####  ЗМІСТ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  стор. |
|  |  |  |
| 1. | РОЗРАХУНОК ОДНОПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ІЗ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІ ПЛИТНОГО ТИПУ…………………………………………………………….……… | 2 |
| 1.1. | Визначення розрахункової схеми моста……………………………… | 2 |
| 1.2. | Збір навантажень……………………………………………………….. | 2 |
| 1.2.1. | Розрахунок постійних навантажень…………………………………… | 2 |
| 1.2.2. | Тимчасові навантаження, визначення коефіцієнтів поперечної установки………………………………………….……… | 5 |
| 1.2.3. | Нормативні значення тимчасових навантажень, коефіцієнтів динамічності та коефіцієнтів надійності за навантаженням………… | 7 |
| 1.3. | Визначення внутрішніх зусиль в елементах прольотної будови…………………………………………………………………… |  8 |
| 1.3.1. | Розрахунок згинаючих моментів……………………………………… |  8 |
| 1.3.2. | Визначення поперечних сил…………………………………………… | 8 |
| 2.1. | Компонування тунелю………………………………………………. | 13 |
| 2.1.1. | Загальні відомості……………………….…………………………… | 13 |
| 2.1.2. | Влаштування гідроізоляції………………………………………….. | 13 |
| 2.2. | Розрахунок тунелю………………………………………………….. | 14 |
| 2.2.1. | Збір навантажень……………………………………….…… | 14 |
| 2.2.1.1. | Загальні відомості…………………………………………….……… |  14 |
| 2.2.1.2. | Визначення навантажень….………………………………………… | 16 |
| 2.2.2. | Статичний розрахунок. Визначення зусиль в елементах тунелю ……………………………………………… | 16 |
|  |  |  |
| 2.2.3. | Конструктивний розрахунок тунелю |  |
| 2.2.4. | Конструювання елементів тунелю…………………………………. | 16 |
|  3.1. | Визначення габаритних розмірів…………………... |  **21**  |
|  3.2. | Перевірка стійкості стінки проти перекидання……………….……. |  **21** |
|  3.3. | Розрахунок стійкості підпірної стінки на зсув ……………….……. |  **23** |
| 3.1. | Визначення активного тиску ґрунту…….…………………….……. |  **23** |
| 3.2. | Перевірка умови стійкості стінки на зсув…………………………... |  **23** |
| 3.4. | Визначення зусиль в елементах підпірної стінки.…………………. |  |
| 3.5. | Розрахунок площі перерізу робочої арматури ….…………………. |  **29** |
| 3.6. | Конструювання підпірних стінок.…………………………………... |  **30** |
|  | **Література** |  |

 *1. РОЗРАХУНОК ОДНОПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ІЗ ЗБІРНИХ*

 *ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛИТНОГО ТИПУ*

* 1. ***Визначення розрахункової схеми моста***

В статичному відношенні міст являє собою однопролітну балку (рис.1.1) з розрахунковим прольотом

.



 ***Рис. 1.1. Розрахункова схема прольотної будови моста***

* 1. ***Збір навантажень***

***1.2.1. Розрахунок постійних навантажень***

Збір навантажень здійснюємо на 1 метр погонний прольотної будови моста.

Нормативне навантаження від власної маси елементів прольотної будови обчислюємо за формулою

 (кН/м),

де  - приведена товщина бетону елемента, м;

 - ширина елементу, м;

 - густина залізобетону (25 кН/м3);

 - кількість елементів прольотної будови в поперечному перерізі мосту,

 шт. (рис. 1.2).



 ***Рис. 1.2. Поперечний переріз прольотної будови мосту***

Нормативне навантаження від власної маси двох тротуарів шириною  і перилами (за типовим проектом нормативна вала тротуарного елементу  складає

 (кН/м).

Збір навантаження від власної маси дорожнього покриття зведемо до табл. 1.1. Конструкції дорожніх покриттів проїзної частини та тротуару приведені на рис. 1.3 і рис. 1.4.

 

***Рис. 1.3. Конструкція покриття проїзної частини прольотної будови***

 

***Рис. 1.4. Конструкція покриття тротуару прольотної будови***

Нормативне навантаження від кожного шару покриття обчислюємо за формулою

 (кН/м),

де  - товщина шару покриття, м;

 - ширина вантажної площі шару покриття, м;

  - густина матеріалу шару покриття, кН/м3.

