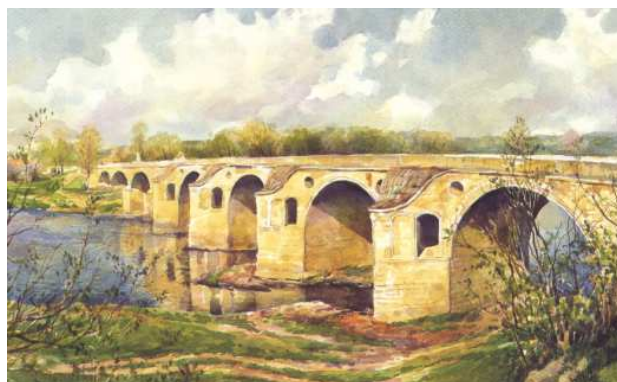


Илия Иванчев

М О С Т О В Е



ИСТОРИЯ И СЪВРЕМЕННОСТ



София

Март, 2014

Предговор

През октомври 2012 излезе първото издание на електронната книга „Мостове – история и съвременност”. Разпространени бяха над 100 компакт-диска с нея, както и около 40 екземпляра на хартия с черен печат. Читатели бяха не само колеги, но и мои близки и познати с различни професии. Приетата научно-популярна форма позволи материалът да бъде разбираем за широк кръг читатели. В средата на декември 2012 г. книгата бе представена с прожекция на снимки от нея пред студенти и колеги. Присъстващите с интерес следяха презентацията. След това материалът бе качен в Интернет на страницата на катедра „Транспортни съоръжения” при УАСГ.

Част от читателите ми направиха ценни препоръки. Оказа се, че през последните години са поставени нови рекорди за различни видове мостове. Имаше и други неточности, които в следващите издания са коригирани. Включени бяха и нови раздели – за понтонните и необичайните мостове, за фундирането, както и интересни примери за изпълнени конструкции. Решено бе следващите издания да бъдат само в Интернет, като при наличието на нова информация тя да бъде включвана.

При преработката бе запазена в голяма степен научно-популярната форма, като липсват теоретични постановки и формули, характерни за публикациите за специалисти. Разбира се за повече подробности по теорията и практиката на мостовите съоръжения читателят трябва да се обърне към специалната литература и учебните пособия.

В това издание е разширен кръга от българските специалисти, проектирали показаните мостове. Все пак този материал няма претенциите да даде изчерпателна информация за историята на мостовете в България. Така че, ако някой счита, че е забравен, то моля да бъде извинен. Пред споменатите имена на български специалисти не са посочени титли (инж., д-р инж., доц., проф.), защото считам, че научните степени и звания едва ли са достатъчна гаранция за качествата на една практическа реализация.

Не посочвам многобройните източници на информация, но съм много благодарен на всички, които любезно ми предоставиха материали за първото и настоящето издание.

София, март 2014 г.

(Илия Иванчев)

1. Видове мостове според предназначението им и препятствията, които прехвърлят

Мостът е строително съоръжение, което прокарва път или друга транспортна връзка над едно препятствие. Пътят може да бъде за автомобилно, железопътно или пешеходно (вкл. велосипедно) движение. В миналото по мостовете са минавали конници и каруци. Сега има мостове за нефто- и газопроводи (фиг. 1.1), за транспорт на други течности и газове в производствени предприятия.



Фиг. 1.1. Мост на Дунав в Австрия за нефтопровод

Древните римляни са прокарвали водопроводи, но не са познавали закона за скачените съдове. Затова са оставали водата да тече свободно, а не под налягане, както е в съвременните водопроводи. За целта през римската епоха са строени особени мостове, наречени *акведукти*, на горния край на които е оформено корито за вода, фиг. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5. Такъв е Пон дьо Гард, Южна Франция (фиг. 1.2), построен 63-13 год. пр. Хр. - има триетажна сводова конструкция от суха каменна зидария (без разтвор) с отвори до 25 м, обща дължина 360 м и височина до 48 м. През 18-ти век е направено разширение на долния етаж с пътни платна. Акведуктът в Сеговия (също от римско време) впечатлява с елегантната си конструкция (фиг. 1.3). В Пловдив през 70-те години на 20-ти век бяха открити останки от римски акведукт и бе възстановен фрагмент от него (фиг. 1.4).

По така наречените *мост-канал* обикновено тече вода за напоителни канали. На фиг. 1.6 е показано едно рядко изпълнявано съоръжение - мост за плавателен канал.

В миналото мостове са строени главно за прехвърляне на реки или потоци. Днес има мостове и над големи водни площи (езера, морски заливи, проливи и др.), фиг. 1.7, 1.8. За пресичането на съвременните автомобилни пътища и ж.п. линии се строят *надлези* и така се оформят *пътни възли на две или повече нива*, фиг. 1.9.

Високите скорости по автомобилните и железните пътища изискват трасета, които понякога са на голяма височина над терена и тогава се строят *виадукти* – мостове над долини или скатове. На фиг. 1.10 е показано едно от забележителните съоръжения от този тип – мост „Европа”. Общата му дължина е 820 м, върхната му конструкция е стоманена с централен отвор 198 м; стълбовете са стоманобетонни с височина до 192 м. Виадукти със сводови зидани конструкции са показани на фиг. 3.12, 3.13, 3.14, а с предварително напрегнати стоманобетонни конструкции на фиг. 9.2, 10.7, 10.9. Алтернатива на един виадукт може да бъде висок насип, но голямото количество земни работи и промяната на ландшафта са недостатъци на такова решение.



Фиг. 1.2. Понт дю Гард, Франция



Фиг. 1.3. Акведукт в Сеговия, Испания



Фиг. 1.4. Възстановка на акведукт от Римската епоха в Пловдив



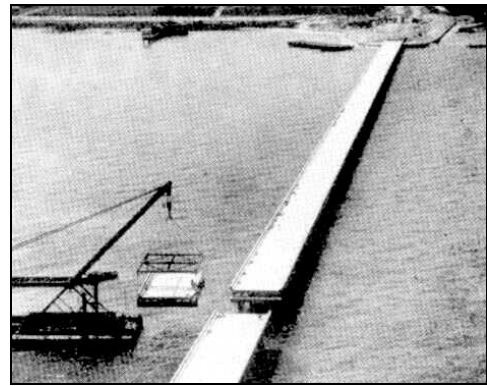
Фиг. 1.5. Акведукт от Римската епоха



Фиг. 1.6. Мост при Магдебург, Германия за пресичане на два водни пътя



Фиг. 1.7. Мост на езерото Пончантрейн, САЩ с обща дължина 38,4 км



Фиг. 1.8. Монтаж на сглобяемата конструкция на моста Пончантрейн с плаващ кран



Фиг. 1.9. Многоетажен пътен възел в САЩ



Фиг. 1.10. Мост „Европа” в прохода Бренер, Австрия, 1959/1963 г.

Естакадите са мостови конструкции, преминаващи през градски квартали (фиг. 6.26) или промишлени зони. Естакади се наричат също частите на големи мостове, разположени встрани от основното препятствие, виж Аспарухов мост, фиг. 1.11. Естакадата на моста от фиг. 1.12 е оформена по спирала, с цел да се впише в града

Някои от мостовете впечатляват с необичайни конструкции и големи размери. Ще отбележа още, че мостовете са доста по-тежко натоварени от сградите. Напр. полезният

товар от мебелировка и хора в един апартамент е съизмерим с товара от едно колело на тежък автомобил или жп състав. (в предговора)



Фиг. 1.11. Аспарухов мост, Варна, в експлоатация от 1976 г.



Фиг. 1.12. Естакада към моста Нанпу, Китай

2. Дървени мостове

Първите дървени мостове представляват случайно паднали дървета, опрени на бреговете на поток. Хората са ги ползвали за минаване, а в последствие умишлено са секли дървета и са ги намествали над водни препятствия. Такива примитивни мостове има и днес в развиващите се страни, фиг. 2.1. Усъвършенстването на уменията води до използването на обработен материал, нараства майсторството на строителите и се разнообразяват строителните системи.



Фиг. 2.1. Примитивни дървени мостове от необработени дървета



Фиг. 2.2. „Маймунски” мост във Виетнам



Фиг. 2.3. Бамбуков мост в Индонезия



Фиг. 2.4. Изграждане на отворите с дължина 180 м на моста на Дунав при Видин-Калафат. Наклонените окачвачи (ванти) са от стоманени въжета, докато в моста от фиг. 2.3 тези елементи са от бамбук

Някои строителни системи на дървени мостове служат като образци за съвременни конструкции от други материали. Мостът на Дунав при Видин-Калафат (фиг. 2.4) има прилика с бамбуковия от фиг. 2.3.

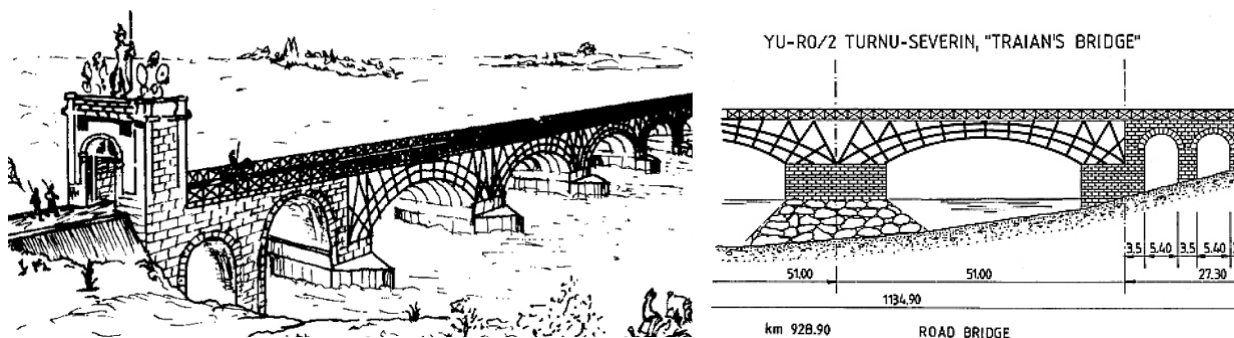


Фиг. 2.5. Мост У Бейн в Мианмар с дължина 1,2 км (рекорд за дървен мост), построен 1849 г.



