

5. Мартин А., Краснолуцький О. Нова концепція формування ґрунтоохоронних обмежень у використанні земель сільськогосподарського призначення. Землевпорядний вісник. 2014. № 2. С. 20-24. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zv_2014_2_9. (дата звернення: 05.03.2020).

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ З ТРІЩИНАМИ У ПОКРИТТІ

Цинь Сяосюань (КНР)

Михайлов А.І.

(науковий керівник А.Г. Батракова)

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В основі розрахунків напружено-деформованого стану дорожніх одягів лежать рівняння теорії пружності [1]: статичні рівняння визначають умови рівноваги елементарних елемента; геометричні рівняння пов'язують деформації елемента з переміщеннями його точок; рівняння, виражающе залежність між напруженнями і деформаціями. Вони відображають закон Гука [1].

Статичні рівняння представляються у вигляді:

$$\mathbf{A} \vec{\sigma} + \vec{g} = 0, \quad (1)$$

де $\vec{\sigma}$ - вектор напружень, \vec{g} - вектор інтенсивності об'ємного навантаження.

Геометричні рівняння:

$$\vec{\varepsilon} = \mathbf{A}^T \vec{u}, \quad (2)$$

де $\vec{\varepsilon}$ і \vec{u} - вектори деформацій і переміщень; \mathbf{A}^T - транспонований матричний оператор диференціювання.

Фізичні рівняння теорії пружності:

$$\bar{\varepsilon} = \mathbf{C} \bar{\sigma}, \quad (3)$$

де \mathbf{C} – матриця пружної податливості матеріалу.

Рівняння (3) дозволяє визначати деформації, якщо відомі напруження і являють закон Гука у прямій формі, або дозволяють визначити напруження за відомими деформаціями:

$$\bar{\sigma} = \mathbf{D} \bar{\varepsilon}, \quad (4)$$

де \mathbf{D} – матриця жорсткості матеріалу.

Рівняння (1-4) складають основу методу скінченних елементів, що дозволяє чисельно-аналітичним способом оцінити напружено-деформований стан багат шарових конструкцій з розривами суцільності у шарах. До таких конструкцій можуть бути віднесені дорожні одяги з тріщинами у покритті.

У чисельних експериментах вирішувалося завдання оцінки вертикальних переміщень і напружень розтягу у монолітних шарах дорожнього одягу. Розрахунок проводився для моделей дорожнього одягу, що містять у нижньому шарі покриття тріщину (на всю висоту шару) різної ширини, і конструкції без тріщин (рис. 1). Ширина розкриття тріщини (Δ) варіювалася у діапазоні від 1 мм до 20 мм з кроком 1 мм. Покриття представлено шаром асфальтобетону товщиною 7 см з модулем пружності 3200 МПа і коефіцієнтом Пуассона 0,35. Другий шар покриття, що містить тріщину, представлений асфальтобетоном товщиною 7 см з модулем пружності 2800 МПа і коефіцієнтом Пуассона 0,35. Двошарову основу складають шар щебеню, зміцненого цементом, товщиною 15 см (модуль пружності 350 МПа, коефіцієнт Пуассона 0,30) і шар піщано-гравійної суміші товщиною 20 см (модуль пружності 180 МПа, коефіцієнт Пуассона 0,30). Грунт - суглинок з модулем пружності 68 МПа.

Завдання моделювання НДС конструкції дорожнього одягу полягало у розрахунку вертикальних переміщень: на поверхні асфальтобетонного покриття; на

межі між шарами асфальтобетонного покриття; на межі «покриття - основа».

