

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОПРАВ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ТУНЕЛІВ

Тінін В.А. ДМ51-19, Породько Ф.С. ДМ42-17, ХНАДУ

Керівник: к.т.н., доц. каф. МКБМ – Ігнатенко А.В.

Міські транспортні тунелі, і в першу чергу, тунелі метрополітенів, відносяться до категорії найбільш відповідальних, і в той же час конструктивно найбільш складних і дорогих об'єктів, які повинні відповідати вимогам ефективного функціонування, безаварійної і безпечної експлуатації при мінімальних людських, матеріальних і фінансових витратах. Однак, недоліки проектування, порушення технології будівництва, природний знос і техногенні впливи на тунелі, причиною яких можуть бути зміни гідрогеологічного середовища, динамічні навантаження при експлуатації тунелів, а також зміна навантажень на систему «оправа – ґрунтовий масив» при будівництві підземних і наземних міських об'єктів в зонах розташування тунелів призводять до зниження їх несучої здатності.

Розвиток дефектів і деформацій конструкцій, зміна стану заоправного простору переважно відбувається на стадії експлуатації тунелів, коли відновлення проектних характеристик об'єкта стає важким і дорогим заходом.

Досвід проектування, будівництва і експлуатації транспортних тунелів, в першу чергу підземних споруд метрополітену, показав, що працездатність тунелів зберігається

при певних характеристиках системи «оправа – масив», яка визначається, в першу чергу, напружено деформованим станом (НДС) її несучої конструкції – оправи тунелів.

Так фактори , що погіршують умови експлуатації транспортних споруд можуть бути виключені або мінімізовані на стадії проектування і будівництва об'єктів, однак, вплив техногенних факторів може бути виключено або знижено тільки на стадії експлуатації об'єкта.

На стадії проектування, крім врахування негативного досвіду експлуатації тунелів з несприятливим поєднанням конструкцій оправи і інженерно-геологічних умов залягання тунелів, необхідно передбачати заходи з попередньої підготовки складних, в інженерно-геологічному відношенні, ділянок трас.

На стадії будівництва основним завданням є виключення моментів появи браку або аварійних ситуацій, тобто забезпечення високої якості будівельно-монтажних робіт, з точки зору питань, що розглядаються, в першу чергу, при заповненні будівельного зазору при проходці тунелів і влаштуванні зворотної засипки при спорудженні тунелів відкритого способу робіт.

Однак, найбільшою мірою недоробки проекту, порушення технології будівництва і техногенний вплив оточуючого середовища виявляються на стадії експлуатації тунельних споруд.

У тих випадках, коли будівництво підземних і наземних міських споруд поблизу транспортних тунелів змінюють напружено-деформований стан оправ передбачають захисні (профілактичні) заходи, які можуть включати виконання робіт як

по транспортному спорудженню, так і по об'єкту, що будується. Вибір способів і методів захисту і склад спеціальних будівельних або ремонтних робіт під час відновлення несучої здатності опор або ґрунтів, ліквідації аварійних ситуацій визначається технічним станом системи «оправа – масив», інженерно-геологічними та техніко-економічними умовами, в тому числі [1]:

- метою проведення робіт (захисні заходи, ремонтно-відновлювальні, ремонтні);
- технічним станом тунельних конструкцій, станом контакту «оправа – масив» і характеристиками оточуючого ґрунтового масиву;
- інженерно-геологічними умовами ділянки (можливістю використання тих чи інших будівельних або спеціальних способів виробництва робіт);
- вимог до характеристик об'єкта (оправі, ґрунту);
- наявністю необхідних для виконання робіт матеріалів, устаткування, кваліфікованих кадрів, а також вартістю робіт.

Найчастіше, для забезпечення експлуатаційної надійності транспортних тунелів потрібні як захисні, так і ремонтно-відновлювальні роботи з використанням комплексу методів ведення будівельних чи ремонтних робіт, перевагу тут мають ін'єкційні технології, використання яких дозволяє вирішити такі технічні завдання [1-3]:

- нагнітання (ін'єкція) розчинів за оправу тунелю для відновлення тампонажного шару за оправою тунелів;

- ін'єкційне перетворення властивостей ґрунтів, що вміщують тунельні споруди (підвищення несучої здатності і водонепроникності);
- посилення матеріалу оправ (ліквідація силових тріщин ін'єкцією спеціальних розчинів);
- ліквідацію фільтруючих тріщин, швів, стиків конструкцій, влаштування гідроізоляційних і спеціальних покриттів;
- влаштування захисних конструкцій (зміцнення ґрунту, стіни в ґрунті, буросічні палі, ін'єкційні завіси, інші способи і методи).

Ін'єкційні способи поліпшення властивостей оточуючого ґрунтового масиву є практично єдиними, якщо мова йде про експлуатовані транспортні тунелі, а також при інженерній підготовці трас при спорудженні об'єктів транспортного призначення, хоча в таких випадках можуть використовуватися і інші спеціальні способи виконання робіт, такі, наприклад, як заморожування ґрунтів.

Застосування ін'єкційних технологій забезпечує підвищення несучої здатності ґрунтів, його стабілізацію в цілях запобігання виносу ґрунту в тунель, підвищення щільності, наприклад, для відновлення належного коефіцієнта бокового відпору ґрунту і ліквідації деформацій оправ, а також завжди, коли потрібно підвищити водонепроникність ґрунтів шляхом заповнення в них тріщин, пустот, розущільнення. Метод ін'єкції використовується для влаштування протифільтраційних і екологічних екранів уздовж трас тунелів, а також для відновлення тампонажного шару за

оправу тунелів і практично незамінний в аварійних ситуаціях, коли відбувається обводнення оправ з виносом ґрунту в тунель.