Фиг. 2.6. Мост от дървени греди, запънати в устои от каменна зидария

Има исторически данни за мостове на Дунав от римската епоха. Един от тях (фиг. 14) е построен по времето на управлението на император Траян и се е намирал при Турно Северин, на днешната граница между Румъния и Сърбия. Върхната му конструкция е била дървена, а опорите - каменни. Руини на части от устоите му са запазени и до днес.



Фиг. 2.7. Мост на Дунав от времето на император Траян, 105 г. сл. Хр.

През Средновековието и епохата на Ренесанса се развива строителството на дървени мостове, като се разнообразяват строителните им системи, фиг. 2.8, 2.9.



Фиг. 2.8. Покрит пешеходен мост в Италия с дървени опори и върхна конструкция, построен през 16 век



Фиг. 2.9. „Математическият” мост в Кеймбридж, Англия с решетъчна носеща конструкция, построен 1749 г., рехабилитиран 1866 и 1905 г.

Преди години в София имаше изложба на експонати на технически изобретения на Леонардо да Винчи. Сред тях бе показан макет на дървен дъгов мост над Златния Рог в Истанбул, с отвор 240 м, фиг. 2.8, направен по скиците на Леонардо. Под него бе написано, че са правени изчисления със средствата на съвременната механика и компютърна техника. Резултатите са показали, че оформянето на конструкцията и размерите на елементите ѝ са правилно избрани. С моста в Истанбул и с голяма част от другите изобретения Леонардо е дал идеи, реализирани едва след столетия.



Фиг. 2.8. Макет на моста на Леонардо да Винчи, 15 век



Фиг. 2.9. Идеен проект на мост над р. Нева, Русия, предложен от И.П. Кулибин, 18 век

Подобен случай има и в Русия. През 18 век И. П. Кулибин предлага да се построи дървен мост над р. Нева с отвор 300 м, фиг. 2.9. За целта прави макет в мащаб 1:10 (Отвор 30 м за дървена дъга също не е малък). Макетът е бил подложен на пробно натоварване, с което се е доказало, че конструкцията с нейната конфигурация и размери на елементите гарантират достатъчна носеща способност.

Проектите на Да Винчи и Кулибин впечатлят и до днес, но те са останали нереализирани, защото за един голям строеж по това време е трябвало възлагане от авторитетен управник. Необходима е била достатъчно работна ръка и средства, а също подходяща технология на изграждане, вкл. съобразяването с водното препятствие, решение как ще се крепи конструкцията по време на строителството и др. Както преди, така и сега и най-„свършената” конструкция остава нереализирана, ако не се мисли за изпълнението. Не случайно съвременните строителни системи за мостове, се развиват на основата на изчислителните проверки, добре обоснованите конструктивни детайли и накрая, но не последно място на добре разработени проекти за технология и организация на строителството, виж следващите раздели от настоящия материал.

По редки са случаите на дървени жп мостове, фиг. 2.10.

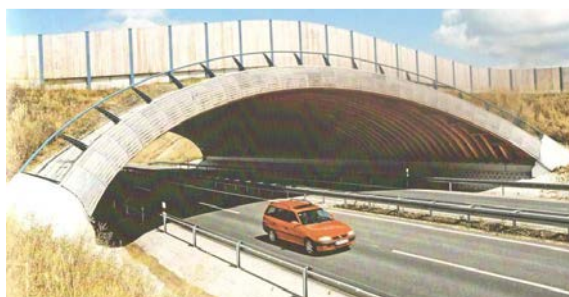


Фиг. 2.10. Дървен мост по туристическа ж.п. линия край Мелбърн

Понастоящем при дървените конструкции намират приложение нови технологии. Широко се прилагат съставни сечения, получени чрез залепване на бичени дървени елементи, фиг. 2.10, 2.11. Мостът от фиг. 2.11 е предназначен за преминаване на диви животни през магистралата. Така понастоящем, с оглед на изискванията на технологията възникна нов тип мостове по предназначение, така наречените „екодукти”. Със споменатите технологии има възраждане на дървените мостове и в определени случаи те конкурират стоманобетонните и стоманените, виж също фиг. 14.4.



Фиг. 2.10. Дървен пешеходен мост в Германия с обща дължина 57 м и широчина 2,50 м



Фиг. 2.11. Дървен мост в Германия с отвор 28 м и широчина 50 м

У нас също бе построен съвременен дървен мост. Той се намира при игрището за голф „Блексирама” близо до Балчик и е с отвор 13 м. Проектиран е в „Мостконсулт” (Димо Кисов, Милчо Решков, Мариян Найденов, Иван Георгиев, Калоян Йорданов, Мартин Кисов). Изпълнен е от фабрично изготвени елементи, представляващи греди от слепени дървени части. За защита срещу гниене елементите са импрегнирани в завод. На обекта липсваше традиционната фигура на майстора с тесла и бичкия, а неговите функции се изпълняваха от монтажници. В случая това бяха младите членове на проектантския колектив, които нямат опита на професионални дърводелци. Митко Хаджиев (също от „Мостконсулт”) упражни надзора при производството на елементите и бе технически ръководител на монтажа.



Фиг. 2.12. Дървен мост при игрището за голф „Блексирама”, 2008 г.



Фиг. 2.13. Монтаж на конструкцията на моста при игрището „Блексирама”

3. Зидани мостове

Има природни каменни образувания, които представляват естествени мостове. Те са послужили като първообраз на сводовите каменни мостове, фиг. 3.1 и 3.2.



Фиг. 3.1. „Чудните мостове” в Родопите – естествени сводове в карстова местност, най-големият от които е с отвор 35 м



Фиг.3.2. Естествен каменен мост в щата Юта с отвор 83,8 м, дебелина на свода в средата 4 м и стрелка 88,4 м



Фиг. 3.3. Мост Ал Кантара, Испания от римската епоха 104-106 г. Височината му достига 71 м, а отворите му са с дължина до 28,60 м

Строителството на каменни сводови мостове започва в дълбока древност. В Ирак има останки от каменен мост от преди 7000 години. На много места са запазени мостове от времето на Римската империя.

Някои съоръжения от Античната епоха, Средновековието и Ренесанса са със стражеви кули, фиг. 3.3 и 3.6. На други има магазини, фиг. 3.5. Мостовете в градовете често са били украсявани със статуи, какъвто е Карловия мост в Прага, фиг. 3.4. Построен е през 14-ти век, а през 18-ти век на него са поставени статуи, между които е тази на Св. Св. Кирил и Методий.



Фиг. 3.4. Карлов мост в Прага над р. Вълтава



Фиг. 3.5. Старият мост (Ponte vecchio) над р. Арно във Флоренция, 1565 г.

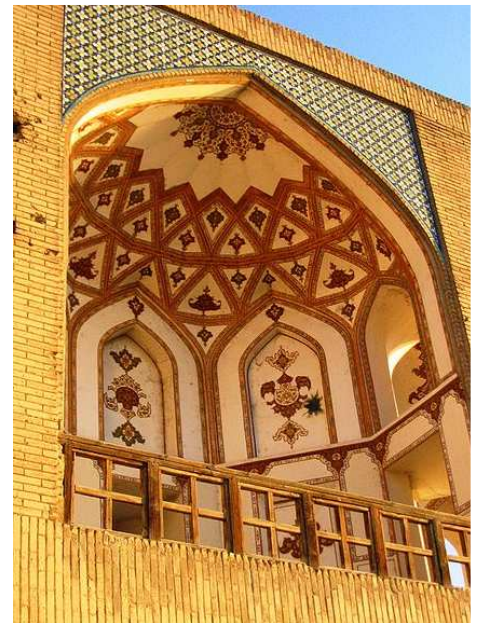


Фиг. 3.6. Мост над р. Адидже във Верона, 1356 г.

Има и необичайни комбинации на мостове с други съоръжения. На фиг. 3.7 е показан един замък построен върху мост.



Фиг. 3.7. Замък Шеносо, Франция, построен през 16 век върху мост



Фиг.3.8. Мост в Исфахан, Иран, 16 век

Заслужава внимание паметника на ислямската архитектура, показан на фиг. 3.8. Той представлява съчетание на двуетажен пешеходен мост с язовирна стена. Оформянето на нишите с орнаменти придава на съоръжението и художествена стойност.

Интересни мостове от минали векове има и в Китай. Гърбицата на моста от фиг. 25 позволява увеличаване на стрелката на свода (височината на отвора му), което е благоприятно за неговата носеща способност. Такъв надлъжен профил е недопустим за съвременния транспорт, но мостът от фиг. 3.9 е бил предназначен за пешеходци.



Фиг. 3.9. Мост Гао Лианг, Китай, 18 век



Фиг. 3.10. Мост над р. Изонцо, Австрия с отвор 85 м, рекорден за каменен жп мост, построен в края на 19-ти век



Фиг. 3.11. Мост на Дунава в Регенсбург, Германия, с 14 отвора с дължина от 10,45 до 16,70 м

Ще бъде отбелязан още каменния сводов мост в Регенсбург, фиг. 3.11. Той е най-старият запазен мост на Дунава. Строен е от 1135 до 1147 г. Получавал е частични повреди през 1633, 1784, 1809 и 1945 г., след които е възстановяван в първоначалния си вид.

