

ПРО РОЗРАХУНОК ДОРОЖНІХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ З ТРИЩИНАМИ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

**Крутий Ю.С., д.т.н., проф., Коломійчук Г.П., к.т.н., доц.,
Коломійчук В.Г., Коломійчук В.Г.**
(Одеська державна академія будівництва та архітектури)

В мережі автомобільних доріг загального користування України дороги з жорстким покриттям складають лише 1,4% від загального кілометражу. Згідно з Програмою розвитку цементобетонних доріг в Україні на 2021-2025 планується будівництво та реконструкція 2900 км за 5 років, тобто втілення програми допоможе вийти на показник 3%, а до 2040 року планується досягти такого ж показника, як і в Європі – 30% доріг мають бути побудовані з цементобетону.

Науково обґрунтовані висновки по експлуатації жорсткого покриття автомобільних доріг та аеродромів показують, що одним з найпоширеніших дефектів в покритті від впливу агресивного середовища та зростаючих параметрів транспортних навантажень є тріщини в бетоні покриття, які призводять до зменшення його строку служби. Утворення тріщин веде як до зменшення довговічності самого покриття, так і до погіршення безпеки його експлуатації, в результаті прояву нерівностей, погіршення умов маневрування транспортних засобів під час руху, що в свою чергу не дозволяє повною мірою забезпечити комфортне та безпечне перевезення пасажирів і вантажів, а також впливає на зниження пропускну здатності автомобільних доріг та аеродромів.

В даний час в якості жорстких покриттів автомобільних доріг та аеродромів використовуються збірні залізобетонні плити і монолітні цементобетонні покриття.

Збірні покриття автомобільних доріг та аеродромів мають ряд переваг перед монолітними: відносно проста технологія будівництва; виключення трудомісткої операції з укладання і догляду за бетоном; висока якість плит за рахунок їх виготовлення в умовах добре налагодженої заводської технології; можливість цілорічного будівництва і введення покриття в експлуатацію відразу після його зведення. До недоліків збірних покриттів слід віднести підвищену металоємність і дуже велику кількість швів, які погіршують рівність покриття. В якості збірних покриттів автомобільних доріг та аеродромів застосовують попередньо напружені залізобетонні плити типу ПАГ-14, ПАГ-18.

Однією з головних вимог при будівництві збірних покриттів автомобільних доріг та аеродромів є забезпечення повного контакту плит з основою. Однак в силу технологічних особливостей влаштування таких покриттів виконати цю вимогу практично неможливо. Тому площа контакту плит з основою, що визначена в натурних умовах в процесі експлуатації, становить в середньому біля 95% від загальної площі плити.

Питання виникнення пошкоджень і руйнування покриттів автомобільних доріг та аеродромів є дуже складним через різноманіття факторів, що впливають на їх напружено-деформований стан. Проблемі дослідження напружено-деформованого стану плит, розташованих на основі, що деформується присвячена велика кількість наукових досліджень. Результати розрахунку істотно залежать від прийнятих моделей плити, основи і моделі їх взаємодії.

Здатність ґрунту працювати тільки на стиск обумовлює можливість відриву плити від основи. При цьому розміри і положення зон відриву і контакту плити з основою заздалегідь невідомі і повинні визначатися розрахунком. У зоні відриву взаємодія між плитою і основою відсутня. У цій ситуації модель взаємодії плити і основи слід приймати односторонньою: сили взаємодії відмінні від нуля в зоні контакту і дорівнюють нулю в зоні відриву. В цілому система «плита-основа» виявляється нелінійною і її слід розглядати як систему з односторонніми зв'язками.

Одним з основних показників, що визначають несучу здатність бетонних плит, є напруження розтягу при вигині, що виникають в розтягнутій грані плити від навантаження. Тому основний розрахунок збірних плит дорожніх покриттів та аеродромів проводять по напруженням на розтяг при згині, при тому чи іншому положенні зовнішнього навантаження, оскільки ці напруги є найбільш значними з усіх видів напруженого стану плит.

