



II міжнародна науково-технічна конференція

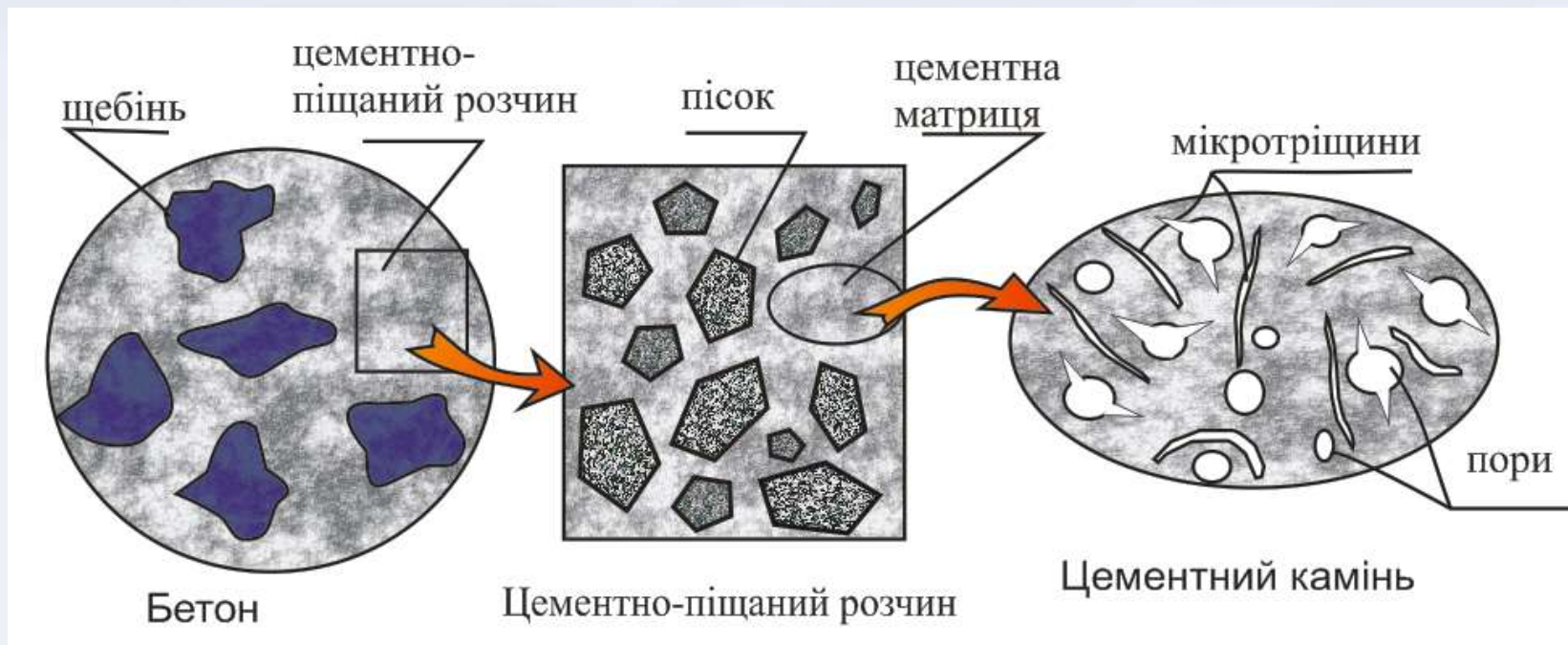
Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ ФІБРОБЕТОНІВ

