

Тема 6. Дъгови и рамкови носещи конструкции на мостове

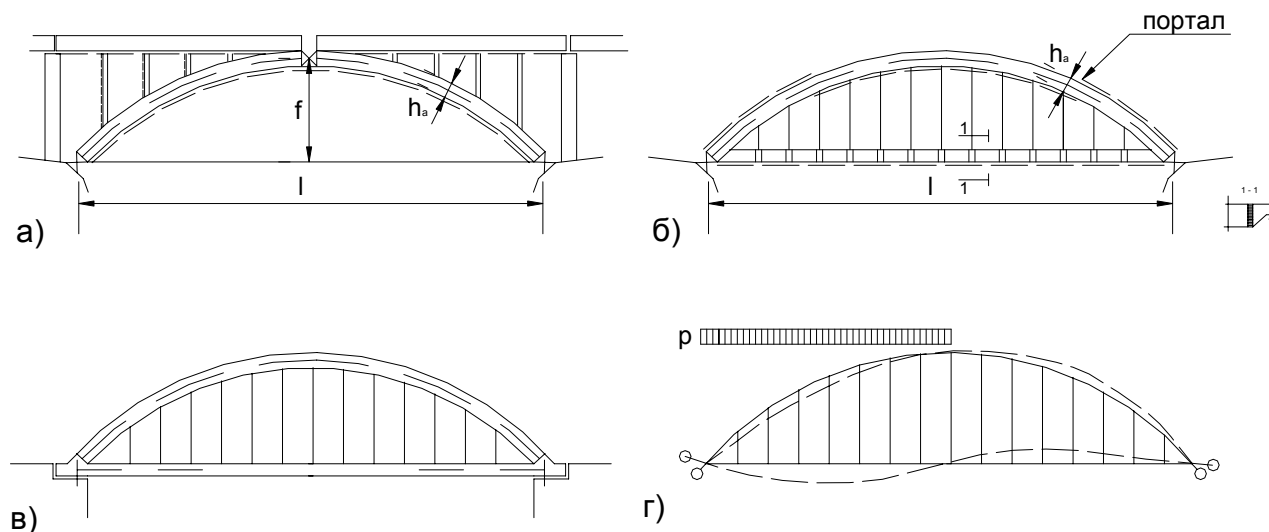
6.1.Обща характеристика

Дъговите и рамковите конструкции са по-сложни системи, които пренасят товарите до опорните точки предимно чрез работа на натиск на елементите си. В добавка към него може да има огъващи моменти и напречни сили. Конструкциите им са опрени неподвижно в опорите и при натоварване с вертикални товари се получават освен вертикални реакции и хоризонтални (распор). Распорът изисква хоризонтално неотместваема опора, защото ако се получи отместване се появяват допълнителни огъващи моменти и ефективността на тези системи намалява. За да се осъществи неподатливо опирание се изисква здрав терен и/или добро фундиране.

6.2. Дъгови конструкции

Дъговите конструкции се използват за широк диапазон от подпорни разстояния $l = 20 - 80m$. В сравнение с гредовите конструкции при дъговите се разходва по-малко материал, но поради по-сложната им форма те изискват по-голям разход на труд и специализирано оборудване за производство. По тази причина те са ефективни за по-големи подпорни разстояния. Понякога дъговите системи се предпочитат заради по-естетичната им форма (например в зони на отдих, паркова обстановка, около етнографски обекти).

Характерни схеми на дъгови конструкции са показани на фиг.6.1. Нивото на пътя може да бъде над ключа на дъгата или при петите и.



Фиг.6.1. Дъгови мостови конструкции

Дъговата конструкция от фиг.6.1.а) се прилага при наличие на достатъчно пространство под нивелетата на пътя. Дъгата е очертана по квадратна парабола или по окръжност. Изпълнението по окръжност се практикува по често, защото е по технологично. При него обаче се получават по-големи огъващи моменти в дъгата. Отношението f/l се избира в границите $1/3 - 1/6$. При по-големи стойности на стрелката нормалното усилие в дъгата е по-малко. Максимумът му се получава при натоварване с полезен товар на пълната дължина на отвора. То е променливо по дължина и е пропорционално на косинуса на ъгъла между тангентата към кривата и хоризонта. Така за дадено натоварване усилието е най-голямо в петата на дъгата. В дъгата се явяват и огъващи моменти, които зависят от схемата ѝ и от разположението на полезния товар.

