

## Тема 5. Прътови главни носещи конструкции на мостове

### 1. Област на приложение

Прътовите конструкции в сравнение с гредовите имат по-сложна форма, по-сложни възлови детайли, повишен разход на труд за тяхното изработване и монтаж, но изискват по-малък разход на конструктивен материал. Това определя прилагането им при по-големи подпорни разстояния. Диапазонът на отворите зависи от вида на трафика:

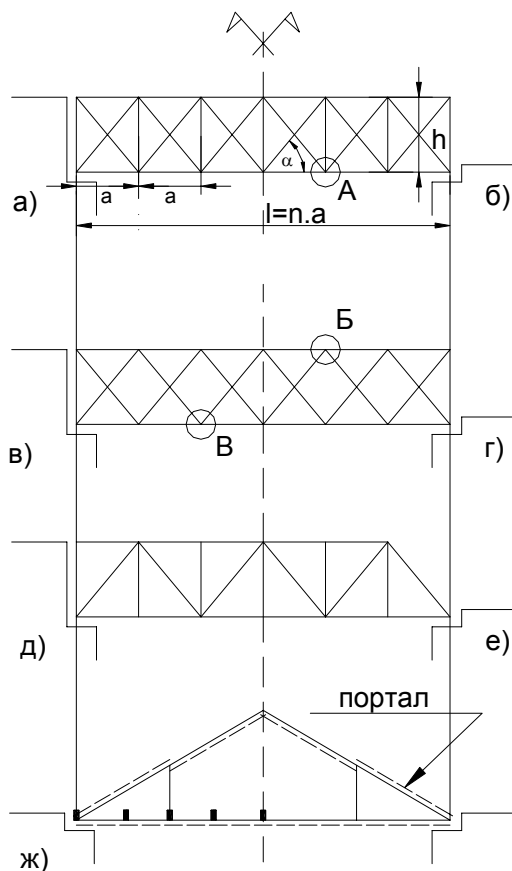
- За пътни мостове  $l = 10 - 40m$
- За железопътни мостове  $l = 12 - 20m$
- За пешеходни мостове  $l = 15 - 50m$

Приложението зависи още от местоположението на съоръжението, наличието на дървен материал и на предприятия за неговата обработка.

### 2. Конструктивни форми

Най-често прилаганите конструктивни форми за прътови носачи са показани на фиг.5.1. Повечето от тях са приложими както за път-горе, така и за път-долу. Изключение прави само последната схема, която е само за път-долу.

Предпочита се междувъзловото разстояние  $a$  да се съгласува със схемата на пътната конструкция така, че напречните греди да попадат във фермовите възли. Така прътите се товарят само с осови сили. Обичайният диапазон за това разстояние е 2-3m, но при някои ферми с големи подпорни разстояния и малко на брой пръти може да достигне 6-8m, както е на фиг.5.1.ж).



Фиг.5.1. Конструктивни схеми на прътови носачи

В такива случаи напречни греди на пътна конструкция има и между възлите. Опорните им реакции предизвикват огъващи моменти в пояса, който е на нивото на пътя. Той работи по схемата на непрекъсната греда опряна в местата на възлите. Освен това получава и осови усилия като елемент на фермата. Напречното му сечение е увеличено във височина. За такива ферми е възприет термина “ферми с корав пояс”.

Конструктивната височина  $h$  варира в границите  $l/5 - l/7$  за пътни и железопътни мостове и  $l/10 - l/12$  за пешеходни мостове. При мостовете с път-долу височината се избира в горните граници, ако при това може да се развие горна противоведрова връзка. Така чувствително се подобрява работата на горния пояс на устойчивост извън равнината на фермата.

Наклонът на диагоналите  $\alpha$  варира в границите  $40^\circ - 60^\circ$  като се избира така, че да не се нарушават препоръките за избор на другите параметри на конструктивната схема. За схемата на фиг.5.1.ж) наклонът на горния пояс е около  $30^\circ$ .

