

Тишик Н. С., ст. 4 курсу ФБА (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ВЕЛИКОПРОЛЬОТНИХ МЕТАЛЕВИХ ПЕРЕКРИТТІВ

Наведений приклад розрахунку звичайної та підсиленої горизонтальною затяжкою металевої балки-двутавра. Визначена ефективність використання даного підсилення при різних величинах погонного навантаження.

Приведенный пример расчета обычной и усиленной горизонтальной затяжкой металлической балки-двутавра. Определена эффективность использования данного усиления при различных величинах погонной нагрузки.

An example of calculation of normal and reinforced with horizontal pull metallic double T beam is presented. An efficiency of use of reinforcement for different quantity of linear load is determined.

Ключові слова: великопрольотні конструкції, балка, підсилення, прогин, будівельний підйом.

Використанню великопрольотних конструкцій відведене досить вагоме місце у сучасному містобудуванні. Вони є невід'ємною складовою зведення виставкових павільйонів, критих стадіонів, ринків, концертних залів, вокзалів, спортивних та багатьох інших споруд.

Великопрольотні конструкції перекриттів за своєю статичною роботою можна поділити на 2 основні групи:

- плоскі (балки, ферми, рами, арки);
- просторові (оболонки, висячі системи, перехресно-стержневі системи та ін.).

На сьогодні досить важливим аспектом зведення великопрольотних металевих перекриттів є використання їх ефективних конструкцій. Відомо, що металеві балки таврового чи коробчастого перерізу для перекриття значних прольотів є досить металоємними, що призводить до виникнення великих прогинів. Для зменшення прогинів та підвищення несучої здатності таких балок застосовують різні способи їх підсилення.

Підсилення несучих металевих конструкцій, що згинаються, виконується шляхом:

- збільшення площі поперечних перерізів окремих елементів конструкцій;
- заміни елементів конструкцій;

- зміни конструктивної схеми всього каркасу або його окремих елементів, внаслідок чого змінюється розрахункова схема;
- зміни виду з'єднань елементів конструкції;
- регулювання напружень.

Розрахунок міцності підсиленних несучих металевих конструкцій (елементів), зустрічається в роботах Є.І. Белені [4], О.Л. Шагіна, М.Ю. Ізбаша [5].

В роботах М.М. Стрелецького [6], А.М. Петрова [7] приведені методики розрахунку міцності несучих металевих конструкцій (балок) з попередньо-напруженими металевими затяжками, які використовуються на етапі їх проектування.

Методика дослідження полягає у визначенні оптимальних параметрів підсиленої металеві балки на основі попереднього розрахунку звичайної металеві балки двотаврового перерізу при різних величинах погонного навантаження з не перевищенням допустимих прогинів. Таке посилення дає змогу зменшити поперечний переріз балки з забезпеченням необхідної несучої здатності. Прогини, які виникають при завантаженні такої балки, компенсуються за рахунок виникнення будівельного підйому, який не повинен перевищувати гранично допустимого значення для конкретної величини прольоту балки.

Завданням дослідження є розрахунок підсилення металеві балки, яке б дозволило зменшити її поперечний переріз без втрати несучої здатності та порівняння отриманих результатів з результатами розрахунку звичайної двотаврові балки.

Виконуємо розрахунок металеві балки двотаврового перерізу прольотом $L = 12$ м.

Визначення погонних навантажень проводимо з урахуванням того, що крок балок становить 1,5 м. До розрахунку приймаємо наступні величини навантажень: 400 кгс/м², 600 кгс/м², 800 кгс/м².

Отримаємо погонні навантаження:

$$q_{п1} = 1,5 \cdot 0,400 = 0,600 \text{ т/м} = 6 \text{ кН/м};$$

$$q_{п2} = 1,5 \cdot 0,600 = 0,900 \text{ т/м} = 9 \text{ кН/м};$$

$$q_{п3} = 1,5 \cdot 0,800 = 1,200 \text{ т/м} = 1,2 \text{ кН/м}.$$

Знаходимо величину допустимого прогину f , [3] з умови:

$$f_u/L = 1/250; \tag{1}$$

$$f_u = L/250; \tag{2}$$

$$f_u = 12000/250 = 0,048 \text{ м} = 48 \text{ мм}.$$

Розрахунок проводимо за допомогою програмного комплексу Lira.

В результаті маємо:

- $q_{п1} = 6$ кН/м, двотавр 40, $f = 41,3$ мм;

- $q_{п2} = 9$ кН/м, двотавр 45, $f = 42,6$ мм;

- $q_{II} = 1,2$ кН/м, двотавр 50, $f = 39,6$ мм.