Доповідач: Ліснічук Андрій

Структура бетону

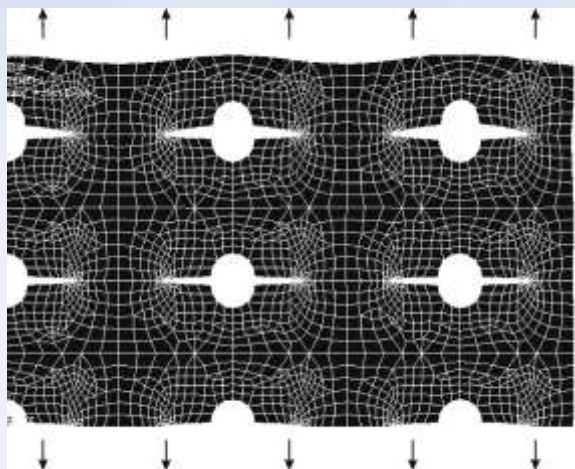


$$R_{bt} = A_1 R_{bt}^m = A_1 A_2 R_{bt}^c \quad (1)$$

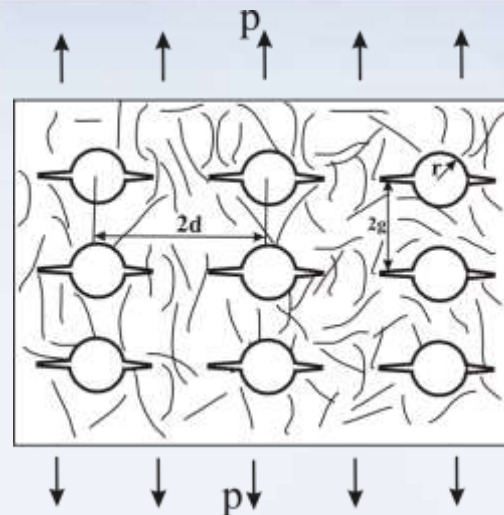
$$R_b = A_1 R_b^m = A_1 A_2 R_b^c \quad (2)$$

(А.Г. Ільїн, І.М. Грушко, Е.Д. Чихладзе, 1986)