Конструктивните схеми от вида на фиг.5.1.а), б) се получават в случаите когато възловият детайл за прикрепване на диагоналите е с възможности за предаване само на натисково усилие. При движение на полезния товар той може да предизвика както положителна така и отрицателна напречна сила в определено сечение на главния носач, разгледан условно като греда. Напречната сила се трансформира в прътово усилие за този от диагоналите в съответното поле, за който тя ще предизвика натиск. Другият диагонал в същото поле се изключва от работа тъй като възловото му съединение не позволява предаване на опънно усилие. Когато напречната сила смени знака си, двата диагонала сменят функциите си така, че никой от тях не е излишен. При такава схема на работа вътрешните вертикали са винаги опънати и могат да се изпълняват от стоманени обли пръти с конструктивен детайл във възлите позволяващ предаване само на опънно усилие.

Конструктивните схеми от вида на фиг.5.1.в), г) са сходни на коментираните по-горе, но при липсата на вертикали, кръстосаните диагонали във всяко поле не могат да прехвърлят функциите си един на друг. При това положение съединенията им във възлите следва да се проектирани по такъв начин, че да предават двузначни усилия. Въпросната схема се прилага в случаите, когато към конструкцията се предявяват по-високи естетически изисквания.

Кръстосаните диагонали е желателно да бъдат прихванати един към друг в мястото на пресичане. С това се подобрява работата им на устойчивост както в, така и извън равнината на фермата.

Фиг.5.1.д), е) представя ферма с опростена схема, при която вътрешните диагонали са отново двузначно натоварени. Част от вертикалите са нулеви, а друга част – натиснати (фиг.5.1.д) или опънати (фиг.5.1.е). Нулевите вертикали от фиг.5.1.е) са необходими за укрепване на натиснатия пояс.

Фиг.5.1.ж) представя силно опростена схема на ферма. Ако отворът е голям, долният пояс се изпълнява като корав. Диагоналите са винаги натиснати, а вертикалите – опънати. Това обстоятелство може да се има предвид за по-опростено конструиране на възлите.

На фиг.5.2. е показана снимка на изпълнен мост по тази схема. Мостът е в планински терен и схемата е избрана преднамерено за да подчертава пресечената местност. Големите междувъзлови разстояния от 9,5m предполагат корав долен пояс поради по-гъсто разположените напречни греди. Наличието на покритие по горния пояс го правят също корав. Сечението на горния пояс е 60/60cm, а на долния 24/50. Крайните вертикали са със сечения 24/24, средният е  $\phi 40$ , диагоналите са 32/32cm. Съоръжението е построено в Австрия.



Фиг.5.2.

### 3. Статическо изследване и оразмеряване

Максималната стойност на разрезните усилия от полезен товар се получава чрез линиите на влияние или въз основа на компютърно решение. При случаите на корави пояси следва да се получат освен осовите усилия и съответстващите им (за същото натоварване) огъващи моменти и напречни сили.

Изчислителните усилия се получават като суми на усилията от постоянен товар и усилията от другите възможни товари. В комбинациите те участват след умножаване с коефициента на съчетание  $\psi_i \leq 1$  отразяващи възможността не всички товари да се проявят с максималната си стойност.

При оразмеряване на опънатите пръти следва да се докаже неравенството:

$$\sigma_{t,od} \leq f_{t,od} \quad (5.1)$$

където:

$\sigma_{t,od}$  е напрежението от изчислително усилие в нетно сечение (при наличие на отслабвания)

$f_{t,od}$  е изчислително напрежение на опън за използваната дървесина

Натиснатите пръти се проверяват за условието:

$$\sigma_{c,od} \leq k_c \cdot f_{c,od} \quad (5.2)$$

където:

$k_c$  е коефициент на изкълчване

$f_{c,od}$  е изчислително напрежение на натиск на използваната дървесина

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{R^2 - \lambda_{rel}^2}} \quad (5.3)$$

$$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2) \quad (5.4)$$

$\beta_c = 0,2$  за монолитна дървесина и  $0,1$  за лепени блокове

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit}}} \quad (5.5)$$

$f_{c,o,k}$  е характеристично напрежение на натиск на използваната дървесина

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda^2} \quad (5.6)$$

Формула (5.2) се прилага спрямо тази ос на сечението на пръта, която има по-голяма стройност  $\lambda$ .