 ***Таблиця 1.1***

***Навантаження від власної маси дорожнього покриття***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Вид навантаження (шар покриття) | Нормативне навантаження  | Коефіцієнт надійності за навантаженням  | Розрахункове навантаження  |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|  Проїзна частина |
| 1. | Асфальтобетон  | 19,55 | 1,1 | 21,51 |
| 2. | Армований бетон  | 11,25 | 1,1 | 12,38 |
| 3. | Гідроізоляція  | 3 | 1,3 | 3,9 |
| 4. | Цементна стяжка  | 8,4 | 1,3 | 10,92 |
|  Тротуар |
| 5. | Асфальтобетон  | 5,84 | 1,1 | 6,46 |
|  | Разом | 48,07 |  | 55,17 |

Відповідно до [3] нормативне навантаження від рухомого складу автотранспорту необхідно приймати:

* від автотранспорту у вигляді смуг АК, кожна з яких включає (рис. 1.5, а):

***Рис. 1.5. Схеми навантажень від рухомого складу автотранспорту: а) автомобільне навантаження АК у вигляді одиночного возика з тиском на вісь Р і рівномірно розподіленого навантаження інтенсивністю υ; б) важке одиночне навантаження НК-80***

* один двоосний возик з осьовим навантаженням  (кН);
* рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю

 (кН/м) на обидві колії (для мостів на дорогах І - ІІІ категорій клас навантаження необхідно приймати рівним );

* від важких одиночних навантажень: для мостів, що проектуються під навантаження А11 – у вигляді колісного навантаження (однієї чотирьохосної машини НК-80) загальною масою 785 кН (80 тс), рис. 1.5, б.

Вважаємо, що навантаження від власної маси конструкцій прольотної будови та покриття проїзної частини розподіляється між ***n*** елементами (плитами) прольотної будови порівну і складає:

* від власної маси конструкцій

 (кН/м);

* від асфальтного покриття проїзної частини й тротуарів, вирівнюючого, ізоляційного та захисних шарів дорожнього покриття

- (кН/м).

Для визначення розрахункових навантажень коефіцієнти надійності за навантаженням від власної маси конструкцій та всіх шарів дорожнього покриття  приймати за [2,3].

***1.2.2. Тимчасові навантаження, визначення коефіцієнтів***

 ***поперечної установки***

Величину розрахункового тимчасового навантаження на один елемент (плиту) прольотної будови визначаємо за допомогою коефіцієнтів поперечної установки. Цей коефіцієнт показує, яка частина від тимчасового навантаження передається на конкретну плиту (елемент). Як правило, найбільш навантаженими є крайні елементи. Тому розраховують саме їх , а всі інші елементи (плити) приймають аналогічними.

Розрахунок коефіцієнтів поперечної установки виконуємо методом позацентрового стиску, виходячи з того, що прольотна будова в поперечному напрямку працює як жорстка конструкція (для мостів з довжиною ***L***, більшою за їх ширину ***В***, крутильною жорсткістю можна нехтувати).

Ординати лінії впливу під центрами ваги крайніх плит прольотної будови мостового переходу обчислюємо за формулою



де  - відстань між центрами ваги крайніх плит в поперечному напрямку

 прольотної будови;

 - відстань між центрами ваги відповідних плит в поперечному

 напрямку прольотної будови (симетрично центральній осі

 поперечного перерізу прольотної будови).

 ****

 ****

Розрахунок міцності конструкцій моста необхідно виконувати за двох випадків дії навантаження АК11, при яких у розглянутих елементах виникають найбільші зусилля:

 - перший - передбачає невигідне розташування на проїзній частині (в яку не входять смуги безпеки) числа смуг навантаження не більше числа смуг руху.

безпеки (рис 1,6,а).

 - другий – передбачає при ненавантажених тротуарах невигідне розміщення на всій ширині їздового полотна (в яке входять смуги безпеки) двох смуг навантаження

(рис 1,6,б).

 При цьому для всіх випадків навантаження АК необхідно виконувати основні умови:

 - число смуг навантаження на мосту не повинно перевищувати встановленого числа смуг руху;

 - відстань між осями сумісних смуг навантаження має бути ≥3м.

Навантаження НК-80 необхідно розташовувати на краю проїзної частини (в яку не входять смуги безпеки, рис 1,6,в).

Коефіцієнти поперечної установки визначають для кожного виду тимчасового навантаження(рис 1,6)

Для навантаження А11 визначаємо наступні значення коефіцієнта поперечної установки:

* КПУТА,С (для смугового навантаження) та КПУТА,В (для возика) за рис. 1.6, а, г;
* КПУА,С (для смугового навантаження) та КПУА,В (для возика) за рис. 1.6, б, г.