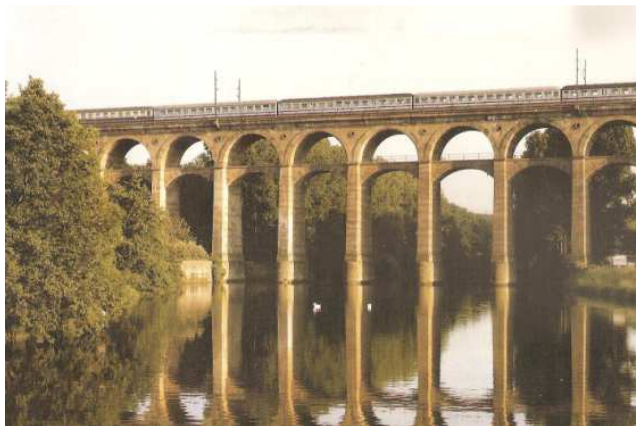
Голяма част от античните и средновековни каменни мостове съществуват и в наши дни. При построяването са били предназначени за коли, конници и пешеходци, но поради голямото си собствено тегло, лесно могат да понасят и съвременните автомобилни натоварвания. Те обаче рядко се ползват за тази цел, понеже имат малка широчина, често са свързани с тесни градски улици или стари пътни трасета.

Основният строителен материал за зиданите сводове е камъкът. Обаче има мостове и от тухли, като показания на фиг. 3.12, който прехвърля долината Гьолч в Германия. За изграждането му са употребени около 26 милиона тухли. Този виадукт носи ж.п. линия, която и сега е в експлоатация.



Фиг. 3.12. Мост над долината Гьолч, Германия, 1846-1851 г.

В края на 19 и началото на 20 век строителството на зидани мостове в Европа достига своя апогей, фиг. 3.10, 3.13, 3.14. В следващите десетилетия нараства броя на построените стоманобетонни мостове, докато зиданите конструкции постепенно остават в историята, понеже за тях се изисква доста ръчен труд за обработката и зидането на камъните.



**Фиг. 3.13. Ж.п. мост при Щутгарт,
Германия, 1854 г.**



**Фиг. 3.14. Ж.п. виадукт Ландвасер,
Швейцария, с отвори по 20 м и
височина до 65 м, 1901 г.**

Каменни мостове у нас са строени в различни епохи. Освен акведукта в Пловдив от фиг. 1.4, каменни мостове са изградени и след създаването на българската държава. Така в Чаталарския надпис се споменава за мост, построен по времето на хан Крум. У нас няма запазени мостове от Римската епоха, Първото и Второто българско царство. Много от старите мостове в Родопите местните жители наричат римски, но те са построени по време на турското владичество.

От това време е Кадин мост над р. Струма при Невестино, Кюстендилско (фиг. 3.16) и мостът на Марица при Свиленград (фиг. 3.18). Техните строители не са известни, но ясно е, че местното население е участвало активно в строежите и е нормално да се предполага, че и между главните майстори е имало българи.

През 70-те години на 20 век Марчо Минев заедно със студенти от ВИАС направи сериозно проучване на родопските мостове. Установи се, че родопските сводови мостове са строени по време на турското владичество.



**Фиг. 3.16. Кадин мост над Струма със
среден отвор 20 м, 1474 г.**



**Фиг. 3.17. „Дяволският мост” над р. Арда
със среден отвор 13 м, XVI век**

Заснеха се много съоръжения и се проведеха изчисления по методите на механиката, прилагани в 20 век. Установено бе, че сводовете са очертани по *натискова линия*. При това във всяка фуга между два камъка от свода се получават равномерни натискови напрежения от постоянен товар. Ако върху моста стъпят превозни средства, дори и съвременни автомобили, усилията от тях ще са значително по-малки от тези от собственото тегло на конструкцията. При това не се очаква отваряне на фугите между камъните на свода. Споменатото обстоятелство е позволило голяма част от сводовете да бъдат изпълнени от суха зидария, т.е. без разтвор във фугите.

Тук има една загадка – как по времето, когато мостовете не са изчислявани по методите на механиката, строителите са стигнали до това подходящо оформяне на свода. Дали това е резултат от опит предаван от поколение на поколение или става дума за интуиция, създадена по необясними за нас начини.

Във връзка с проекта на каскадата „Горна Арда” бяха установени водните количества на реката при Дяволския мост (фиг. 3.17) и условията на протичането им. В резултат на тях Марчо Минев и Стефан Модев заключиха, че мостът е построен на най-подходящото място от гледна точка на съвременната хидрология и хидравлика. Още едно доказателство за гения на строителя.



Фиг. 3.18. Мост над р. Марица в Свиленград (1530 г.) с 18 отвора, най-големият от които е с дължина 18,00 м

Майстор Никола Фичев (Кольо Фичето) е известен български строител живял и работил през 19-ти век. Изградил е църкви, къщи, чешми, при което е проявил вкус на самобитен архитект и конструктивно чувство на отличен строителен инженер. Известно е, че Фичето от малък е почнал да работи по строежите и нито един ден не е ходил на училище. Успехите му се дължат както на вроден талант, така и на способността му да „краде занаята“ от по-опитните колеги. Сред най-високите му постижения е мостът над р. Янтра при Бяла (фиг. 3.19).



Фиг. 3.19. Мост на Кольо Фичето над р. Янтра при Бяла, 1867 г. Отворите в ляво са били разрушени от наводнение и впоследствие възстановени



Фиг. 3.20. Покритият мост на Кольо Фичето в Ловеч (по картината на Петър Морозов)

Когато русенският валия Митхад Паша решил да възложи строителството на моста при Бяла, се обърнал първо към австрийски инженери, които му дали оферта за няколко милиона гроша. Пашата разговарял и с Кольо Фичето, който предложил много по-ниска цена. На съмненията на валията Фичето отговорил: „Паша ефенди, ако не построя моста по теркя си за 700 000 гроша, вземете ми главата!“. Теркят (проектът) на Фичето е бил макет от восъчни свещи. Мостът е завършен без надвишаване на тази сума. Сега българските и чуждите строителни компании често печелят търгове за инфраструктурни проекти у нас на ниски цени, а след това чрез „извънредни обстоятелства“ доказват необходимостта от отпускане на допълнителни средства. Да си заложиш главата за фиксирана договорна стойност сега не е на мода.

Унгарецът Феликс Каниц, пътешествал по българските земи през 19-ти век, решил да се запознае със строителя на моста при Бяла. Намерил го в една кръчма и се учудил, че е облечен скромно като останалите присъстващи, главно селяни. Каниц отбелязва в пътеписа си: „Фичето не знаеше, че е велик...Какво би станало с този народ, ако преместим някои от нашите висши технически училища на Балканите“. Вече 70 години в България има висше инженерно-строително образование, но едва ли само то е достатъчно, за да се равняваме с майстор Никола Фичев.

Друго постижение на Кольо Фичето е покритият дървен мост над р. Осъм в Ловеч (фиг. 3.20). Завършен е през 1874 г., изгорял е през 1925 г. и през 1928 г. е възстановен пак като покрит, но със стоманобетонна конструкция и тухлени стени на магазините, фиг. 3.21 През 80-те години на 20 век на моста бе направена дъсчена обшивка, за да имитира творбата на Фичев, фиг. 3.22.



Фиг. 3.21. Покритият мост в Ловеч с масивна конструкция



Фиг. 3.22. Съвременен вид на покрития мост в Ловеч

Ще бъде отбелязан ж.п. моста в Дупница по линията за Бобов дол, в експлоатация от 1949 г., фиг. 3.23. Сводовете му са от стоманобетон. За стълбовете и челните стени е

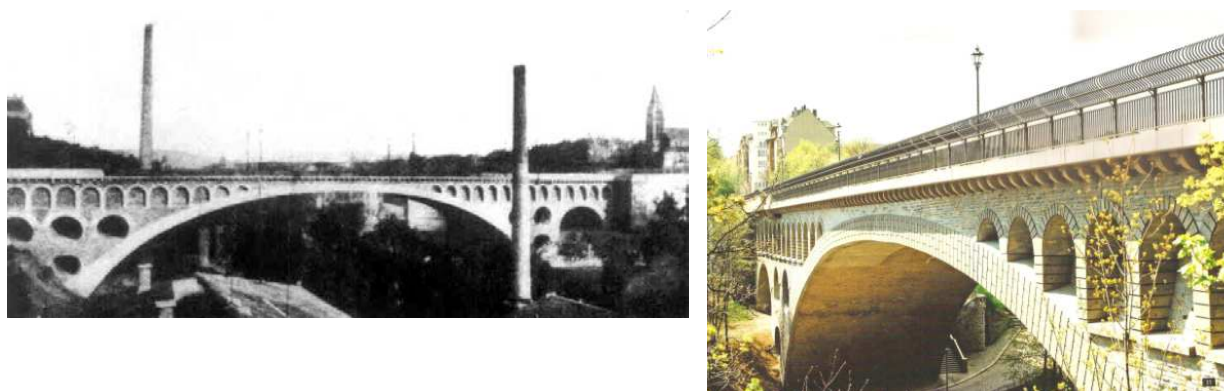
ползвана каменна зидария. Мостове от същата система са строени по същото време и по жп линията София-Карлово.



Фиг. 3.23. Мост в Дупница по линията за Бобов дол

4. Бетонни мостове

Бетонът е изкуствен камък с ниска опънна якост като зидарията. Приложението на неармирания бетон в мостовете е ограничено, понеже исторически не можа да издържи на конкуренцията на стоманобетона.



Фиг. 4.1. Бетонен мост в Плауен, Германия, с отвор 90 м, 1903-1905 г.

В началото на 20-век е построен моста в гр. Плауен, Германия, който е изцяло от неармиран бетон. Този отвор за бетонен мост и до днес остава ненадминат в Европа.