Дървените дъги се изпълняват като двуставни или триставни. Запънати дървени дъги не се правят поради трудности в реализиране на запъването.

Двуставните дъги са по-корави, респективно в тях огъващите моменти са по-малки но поради това, че се произвеждат на части, при тях по-трудно се реализира кораво свързване на частите. Те са чувствителни към опорни премествания. Максимални огъващи моменти се получават в четвъртината на дъгата от полезен товар разположен в едната половина на отвора.

Триставните дъги са статически определими и не се влияят от опорни премествания, но получават по-големи огъващи моменти в четвъртината. При поддаване на опора при тях се получава чупка в еластичната линия при средната става което не е добре за движението на возилата, особено ако ставата обхваща и гредата над дъгата. Чупката предизвиква динамични удари за конструкцията и вертикални ускорения за пътниците.

Сечението на дъгата се орозравява за комбинацията от усилията M и N . Доколкото максималните им стойности са от различни положения на полезния товар, необходимо е да се направят две комбинации: максимален момент и съответна нормална сила и максимална нормална сила със съответен огъващ момент. С първата комбинация се проверява сечението в четвъртината, а с втората – в четвъртината и при петата. За втората комбинация се прави и проверка на устойчивост на дъгата спрямо двете главни оси на сечението.

Сечението е правоъгълно, с по-голям размер h по височина за да има по-голяма носимоспособност на огъване. Отношението h/l варира в границите $1/25 - 1/45$. Широчината на сечението обикновено е малка: $20 - 30\text{cm}$, поради която устойчивостта на дъгата извън нейната равнина е ниска. За да се повиши, дъгата се укрепва с надлъжна укрепителна система.

Стойките свързващи гредата и дъгата са натиснати. Ако в двата си края имат стави в тях има чист натиск, но ако са кораво свързани се появяват и огъващи моменти. Най-големите им стойности са в краищата и са с противоположни знаци. При положение, че се проектират с квадратно сечение те не се укрепват. Ако се проектират с правоъгълно сечение по-големият размер се ориентира в равнината на дъгата. Тогава стойката се укрепва с вертикална връзка извън равнината, както е показано на фигурата.

Гредата на нивото на пътя работи като непрекъсната, опряна на стойките. При натоварване на полуотвора обаче гредата следвайки деформациите на дъгата, получава допълнителни огъващи моменти. Когато коравината на гредата нараства тя отнема все по-голяма част от моментите на дъгата. Желателно е в средата гредата и дъгата да са неподвижно свързани за да могат спирателните сили упражнени от возилата да се прехвърлят на дъгата и тя да ги отведе към опорите си. Тогава гредата в двата си края стъпва на хоризонтално подвижни опори.

Схемата от фиг.6.1.б) представлява двуставна дъга с път долу. За да се реализира независимо опиране на гредата и дъгата върху устоя те са поставени разместено във вертикалната равнина. Свързващите ги елементи – окачвачите са в равнината на дъгата и за да предадат опънатата си сила на гредата са използвани конзолни издавания на напречните греди от пътната конструкция.

Окачвачите се изпълняват от обло желязо с плътно сечение или тръба, а така също и от стоманени въжета с поцинковани нишки.

Гредата се опира неподвижно на единия устой и подвижно – на другия. При натоварване тя работи по начина описан по-горе. Деформациите и при натоварване на полуотвора с полезен товар са показани на фиг.6.1.2. Вижда се, че в десния край гредата ще има отрицателна реакция. Ако положителната реакция от собствено тегло е по-малка, следва да се предвиди такова опорно устройство което да препятства повдигането на края на гредата.

Снимка на конструкция по описаната схема е показана на фиг.6.2. Отворът е 40m . Дъгите лежат в наклонени равнини, леко събрани в ключа. Примерът е от финландската практика.



