

## КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТУНЕЛІВ З ФІБРОБЕТОНУ

*Заморіна А.Д. ДМ-51-22,  
Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. МКБМ Смолянук Н.В.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Особливий інтерес представляє бетон, армований металевими волокнами - фібробетон. Його отримують шляхом дозованої подачі в суху або мокру вихідну суміш відрізків тонкого дроту (рис.1). В технології нанесення звичайного і армованого бетону особливої різниці не існує. Незважаючи на те, що вартість армованого набризкбетону перевищує номінальну вартість звичайного, економія може бути досягнута за рахунок зменшення товщини кріплення.

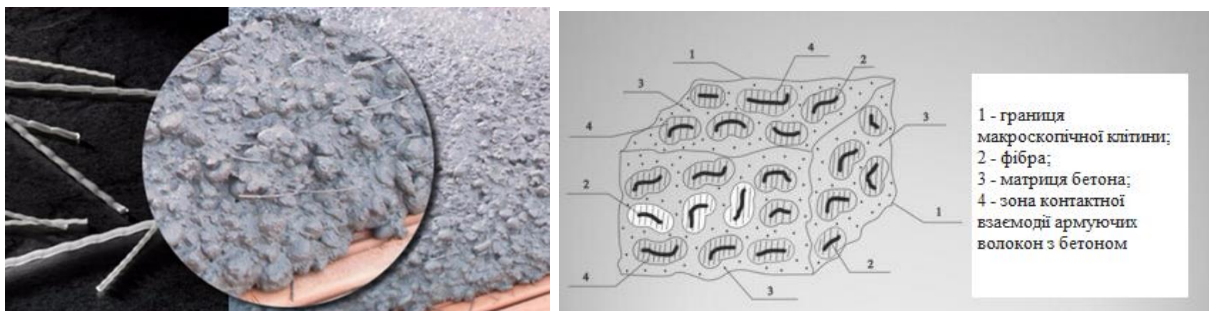


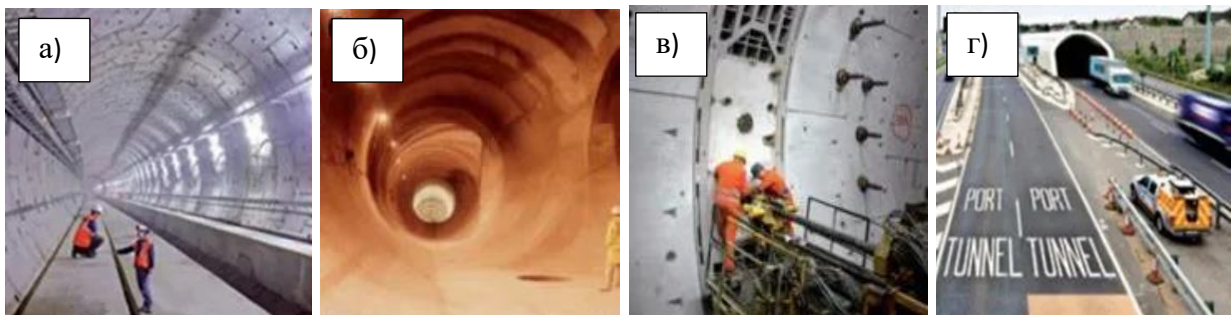
Рисунок 1 - Структура фібробетону

Перевага фібробетону полягає в його високому опорі деформаціям розтягування і динамічним навантаженням, що дозволяє істотно підвищити сейсмостійкість кріплення, його опірність до ударних впливів і зменшити витрати на кріплення виробок [1]. Наявність фібр обмежує появу тріщин в композиті, збільшує його пластичність і стійкість до ударних навантажень. Для забезпечення повної передачі напружень армуючому елементу модуль пружності композиту повинен бути значно нижче модуля пружності волокна, що має місце в системі «бетон-сталь». Зв'язок на границі «волокно-бетон» залежить від зчеплення волокна з цементно-піщаною сумішшю. При міцному зчепленні компонентів виникає більш високий опір розриву. При використанні

армованого набризкбетону на 50% підвищується границя міцності на стискання і на 30% межа міцності на розтягнення.