Редно е тук да бъде отбелязан моста Де Ла Кай във Франция. Сводът му е с отвор 140 м и е изчисляван като неармиран. Обаче в свода са поставени предварително произведени стоманобетонни вложки за намаляване на съсъхването. Връхната конструкция също е стоманобетонна. Така че тази конструкция би следвало да се разглежда като хибрид между бетонна и стоманобетонна.

В следващите десетилетия неармирани сводови конструкции се строят в Европа за съоръжения с малки отвори, като водостоци и мостове под насип, тунели.

В Китай над р. Вучао има пътен мост с отвор 120 м (световен рекорд за неармиран свод), фиг. 4.3. Той е завършен през 1990 г. – няколко десетилетия по-късно след споменатите по-горе мостове в Германия и Франция.



Фиг. 4.2. Мост Де ла Кай, Франция с отвор 140 м, построен от 1924 до 1928 г.



Фиг. 4.3. Мост над р. Вучао, Китай, 1990 г.

5. Метални мостове

Първият метален мост, построен през 1779 г. в Англия, е от чугун и е с дъгова конструкция с отвор 30,6 м, фиг. 5.1. Развитието на железниците през 19-ти и 20-ти век, а впоследствие и на автомобилните пътища, е свързано със строителството на много метални мостове: гредови (фермови и пълностенни), дъгови и рамкови. При тях материалът вече е стомана. Чугунени мостове са строени и до края на 19-ти век. На фиг. 5.2 е показан моста Гарабит във Франция, проектиран от Айфел. Ажурната му конструкция е не по-малко впечатляваща от тази на кулата в Париж, дело на същия автор.



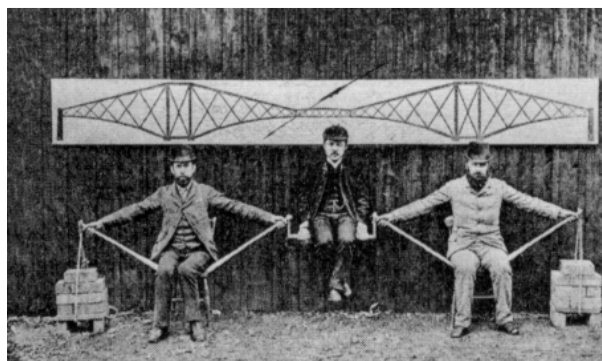
Фиг. 5.1. Първият метален мост, построен в Англия 1776-1779 г.



Фиг. 5.2. Мост Гарабит във Франция, с отвор 165 м проектиран от Айфел, 1881-1885 г.

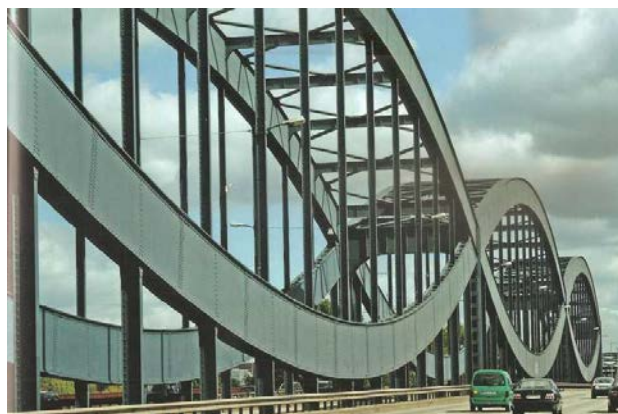


Фиг. 5.3. Мост Форт, Шотландия, 1882-1889 г.



Фиг. 5.4. Онагледяване на системата на моста Форт

Някои стоманени мостове, като мостът Форт в Шотландия с главен отвор 521 м (завършен през 1890 г), впечатляват не само с дължината на отворите си, но и с оригиналните си системи, фиг. 5.3 и 5.4.



Фиг. 5.5. „Нов” мост на Елба в Хамбург, 1884-1887 г.



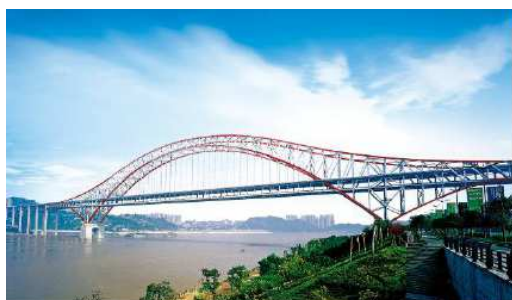
Фиг. 5.6. На преден план чугунен мост над р. Инд край гр. Сукуур, Пакистан от края на 19 век. Стоманената дъга отзад е съвременна.



Фиг. 5.7. Мост Ню Ривър Гордже с отвор 516 м, САЩ, 1974-77 г.

Преди около век са търсени разнообразни форми на прътовите стоманени мостове, фиг. 5.3, 5.5, 5.6. Тяхната целесъобразност е била доказвана с развиващата се тогава строителна статика. Понастоящем по технологични причини се предпочитат ферми с успоредни пояси, напр. мост над Дунав при Русе-Гюргево, фиг. 5.10.

Изграждат се и дъгови стоманени мостове, с които се постигат по-големи отвори, отколкото при гредовите, фиг. 5.7, 5.8, 5.9. Рекорден за тази система е мостът в Китай от фиг. 5.8.



Фиг. 5.8. Мост Чаотиамен над р. Янгдзъ на два етажа за автомобилно и ж.п. движение с отвори 190+532+190, 2004-2009 г.



Фиг. 5.9. Мост Дашенгуан за скоростна жп линия с обща дължина 1615 м и дъгови отвори по 336 м, 2010 г.

У нас стоманени мостове започват да се строят с прокарването на жп линиите. През 1866 г. е завършена линията Русе-Варна, а през 1867 г. –Саранбей (сега Септември)-Свиленград-(Одрин). До началото на Балканската война в България са изградени основните железопътни направления. Много от мостовете от това време са със стоманени конструкции, внесени от чужбина. Стълбовете и устоите им са от каменна зидария. Не малко от тези мостове на възраст около век и повече продължават да са в редовна експлоатация, благодарение на грижите за поддържането, за което ще стане дума по-долу.

От 1952 до 1954 г. се построи моста на Дунава свързващ Русе с Гюргево с обща дължина 2224 м, фиг. 5.10. На долния му етаж е разположен жп коловоз, а на горния има пътно платно със широчина 7,00 м. Конструкцията на централния отвор на моста с дължина 86,4 м може да се повдига за минаване на високи кораби. Тогава се прекъсва само ж.п. движението, но това се извършва рядко, защото съвременните кораби са сравнително ниски. От всяка страна в плавателния участък има по два отвора за корабоплаване с дължина по 160 м, а към бреговете мостът продължава с отвори по 80 м.

Проектиран е в Съветския съюз, а строителството е извършено от българи и румънци, ръководени от съветските специалисти Леонид Саприкин, Николай Наранян и Григорий Зингоренко. Стоманените конструкции са произведени в Румъния, Унгария, Чехословакия и Полша.



Фиг. 5.10. Мост над р. Дунав при Русе и Гюргево

Тук му е мястото да коментирам въпроса за мостовете на Дунава. Техният брой е общо около 120, но те са неравномерно разпределени по различните страни. Така в украинския участък на Дунава (при делтата) няма нито един мост, докато общо в Германия и Австрия те са над 60 броя. Разстоянието между Русе и Видин, където е новия мост в българския участък е около 300 км, а от Русе до Черна вода, където е следващият - кръгло 200 км. Такива разстояния между мостовете нагоре по течението няма. Основната причина е, че границата между България и Румъния (преди между Османската империя и Влашко) е неизменно на това място в продължение на столетия. А напр. преди Първата световна война от Белград нагоре по Дунав една голяма територия е принадлежала на

Австро-Унгария. По-лесно е да се строи мост във вътрешността на една страна, отколкото на вековна граница. Напр. строителството на моста при Видин бе организирано от българска страна, докато Румъния остана почти неангажирана. Националният ѝ интерес е, международният трафик да минава по-дълго през тяхна територия, а не бързо да „изтича“ в България. Различно бе при строежа на моста Русе-Гюргево. Тогава от съществено значение бе политическата ориентация на България и Румъния. Чрез моста бе осигурено военно-стратегическото направление СССР – Букурещ – Русе – Велико Търново – Свиленград. Не случайно по същото време се строеше частта от този път през прохода Хаинбоаз.

Сега се лансират идеи за други мостове: при Оряхово, Свищов (или Никопол), Силистра и се търсят форми на публично-частно партньорство. Счита се, че е нормално през около 50 км да има мостове на Дунава, свързващи България и Румъния.

През втората половина на 20-ти век у нас са построени малко стоманени мостове. Тук следва отбележа, че стоманобетонът е материал, който дава икономическо изгодно решение за мостовете с малки и средни отвори. При увеличаване на отворите нарастват размерите на напречните сечения на конструкциите и оттам теглото им за единица дължина. При това се получава неблагоприятното обстоятелство, че носещата способност на конструкцията е ангажирана да носи предимно себе си, и в по-малка степен - товарите от превозните средства. За отвори над 100 м стоманените конструкции започват да стават все по-предпочитани поради по-ниското им тегло в сравнение със стоманобетонните. За още по-големи отвори се търси допълнително намаляване на собственото тегло с други системи като висящите и вантови мостове, разгледани по-нататък.