Далі для балки попередньо приймаємо двотавр, який повинен мати меншу площу ніж той, що був використаний у попередньому розрахунку для відповідної величини навантаження. Для цього визначаємо різницю між фактичним та допустимим прогинами балки. Якщо отримана величина не перевищує граничного значення будівельного підйому, виконуємо підсилення. Для прольоту балки $L = 12$ м допустима величина будівельного підйому $f_{u,b}$ [3] становить

$$f_{u,b} \leq 40 \text{ мм.} \quad (3)$$

Це означає, що влаштування даного підсилення дозволяє в межах 40 мм компенсувати надмірний прогин, який виникає в балці через зменшення її поперечного перерізу.

Розглянемо 3 випадки підсилення металеві балки залежно від величини діючого навантаження:

1. Величина погонного навантаження $q_{II} = 6$ кН/м, (рис. 2).

Для даного навантаження двотавр № 33 має прогин $f = 80$ мм.

Оскільки $f - f_u = 80 - 48 = 32$ мм $< f_{u,b} = 40$ мм, обраний двотавр можна підсилювати. Приймаємо таку величину натягу N , при якій величина будівельного підйому $f_b \geq f - f_u = 32$ мм. При $N = 485$ кН величина будівельного підйому становить 32,3 мм (рис. 1).

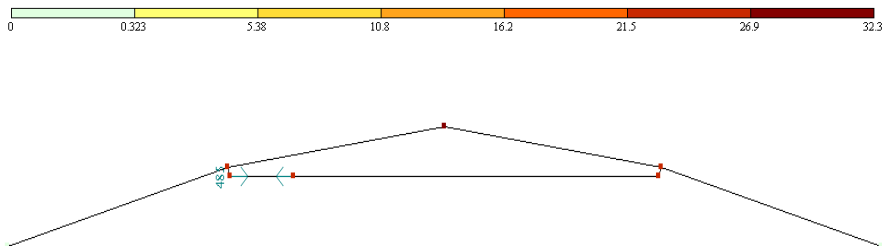


Рис. 1. Будівельний підйом балки

Визначаємо необхідну площу зтяжки у вигляді двох сталевих стержнів круглого перерізу з умови:

$$\frac{N}{A} \leq 23,5 \text{ кН/см}^2. \quad (4)$$

Звідси : $A = N/23,5$ см², $A = 485/23,5 = 20,64$ см². Приймаємо зтяжку з діаметром стержнів $d = 36$ мм.

Фактичний прогин після підсилення $f = 47,7$ мм $< f_u = 48$ мм.

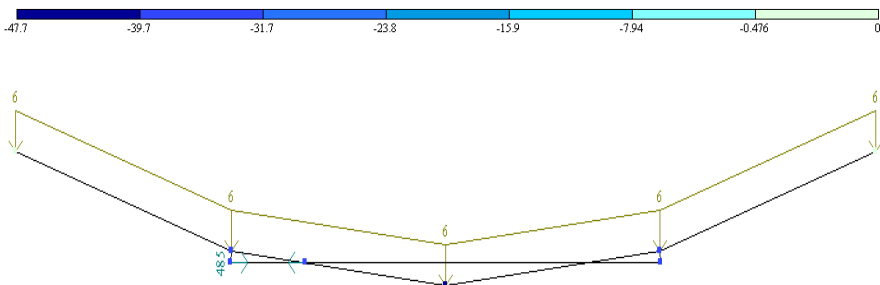


Рис. 2. Прогини балки при погонному навантаженні $q_{пг} = 6$ кН/м

2. Величина погонного навантаження $q_{пг} = 9$ кН/м (рис. 3).

Для даного навантаження двотавр № 40 має прогин $f = 61,9$ мм. Оскільки $f - f_u = 61,9 - 48 = 13,9$ мм < 40 мм, обраний двотавр можна підсилувати.

Визначаємо параметри підсилення:

$N = 410$ кН;

$A = 410/23,5 = 17,45$ см², $d = 36$ мм.

Фактичний прогин після підсилення $f = 47,8$ мм $< f_u = 48$ мм.

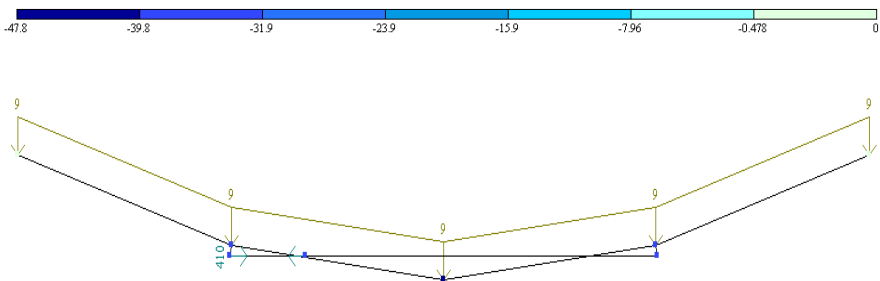


Рис. 3. Прогини балки при погонному навантаженні $q_{пг} = 9$ кН/м

3. Величина погонного навантаження $q_{пг} = 12$ кН/м.