За кордоном фібробетон застосовують в основному для влаштування тимчасових кріплень і облицювань тунелів, зведення підземних споруд, а також в ремонтних роботах. Географія його використання достатньо широка – Японія, Норвегія, Німеччина, Франція, Великобританія, КНР, Канада, Індія, Австралія і ін..

Прикладами використання фібробетону (рис. 2) є: конструкції перегінних тунелів метрополітену в м. Осло (Норвегія); кріплення гідротехнічного тунелю діаметром 2,34 м в р. Кар'єїнгтон (Великобританія); тунель Хеггура і газопровідні тунелі під дном Північного моря (Норвегія); залізничні тунелі в Канаді; тунелі колекторів метрополітену в м. Гамбург (Німеччина) і м. Ліон (Франція); автодорожній тунель протяжністю 8,63 км на глибині до 1 км на дорозі Енасан-2 (Японія) [2].



а - North Downs Tunnel (графство Кент, Великобританія);

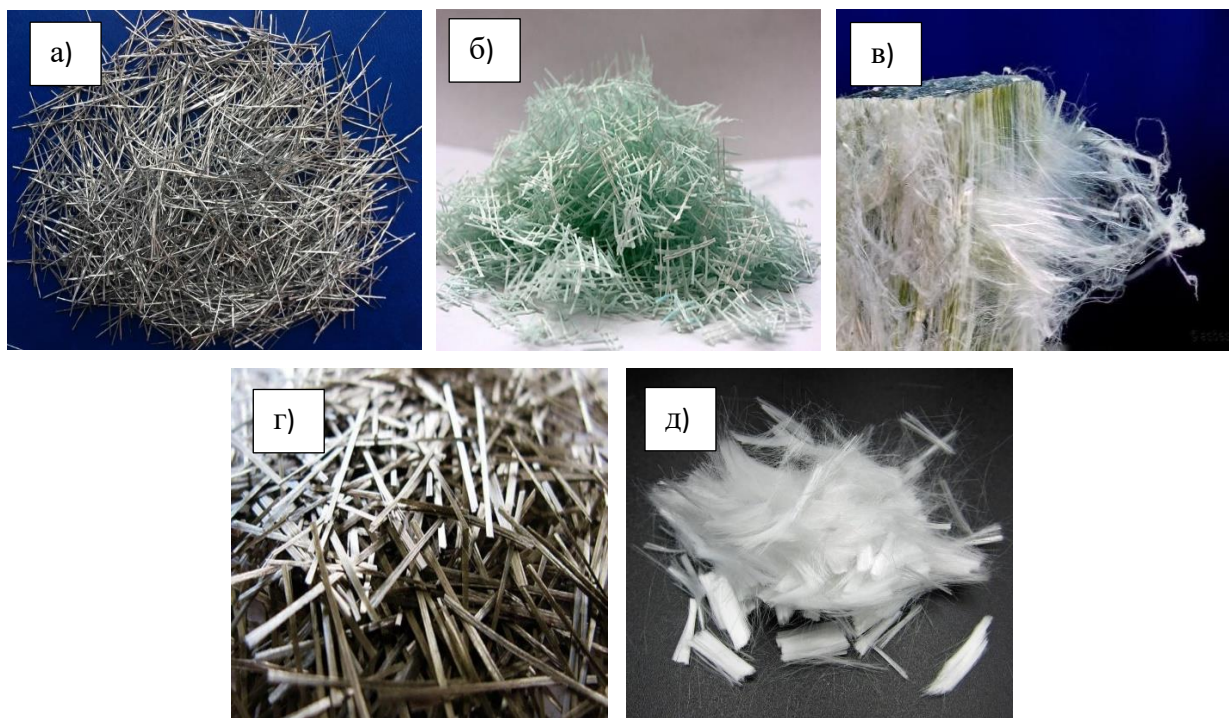
б - аеропорт Хітроу (Лондон, Великобританія); в - Westerschelde Tunnel (Нідерланди);

г - Dublin Port Tunnel (Дублін, Ірландія)

Рисунок 2 – Приклади конструкцій підземних споруд з використанням фібробетону Ignis

Для виготовлення фібробетону застосовують такі види фібри: сталева; полімерна (поліпропіленова); фібра зі скловолокна; базальтова фібра та інші. Фібру виробляють дрібного розміру в таких межах: діаметр фібри 0,2...3 мм; довжина 5...150 мм. Розмір фібри залежить від її виду (рис. 3).