През 1976 г. бе завършен Аспарухов мост (фиг. 5.11), централният отвор на който прехвърля плавателния канал Черно море-Варненско езеро. Стоманената конструкция е с отвор над канала 160 м и с два съседни по-къси отвори. Отстрани има стоманобетонни естакади, с отвори по 40 м, които са изпълнени подобно на виадуктите по магистралите „Хемус“ и „Тракия“. Стоманената конструкция е проектирана от Милчо Брайнов, Димитър Димитров, Петър Стайков и сътрудници. Монтажните елементи са произведени в корабостроително предприятие във Варна, където фабрично са изпълнени заварени съединения. Връзките на място са с високоякостни болтове. Ще отбележим, че през 19-ти и първата половина на 20-ти век стоманените елементи на мостовете са съединявани с нитове, което може да се види на много наши ж.п. мостове от тази епоха. Строителството на Аспаруховия мост, вкл. стоманобетонните конструкции и пилотите за фундаментите е извършено изцяло от български строители.



Фиг. 5.11. Стоманената конструкция на Аспарухов мост, в експлоатация от 1976 г.

Друг стоманен мост, изпълнен по същото време у нас, е виадуктът по Автомагистрала „Хемус“ при Витиня, близо до базата на КАТ. Той е проектиран от Димитър Димитров, Петър Стайков, Енчо Дулевски и сътрудници. Неговият отвор е 162 м и така почти същите проектанți подобриха рекорда си за дължина на отвор на мост в България. За споменатия виадукт имаше проект със стоманобетонна конструкция с отвори по 40 м. Със започването на изграждането на фундаментите в дъното на долината се активизира свлачище. Строителство бе спряно и започнаха геодезически измервания на движението на терена, чрез които бе установена дължината на отвора, с оглед да се прекрати свлачището.

Напоследък в различни страни (вкл. у нас) започнаха да се прилагат гофрирани ламарини за изграждане на мостови конструкции. На фиг. 5.12 е показана едноотворна мостова конструкция от вълнообразна ламарина, която оформя отвор с овално сечение. След засипването ѝ отстрани и отгоре съоръжението вече е готово. Изпълнението е просто, защото липсват характерните за другите мостове устои, стълбове и фундаменти.

Друго приложение на вълнообразната ламарина представлява мостът над р. Нишава на местен път при граничния пункт Калотина с отвори от 12 до 14 м, фиг. 5.13 (проект на „Мостконсулт“). Сводовете са от вълнообразна ламарина, а челните стени са от бетон. Т.е. тук един нов материал е приложен при традиционна мостова сводова конструкция.



*Фиг. 5.12. Едноотворен мост от
вълнообразна ламарина преди
засипването му*



*Фиг. 5.13. Мост над р. Нишава при
Калотина, 2011 г.*

6. Стоманобетонни мостове

Стоманобетонът е открит в средата на 19-ти век, като заслугата обикновено се приписва на френския градинар Моние. Той правел саксии от бетон, които се пукали. Хрумнало му да ги омотава с тел, който замазвал с циментов разтвор. Така саксиите станали доста здрави. Това му дало увереност да прилага стоманобетона и при други елементи и конструкции. Първият стоманобетонен мост е също негово дело, фиг. 6.1. За откриватели на стоманобетона се сочат още французите Ламбо (направил лодка от стоманобетон) и Коанье, както и англичанина Уилкинсън. Последните двама са приложили стоманобетона при сгради, но техните имена са позабравени. През 1950 г. във Франция са чествани 100 години от откриването на стоманобетона и тогава е отбелязан приоритета на Ламбо. Във връзка с тези факти ще цитирам моя покоен професор Пейчо Поппетров, според когото Моние е бил прост, но нахален. Регистрирал е патент за стоманобетона, който е купен след години от немската фирма „Вайс унд Фрайтаг“. В нея Вайс и Емил Мьорш провеждат опити и предлагат правила за изчисление и конструиране на стоманобетонни елементи. По това време по теорията на стоманобетона работят още Хенебик и Консидер във Франция, Рънс в САЩ, Белелюбски в Русия и др.



Фиг. 6.1. Мост в парка Шазле, Франция с отвор 16,50 м, 1875 г.



Фиг. 6.2. Мост над р. Рейн при Бендорф с централен отвор 208 м, 1964 г.

От началото на 20-ти век започва постепенно да нараства броя на построените стоманобетонни мостове и да се усъвършенстват техните конструкции. Сводовите стоманобетонни мостове са с по-леки конструкции от зиданите, защото плътните елементи са заменени с отделни дъги, греди и плочи, фиг. 6.11, 6.23, 6.24. Стоманобетонът се прилага при разнообразни гредови и рамкови системи, фиг. 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.8, 6.21, 6.25, 6.26.



Фиг. 6.3. Надлез на Цариградско шосе над бул. Яворов, двуставна рамка с отвор 30 м, проектант Димитър Дерменджиев 1973г.

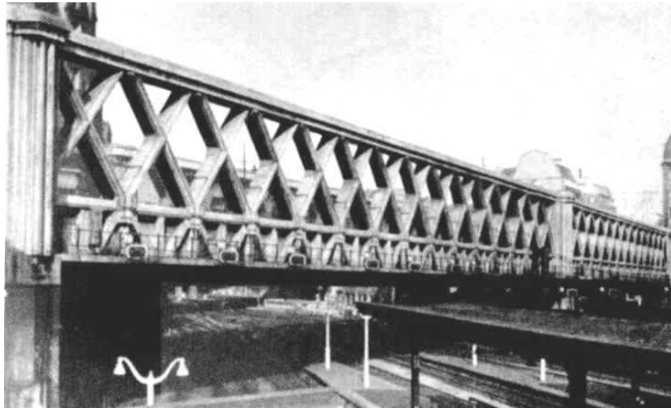


Фиг. 6.4. Сглобяем надлез над Автомагистрала „Тракия”, проектанти: Петко Петков, Виктория Бързакова, Асен Георгиев

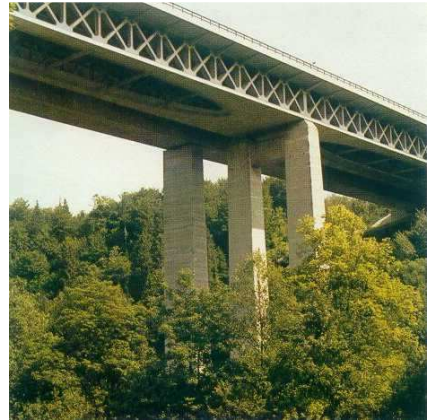


Фиг. 6.5. Надлез на пътния възел Цариградско шосе-бул. Яворов с отвори 20+40+20 м, проектанти Лало Райков, Коста Цеков, 1973 г.

Фермите не са характерна система за стоманобетонните мостове, поради технологични трудности. Все пак отделни проектанти са се насочили към прътови конструкции, фиг. 6.6, 6.7. Надлезът в Париж (фиг. 6.6) е кос в план, а армировката е обикновена (ненапрегната). Виадуктът Мангфал е изпълнен чрез конзолно бетониране (виж част 9), а прътите на фермата са с напрегаща армировка.



Фиг. 6.6. Надлез над Източната гара в Париж, коса конструкция с най-голям отвор 76 м, 1927-1928 г.



Фиг. 6.7. Виадукт „Мангфал” при Мюнхен, с отвори 90+108+90 м; конзолно бетониране 1959 г.



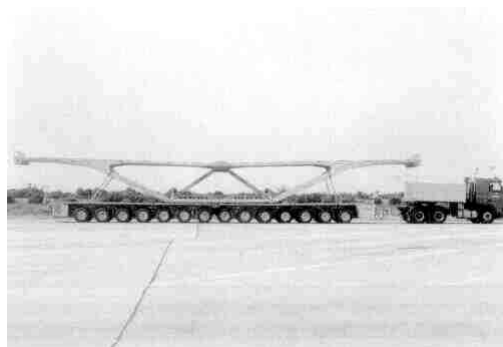
Фиг. 6.8. Естакада ”Банг На” в Бангкок, Тайланд - с дължина 55 км, най-дългия мост в света. Отворите са по 42 м, завършен през 2000 г.

На фиг. 6.8, 6.9, 6.10 е показана естакадата Банг На. Тя представлява най-дългия мост в света (сравни с моста над езерото Пончантрейн, фиг. 1.7, 1.8). Ще отбележа, че рекордите не са самоцел. С това съоръжение се решават важни транспортни проблеми в

многомилионния Банког, столица на Тайланд. Интересно е също, че строителството е извършено без спиране на движението в прилежащите улици.

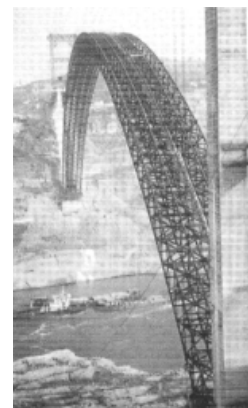


**Фиг. 6.9. Монтаж на елемент на естакада
”Банг На” в Бангкок, Тайланд**



**Фиг. 6.10. Транспорт на елементи с маса
от 85 до 100 тона за същия мост**

Рекорд сред дъговите стоманобетонни мостове държи моста Ванксиян над р. Янгце (Китай), фиг. 6.11. Той е с отвор 425 м и е завършен през 1997 г. Главната му армировка е от тръби, оформени като ферма, на която се окачва кофража. По този начин е станало възможно да се построи моста без да се прекъсва корабоплаването под него.



**Фиг. 6.11. Стоманобетонен мост Ванксиян над р. Янгце (Китай) с рекорден
отвор 425 м: изглед и армировъчния му скелет, сниман преди бетонирането**

Строят се и стоманобетонни мостове с път долу, фиг.6.12 и 6.13. Завъртането на дъгите спрямо оста на моста „Кубичек” в Бразилия (фиг. 6.13) е хрумване на проектанта с цел търсене на естетически ефект.