Кожен із зазначених коефіцієнтів обчислюємо за формулою

... ,

 ;

 ;

 ;

 ;

де  та  - ординати ліній впливу тиску під центрами відповідних смуг

 руху (навантаження), рис. 1.6, г;

  та  - коефіцієнти, що враховують ймовірне неповне завантаження

 відповідних смуг руху автомобілями.

Навантаження з першої смуги руху необхідно приймати з коефіцієнтом =1,0. Для другої та інших смуг руху навантаження А11 приймають із коефіцієнтом: =1,0 - для возиків і = 0,6 – для рівномірно розподіленого навантаження.

Коефіцієнт поперечної установки від натовпу на тротуарах приймають

 

Коефіцієнт поперечної установки важкого навантаження НК-80 дорівнює

 



***Рис. 1.6. До визначення КПУ за дії навантажень: а) автомобільного А11 та з тротуарів Т; б) автомобільного А11; в) важкого НК-80; г) лінія впливу η***

***1.3 Нормативні значення тимчасових навантажень, коефіцієнтів динамічності***

***та коефіцієнтів надійності за навантаженням.***

 Нормативні значення тимчасових навантажень складають:

* для автомобільного А11:
	+ на вісь возика  кН;
	+ від смугового навантаження кН;
* для тяжкого НК-80 на одну вісь машини  кН;
* від натовпу на тротуарах

4-0,02\*17=3,66 ;

де  - довжина завантаження тротуару, рівна довжині прольоту ().

Коефіцієнт динамічності автомобільного навантаження А11 для возика і смугового навантаження знаходять за формулою

 .

 При  коефіцієнт надійності динамічності важкого навантаження НК-80 приймають рівним (1+μ)=1,1

 Коефіцієнти надійності за навантаженням приймають рівними:

*  - для важкого навантаження НК-80;
*  - для навантаження від натовпу на тротуарах.

 Для автомобільного навантаження А11 коефіцієнт надійності за навантаженням приймають:

* для смугового навантаження ;
* для возика – за формулою

 .

 

 ***1.4. Визначення внутрішніх зусиль в елементах прольотної будови.***

 ***1.4.1. Розрахунок згинальних моментів***

 Для визначення згинаючих моментів в прольоті несучого елементу побудуємо епюру лінії впливу моменту на прольотну будову моста та знайдемо площу цієї епюри за формулою

  .

Згинаючі моменти в плитах (елементах) прольотної будови визначаємо від комбінації постійних та тимчасових навантажень шляхом завантаження вищезазначеної лінії впливу.



***Рис. 1.7. До визначення згинаючих моментів в елементах прольотної***

 ***будови моста: а) від тимчасових навантажень; б) від постійних***

 ***навантажень; в) форма епюри лінії впливу***

Згинаючий момент від постійних розрахункових навантажень обчислюємо за формулою:

  ***(кНм),***

а від постійних нормативних навантажень:

 ***(кНм)***.

 Моменти від тимчасових розрахункових та нормативних навантажень відповідно визначаємо для:

 ***а) автомобільного А11 і натовпу на тротуарах:***





 ***б) автомобільного А11 при розміщені першої смуги на краю їздового полотна:***

 

 ***в) важкого навантаження НК-80* :**





За максимальний згинаючий момент від постійних та тимчасових навантажень приймаємо більший із трьох наступних:



 Зазначений згинаючий момент використовують у розрахунках залізобетонної прольотної будови за 1-ю групою граничних станів (при визначенні площі

перерізу поздовжньої робочої арматури).

В розрахунках за тріщиностійкістю нормальних перерізів використовують згинаючий момент від нормативних навантажень, який обчислюють за формулою



 При розрахунку прогинів елементів (плит) прольотної будови моста необхідно використовувати згинальний момент від нормативних постійних навантажень та нормативного важкого навантаження НК-80

 

 ***1.5.Визначення поперечних сил***

Для визначення поперечних сил побудуємо епюру лінії впливу  та графіки зміни коефіцієнта поперечної установки по довжині прольоту для навантажень А11 та НК-80.

 Площу епюри лінії впливу  визначаємо за формулою

 (м)

Поперечну силу від постійних розрахункових навантажень обчислюємо з виразу

 (кН),

а від постійних нормативних навантажень

  (кН).

Поперечні сили від тимчасових розрахункових та нормативних навантажень (рис. 1.8, а), відповідно, визначаємо для:

***а) автомобільного А11 і натовпу на тротуарах (рис. 1.6, а)***





***б) автомобільного А11 при розміщенні першої смуги на краю їздового полотна (рис. 1.6, б)***



***в) важкого навантаження НК-80***

**** (кН)

За максимальну поперечну силу від постійних та тимчасових навантажень приймаємо більшу із трьох наступних:

 (кН).