Для двотавру № 40 прогин $f = 82,8$ мм, а для двотавру № 45 прогин $f = 57,6$ мм. Оскільки $f - f_u = 82,8 - 48 = 34,8$ мм < 40 мм та $f - f_u = 57,6 - 48 = 8,8$ мм < 40 мм, то для підсилення підходять 2 варіанти.

Визначаємо параметри підсилення:

а) для двотавру №40 (рис. 4):

$N = 1010$ кН;

$A = 1010/23,5 = 42,97$ см², $d = 55$ мм.

б) для двотавру №45 (рис. 5):

$N = 380$ кН;

$A = 380/23,5 = 16,17$ см², $d = 32$ мм.

Фактичний прогин після підсилення у обох випадках $f = 47,8$ мм < $f_u = 48$ мм.

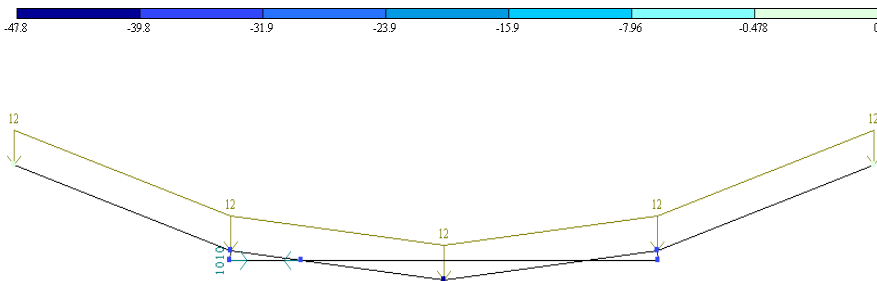


Рис. 4. Прогини балки з двотавру № 40 при погонному навантаженні $q_{п} = 12$ кН/м

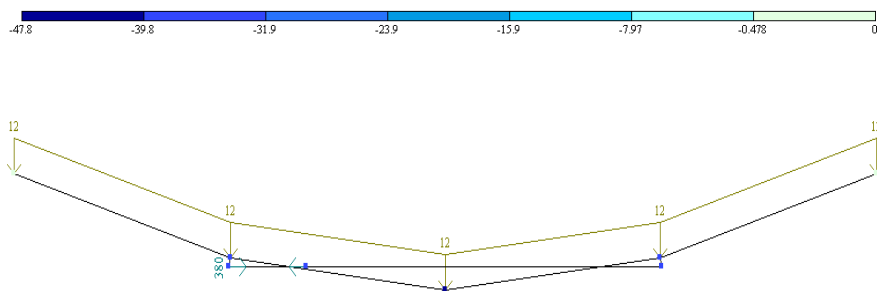


Рис. 5. Прогини балки з двотавру № 45 при погонному навантаженні $q_{п} = 12$ кН/м

В результаті розрахунків було проведено порівняння ефективності розглянутих елементів конструкцій, а дані занесені до табл. 1.

Таблиця 1

№	Значення погонного навантаження $q_{п}$, (кН/м)	Звичайна балка		Підсилена металева балка		
		№ двотавру	Прогин f , (мм)	№ двотавру	Прогин f , (мм)	Діаметр стержнів затяжки, d , (мм)
1.	6	40	41,3	33	47,7	36
2.	9	45	42,6	40	47,8	36
3.	12	50	39,6	45 (40)	47,8	55 (32)

Дослідженням встановлено, що розглянуте підсилення балок дозволяє використовувати менш матеріалоемні елементи без втрати їх несучої здатності та з забезпеченням не перевищення допустимих прогинів.

Порівнявши отримані результати, можна зробити висновок про те, що балки, підсилені горизонтальною затяжкою, є ефективними конструкціями великопрольотних металевих перекриттів.

1. Реконструкция зданий и сооружений / А. Л. Шагин, Ю. В. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров; под ред. А. Л. Шагина. – М. : Высш. шк., 1991. – 352 с. **2.** Мальганов А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / Мальганов А. И., Плевков В. С., Полищук А. И. – Томск: Томский ГУ, 1992. – 456 с. **3.** СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд. 10. Прогнбы и перемещения) / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 8 с. **4.** Беленя Е. И. Расчёт металлических балок, усиленных под нагрузкой / Е. И. Беленя, Д. М. Горовский // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1971. – № 1. – С. 12-18. **5.** Шагин А. Л. Усиление эксплуатируемых балочных конструкций локальным обжатием / А. Л. Шагин, М. Ю. Избаш // Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник: науково-технічні проблеми сучасного залізобетону. – 2005.– Випуск 62, том 2. – С. 316-321. **6.** Стрелецкий Н. Н. Прочность стальных предварительно-напряжённых балок / Н. Н. Стрелецкий // Промышленное строительство.– 1961. – № 2. – С. 32-36. **7.** Петров А. М. К вопросу о параметрах предварительно-напряжённых металлических балок / А. М. Петров // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1965. – № 12. – С. 5-10.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук О. А. (НУВГП)