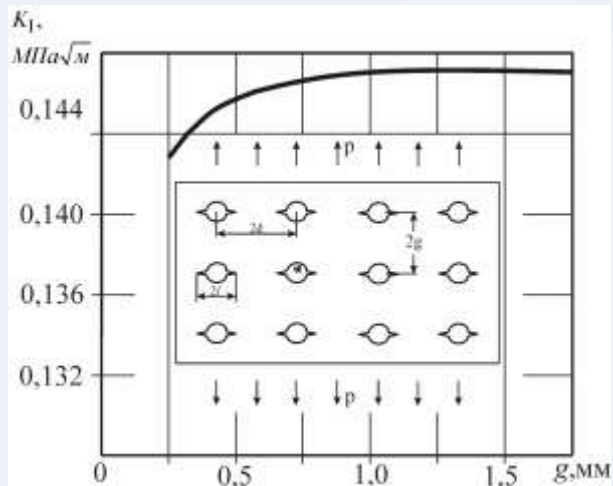
Міцність композитів за розтягу



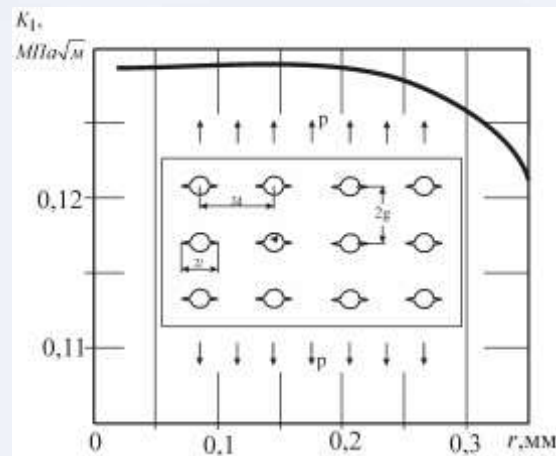
Вибір вузлів МСЕ



Розрахункова схема

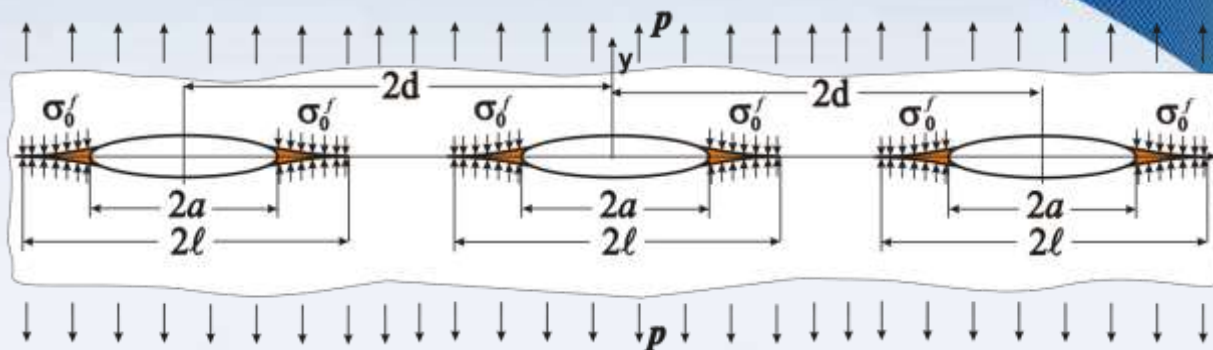
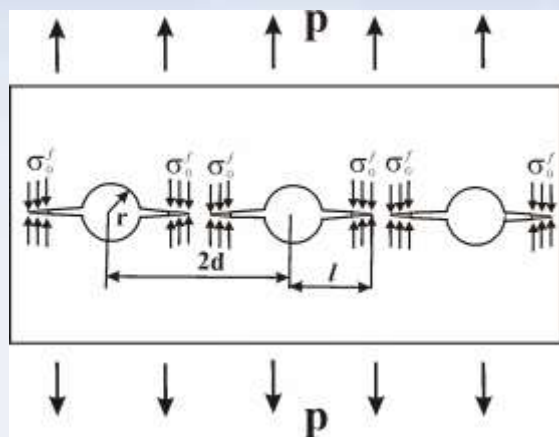


Вплив на КІН дефектів у паралельних площинах



Залежність КІН від радіуса пор

Розрахункова модель



Схематичне зображення цементного каменю з порами

Система колінеарних тріщин

$$\sigma_0^f = 0,33\sigma_f V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + \sigma_m (1 - V_f) \quad (1)$$

(Kelly A., Tyson W. R., 1965)

$$p = \frac{2}{\pi} \sigma_0 \arccos \left(\sin \left(\frac{\pi a}{2d} \right) / \sin \left(\frac{\pi l}{2d} \right) \right) \quad (2)$$

(Партон В. З., Черепанов Г. П., Кудрявцев Б. О., 1976)

$$R_{bt}^c = p^* = \sigma_0 \left(1 - \frac{a}{d}\right) \quad (3)$$

Розрахункова формула міцності за розтягу

$$R_{bt}^f = \left(1 - \frac{a}{d}\right) \left(0,33\sigma_f V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + \sigma_m (1 - V_f)\right) \quad (4)$$

Види армувальних волокон



Поліпропіленова



базальтова



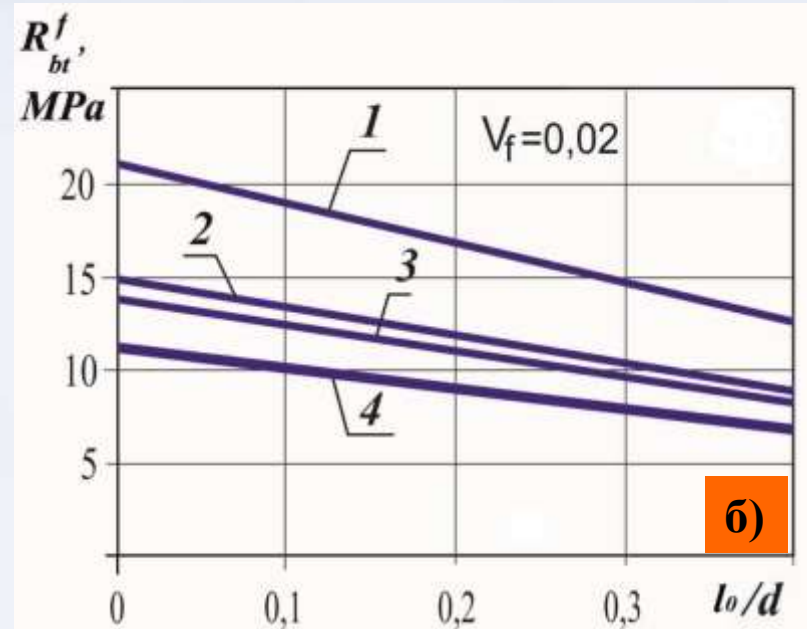
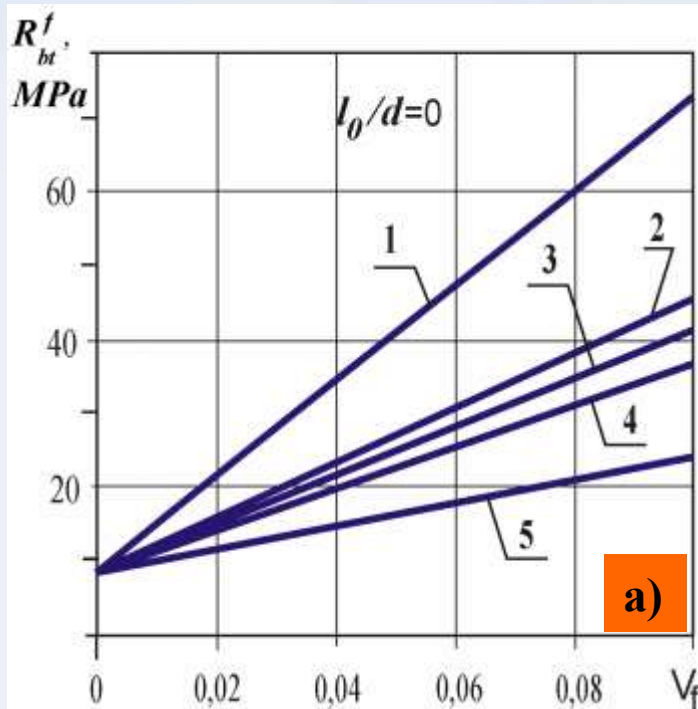
вуглецева