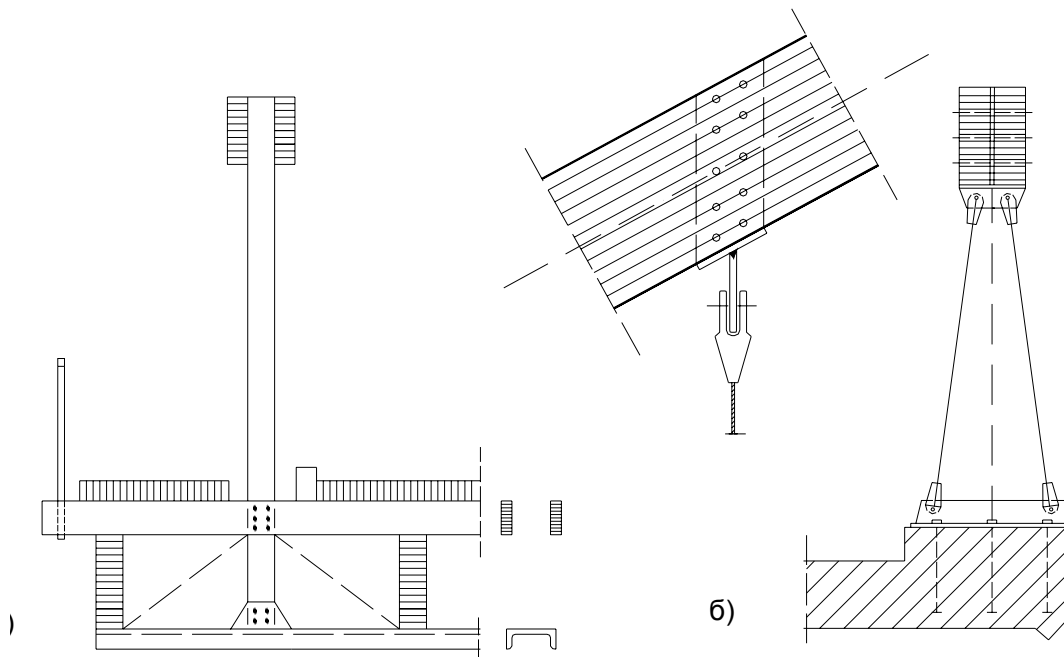
Фиг.6.2.

Ако дъгата има достатъчно голяма стрелка, укрепването и срещу загуба на устойчивост извън равнината става чрез надлъжна укрепителна връзка и портали в двата края. Ако височината на пътния габарит достига до ключа на дъгата или излиза над него такова укрепване е невъзможно. Тогава дъгата се изпълнява със сечение разтеглено по хоризонталния размер за да има по-голям инерционен момент спрямо вертикалната ос. Той се определя така, че дъгата да получи устойчивост извън равнината си при изкълчвателна дължина равна на отвора. Затова е необходимо да се предвиди и такова опирание което да е ставно в равнината и кораво – извън равнината.

Друг възможен начин на укрепване е ако се заменят меките метални окачвачи с корави от дърво и се вкарат в рамкова система, както е показано на фиг.6.3.а). Полурамката е образувана от окачвача и прътовата напречна греда. Горният и пояс е двуделен и обхваща окачвача, а долният, както и диагоналите са стоманени. За вертикали служат надлъжни греди, които са едновременно елементи на пътната конструкция и на главната система.

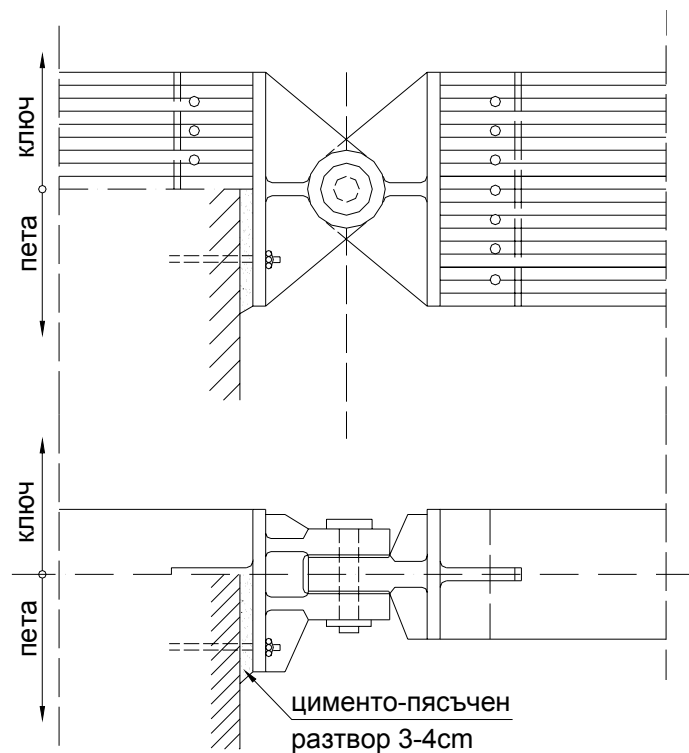
Полурамката на фиг.6.3.б) е образувана от стоманобетонова пътна плоча и два меки окачвача разположени в наклонени равнини.