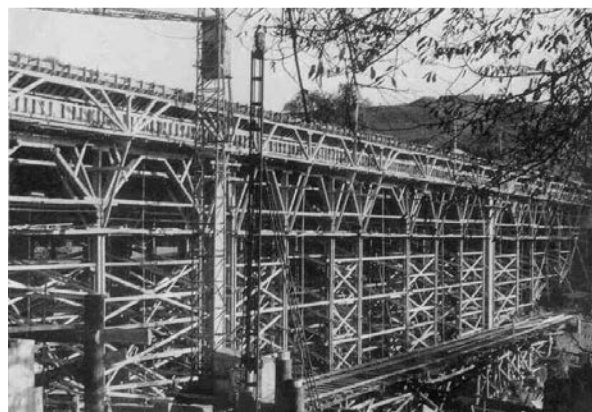


Фиг. 6.12. Мост Ла Рош Гуйон, Франция с отвор 161 м, 1932 г.

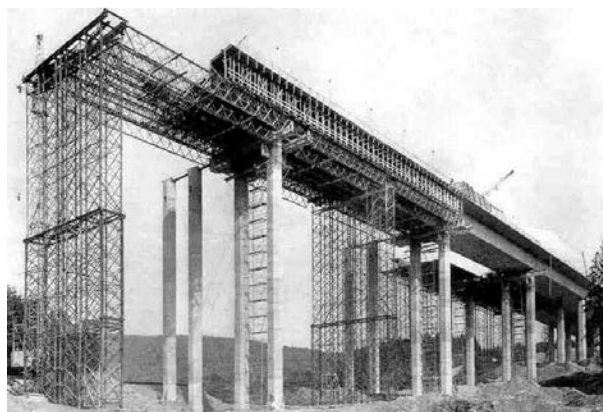


Фиг. 6.13. Мост „Кубичек” в гр. Бразилия с отвори по 240 м, 2003 г.

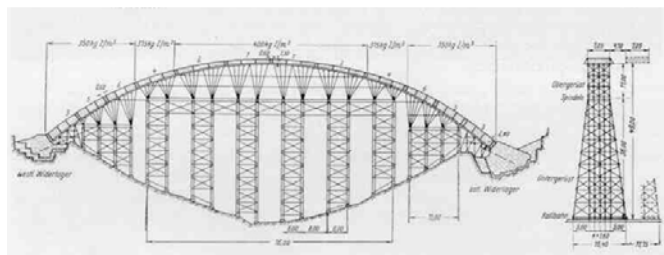
До средата на 20 век за монолитните стоманобетонни мостове са ползвани дървени скелета, фиг. 6.14 и 6.16. След това вече се прилагат главно инвентарни стоманени скелета.



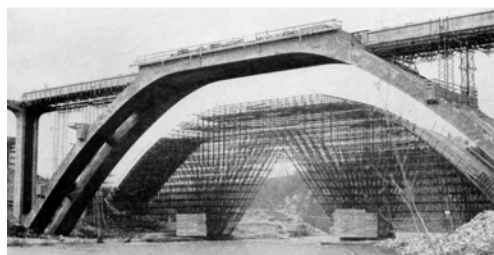
Фиг. 6.14. Дървено скеле за гредов мост



Фиг. 6.15. Инвентарно стоманено скеле за гредов мост



Фиг. 6.16. Дървено скеле на мост по Аутобана „Гера-Йена” с отвор 137 м, Германия, 1937 г.



Фиг. 6.17. Инвентарно стоманено скеле на мост на р. Арно, Италия, с отвор 104 м, 1962-1963 г.

Друга технология за изграждане на мостовете, развила се основно след Втората световна война е сглобяемото строителство. При достъпни терени за монтаж са ползвани предимно автокранове, фиг. 6.25. По-редки са случаите на монтаж с жп и портални кранове, фиг. 6.18, 6.19.



Фиг. 6.18. Монтаж на греда с жп кран на мост при Аерогара София, 1969 г., виж също фиг. 6.25 б)



Фиг. 6.19. Надлез „Захарна фабрика”, проектиран от Тодор Хорозов и Никола Матеев; портален кран за монтаж на греди, 1963 г.

При мостове над водни площи успешно е извършван транспорт на елементи с плавателни съдове и монтаж с плаващи кранове, фиг. 6.20, 6.22.

За виадукти са прилагани различни съвременни строителни системи, разгледани в части 8, 9 и 10.



Фиг. 6.20. Превоз и монтаж на греда с дължина 48 м и маса 150 т на мост „Валендер” над р. Рейн, Германия



Фиг. 6.21. Мост свързващ остров Принц Едуард с континенталната част на Канада; обща дължина 12,9 км; и отвори 250 м; изграден за 14 месеца изцяло по сглобяем начин



Фиг. 6.22. Монтаж на двуконзолен елемент с дължина 192 м на същия мост. Върху конзолите лягат окачени греди

Първите стоманобетонни мостове у нас са от първата половина на 20-ти век, но масовото им строителство е след Втората световна война и в наши дни. Освен показаното на фиг. 6.23 съоръжение, подобни пътни мостове, проектирани в „Пътпроект”, са построени при Русе и Бяла.

Железопътни стоманобетонни мостове започват да се изграждат също от средата на века по линиите Симитли-Кулата, София-Карлово, Ловеч-Троян а по-късно при удвояването на главните ж.п. линии (фиг. 6.24). Проектите им са разработени в „Транспроект”.



**Фиг. 6.23. Мост над р. Янтра и пътя
Стара Загора –Русе във Велико
Търново, проектиран от Борис
Стоянов, 1956 г.**



**Фиг. 6.24. Мост над р. Искър при Зверино по
линията София-Мездра, проектиран от
Марчо Минев и Илия Иванчев, 1963 г.**

В 60-те години на 20-ти век започнаха да се изпълняват сглобяеми стоманобетонни мостове. Отначало гредите се произвеждаха на приобектни площадки по примитивна технология. От 1965 г. Заводът за строителни конструкции Кремиковци (ЗСК) започна производство на мостови греди. Това предприятие е създадено през 50-те години за нуждите на строителството на съседния Металургичен комбинат, а в последствие започна да произвежда елементи за сглобяеми промишлени сгради в други региони.

Към ЗСК Кремиковци бе формирана група от специалисти по мостове с мое участие. Разработихме типови проекти за сглобяеми мостове, приложени на обекти в цялата страна, фиг. 6.25. Производството на мостови греди се извършваше както в Кремиковци, така и в другите ЗСК, открити по-късно в Стара Загора, Плевен, Видин и Девня.

Впоследствие строителните организации, изпълняващи пътни мостове, започнаха да изграждат свои предприятия за производство на мостови греди в Катунца (Пловдивско), Казичене (Софийско), Шумен и др. Разработиха се нови типови проекти за греди с дължина до 30 м.



*а) Мост над р. Тополница в с. Лесичово,
Пазарджишко, 1970 г.*

*б) Монтаж на греда на мост при Аерогара
София, 1969 г.*

Фиг. 6.25. Мостове с елементи произведени в ЗСК Кремиковци, проектанкти: Йордан Лисицов, Илчо Илчев, Илия Иванчев, Мариана Йончева

Няколко моста в София са с конструкция, която прилича на сглобяема. Те са на Цариградско шосе при зала „Арена армеец“, естакадата за аерогарата, пресичаща жк Дружба (фиг. 6.26), на бул. „Владимир Вазов“ и пешеходния мост при НДК. Частите на връхните им конструкции са изливани на терена (лявата част на фиг. 6.26 а). След това със специална инсталация се повдигат (дясната част на фиг. 6.26 а). После се изпълняват стоманобетонните стълбове, а инсталацията се освобождава. Тази технология е призната за изобретение с автори Лало Райков (главен проектант на мостовете), Петър Кискинов (тогава зам. кмет на София), Нешо Топалов (тогава ген. директор на „Инжстрой“) и Марчо Минев (от ВИАС). Инсталацията за повдигане е дело на Георги Костов от Научно-изследователския строителен институт. Идеята е заимствана от системата *пакетно повдигани се плочи*, прилагана с успех у нас в минали години в строителството на сгради. Но при мостовете теглото на елементите е значително по-голямо от това на пакета плочи на една сграда.

Проектите на споменатите мостове са изготвени от Лало Райков (гл. проектант), Васил Йочев, Михаил Генов, Георги Георгиев, Атанас Георгиев, Харалампи Константинов, Кубер Найденов, Владимир Владимиров и др.

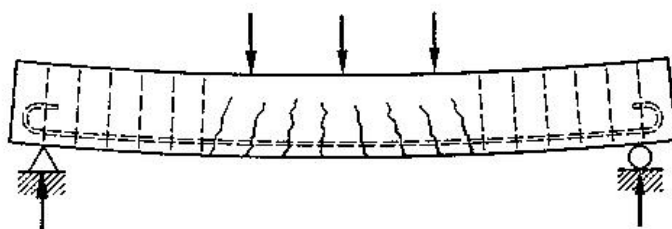


а) Кофраж за елемент от конструкцията (вляво); повдигане на елемент (вдясно) б) Естакадата преди извършване на довършителните работи

Фиг. 6.26. Естакада в ж.к. Дружба за връзка с аерогарата с обща дължина 2200 м и отвори по 49 м

8. Предварително напрегнат бетон и приложението му в мостовете

Стоманобетонът е съчетание от два материала. Разчита се на якостта на бетона на натиск, но той издържа значително по-малко на опън. Стоманената армировка, която поема опъна, компенсира този недостатък на бетона. Въпреки това в опънните зони се получават пукнатини, фиг. 8.1. Установено е, че ако широчината им на разтваряне не надвишава 0,2-0,3 мм, въздухът и влагата не могат да увредят значимо дълготрайността на стоманобетона. Съвременната металургия предлага стомани с високи якости, но в стоманобетона те не могат да се използват пълноценно заради разтварящите се пукнатини. За компенсиране на този недостатък още на границата между 19-ти и 20-ти век възниква идеята армировъчните пръти да бъдат предварително опънати, а бетонът да остане предимно натиснат. Подобни предложения са били регистрирани като патенти преди повече от век, но те са се оказали неприложими. Тогава са установили, че след време предварителното налягане спада почти до нула.