стальна

Механічні характеристики фібри

Назва фібри	Густина, g/cm^3	Міцність на розрив, МПа	Модуль пружності, GPa
Базальтова	2,65	1200	12
Вуглецева	2	2000	245
Скляна	2,6	1050	75
Стальна	7,8	900	200
Поліпропіленова	0,9	500	5



Залежність прогнозованої міцності композита
 а) від об'ємного вмісту армувальних волокон,
 б) від пористості цементного каменю за армування 2% фібри:

1 – вуглецевої, 2 – базальтової, 3 – скляної, 4 – сталевій, 5 – поліпропіленовій.

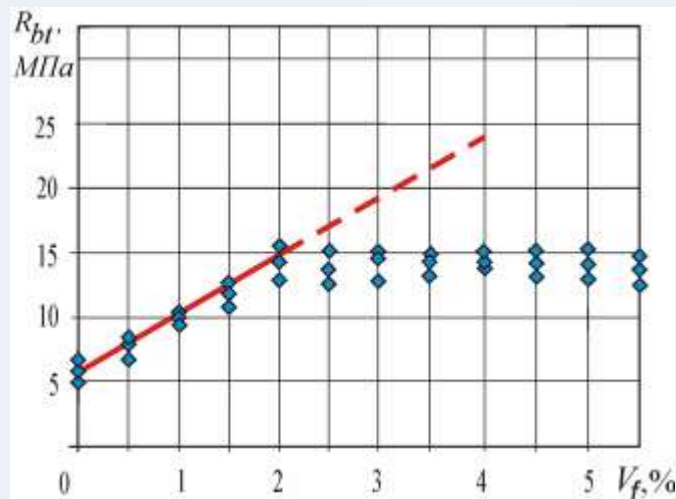
Експериментальні дослідження фібробетону на міцність



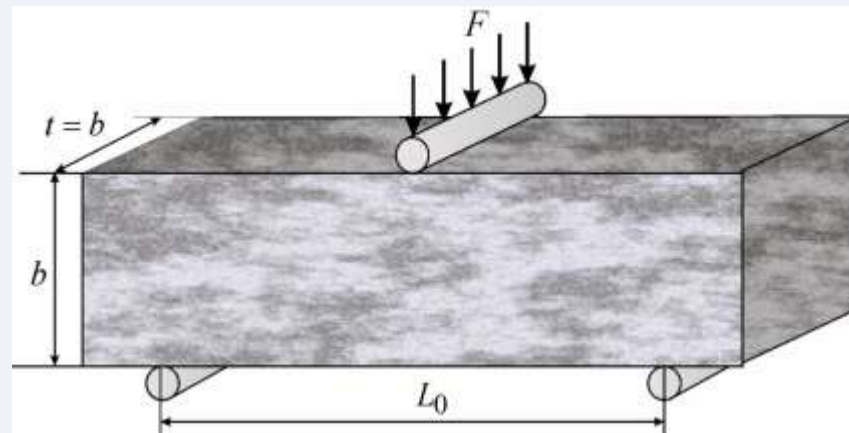
Зразки з різним об'ємним вмістом волокон

Для приготування бетонних розчинів використали наступні матеріали:

- фібру базальтову виробництва ТОВ “Технобазальт-Інвест”;
- портландцемент ПЦ П/А-3-500 загальнобудівельного призначення ПАТ “Волинь-Цемент”;
- гіперпластифікатор на основі полікарбоксилату Verament ТВ-1.