Схемата на фиг.6.1.б) може да се модифицира така, че гредата и дъгата да се поставят в една вертикална равнина и да се свържат в краищата, както е показано на фиг.6.1.в). Тогава гредата ще поеме дъговия распор в краищата и ще го уравни чрез работа на опън, а в опорите ще остане да действа само вертикална реакция. Такива системи се наричат безраспорни (или с възприет распор). Външно те са статически определими и не се влияят от опорни премествания. При тях гредовият елемент обикновено е от стоманобетон с надлъжна армировка, която възприема опънната сила и съответните огъващи моменти. Окачвачите са стоманени, а дъгата се укрепва по начините изброени по горе.



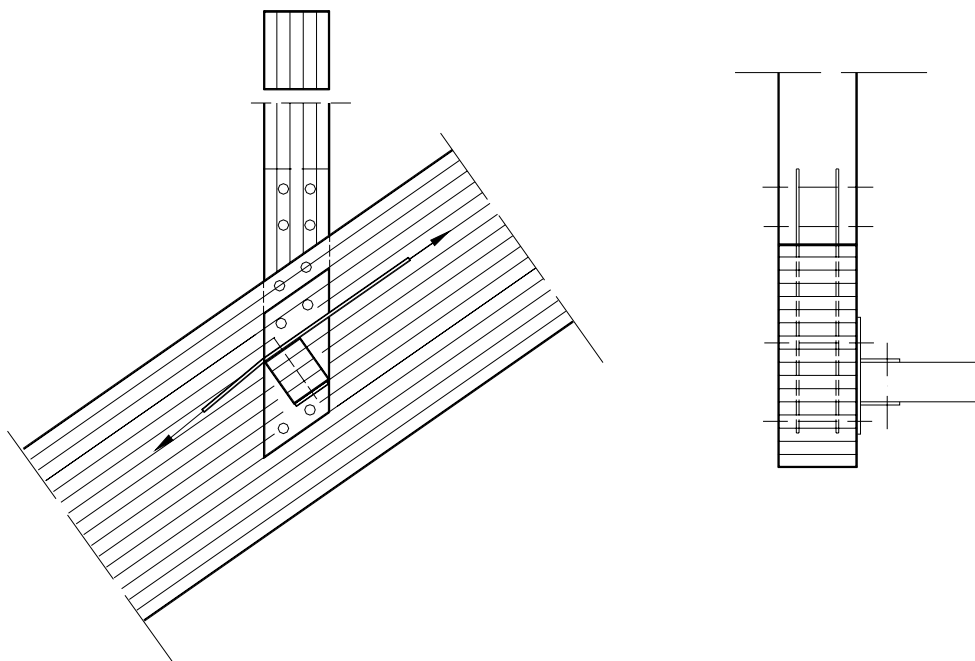
Фиг.6.3. Укрепване на дъга с полурамки

Характерен детайл е ставната връзка на дъговите елементи. На фиг.6.4. са показани възможни изпълнения на стави в ключа и при петата. Ставите се изпълняват от стоманени части, които може да са ляти (на фигурата) или заварени. Стремежът е елементите да са максимално унифицирани за да бъдат произведени с минимални изменения в леярските форми.



Фиг.6.4. Ставно опирание на дъга в ключа и при петата

Друг характерен детайл е този на връзката на стойката с дъгата. На фиг.6.5. е показано кораво свързване между тях, при което се виждат и елементи на надлъжната укрепителна връзка. Стойката предава усилията си чрез две стоманени плочи поставени в жлебове и стегнати с болтове. Жлебовете в дъгата се правят в отделните ѝ дъски преди залепването им една за друга в пакет, защото жлебът е дълбок и тесен и няма друг начин за изпълнението му. На фигурата се вижда вертикал от надлъжната укрепителна връзка и възловата плоча за опънни диагонали от кръстообразна схема.