При призначенні захисних заходів, влаштовуються захисні стінки різних конфігурацій і габаритів, екрани (плити), ущільнені або укріплені масиви ґрунту, розташовані поблизу тунельних оправ, виконуються роботи з підсилення основ реконструйованих об'єктів, протифільтраційні завіси. У таких випадках використовуються різні способи виробництва спеціальних будівельних робіт – зміцнення і ущільнення ґрунтів різними методами ін'єкції, струминна цементация ґрунтів, влаштування паль і ін. з виконанням планових робіт, як правило, з денної поверхні, з котлованів споруджуваних або підвалів реконструйованих об'єктів.

Розглянемо далі які будівельні способи, методи і матеріали використовуються для відновлення проектних параметрів елементів системи «оправа – масив».

Відновлення контакту «оправа – масив» є по суті відновленням тампонажного шару, що заповнює будівельний зазор між оправою і ґрунтовим масивом, що не представляє особливої складності при наявності інформації про місця розташування і характеристики (відносні величини) пустот і не вимагає проведення спеціальних попередніх досліджень або дослідно-виробничих робіт [1], за винятком аварійних ситуацій і випадків, коли оправа тунелів знаходиться повністю в водонасичених піщаних і супіщаних ґрунтах і звичайне нагнітання за оправу тунелів неможливо. Для відновлення тампонажного шару за

оправам тунелів використовуються ін'єкційні розчини на основі цементу з добавками бентоніту і рідкого скла, інших мінеральних в'язучих,

Найбільші технічні складності викликає необхідність поліпшення характеристик (ущільнення ґрунтів і підвищення міцності і протифільтраційних властивостей) ґрунтового масиву навколо оправ тунелів. Вибір матеріалів при ін'єкційному зміцненні і ущільненні ґрунтів залежить, в першу чергу, від фізико-механічних характеристик оброблюваного ґрунту і цілі проведення ін'єкційних робіт – підвищення міцності або фільтраційних характеристик оточуючого ґрунтового масиву. Досить часто потрібно як підвищення міцності, так і водонепроникності ґрунтів заоправного простору.

Для зміцнення і ущільнення ґрунтів ін'єкційними способами можуть використовуватися ін'єкційні розчини на основі мінеральних і полімерних в'язучих [4]. Перевага віддається розчинам на мінеральній основі, тому що вони забезпечують більш високі показники міцності укріпленого ґрунту і є екологічно чистими матеріалами (безпечні для людини і оточуючого середовища). Однак, при традиційних методах ін'єкції (через обладнані ін'єкторами або манжетних колонами свердловини в ґрунті) використання розчинів на мінеральній основі обмежено характеристиками ґрунтів, таких, як проникність (коефіцієнт фільтрації ґрунту) і проникаючу здатність самих ін'єкційних розчинів, обумовлену дисперсністю матеріалу, використаного для приготування розчину. Тому, для зміцнення малопроникних

(піщаних, супіщаних) ґрунтів, використовуються розчини на основі силікатів і смол.

Досвід робіт з ущільнення і підвищення водонепроникності ґрунтів заоправного простору, представлених, переважно, дрібно- і середньозернистими пісками і супісками показав, що в основному для ін'єкції ґрунтів використовуються розчини карбамідної смоли і, в окремих випадках, розчини на основі силікату натрію. З точки зору технології робіт, більш простим і ефективним засобом є розчини карбамідної смоли, що мають високу проникаючою здатністю і забезпечують ефективну оправу ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації від 0,3 м/добу. Простота технології приготування і ін'єкції розчинів смол, можливість регулювання параметрів розчину визначила переважне, в порівнянні з розчинами на основі силікату натрію (силікатизації – м'які гелі), їх застосування. Однак розчини карбамідних смол мають ряд суттєвих недоліків, які, до теперішнього часу практично звели до мінімуму їх застосування на експлуатованих транспортних об'єктах через: недовговічності зміцнення ґрунту; недостатню міцність укріпленого ґрунту (0,1 – 0,5 МПа); екологічні аспекти застосування матеріалу.

Дозволена до використання в будівельних цілях карбамідна смола з низьким вмістом формальдегіду дає низькі показники міцності укріпленого ґрунту, близько 0,1 – 0,5 МПа [4], недовговічна і схильна до крихкого руйнування при динамічних навантаженнях на оправу в експлуатованих транспортних тунелях. Як показала статистика, при динамічних навантаженнях від руху поїздів в тунелях метрополітену, руйнування шару укріпленого ґрунту або самої карбамідної смоли, що заповнює при ін'єкції

порожнини за оправою відбувається в середньому, через 5 – 7 років. Це значно збільшує витрати на утримання транспортних тунелів.

Інший аспект, який зводить до мінімуму застосування карбамідних смол метрополітену – це вимоги екології. В даний час застосування смол дозволяється у виняткових випадках, переважно, в аварійних ситуаціях, коли потрібне швидке захоплення ін'єкційного розчину для того, щоб придушити водоприток і винесення ґрунту в підземні споруди. Таким чином, необхідність заміни карбамідної смоли на аналогічний за технологічними параметрами розчину матеріал, що забезпечує більш високі характеристики укріпленого ґрунту, довговічний і екологічно чистий матеріал очевидна і актуальна.

Література:

1. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів –К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 1996. – 36с.
2. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 29с.
3. Власов С.Н. Особенности работы тоннельной обделки при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей. М.: Подземное пространство мира, 1997, №2.
4. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. М.: Стройиздат, 1986. – 263с.