Стройността  $\lambda$  се определя от изкълчвателна дължина,  $l_{eff}$  както следва:

- За пояси и непресичащи се диагонали в равнината на главния носач – междувъзловите разстояния на прътите
- За пояси извън равнината на главния носач – междувъзловото разстояние на надлъжната укрепителна връзка на нивото на пояса
- За непресичащи се диагонали извън равнината на главния носач – системната им дължина
- За кръстосани диагонали в равнината на главния носач – половината от системната им дължина (ако са взаимно свързани)
- За кръстосани диагонали с еднаква дължина извън равнината на главния носач – по формулата:

$$l_{eff} = \frac{l_1}{\sqrt{1 + J_2 / J_1}} \quad (5.7)$$

където:

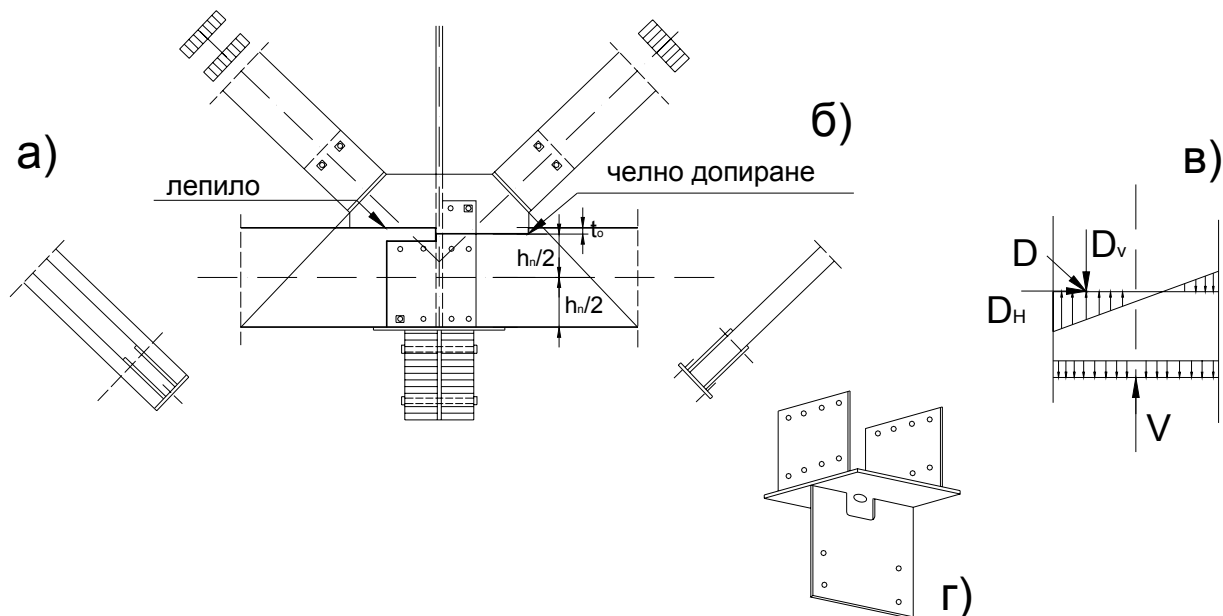
$l_1$  и  $J_1$  са системната дължина и инерционния момент на поддържащия прът

$J_2$  е инерционния момент на сечението на натиснатия прът

#### 4. Конструктивни детайли

Конструктивният детайл трябва да бъде така оформен, че по начин на работа да съответства на възприетия изчислителен модел. Той трябва да е удобен за изработка и монтаж и да се произвежда от евтини материали. В някои случаи се изисква да има естетичен вид.