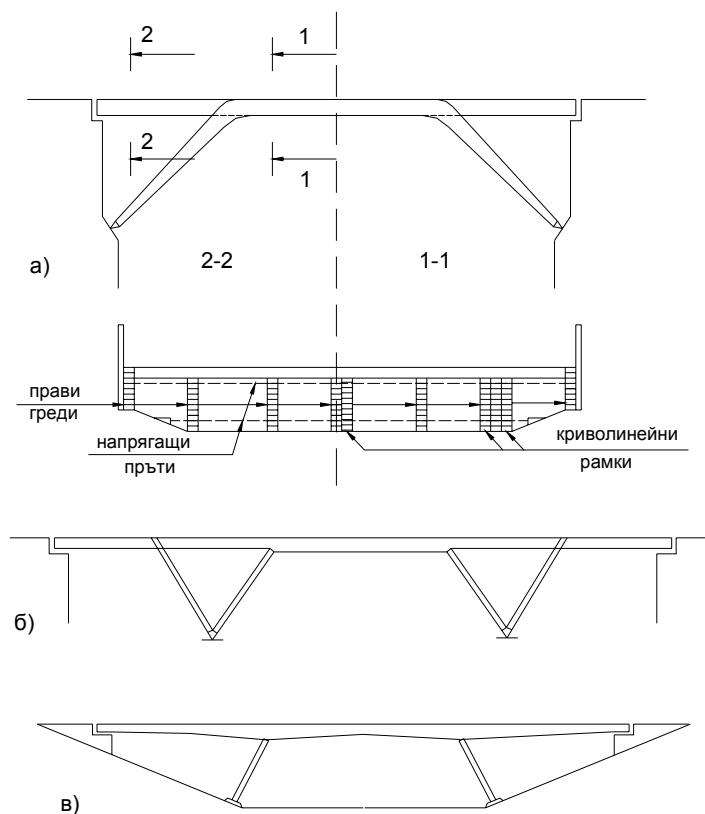


Фиг.6.5. Връзка на стойка с дъга

6.3. Рамкови мостове

По очертанието си рамковите мостове грубо наподобяват дъговите, при което дъгата е заменена с полигон от три прави елемента. Излизането от дъговата линия води до увеличаване на огъващите моменти, респективно – увеличаване на сеченията, но за сметка на това технологията на производство и монтаж се опростява. Те се прилагат за отвори 20 – 30m, но при триотворни схеми пълната дължина на конструкцията може да достигне 60 – 70m. Рамковите елементи могат да са с постоянно или променливо по височина сечение. Във втория случай въпреки усложняването на производствената технология се получават по-естетични конструкции, а разходът на материал намалява. Изпълнението е от лепени блокове.

На фиг.6.6. са показани три схеми на рамкови мостове. Първата схема използва комбинация от прави и огънати елементи, удачно съчетани според големината на огъващите моменти и наличните нормални усилия. В средната част огъващите моменти са най-големи и се допълват с натисково усилие. Там са разположени три двойки рамки с права греда между тях. По средата между двойките рамки има още две прави греди, всичките обединени с напречните греди на пътната конструкция. Последните излизат конзолно извън крайните рамки и подпират по-малки надлъжни греди, носещи тротоарната част (разр. 1-1 и 2-2)



Фиг.6.6. Рамкови схеми на мостове

Напречните греди са на едно ниво с главната система и са неколкократно прекъснати от елементите и. За да работят като цели и да предават реакциите си на стените на тези елементи, гредите са надлъжно напрегнати с по два обли стоманени пръта завършващи с резба, шайби и гайки. Всяка напречна гредка се състои от две надлъжни половинки в допиращите се плоскости, на които има жлебове за разполагане на напрягащите пръти. Взаимодействието между пресичащите се елементи става чрез триенето, а така също чрез клечковидни съединители поставени в предварително пробити гнезда. Аналогично се реализира и взаимодействието между допиращите се прави и огънати елементи на главната система.