Зазначену поперечну силу використовують в розрахунках прольотної будови за 1-ю групою граничних станів (за міцністю).

В розрахунках за тріщиностійкістю похилих перерізів використовують поперечну силу від нормативних навантажень, яку обчислюють за формулою

 (кН).

**1. Компонування тунелю**

* 1. **Загальні відомості**



Рис. 1.1. Компоновочне креслення тунелю

* 1. **Влаштування гідроізоляції тунелю**

Одною із основних вимог до тунелів і каналів є надійний захист від проникнення в них ґрунтових та поверхневих вод.

Тунель розташований вище рівня ґрунтових вод.

 

Рис. 1.2. Гідроізоляція тунелю

**2. Розрахунок тунелю**

* 1. **Збір навантажень**

**2.1.1. Загальні відомості**

Розрахунковий рівень ґрунтових вод приймаємо вище заданого на 0,5м (цим самим враховуємо можливе підняття рівня ґрунтових вод під час експлуатації тунелю чи каналу). Рівень ґрунтових вод знаходиться нижче тунелю.

* + 1. **Визначення навантажень**

Збір навантажень виконуємо на 1 метр погонний конструкцій тунелю (b=1м).

Постійне розрахункове навантаження на перекриття (від власної маси та маси ґрунту над перекриттям)

 кН/м

де і - густина залізобетону та густина (нормативна вага) ґрунту відповідно, кН/м3;

 - товщина плити перекриття, м;

 - глибина закладання тунелю (товщина ґрунту над тунелем), м;

 і- коефіцієнти надійності за навантаженням від власної ваги

 залізобетонних конструкцій тунелю та від ваги ґрунту відповідно.

 Нормативна вага (густина) ґрунту, зваженого у воді, обчислюється за формулою

  (кН/м3),

де - нормативна вага часток ґрунту, кН/м3;

 - коефіцієнт пористості ґрунту.

Постійне розрахункове навантаження на днище з урахуванням його маси та власної ваги маси стін, приведеної до рівномірно розподіленого навантаження по днищу,

 

де - навантаження на перекриття (верхню плиту) тунелю;

 - товщина плити днища, м;

 - ширина тунелю в осях, м;

 - усереднена товщина стінки тунелю.

Тимчасове навантаження на перекриття

  (кН/м),

де - тимчасове нормативне навантаження на перекриття, кПа;

 - коефіцієнт надійності за навантаженням для тимчасового навантаження[1].

Постійні горизонтальні навантаження визначаємо:

* на рівні осі перекриття тунелю за формулою

 (кН/м),

де (м),

Приймаємо =0.(в (2.6) завжди приймають , а );

 - коефіцієнт бокового тиску ґрунту, що обчислюється за формулою

 

де - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.;

* на рівні осі днища тунелю за формулою



де,

 (в (2.10) завжди приймають );

* на рівні ґрунтових вод навантаження визначаємо за формулою (2.6) при .

Тимчасове бокове навантаження

 (кН/м)

**2.2. Статичний розрахунок тунелю**

**2.2.1. Визначення зусиль в елементах тунелю**

Зусилля в елементах тунелю, що мають шарніри в стінках, визначаємо за схемами рис. 2.2.

 Зусилля в стінках тунелю визначаємо:

* від постійних та тимчасових вертикальних навантажень – за схемою 1;
* від бокового активного тиску ґрунту – за схемами 2 і 3;
* від тимчасового бокового навантаження за схемою 2.

Розрахункові зусилля в стінці від постійних навантажень визначаємо за формулами:

* верхній вузловий момент на осі перекриття



* поперечна сила у верхньому вузлі на осі перекриття

(кН),

* нижній вузловий момент на осі днища



(кН).

Поперечна сила в перекритті (верхньому ригелі) від постійних навантажень

  (кН),

а в днищі (нижньому ригелі)  (кН).

Розрахункові зусилля від постійних навантажень по внутрішніх гранях елементів тунелю:

* згинаючий момент в перекритті в (кНм):



* поперечна сила в перекритті

(кН),

* згинаючий момент та поперечна сила в стінці зверху відповідно



Рис. 2.5. Розрахункова схема тунелю

Рис. 2.6. Епюра згинаючих моментів в тунелі: а – від постійних навантажень;

 б – від тимчасових навантажень

 (кН),

* згинаючий момент та поперечна сила в стінці внизу, відповідно,

 

 (кН),

* згинаючий момент та поперечна сила в днищі в (кНм):



 (кН).

Прольотні моменти в перекритті та в днищі , відповідно:

 (кНм),

 (кНм).

