шар має розриви суцільності (шви цементобетонних плит). У даному випадку в покритті будуть виникати власні температурні напруження від неможливості його вільного деформування при зміні температури. Вони доповнюються напруженнями, що обумовлені температурними деформаціями плит блочної основи.

При визначенні температурних напружень при зниженні температури в асфальтобетонних шарах на блочній цементобетонній основі наведено на рис. 1, коли є сила тертя між блочною цементобетонною основою і підстиляючим матеріалом основи та асфальтобетонними шарами і блочною цементобетонною основою.

В даній розрахунковій схемі розглянуто i -ті шари з довільною їх кількістю і взаємним розташуванням та довільними властивостями. Один або декілька з цих шарів можуть бути армовані.

Для запропонованої розрахункової схеми роботи армованих асфальтобетонних шарів на цементобетонній основі, з метою визначення температурних напружень, визначали режим зміни температури всіх шарів покриття та цементобетонної основи. При встановленні температурного режиму в i -му асфальтобетонному шарі враховувалася бігармонічна зміна температури при добових і річних коливаннях [3]

$$T^i(z = h_i, t) = \frac{1}{h_i} \left[\begin{aligned} & T_0 + A^1_C \cdot e^{-\sum_{h_{i-1}} \sqrt{\frac{\omega_C}{2a_{i-1}}}} \int_{h_{i-1}}^{h_i} e^{-z \sqrt{\frac{\omega_C}{2a_i}}} \cdot \cos \left(Z \sqrt{\frac{\omega_C}{2a_i}} - \omega_c \cdot t \right) dz + \\ & + A^1_G \cdot e^{-\sum_{h_{i-1}} \sqrt{\frac{\omega_G}{2a_{i-1}}}} \int_{h_{i-1}}^{h_i} e^{-z \sqrt{\frac{\omega_G}{2a_i}}} \cdot \cos \left(Z \sqrt{\frac{\omega_G}{2a_i}} - \omega_c \cdot t \right) dz \end{aligned} \right]$$

де T_0 – середньорічна температура покриття; A_C , ω_C – відповідно амплітуда і кругова частота добових коливань температури поверхні покриття; A_G , ω_G – те ж річних коливань температури поверхні покриття; h_i – товщина i -го асфальтобетонного шару; a_i – коефіцієнт температуропроводності матеріалу i -го асфальтобетонного шару; t – час.

При визначенні температурних напружень в асфальтобетонних шарах на цементобетонній основі використовувалися методи теорії пружності та термов'язкопружності [3, 8, 9]. Вихідні співвідношення зв'язку між напруженням, деформацією, часом і температурою застосовувалися у першому випадку рівняння закону Гука. На основі цього закону були визначені температурні напруження в армованих асфальтобетонних шарах для розроблених розрахункових схем (рис. 1).

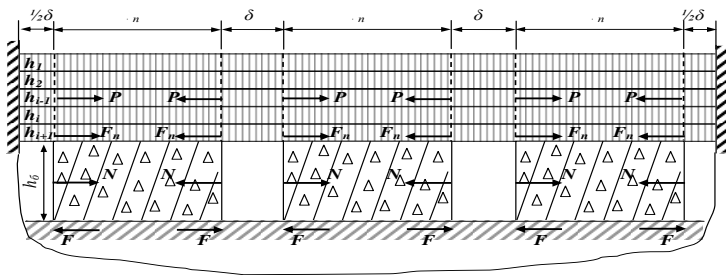


Рис. 1. Розрахункові схеми роботи асфальтобетонних шарів на цементобетонній основі:

l_n - довжина блоку основи; δ – довжина зазору між блоками основи; P - температурне зусилля в асфальтобетонних шарах від скорочення блоків основи; F – сила тертя між блочною основою і підстиляючим матеріалом основи; F_n – сила тертя між блочною основою асфальтобетонними шарами; N – температурні зусилля в блочній основі при зміні температури; h_i – товщина довільного шару з характерними властивостями асфальтобетон армованого чи неармованого синтетичною сіткою.