Снимката на конструкцията по описаната схема е показана на фиг.6.7. Отворът е 28m, гредите и ригелите на рамката са със сечения 22/110cm. Съоръжението се намира в Япония.

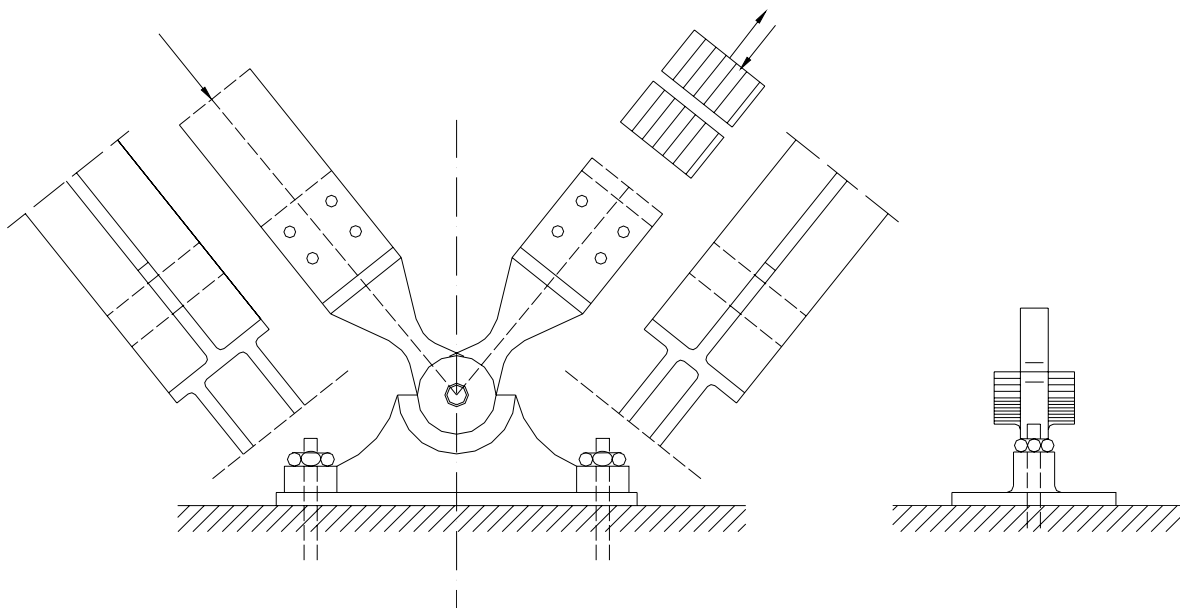
Схемата от фиг.6.6.б) е триотворна, със значителна дължина и за по благоприятно разпределение на огъващите моменти наклонените стойки са V – образни. Вътрешните стойки са натиснати и са захванати към ригела ставно. Така в тях остава да действа само осово усилие и те са относително тънки. Външните стойки според положението на полезния товар могат да бъдат както натиснати, така и опънати. Връзките им в двата края трябва да позволяват двупосочно натоварване.

Средната част на ригела е с повишена височина на сечението заради по-големите огъващи моменти и наличните натискови усилия. Смяната на височината е подходящо избрана при включването на стойката за да се получи чело за предаване на натиска.



Фиг.6.7.

В долната си част стойките имат общо опорно устройство, което има конструкция, показана на фиг.6.8.

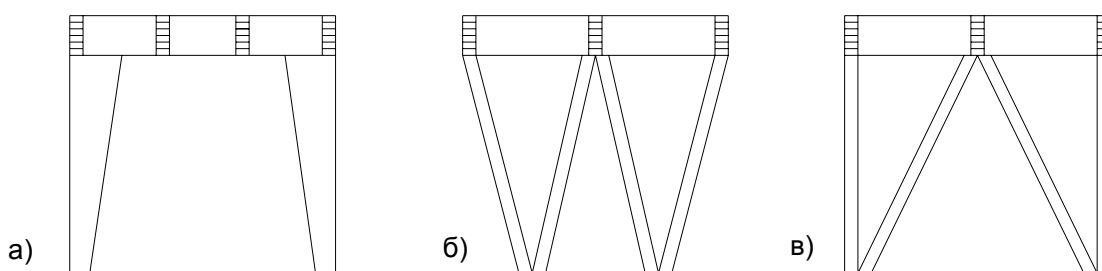


Фиг.6.8. Опорен детайл на рамка с V – образни стойки

Опорното устройство е анкерирано към фундамента и има цилиндрично легло, в което се поместват металните накрайници на стойките. Всяка стойка има по две уши

подходящо разместени по широчина така, че да се получи сглобка. Долната опорна част също има ухо. Пакетът от пет уши се свързва чрез болт, който влиза в действие когато едната от стойките се товари на опън.