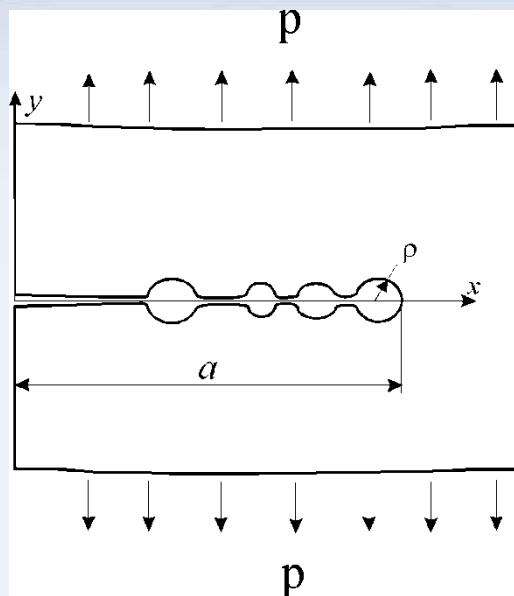


Міцність фібробетону за розтягу



Трьохточковий згин призматичного зразка

Тріщиностійкість цементного каменю



$$\varepsilon_y = \varepsilon_c$$

$$\varepsilon_y = \int_{2\rho}^{2\rho+\delta} \frac{dy}{y} = \ln\left(1 + \frac{\delta}{2\rho}\right) \quad (1)$$

$$\ln\left(1 + \frac{\delta_c}{2\rho}\right) = \varepsilon_c \quad (2)$$

$$\delta = \frac{(1-\nu^2) \cdot K_I^2}{\sigma_0 \cdot E} \quad (3)$$

Схематичне зображення контуру тріщини в матеріалі з порами

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{\sigma_0 E \rho (\exp \varepsilon_c - 1)}{1 - \nu^2}} \quad (4)$$

$$E = E_m (1 - V_p^{2/3}) \quad (5)$$

Розрахункова залежність для прогнозування тріщиностійкості цементного каменю

$$K_{IC}^c = \sqrt{\frac{\sigma_e E_m (1 - V_p^{2/3}) \rho (\exp \varepsilon_c - 1) (1 - \omega)}{1 - \nu^2}} \quad (6)$$

Трщиностійкість фібробетону

$$E = E_m(1 - V_p^{2/3}) \left(1 + \frac{V_f}{(m / (m + V_p^{2/3} - 1)) - V_f^{1/3}} \right), \quad m = \frac{E_m}{E_f} \quad (1)$$

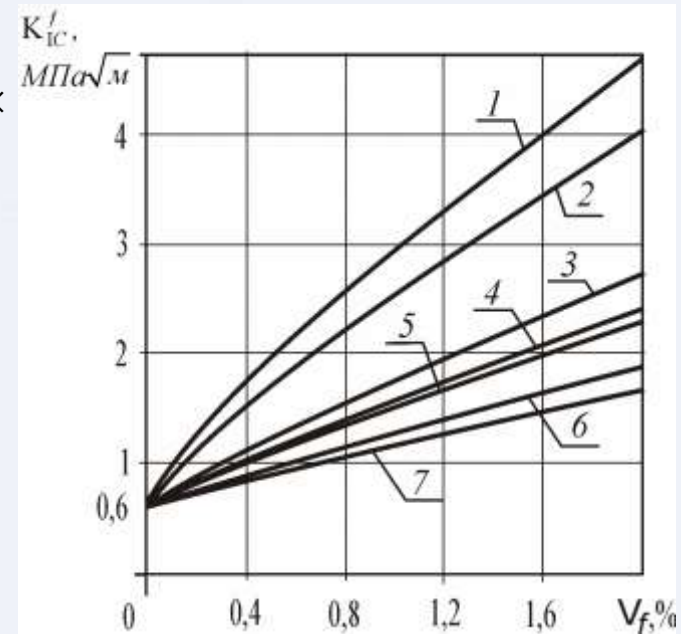
(Cohen L. J., Ishai O., 1967)