Застосування поліпропілену дозволяє на 60-90% скоротити ризик тріщиноутворення під час пластичної усадки сумішей. Склофібра відрізняється низькою лугостійкістю і використовується тільки для попереднього армування при виготовленні виробів із гіпсу або стінових блоків із пористих бетонів. Базальтова фібра стійка до лужних процесів. Модуль пружності на 15-20% вищий, ніж у волокон зі скла. Азбестові волокна нейтральні до агресивного впливу цементів, їх характеризує висока міцність та вогнестійкість. Раціональний вибір добавок для армування бетону дозволяє отримати вироби, що мають стійкість до механічних навантажень [3].



а – сталеве волокно; б – скловолокно; в – азбестове волокно;  
г – базальтова фібра; д – поліпропіленове волокно

Рисунок 3 – Різновиди фібрових волокон

В практиці транспортного тунелебудування фіброве армування застосовують в якості заміни стержньового армування або в комбінації зі стержньовою арматурою (рис. 4). Введення в бетон модифікаторів у вигляді фібр сприяє підвищенню експлуатаційних та робочих характеристик.

Механічні якості композитних матеріалів, армованих волокнами, залежать від типу добавки, об'єму та розміру елементів.

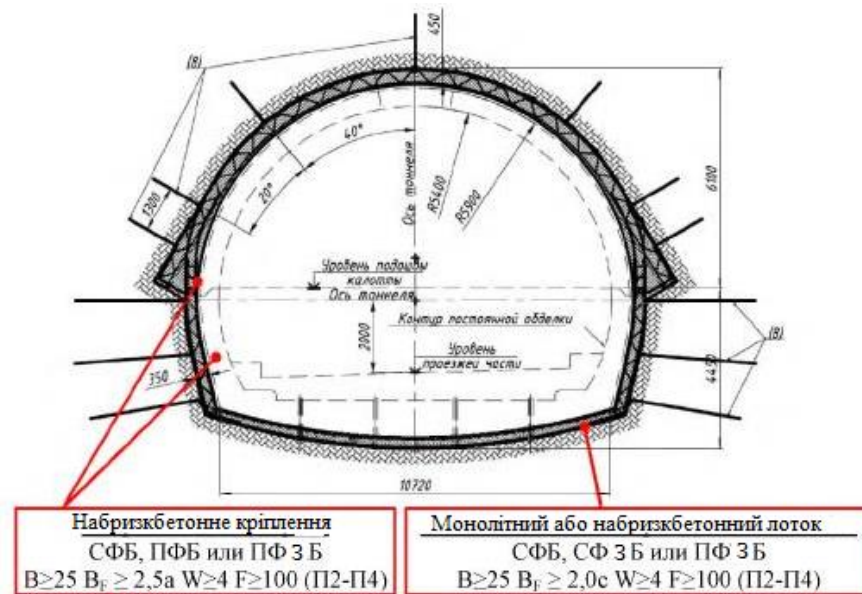


Рисунок 4 – Приклад застосування фібронабризкбетону з анкерним кріпленням в оправі транспортного тунелю

Як висновок, можна сказати, що багаторічний досвід застосування фібробетонів в якості кріплення виробок гірськорудної промисловості та при ремонті і будівництві тунелів показав свою ефективність і успішно застосовується в усьому світі.

### Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009. Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій. – К.: Мінбуд України, 2009. – 63 с.
2. Durus EasyShot 50. Maximizing Reinforcement Performance in Sprayed Concrete.  
 URL: [https://www.adfil.com/media/3357/leaflet\\_adfil\\_durus\\_easyshot-50-english.pdf](https://www.adfil.com/media/3357/leaflet_adfil_durus_easyshot-50-english.pdf).
3. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels: GEN, 2004. – 226 p.