Фиг. 8.1. Образуване на пукнатини в стоманобетонна греда

Причината за това са дълготрайните процеси в бетона – съсъхването и пълзенето. Съсъхването на бетона представлява свиване, което съпътства втвърдяването му. Пълзенето е пластична деформация, зависеща от натоварването. Напр. пълзенето може да се илюстрира с лъжичка, поставена в гъст мед, която потъва постепенно. За читателя е трудно да си представи, че един корав материал като бетона, може да пълзи.

За илюстрация на пълзенето на бетона ще бъде разгледан един интересен случай. През 1910 г. по проект на Фрейсине е изграден стоманобетонния дъгов мост Ла Вердюр (Франция), фиг. 8.2. Във всеки от отворите има по три реда стави, един в средата на отвора и два при опорите й. (Ставата в една строителна конструкция изпълнява роля, подобна на става в човешкото тяло, т.е. допуска завъртане). След 2-3 години вследствие на пълзенето и съсъхването дъгата на централния отвор провисва с 13 см, а в крайните

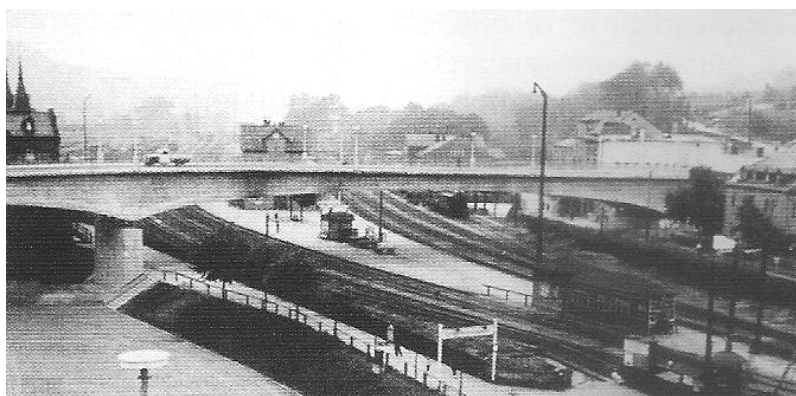
отвори по-малко. По предложение на Фрейсине дъгите са разпънати чрез хидравлични преси поставени при ставите в средата. Така дъгите са върнати в първоначалното си положение. След това е излят бетон, който замонолитва пресите, а мостът остава със стави само при опорите. Пълзенето и съсъхването са затихнали и пътното платно е върнато в проектното си положение.



Фиг. 8.2. Мост Ла Вердюр, Франция с отвори 68+72,5+68 м, 1910 г.

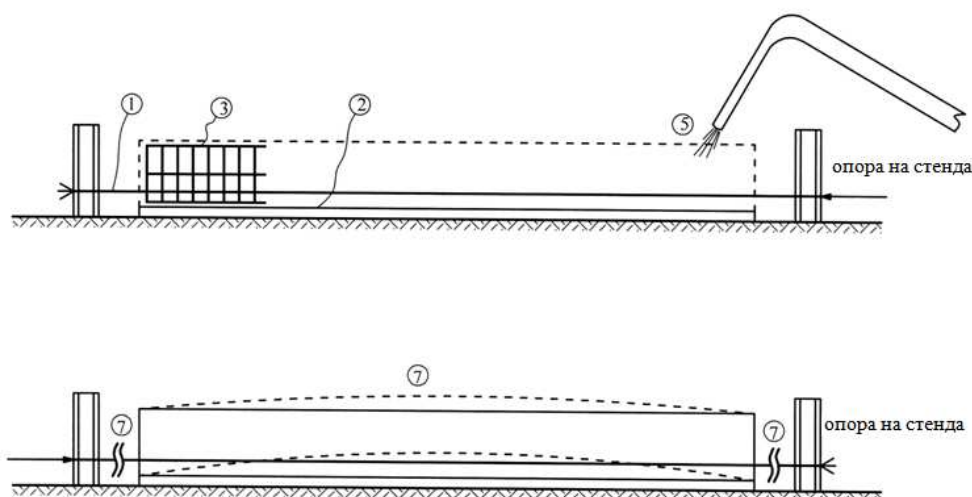
След този случай Фрейсине активно изследва съсъхването и пълзенето и успешно създава в лабораторията си предварително напрегнати греди. Успоредно с него в периода между двете световни войни учени от различни страни работят по дълготрайните процеси в бетона. След като те са достатъчно изучени, идеята за предварителното налягане на стоманобетонните конструкции става осъществима.

През 1937 г. на гара Ауе в Германия е построен първият мост от предварително напрегнат бетон. В десетилетията след Втората световна война предварително напрегнатият бетон се утвърждава като често прилаган вариант на стоманобетона.



Фиг. 8.3. Предварително напрегнат мост на гара Ауе, Германия, 1937 г.

Предварителното налягане се осъществява по следните два основни способа. *Налягането преди бетонирането* изисква наличието на специално съоръжение *стенд*, фиг. 8.4. На опорите му се опъва налягащата армировка (1), която сега обикновено е във вид на високоякостни въжета, обикновено със 7 тела. Преди се ползваха единични телове с висока якост). След това над дъното на кофража (2) се нарежда скелета от обикновена (ненапрегната) армировка (3). Затваря се страничният кофраж и се излива бетон (5). След достигането му на достатъчна якост, налягащата армировка се освобождава от опорите на стенда (7). Тя се стреми да се скъси и благодарение на сцеплението се предава на бетона натискава (налягаща) сила. Ако собственото тегло на елемента и полезните товари върху него го огъват надолу, то налягащата сила предварително е огънала елемента нагоре. Така елементът може да работи без пукнатини или такива се появяват при големи полезни товари и/или за кратко време.



Фиг. 8.4. Производство на предварително наляган елемент на стенд

При *налягане след бетонирането* (фиг. 8.5) в конструкцията или елемента се монтира ненапрегната армировка, между която са оставени тръби (обикновено от гофрирана ламарина). Излива се бетона и след като той набере достатъчно якост в тръбите се вкарват снопове от високоякостни въжета или телове. Хидравлична преса хваща края на снопа, опъва го и го закотвя чрез специални анкери. Така налягащата армировка се оказва опъната, а анкерите предават на бетона натискава сила. Следва вкарване под налягане (инжектиране) на циментов разтвор в тръбите. След втвърдяването му той

създава защита за въжетата (или теловете) от корозия и осигурява сцепление с тръбата. При налягането след бетониране ролята на стенд се изпълнява от стоманобетонната конструкция, чиито бетон е вече втвърден.



Фиг. 8.5. Предварително налягане след бетонирането

Налягането преди бетонирането е свързано с производство на елементи за сглобяемото строителство и изисква специално обзаведени постоянни или временни предприятия, за каквито стана дума. Чрез налягане след бетонирането се изпълняват различни системи конструкции, бетонирани на скеле или изградени чрез специални технологии, напр. по конзолен начин, виж раздел 10. Налягане след бетонирането може да се прилага при производство на монтажни елементи.

Има системи за налягане с армировка вън от бетона. Тя обикновено се защитава със специални смазки. Такива системи се прилагат при усиляване на мостове (фиг. 18.21), при конструкции с големи отвори, когато може да се наложи допълнително налягане след време за компенсиране на провисванията от пълзене.

Предварително напрегнатият бетон предполага ползване на бетони и стомани с високи якости и така се получават по-леки конструкции. Допълнителните работи по предварителното налягане и свързаните с тях материали и детайли по принцип водят до оскъпяване, което се компенсира от намаления разход на бетон и стомана. Но това предимство се проявява все повече при нарастване на отворите на конструкциите и на товарите. Така предварително напрегнатия бетон намира своето приложение най-вече при мостовете.

Първият у нас пътен мост от предварително напрегнат бетон (монолитна плоча с отвор 10,6 м) е построен над р. Блато, Софийско през 1958 г. по проект на Драган Драганов. В следващите години продължи строителството на предварително напрегнати мостове. Заслужава да се отбележат два моста над р. Марица в Пловдив: По бул. „Цар

Борис Обединител” с отвори от 32,70 м, изпълнен от греди с маса 58,5 м, произведени на брега и навлечени в отворите по тясно дървено скеле, проектант Илчо Илчев, Иван Николов, Екатерина Недялкова, фиг. 8.6. Ще бъде отбелязан и монолитния непрекъснат мост на р. Марица по бул. Васил Априлов с централен отвор 75 м, проектиран от Драгомир Драгоев, 1975 г.



Фиг. 8.6. Мост над р. Марица в Пловдив по бул. „Цар Борис Обединител”, 1960 г.

През 1959 г. бе пуснат в експлоатация първия ж.п. мост от предварително напрегнат бетон – надлеза „Хумни дол” в Перник, по проект на Лало Райков. Последва строителството на два предварително напрегнати моста с отвори по 22 м по удвояването на ж.п. линията София-Мездра по проект на Димитър Теодосиев, 1962 г.

Споменатите по-горе предприятия за стоманобетонни елементи допринесоха за по-широко прилагане на предварително напрегнатия бетон. Виадуктите по магистралите, разгледани в следващия раздел, изгражданите по конзолен начин мостове, както и интересни мостове в градовете (напр. този от фиг. 6.26) са също с предварително напрегнати конструкции.

9. Стоманобетонни виадукти по автомагистралите у нас

Първите виадукти със сглобяеми върхни стоманобетонни конструкции бяха построени у нас при реконструкцията на пътя Пирдоп-Розино. Използвани бяха предварително напрегнати греди с отвори до 38,50 м и маса до 110 т, фиг. 9.1.