Наприклад, для розрахункової схеми, коли матеріал шарів має пружні властивості залежність для визначення температурних напружень приймається з [5].

При визначенні температурних напружень безпосередньо також розглядали випадок, коли матеріал шарів має термов'язкопружні властивості, які враховують час дії навантаження та вплив температури. Для цього скористалися інтегральними рівняннями лінійної в'язко-пружності

спадкоємного типу Больцмана-Вольтера із застосуванням відповідних термов'язкопружних характеристик, таких як функція релаксації і функція температурно-часового зміщення [3-5, 8,9]. Так як асфальтобетон є термов'язкопружним простим матеріалом, то до нього можна застосувати температурно-часову аналогію.

Використовуючи такий підхід застосовуємо аналітичний вираз запропонований професором Мозговим В.В. [3, 5] з визначення температурних напружень в асфальтобетонних шарах на цементобетонній основі автомобільних доріг, тому для розрахункової схеми коли матеріал шарів має в'язкопружні властивості приймаємо

$$\sigma_{T,ai}(t) = \int_0^t \left[H_i + (B_i - H_i) \left(1 + \frac{e^{P_{1,i}(T_{0,i} - T_{s,i} + K_i t)}}{P_{1,i} K_i r_i} (1 - e^{-P_{1,i} K_i (t - \tau)}) \right)^{-m_i} \right] \cdot W_1(\tau) d(\tau)$$

де H і B – довготривалий і миттєвий модулі пружності i -го шару асфальтобетону відповідно; p_i , m_i і r_i – постійні i -го шару асфальтобетону; t - час; τ - час, який передує моменту спостереження; K_i - швидкість охолодження i -го шару асфальтобетону; $T_{s,i}$ – температура приведення i -го шару асфальтобетону; індексне позначення відповідає формулі (2).

Для оцінювання температурної тріщиностійкості базувались на відомій умові граничного стану використовуючи критерій Бейлі [3-5, 8, 9]

$$M_T(\sigma_T(t), T(t)) = \int_0^{t_p} \frac{dt}{t^* (\sigma, T)} \leq C_T$$

де $M_T(\sigma_T(t), T(t))$ - міра пошкодженості асфальтобетонного шару; t_p – час до руйнування (розтріскування) асфальтобетонного шару; $t^*(\sigma, T)$ – функція довговічності асфальтобетону; $\sigma_T(t)$ – напруження в асфальтобетоні; $T(t)$ – температура асфальтобетону; ; C_T – граничне значення показника температурної тріщиностійкості асфальтобетону.

Оскільки характеристики міцності асфальтобетону залежать як від температури так і від часу дії навантаження, проявляючи кінетичний характер руйнувань, то визначали показник сумарної міри тріщиноутворення M_T за час t зміни напруження і температури, що відповідають певному рівню температурних напружень з урахуванням термов'язкопружних властивостей для відповідного варіанту розрахункових схем

$$M_{\sigma} = \int_{t_p, d-1}^{t_p, t} \left(\frac{\int_0^t \left[H_i + (B_i - H_i) \left(1 + \frac{e^{P_{1,i}(T_{0,i} - T_{S,i} + K_i \tau)}}{P_{1,i} K_i r_i} (1 - e^{-P_{1,i} K_i (t - \tau)}) \right)^{-m_i} \right] \cdot G(\tau) d(\tau)}{B_{\tau}(T)} \right)^{b_{\tau}(T)} dt$$

Тут позначено: для розрахункової схеми $G(\tau) = f(\alpha, k, R(t), h_i, h_{\sigma}, n, m, h_k, F, F_n)$;

b_{τ} , $B_{\tau}(T)$ - параметри функції довговічності $t^*(\sigma, T)$ асфальтобетону.