Фиг.5.3. представя детайл А от фиг.5.1.б)



Фиг.5.3. Долнопоясен възел с възлова възглавница  
а) залепена, б) зарязана

Пресичането на кръстосаните диагонали е удобно, когато “главният” диагонал е двуделен, а обратният едноделен. В пресечницата те са свързани с болт. Диагоналите са проектирани да работят само на натиск затова контактът с възловата възглавница е челен. Натисковата и площ следва да се провери за натоварване под ъгъл спрямо влакната. Изпълнена е от лепени дъски.

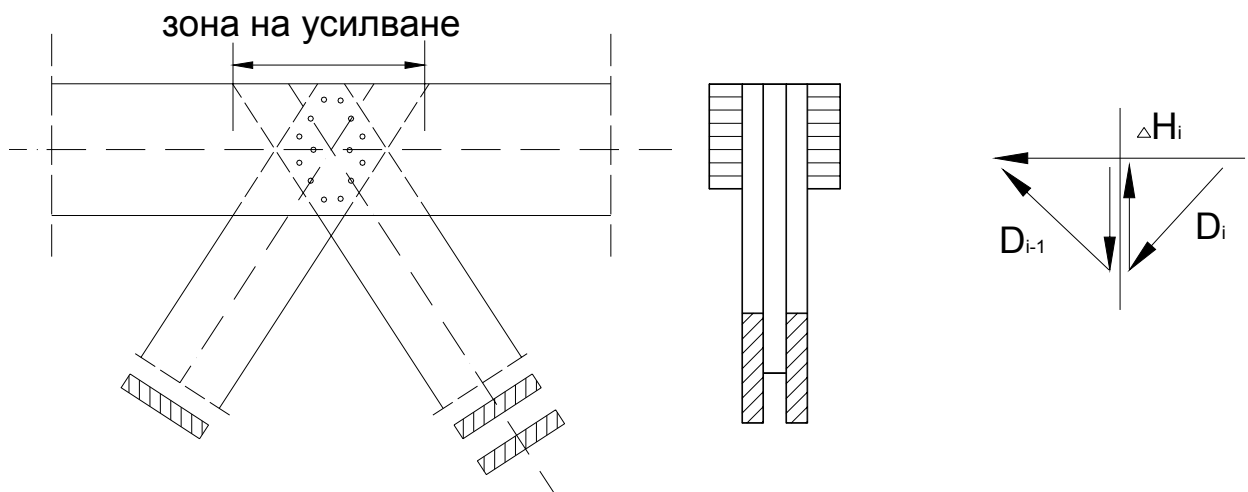
В лепения вариант тя предава на долния пояс усилието  $D_H$  (фиг.5.3.в) чрез работа на лепения шев на срязване. Поради ексцентричното действие на усилието  $D_V$  обаче в лепения шев може да възникне и опън, който не е благоприятен. За да се елиминира опъна възелът се напруга на натиск чрез навиване на гайката на вертикала.

Във варианта със зарязване усилието  $D_H$  се предава челно, за което е необходима да се определи дълбочината на гнездото  $t_c$  при смачкване успоредно на влакната. В този случай е желателно системната ос на пояса да минава по средата на отслабеното сечение. Вертикалът също следва да се напругне, за да се избегне отделяне на възглавницата от пояса откъм опънатия край.

За да се получи неразглобяемо съединение по време на монтажа диагоналите са захванати към възглавницата с планки и болтове. Болтовете навлизащи във възглавницата имат пробити отвори в нея и се залепват или завинтват.