Очевидно, що для надійної роботи плит під дією зовнішніх навантажень при зміні температури і вологості слід використовувати бетони з досить високою міцністю на розтяг при вигині, які характеризуються підвищеними пружно - пластичними деформаціями. Однак можливості міцності на розтяг при вигині цементних бетонів обмежені. Тому для сприйняття згинальних моментів і поздовжніх сил, що виникають при прикладенні динамічного зовнішнього навантаження, потрібно, як правило, армування, відсоток якого збільшується особливо при проектуванні плит під великовантажні транспортні засоби.

Пружно - пластичні властивості бетону представляють одну з найважливіших характеристик, визначальну здатність бетонної плити протистояти утворенню тріщин. Чим менше відносне подовження або вище модуль пружності, тим більше жорсткість бетону і більша ймовірність появи тріщин при дії температур і динамічних зовнішніх навантажень.

Збірні плити покриттів доріг і аеродромів є гнучкі залізобетонні конструкції. У таких конструкціях вже в експлуатаційній (дограничній по несучій здатності) стадії відбувається розкриття тріщин у розтягнутих зонах, що дозволяє використовувати властивості міцності арматури. При цьому ширина тріщин обмежується, так щоб вони не були небезпечні для конструкції.

Як показали експерименти, деформації вигину концентруються в зонах з тріщинами, внаслідок чого в цих зонах значно зменшується жорсткість конструкції, що впливає на розподіл зусиль в плиті.

Для визначення напружено-деформованого стану плити на пружній основі в експлуатаційній стадії необхідно враховувати нелінійні деформації в залізобетоні, що з'являються в зв'язку з утворенням тріщин, тобто задовго до утворення пластичних шарнірів. Перерозподіл зусиль в залізобетонних плитах внаслідок тріщиноутворення дуже великий. Однак, усереднення жорсткості по площі плити може призводити до істотних погрішностей, оскільки жорсткості ділянок з тріщинами і без тріщин значно відрізняються.

Методи розрахунку плит на пружній основі з урахуванням нелінійності деформування залізобетону, особливо в стадіях що передують утворенню пластичних шарнірів, вимагають подальшого вивчення.

Вирішення задач розрахунку плит на пружній основі з урахуванням дійсного розташування тріщин і інших чинників нелінійності залізобетону практично неможливо без застосування сучасних обчислювальних методів і ЕОМ.

Як відомо, на сьогоднішній день відсутній універсальний підхід щодо розрахунку залізобетонних плит з тріщинами на пружній основі. Поширеним методом визначення критичних навантажень є метод граничної рівноваги. Однак за його допомогою неможливо описати напружено-деформований стан плити в цілому. В даній роботі запропоновано підхід, що дозволяє визначати параметри напружено-деформованого стану плити на пружній основі з урахуванням тріщиноутворення.

Для визначення жорсткісних коефіцієнтів фізичних рівнянь теорії деформування залізобетону з тріщинами враховується основна

специфічна властивість залізобетону, що відрізняє його від деформування нелінійно-анізотропного тіла. Цією властивістю є порушення суцільності в процесі деформування внаслідок появи тріщин на визначеному етапі навантаження. Виникнення тріщини призводить до зміни жорсткості конструкції. Урахування та вплив цієї зміни на напружено-деформований стан плити є центральною проблемою.

Для врахування наявності тріщини в залізобетонних плитах на пружній основі авторами виведені відповідні розрахункові рівняння. З метою їх чисельної реалізації застосовується метод скінчених різниць. У математичному сенсі такий підхід дозволяє уникнути процедури диференціювання жорсткостей.

Наведений підхід дозволяє в аналітичному вигляді записати систему нелінійних алгебраїчних рівнянь для розрахунку залізобетонних прямокутних в плані плит з тріщинами на пружній основі. Слід зауважити, що у процесі програмної реалізації методу розв'язання вказаної системи, виникають свої особливості, урахування яких дозволяє отримати добре обумовлену систему нелінійних рівнянь.

Таким чином, запропонований підхід дозволяє визначати компоненти напружено-деформованого стану залізобетонних плит з тріщинами на пружній основі.