Розрахункові зусилля в стінці від тимчасових навантажень визначаємо за формулами:

* верхній вузловий момент по осі перекриття та нижній вузловий момент по осі днища

 (кНм),

* поперечні сили в цих же перерізах

 (кН).

Поперечні сили в перекритті (верхньому ригелі) та днищі (нижньому ригелі) від тимчасових навантажень

  (кН).

Розрахункові зусилля від тимчасових навантажень по внутрішніх гранях елементів тунелю:

* згинаючий момент в днищі та в перекритті в (кНм)



* поперечна сила в тих же перерізах

(кН),

* згинаючий момент внизу та вверху стінки



* поперечна сила в тих же перерізах

(кН),

Прольотні моменти в перекритті та в днищі

(кНм).

Слід зауважити, що перекриття, днище та стінки тунелю зазнають поздовжньо-поперечного згину, а тому їх розраховують, як правило на позацентровий стиск.

Перекриття, як і днище, розраховують на максимальні зусилля від тривалих та короткочасних навантажень по перерізу 4-4 або 6-6 (рис. 2.5):

 або ; або ;

 (кН),

 (кН).

Стінку розраховуємо як позацентрово стиснутий елемент на максимальні зусилля від тривалих та короткочасних навантажень по перерізу 2-2 (рис. 2.5)

 ; ;

  (кН),

 (кН).

**2.3. Перевірка необхідності влаштування температурно-усадочних швів**

Необхідність влаштування температурно-усадочних швів перевіряється за умовою:

 

де - найбільші температурно-усадочні розтягуючі напруги в бетоні;

 - розрахунковий опір бетону на розтяг за І групою граничних станів.

Таким чином при - влаштування температурно усадочних швів не потрібно.

Найбільші температурно-усадочні розтягуючі напруги в бетоні визначаються за виразом:

 (Мпа)

де - коефіцієнт лінійної температурної деформації бетону (для важкого

 бетону = 10-5 град-1);

 - розрахункова зміна середніх температур конструкцій тунелю в холодну

 пору року (для України =150 С);

 - відносні усадочні деформації бетону (для збірних конструкції =0, для монолітних =0,00015);

 - початковий модуль деформацій бетону, МПа;

 - коефіцієнт, що враховує повзучість бетону (при середній вологості

 40% =2; при вологості > 40% =1,5).

**2.4. Конструктивний розрахунок тунелю**

Конструктивний розрахунок елементів тунелю зводиться до підбору площі перерізу поздовжньої і поперечної арматури . Оскільки всі елементи тунелю є плитними (мають значну ширину), то їх поперечне армування в більшості випадків виконується лише з конструктивних вимог. Тому в курсовому проекті рекомендується розрахувати лише поздовжню арматуру за методикою [8] по зусиллях, визначених у п. 2.2.2.



Так як  ,використовую формулу:

,звідки

 ()





 Остатоточно площа арматури складає:



Приймаємо 6 Ø 10 А500, загальною площею 

**2.5. Конструювання тунелю**

Армування елементів тунелю виконують , як правило, зварними арматурними сітками або окремими стержнями, що об’єднуються у в’язані сітки (рис. 2.7). Стержні робочої арматури розміщують з кроком 100...200 мм, а розподільчу – з кроком 300- 350 мм (не менше 3-х стержнів на 1 м. п. перерізу підпірної стінки). Для економії сталі всі елементи тунелю армують відповідно до епюри матеріалів з обривом робочих стержнів. При невеликих розмірах (до 3 м ) армування тунелю виконують без обриву стержнів.

Глибина анкерування (защемлення) розтягнутих арматурних стержнів ,що обриваються, обчислюється за [2] і повинна бути не меншою 20 їх діаметрів.

 

Рис. 2.7. Схема армування тунелю

**Підпірна стінка**

**1. Визначення габаритних розмірів**

Попередні розміри кутової підпірної стінки визначаємо за допомогою графіків (рис. 1.1) у залежності від кута внутрішнього тертя ґрунту , висоти підпірної стінки  та тимчасового нормативного навантаження на поверхні ґрунту .

 

 Рис. 1.1. До визначення попередніх габаритних розмірів кутових підпірних

 cтін.

**2. Перевірка стійкості стінки проти перекидання**

 Розрахунок ведемо на 1м.п. підпірної стінки (). На кутову підпірну стінку діють перекидаючі сили (активний тиск ґрунту , боковий тиск ґрунту від тимчасового навантаження ) та утримуючі сили (навантаження від власної маси елементів стінки , навантаження від маси ґрунту на уступах ). В розрахунках на перекидання пасивним тиском ґрунту нехтуємо (рис. 2.1).