Мостът е с път долу, затова във възела се прикрепва напречна греда от пътната конструкция. Тя се състои от два лепени блока, които чрез болтове се прикрепяват към вертикалната плоча (фиг.5.3.2.). Вертикалната плоча е заварена към хоризонталната плоча, на която се опира гайката анкериреща стоманения вертикал. Опорната реакция на напречната греда се предава от долната вертикална плоча през хоризонталната на други две вертикални плочи. От тях с болтове товарът се предава на пояса, който чрез контакта си с хоризонталната плоча около отвора го предава на вертикала.

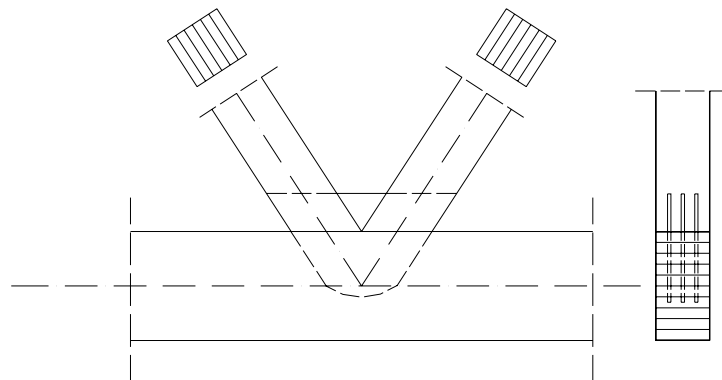
Фиг.5.4. предоставя детайл Б от конструкцията на фиг.5.1.2. Възелът е силно опростен чрез прилагане на съвременни материали. Тук диагоналите са двузначно натоварени затова връзката им трябва да работи по същия начин.



Фиг.5.4. Прътов възел изпълнен с клечковидни съединители и усиление с армировъчна тъкан

За улесняване на пресичането те отново са едноделни и двуделни, в случая изпълнени от талпи. Талпите навлизат в пространството между поясните дялове и се прикрепват към тях с клечковидни съединители. Те могат да бъдат дървени, метални или фиброелементи (FRP – fibre reinforced polymer). Ако са дървени за увеличаване на носимоспособността им се увеличава при пропиване на широколистна дървесина с полимерни модификатори. Фиброелементите представляват стъкленни, арамидни или въглеродни нишки поставени в матрица от епоксидна смола (полимер). Съединителите са четирирезни. Вътрешните два среза урівновесяват вертикалните усилия на двата диагонала (и възловия товар – ако има), а външните два среза предават хоризонталната компонента  $\Delta H_i$  на дяловете на пояса. За да се предават съответните усилия на отделните дървени елементи в ограниченото пространство на пресичането им съединителите следва да се поставят нагъсто. Ако гъстотата надвишава предписаните от нормите отстояния може да се получи разрушаване на дървесината вследствие на опън напречно на влакната, срязване или разцепване. Това може да се избегне ако контактните повърхности се усилят с изкуствена тъкан от нишки (както на фиброелементите). Тъканта се залепва към всяка от допиращите се повърхности с епоксидна смола.

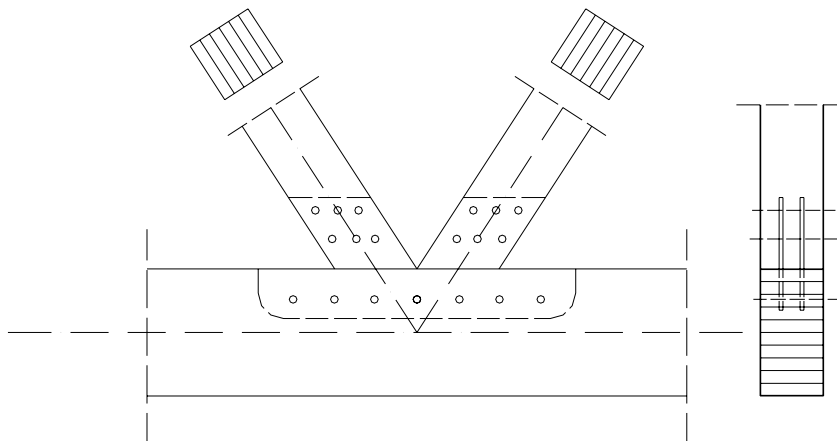
Фиг.5.5. представя детайл В от конструкцията на фиг.5.1.в), при който се използват тънки FRP плоскости образувани от няколко пласта изкуствена тъкан, слепени помежду си с полимер.