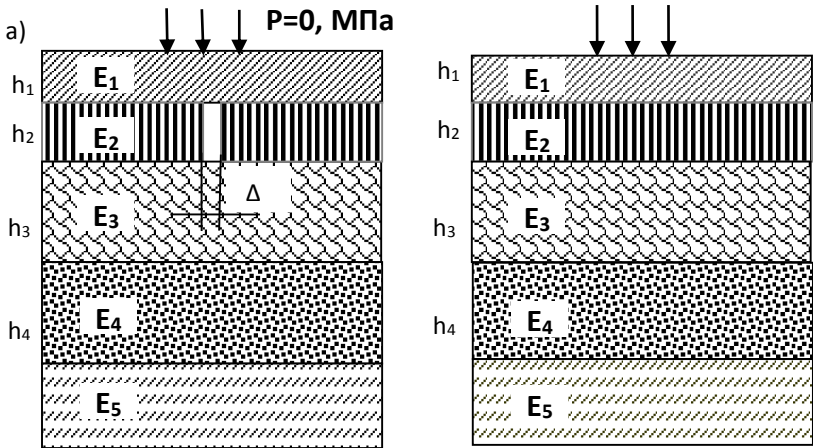


Рисунок 1 – Моделі конструкції дорожнього одягу
а) з тріщиною; б) без тріщини

Аналіз отриманих результатів (рис. 2) доводить, що відмінності у величині вертикальних переміщень на верхньої фібри асфальтобетонного покриття між конструкціями з тріщиною і без тріщини становлять від 0,8 % на межі «покриття – основа» до 1,5 % на верхньої межі асфальтобетонного покриття та знаходяться у межах погрішності методу вимірювань пружного прогину [2].

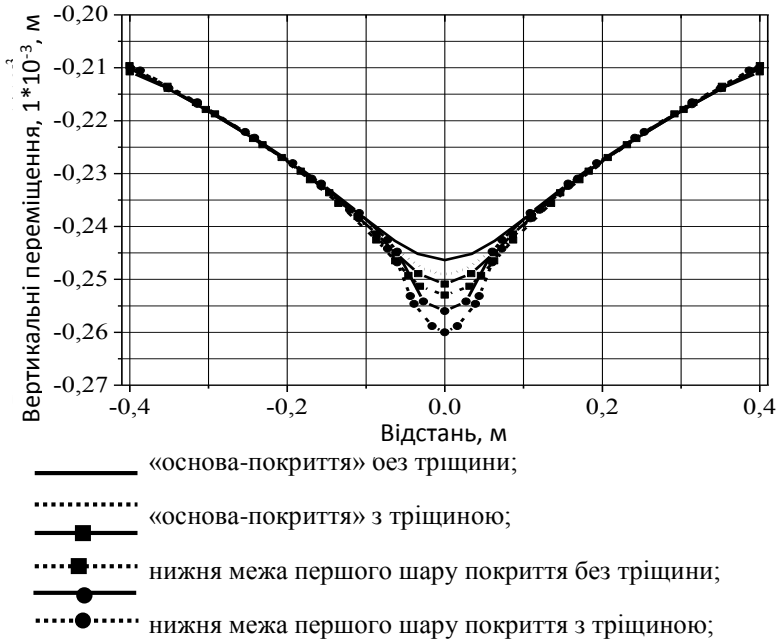


Рисунок 2 – Вертикальні переміщення (ширина тріщини 5 мм)

Таким чином, поодинокі приховані тріщини, на відміну від наскрізних тріщин, фактично не впливають на величину максимальних вертикальних переміщень, що ускладнює їх виявлення під час інструментального вимірювання пружного прогину конструкції по центру прикладання навантаження.

Розрахунок напружень, що діють у монолітних шарах конструкції, довів значне збільшення напружень розтягу за наявності тріщин у нижньому монолітному шарі (рис. 3 - рис. 6).

На поверхні конструкції діють стискаючі напруження, на величину яких практично не впливає

наявність підповерхневих тріщин. Максимальні напруження розтягу за наявності тріщин діють на межі «верхній шар покриття - нижній шар покриття» та у десятки разів перевершують напруження розтягу, що діють у конструкції без підповерхневих тріщин.

Даний факт пояснює процес висхідного тріщиноутворення і підтверджує істотний вплив підповерхневих тріщин на напружено-деформований стан монолітних шарів дорожнього одягу [3]