 Рис. 2.1. До розрахунку кутової підпірної стінки на перекидання

Рівнодіючу активного тиску ґрунту визначаємо за формулою

 (кН),

де  - коефіцієнт надійності за навантаженням для ґрунту (тут його

 приймають );

  - питома густина ґрунту, кН/м3;

  - висота підпірної стінки, м;

  - коефіцієнт бокового тертя ґрунту

 .

Рівнодіюча бокового тиску ґрунту від тимчасового навантаження

 (кН),

де  - коефіцієнт надійності за навантаженням для тимчасового навантаження (приймають );

  - тимчасове нормативне навантаження на поверхні ґрунту.

Навантаження від власної маси 1 м. пог. підпірної стінки доцільно визначати поелементно, розбивши її поперечний переріз на прості фігури, за формулою

 

де  - площа поперечного перерізу відповідної частини кутової підпірної

 стінки, м2;

  - густина залізобетону, кН/м3;

  - коефіцієнт надійності за навантаженням від маси стінки (),

 оскільки збільшена маса покращує роботу стінки на перекидання).

Навантаження від власної маси ґрунту на уступах підпірної стінки, довжиною 1м. погонний, визначаємо за формулою

 

де  - площа перерізу ґрунту на відповідних уступах, м2;

 - коефіцієнт надійності за навантаженням для ґрунту (для утримуючих сил приймаємо рівним 0,9).

Стійкість кутової підпірної стінки проти перекидання відносно точки *О* (рис. 2.1) перевіряємо за умовою



Момент перекидаючих сил відносно точки *О* обчислюємо за формулою

 (кНм),

Момент утримуючих сил знаходимо за виразом (кНм)

 

де *аі* – відстань від точки *О* до відповідної утримуючої сили, м

**3. Розрахунок стійкості підпірної стінки на зсув**

**3.1. Визначення активного тиску ґрунту**

Активний тиск ґрунту для кутових підпірних стін визначають із умови утворення за стіною клиновидної симетричної або несиметричної призми обвалення (рис. 3.1).

Для випадку утворення симетричної призми обвалення (рис. 3.1, а) активний тиск ґрунту приймають діючим на площину, нахилену до вертикалі під кутом 

Для короткої задньої консолі, коли площина призми обвалення перетинає задню грань стіни, тиск ґрунту визначають:

* як для симетричної призми обвалення, якщо відстань від верху стіни до перетину з площиною обвалення не перевищує 0,25 висоти стіни;
* в противному випадку, якщо , тиск ґрунту визначають окремо для вертикальної стінки і похилої грані призми обвалення (рис. 3.1, б).

При розрахунку кутових підпірних стін приймають:

* кут нахилу ( ) задньої грані стіни до вертикалі рівним куту обвалення 

 ;

* кут тертя () ґрунту на контакті з стіною рівним ;
* кут нахилу () поверхні ґрунту до горизонту рівним.

Горизонтальну () та вертикальну () складові активного тиску ґрунту на глибині  визначаємо за формулами, відповідно,

 (кН/м),

 (кН/м),

де - коефіцієнт надійності за навантаженням для ґрунту ();

 - коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску ґрунту

 обчислюють за формулою



Горизонтальну  та вертикальну  складові рівнодіючої активного тиску ґрунту для незв’язних ґрунтів (*с=0*) визначаємо за виразами, відповідно,

  (кН),

  (кН).

Горизонтальну  та вертикальну  складові активного тиску від тимчасового навантаження обчислюємо за формулами, відповідно,

  (кН/м),

  (кН/м).

де  - коефіцієнт надійності за навантаженням для тимчасового

 навантаження ().

Горизонтальну  та вертикальну  складові рівнодіючої активного тиску від тимчасового навантаження знаходимо за виразами

  (кН),

  (кН).

3.2. Перевірка умови стійкості стінки на зсув

Стійкість підпірної стінки на зсув при нескельних ґрунтах перевіряють за умовою

 ,

де  - утримуюча сила, рівна сумі проекцій всіх утримуючих сил на

 горизонтальну площину;

  - зсуваюча сила, рівна сумі проекцій всіх зсуваючих сил на горизонтальну

 площину

 (кН).

Утримуючу силу обчислюємо за формулою

 

де  -сума проекцій всіх сил на вертикальну площину



де  - маса ґрунту поза призмою обвалення (в контурі *аbс*)

  (кН);

де  - площа перерізу ґрунту в контурі *аbс* (рис. 3.2), м2;

  - коефіцієнт надійності за навантаженням для ґрунту ();

  - ширина підошви підпірної стінки, м;

  - питоме зчеплення ґрунту, що залежить від його типу (для незв’язних

 ґрунтів );

  - маса ґрунту між підошвою підпірної стінки і площиною її зсуву,

 що обчислюється при  за формулою

 

де  - кут нахилу площини зсуву до горизонтальної площини.