На основі отриманих виразів є можливість з урахуванням заданої довговічності t_p , термореологічних властивостей матеріалів і кліматичних умов здійснювати оцінку температурної тріщиностійкості армованих асфальтобетонних шарів.

На основі проведеного аналізу пропонується для подальших досліджень метод оцінювання температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на жорстких основах автомобільних доріг.

Для оцінки температурної тріщиностійкості армованих та мікро армованих асфальтобетонних покриттів з використанням бітуму модифікованого комплексними полімерами на жорсткій основі необхідно мати дані про термореологічний паспорт, як армованих, мікроармованих асфальтобетонних шарів, так і матеріалу цементобетонної основи, тобто знати їх термомеханічні властивості, які застосовані в теоретичних залежностях.

Подальші наукові дослідження будуть базуватись на розробці методу оцінювання довговічності асфальтобетонного покриття на цементобетонній основі автомобільних доріг від спільної дії навантаження транспортних засобів та зміни добової, сезонної та річної температури.

Література

1. Emploi es geotextiles associes aux bitumes dans les structures routieres pour lutter contre la propagation des fissures / Rido J. M. // Bituminfo. – 1988/ - , № 55 . – С. 11-19.

2 Дорожко Є.В. Вплив температурних напружень при розрахунку тонкошарових асфальтобетонних покриттів на цементобетонній основі / Є.В. Дорожко, В.М. Ряпухін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К., НТУ, 2012. – Вип. 86. – С. 196-202.

3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 – К., 1996.– 406 с.

4. Radovsky B.S , Mozgovoy V.V , Merzlikin A.E., Gjamelyak I.P. Forecasting the formation of reflective cracking in asphalt pavements reinforced with glass fiber mesh Reflective Cracking in Pavements- Design and performance of overlay systems. Maastricht, 1996.

5. В.В. Мозговий, І.С. Ладиженський, О.В. Прудкий Визначення температурних напружень в асфальтобетонному покритті при лінійній зміні його температури// Вісник ДГАСА. - 2004. - № 1 (43). – С. 171-179.

6. Дорожко Є.В. Визначення температурних напружень в тонких асфальтобетонних шарах на жорсткій основі / Є.В. Дорожко, В.М. Ряпухін // «Наукові нотатки»: міжвузівський збірник за галузями знань «Металургія і матеріалознавство». – Луцьк, Луцький НТУ, 2014. – Вип. 46. – С. 147-153.

7. Дорожко Е.В. Температурные напряжения в асфальтобетонных слоях на жестком основании при нагревании и охлаждении / Е.В. Дорожко, В.Н. Ряпухин // Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers Science – Future of Lithuania. Transport engineering and management. – Vilnius, Lithuania: Technika, 2014. – P. 177-180.

8. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

9. Onischenko, A Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/[Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V.//Procedia Engineeringthis link is disabled](#), 2016, 134, стр. 322–329

УДК 625.745.1

Федоренко О.В. м. Київ, КК Київавтодор

ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ, ЩО ДІЮТЬ НА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННІ МОСТИ

Сталезалізобетонні мости у процесі експлуатації зазнають дії різноманітних температурних впливів і навантажень [1–3]. Основними із них є пряме та відбите сонячні випромінювання, температура навколишнього середовища, теплове випромінювання середовища та атмосфери, а також розсіяне сонячне випромінювання.

Одними з факторів, що можуть призвести до руйнування конструкційних матеріалів балок моста, є теплові потоки, що діють на прогонові будови моста при дії змінних температур навколишнього середовища. Слід зазначити, що спостерігаються дефекти у вигляді тріщини залізобетонних плит та порушення об'єднання металевої балки із залізобетонною плитою (рис. 1).

У роботі [1-3] зазначено, що процес появи тріщин є небезпечним, оскільки він призводить до розвитку корозії робочої арматури залізобетонної плити. Також тріщини пришвидшують процес карбонізації прилеглих шарів бетону.