Схемата на фиг.6.6.в) представлява рамка с променлива височина на сечението на ригела. Сечението е най-високо в местата с максимални огъващи моменти. Наклонените стойки са ставно свързани в двата си края и са натоварени само на натиск. Схемата има високи естетически качества и се предпочита при пресичане на автомагистрала с по-големи широчини. Тънките натиснати стойки осигуряват напречната коравина на конструкцията, затова следва да се укрепят с напречна връзка. Възможно е обаче в напречната равнина стойките да се конструират така, че сами да осигуряват необходимата коравина, както е показано на фиг.6.9.

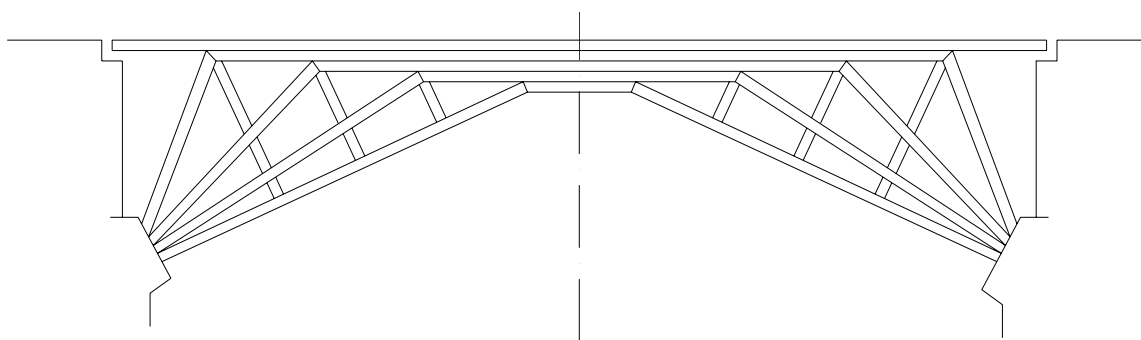


Фиг.6.9. Стойки на рамки с повишена напречна коравина

6.4. Подкосно – ригелни системи

Подкосно – ригелните системи по начин на работа са сходни с дъговите и рамковите системи, но за разлика от тях нямат корави възли. Те се изпълняват от монолитна дървесина и за тяхното производство не е необходимо сложно технологично оборудване. Прилагат се за отвори 15 – 25m .

Схема на подкосно ригелен мост е показана на фиг.6.10.



Фиг.6.10. Подкосно – ригелна система

Пътното платно е разделено на нечетен брой надлъжни равни части. Между симетрично разположените гранични точки на тези участъци е поставен ригелен слой на една подкосно – ригелна подсистема. Усилията в подкосите нарастват от края към средата. Едновременно с това най-долния слой подкоси са най-дълги и съответно най-податливи на загуба на устойчивост. За да се избегне изкълчването им те са хванати за възлите на по-горните слоеве с обратни подкоси. Ригелите на отделните слоеве са натоварени на натиск и огъване. Най-голям натиск отново има в най-долния слой, а най-голям огъващ момент се явява в четвъртината на отвора при натоварване с полезен товар на едната половина.

Моментите се разпределят по равно между отделните слоеве, но ако между тях се създаде връзка пречатваща взаимното им прехлъзване, те ще могат да работят като съставен елемент. Най-горните слоеве бичметата имат значителна дължина поради което не могат да се изпълнят от един елемент. При снаждането им те трябва да са плътно допсени за предаване на нормалното усилие. Снажданията трябва да са така избрани, че останалите цели бичмета в сечението да могат да поемат огъващия момент.

Детайл на възел от такава система е показан на фиг.6.11.



Фиг.6.11. Възел на подкосно-ригелна система