Фиг.5.5. Прътов възел с FRP плоскости

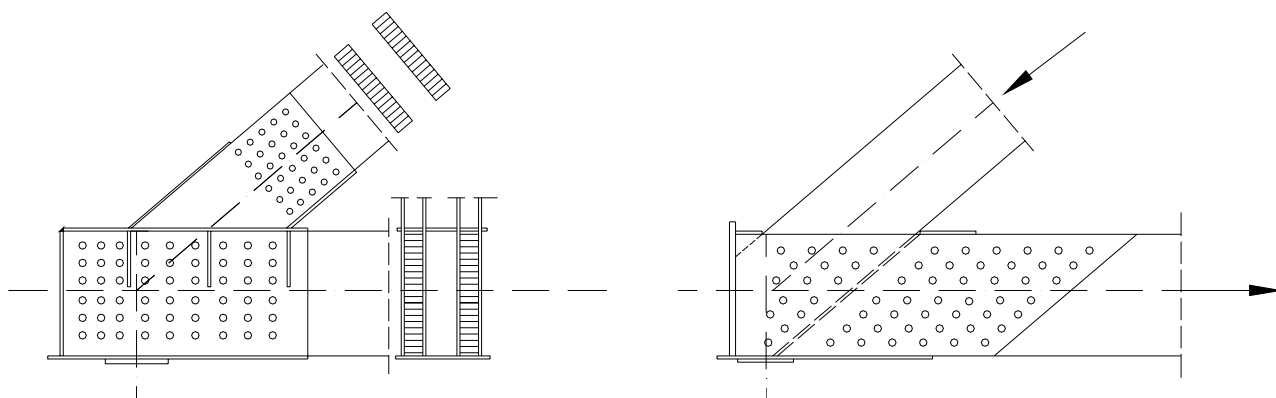
Плоскостите се поставят в механично издълбани жлебове в съединяваните елементи и се залепват към тях с епоксидна смола.

Фиг.5.6. представя аналогичен на горния възел, при който вместо FRP плоскости се използват тънки стоманени плочи подходящо заварени помежду си и съединяващи дървените елементи със стоманени болтове.



Фиг.5.6. Прътов възел с метални плочи

Фиг.5.7. представя детайл Г за конструкцията по схемата на фиг.5.1.ж) Фермата е с голямо подпорно разстояние и прътите са с големи сечения заради големите усилия в тях.



Фиг.5.7. Възел на тежка ферма в два варианта

Краищата на прътите са поставени в стоманена обувка и захванати към нея със стоманени клечки и/или болтове за предаване на съответните усилия. При втория вариант натисковото усилие се предава чрез челно допиране по стените на обувката затова болтовете към него са по-малко. Опънното усилие се предава изцяло чрез клечковидните соединители.

На фиг.5.8. е показана снимка от средния долнопоясен възел от конструкцията на фиг.5.2. преди монтажа. Връзката е монтажна и за удобство на изпълнението е чрез стоманени плочи и болтове. Плочите навлизат чрез жлебове в дървесината и предават опънната сила с помощта на стоманени клечки. На снимката се виждат плочи за прикрепване на вертикала и диагоналите на надлъжната укрепителна връзка.



Фиг.5.8.

Стотанените плочи във фигури 5.6., 5.7. и 5.8., както и заваръчните шевове за тях се оразмеряват за предаваните усилия съобразно изискванията за стотанени конструкции. Всички стотанени елементи (плочи и съединители) следва да са горещо поцинковани срещу корозия, а дървените елементи следва да са импрегнирани срещу биологични и животински вредители.