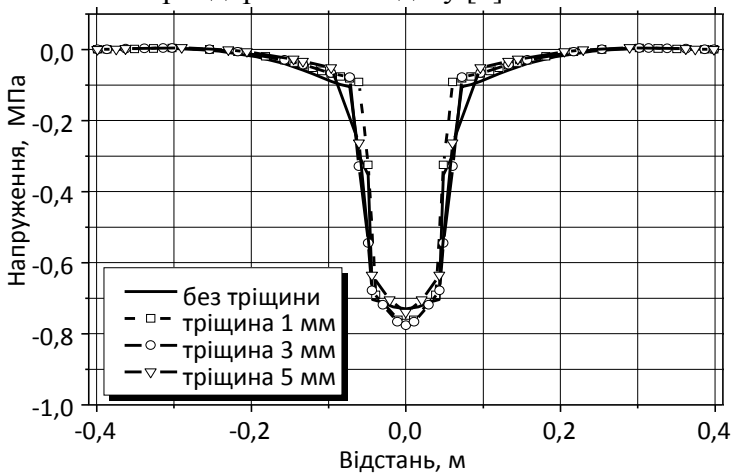


Рисунок 3 – Напруження σ_x на поверхні покриття

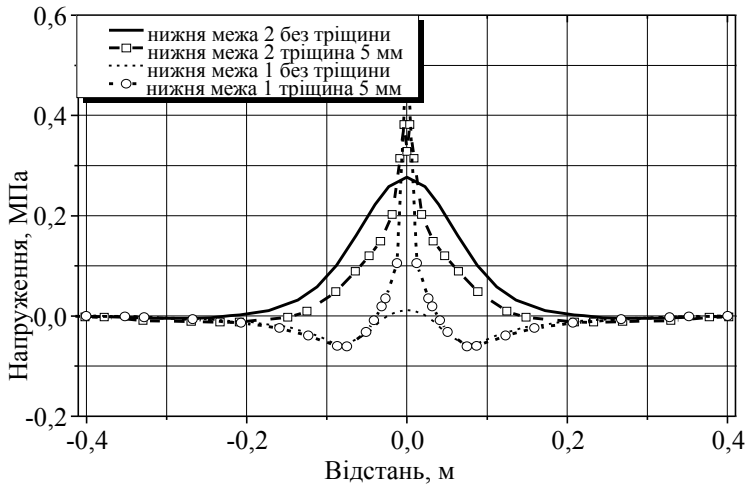


Рисунок 4 – Напруження σ_x на межі монолітних шарів конструкції (ширина тріщини 5 мм)

Отже, під час проектування підсилення дорожнього одягу необхідно враховувати наявність тріщин у нижніх шарах покриття та укріплених шарах основи. Цей висновок збігається з результатами досліджень [4].

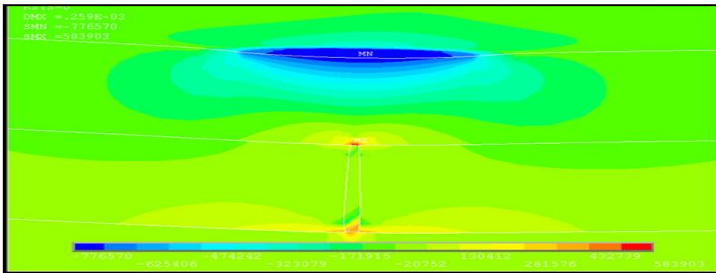


Рисунок 5 – Напруження σ_x у конструкції дорожнього одягу за наявності тріщини у нижньому шарі покриття

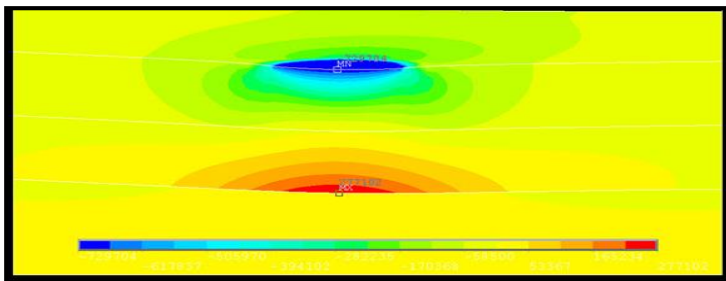


Рисунок 6 – Напряження σ_x у конструкції без тріщин

Література

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. шк., 1990. 400 с.

2. Леонович И.И., Богданович С.В., Нестерович И.В. Диагностика автомобильных дорог: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. 350 с.

3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. д-ра техн. наук: 05.22.11. Мозговой Владимир Васильевич; Киевский автомобильно-дорожный институт – К., 1996. 343 с.

4. Батракова А.Г., Урдзик С.Н., Батраков Д.О. Моделирование и оценка состояния дорожных одежд со сквозными трещинами в покрытии. Вестник ХНАДУ: зб. наук. праць, 2019. вип. 85, С. 49-58.