Пасивний тиск ґрунту визначаємо за виразом



де  - коефіцієнт пасивного тиску ґрунту приймаємо за формулою

 ;

  - глибина зсуву підпірної стінки;

 - коефіцієнт надійності за навантаженням для ґрунту ().

Для випадку плоского зсуву () коефіцієнт пасивного тиску ґрунту приймаємо .

В курсовому проекті умову стійкості на зсув (3.11) необхідно перевірити послідовно для трьох наступних випадків (рис. 3.2):

а) плоский зсув при ;

б) глибинний зсув при ;

в) глибинний зсув при .

Умова виконується.

**4. Визначення зусиль в елементах підпірної стінки**

**4.1. Розрахункові навантаження на підпірну стінку**

 Горизонтальні складові рівнодіючої активного тиску ґрунту  та рівнодіючої активного тиску від тимчасового навантаження  знаходимо за виразами (3.5) та (3.9) відповідно. Зазначимо, що горизонтальні складові активного тиску ґрунту  та активного тиску від тимчасового навантаження  теж обчислюємо за формулами (3.2) і (3.7) при  та . Однак, тут коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску (при ) слід визначати за формулою

 

Суму моментів всіх горизонтальних сил відносно горизонтальної осі, що проходить через центр підошви підпірної стінки (т. *О,* рис. 4.1) обчислюємо за формулою (пасивним тиском  нехтуємо)

 (кНм).

Суму проекцій всіх сил на вертикальну площину знаходимо за формулою

 

де  - обчислюють за формулою (2.3) при коефіцієнтові надійності за навантаженням ;



Рис. 4.1. До визначення розрахункових зусиль в елементах підпірної стінки

  - обчислюють за формулою (2.4) при коефіцієнтові надійності за

 навантаженням для ґрунту ;

  - рівнодіюча тимчасового навантаження на поверхні ґрунту,

 яку обчислюють за формулою

 

де  - коефіцієнт надійності за навантаженням для тимчасового навантаження ().

Суму моментів всіх вертикальних сил відносно осі, що проходить через центр підошви підпірної стінки (т. *О,* рис. 4.1)

 

Тут знак (+) прийнятий для сил, розміщених зліва від осі, що проходить через центр підошви (т. *О*), знак (-) – для сил, розміщених справа.

Величину ексцентриситету прикладання рівнодіючої всіх сил визначаємо за формулою

 (м),

Якщо ексцентриситет  (рис. 4.2, а ) , то крайові напруги під підошвою стіни визначаємо за формулою



 

Рис. 4.2. До визначення тиску ґрунту під підошвою підпірної стіни при ;

Середній тиск на ґрунт під підошвою стінки не перевищує розрахункового тиску на основу , а максимальний не перевищує 

Розподілене навантаження на передню консоль:

* від маси ґрунту

 (кН/м),

* від власної маси плити

 (кН/м),

Розподілене навантаження на задню консоль:

* від тимчасового навантаження

  (кН/м),

* від маси ґрунту

 (кН/м),

* від власної маси плити

 (кН/м),



 Рис. 4.3. Розрахункова схема підпірної стінки

4.2. Згинаючі моменти та поперечні сили в елементах кутової підпірної

 стінки

Згинаючі моменти та поперечні сили визначаємо за формулами:

* для перерізу 1-1

 

 



 (кН),

 - для перерізу 2-2

 

 

* для перерізу 3-3

 

 



Рис. 4.4. Епюри зусиль в підпірній стінці: а – згинаючих моментів; б –

 поперечних сил

**5. Розрахунок площі перерізу робочої арматури**

Площу перерізу робочої арматури підбираємо для кожного з елементів підпірної стінки:

* лицевої стінки (переріз 1-1);
* передньої консолі (переріз 2-2);
* задньої консолі (переріз 3-3).

Розрахунок поздовжньої арматури здійснюємо з умови міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів прямокутного профілю (). Підбір перерізу арматури виконуємо в наступному порядку.

1. За табл. норм [3] визначаємо основні розрахункові характеристики бетону і арматури:

;  МПа;  МПа; МПа;  МПа;

 МПа;  ;

 ;  МПа;  МПа;  МПа.