Залежність для прогнозування трщиностійкості композитного матеріалу

$$K_{IC}^f = \frac{1}{\sqrt{1 - \nu^2}} ((1 - \omega) \left(\lambda \sigma_f V_f \left(1 - \frac{r \sigma_f}{l \sigma_m} \right) + \sigma_m (1 - V_f) \right) \times$$

$$\times \left(E_m (1 - V_p^{2/3}) \left(1 + \frac{V_f}{(m / (m + V_p^{2/3} - 1)) - V_f^{1/3}} \right) \right) \times$$

$$\times \rho (\exp \varepsilon_c - 1)^{\frac{1}{2}}$$



Прогнозована трщиностійкість цементного каменю, армованого фіброю: 1 – поліпропіленовою, 2 – поліакрилонітриловою, 3 – скляною, 4 – кевлар 149, 5 – базальтовою, 6 – вуглецевою, 7 – кевлар 29.

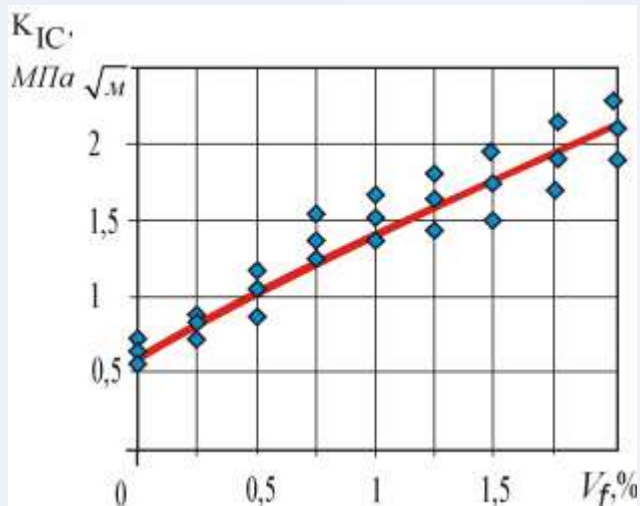
Експериментальні дослідження фібробетону на тріщиностійкість



Для приготування бетонних розчинів використали наступні матеріали:

- фібру базальтову виробництва ТОВ “Технобазальт-Інвест”;
- портландцемент ПЦ ІІ/А-3-500 загальнобудівельного призначення ПАТ “Волинь-Цемент”;
- гіперпластифікатор на основі полікарбоксилату Verament ТВ-1.

Дослідження зразків на тріщиностійкість



Прогнозована тріщиностійкість композитів на основі цементної матриці

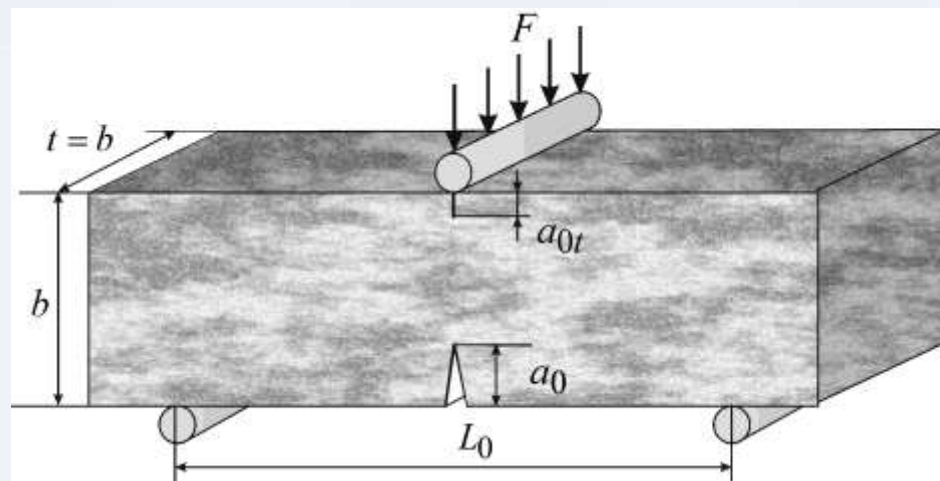


Схема випробувань на тріщиностійкість

Порівняльні характеристики міцності та тріщиностійкості композитів