 (см),

де  - товщина відповідного елементу підпірної стінки в характерному

 перерізі, см;

  - відстань від розтягнутої грані до центр ваги розтягнутої арматури,

 обчислюється за формулою

 (см),

де - захисний шар бетону розтягнутої арматури (см), приймається за [3];

  - діаметр робочої арматури (см), попередньо задається в межах

 1,0...2,0 см.

1. Обчислюємо характеристику стиснутої зони бетону для характерного перерізу

 

1. За табл. [6,8] визначаємо граничне значення характеристики стиснутої зони бетону ;
2. Оскільки для перерізів із значною шириною стиснутої зони бетону характерно виконання умови , то стиснута арматура за розрахунком не потрібна.
3. Для відповідного значення характеристики  за табл. [6,8] знаходимо коефіцієнти і .

 

1. Площу перерізу арматури на 1п.м. підпірної стінки визначаємо за формулою



1. Обчислюємо процент армування перерізу підпірної стінки за виразом

; ;

;

1. За сортаментом [6,8] підбираємо 8 стержнів діаметру d=10мм з площею арматури .

**6. Конструювання підпірних стінок**

Армування кутових підпірних стін виконують, як правило, зварними арматурними сітками або окремими стержнями, що об’єднуються у в’язані сітки (рис..10). Стержні робочої арматури розміщують з кроком 100...200 мм, а розподільчу – з кроком 300-350 мм (не менше 3-х стержнів на 1м.п. перерізу підпірної стінки). З метою економії арматурної сталі вертикальні елементи (лицеві плити) підпірних стін армують за епюрою матеріалів з обривом стержнів робочої арматури. При невеликих розмірах підпірних стін горизонтальні елементи (фундаментні плити) армують, як правило, без обриву стержнів.

Товщину захисного шару бетону для робочої арматури монолітних стін необхідно приймати не менше 35 мм (в збірних не менше 30 мм) і не менше діаметра робочих стержнів. В монолітних стінках за відсутності бетонної підготовки захисний шар бетону для арматури фундаментної плити слід приймати не менше 70 мм.

Глибина анкерування (защемлення) розтягнутих арматурних стержнів лицевої плити у фундаментній повинна бути не меншою 20 їх діаметрів.

Під підошвою монолітних підпірних стін необхідно влаштовувати бетонну підготовку товщиною не менше 100мм, яка повинна виступати за грані підошви не менше як на 100 мм. Для збірних залізобетонних підпірних стін допускається влаштування піщано-щебеневої підготовки.

Конструкція підпірних стін повинна бути розділена на всю висоту температурно-осадочними швами, відстань між якими повинна бути не більше 25м. Ширина швів приймається рівною 30 мм (по товщині просмоленої дошки). 

Рис. 6.1. Схема армування підпірної стінки зварними (в’язаними) сітками

Поверхню підпірних стін зі сторони засипки захищають гідроізоляцією. За відсутності агресивного середовища дозволяється застосовувати обмазочну гідроізоляцію гарячим бітумом за два проходи.

В підпірних стінах, розміщених за межами будівель, необхідно влаштовувати пристінний дренаж зі сторони підпору (засипки) ґрунту.

 

 Рис 6.3. Гідроізоляція та дренаж підпірної стінки

 Література

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. –М.: Стройиздат, 1986. –34с.
2. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений. –М.:

ЦИИТП, 1986. –86 с.

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. –М.: Стройиздат, 1989. –75 с.
2. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбоспускные и рыбозащитные сооружения. –М.: Стройиздат, 1989. –40 с.
3. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / ЦНИИПромизданий Госстроя СССР. –М.: Стройиздат, 1984. –117 с.
4. Бабич В.І. та ін. Таблиці для проектування будівельних конструкцій. Довідник. –Рівне, 1999. –506 с.
5. Справочник проектировщика инженерных сооружений / В.Ш. Козлов и др.; Под ред. Д.А. Коршунова. –2-е изд., перераб. и доп. –К.: Будивельнык, 1988. –352 с.
6. Методичні вказівки і завдання до виконання курсового проекту з дисципліни “Міські інженерні споруди” для студентів спеціальності 7.092103 “Міське будівництво і господарство” усіх форм навчання(МВ 774-51) / Ромашко В.М., Кочкарьов Д.В. – Рівне.: НУВГП, 2004. -16 с.
7. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. –М.: Стройиздат, 1991.- 244с.
8. Примеры расчета железобетонных мостов / Я.Д. Лившиц и др. –К.: Выща шк. Головное изд-во, 1986. –263с.
9. Гибшман М.Е. Проектирование транспортных сооружений. –М.: Транспорт, 1980. –391 с.
10. Российский В.А. и др. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов. –М.: Высш. школа, 1970. –520 с.