Фиг. 9.1. Виадукт по пътя Пирдоп-Розино с височина на стълбовете до 72 м, проектанти Лало Райков, Коста Цеков, Георги Ганчев, 1968 г.

Последва строителството на магистралите „Тракия” и „Хемус”, където се уеднаквиха проектите за виадуктите в планинските терени на Западна България. Отначало се ползваха греди с дължини 27 и 39 м, напрегнати след бетонирането. Приложена бе технологията отработена при строителството на съоръженията по пътя Пирдоп-Розино. Гредите се произвеждаха на строителни площадки до устоите на мостовете и се монтираха със специално съоръжение – ферма (фиг. 9.2). Тя покрива два отвора и така гредите последователно се преместват от отвор в отвор. Първата ферма бе доставена от Италия, а след това у нас бяха произведени конструкциите на още няколко ферми, чиято механична и електрическа част бе доставена от Италия.



Фиг. 9.2. Монтаж на греди на виадукти с ферма: а) изглед от страни; б) телфери захващащи и преместващи гредата

За виадуктите „Бебреш” и „Коренишки дол” по АМ. „Хемус” бе приета конструкция с греди дълги 58 м и с маса 220 т, напрегнати след бетонирането (фиг. 9.3). С оглед размерите и теглото на гредите бе конструирана нова монтажна ферма. На виадукт „Бебреш” стълбовете са с височина до 120 м, най-голяма в България. За сравнение на мост „Европа” в Австрия има стълб с височина 192 м, фиг. 1.10.



Фиг. 9.3. Виадукт „Бебереш” по автомагистрала „Хемус” а) изглед; б) изграждане на стълбовете с пълзящ кофраж

Виадуктите по магистралите „Хемус” и „Тракия” са проектирани в „Пътпроект” с участието на Борис Стоянов, Георги Тодоров, Драгомир Драгоев, Петър Минчев, Стефан Стамболов, Димитър Дерменджиев и др.

За магистрала „Люлин” колектив от „Мостконсулт” проектира виадукти с дължина на гредите 26 м и 39 м (последните с маса 83 тона). Те са напрегнати преди бетонирането и се произвеждаха във временно предприятие на строителя - турската фирма „Мапа Дженгис”. То се намираше в околностите на Перник. Гредите бяха возени до мостовете със специални влекачи и колесари (фиг. 9.4). Монтирането на гредите бе осъществено с тежък кран. Тази технология стана възможна поради по-малките височини на виадуктите в сравнение с тези по „Тракия” и „Хемус”. Монтажът с кран се извърши по-бързо отколкото с ферма, понеже при нейното ползване е необходимо многократно да се прехвърлят гредите от един в друг отвор.



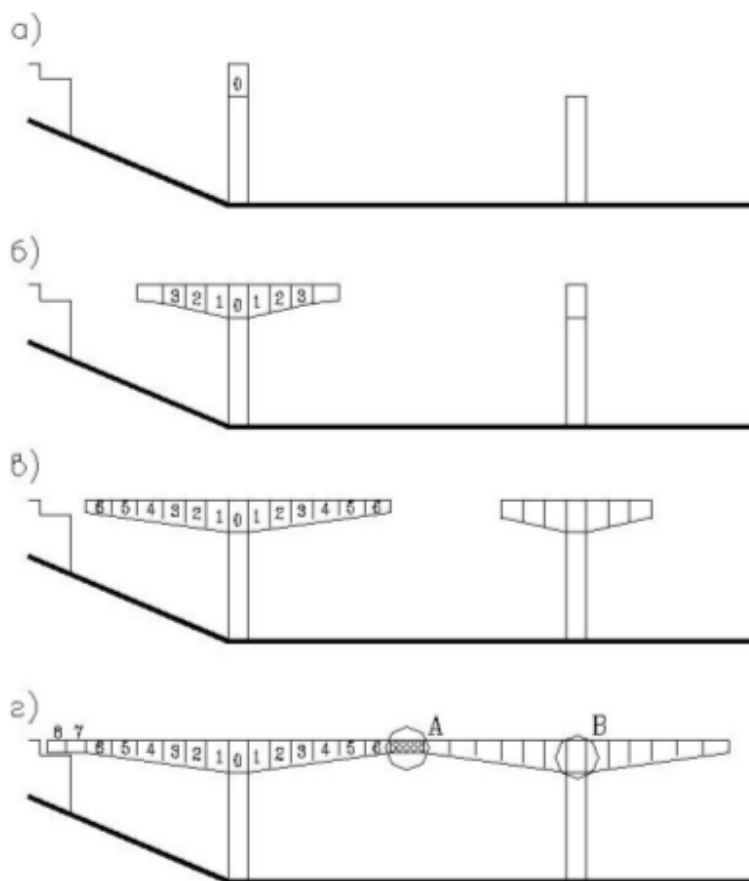
Фиг. 9.4. АМ „Люлин” - Повдигане на греда с кран „Либхер” от автотранспортен състав. Гредата играе роля на твърда връзка между влекача и колесара

10. Конзолно изграждане на мостове

Конзолното изграждане (фиг. 10.1) се прилага в два варианта:

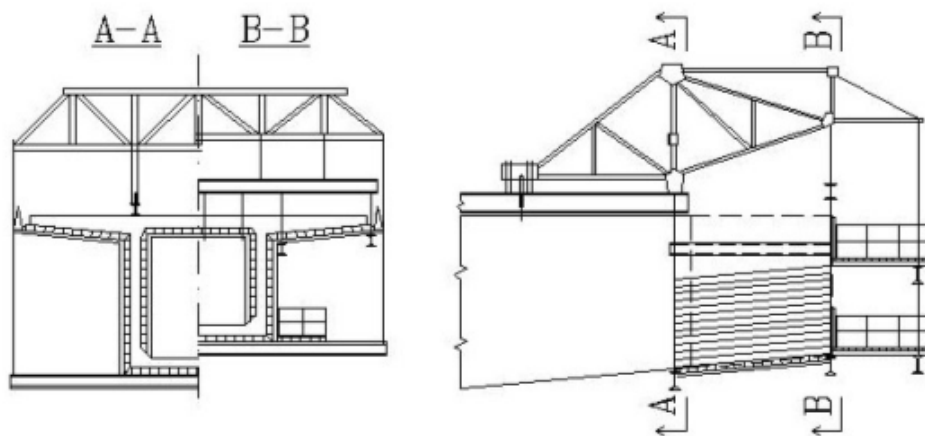
- монолитен (конзолно бетониране) – фиг. 10.2;
- сглобяем (конзолен монтаж) – фиг. 10.3.

Последователността на изпълнението на строителните работи при конзолното изграждане е следната: започва се със стълбовете и устоите на моста (фиг. 9.1 а). Като продължение на стълба се надгражда елемент “0”. От двете страни на стълба във всеки етап се добавя една двойка части, наричани *сегменти*, (фиг. 9.1 б). При конзолното бетониране сегментите представляват монолитно изливани блокове, а при конзолния монтаж – готови елементи.

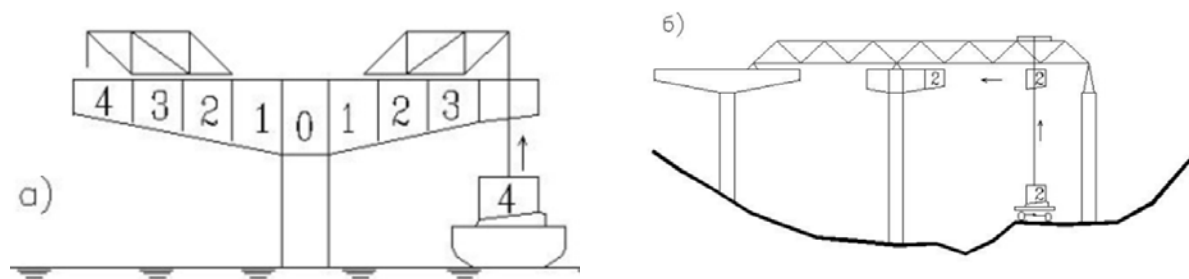


Фиг. 10.1. Принцип на конзолното изграждане

Всяка двойка сегменти (носеци еднакъв номер на фиг. 9.1) се свързва помежду си и с изградената преди част чрез напрегаща армировка. Накрая се съединяват двете конзолни конструкции (фиг. 9.1 г). Понастоящем се предпочита кораво свързване, а в миналото - ставна връзка.



Фиг. 10.2. Конзолно бетониране (фрагмент)



Фиг. 10.3 Конзолно монтиране на елементи превозвани с: а) кораби; б) автомобили.

Първият опит за конзолно бетониране е на моста над р. Пейксе в Бразилия - непрекъснатата система с централен отвор 68,50 м, фиг. 10.4. Използвана е ненапрегната (мека) армировка от пръти ф45, които са снаждани чрез муфи.



Фиг. 10.4. Строителство на мост над р. Пейксе в Бразилия, 1930 г.

Истинското развитие на тази технология започва след Втората световна война. Първите предварително напрегнати конзолно бетонирани мостове са построени в Германия през 50-те години. Конзолното монтиране започва да се прилага отначало във Франция и Съветския съюз приблизително по същото време. Постепенно опитът и технологичните съоръжения се усъвършенстват, разширява се броят на компаниите, работещи по тази технология. Нараства броят на построените конзолно изградени мостове в различни страни по целия свят.

В България закъсняхме с усвояването на системите за конзолно изграждане. Затова някои виадукти изпълнени като гредови не са със съвременни технико-икономически показатели. Напр. във виадукт „Бебреш“ със стълбове с височина до 120 м и отвори от 60 м, разходите за изграждането на стълбовете са около 80% от общата стойност на моста. При отвори 120-160 м (подходящи за конзолно изграждане) би се постигнало съотношение между стойността на връхната конструкция и опорите приблизително 50% на 50%, което е оптимално за себестойността на строителството. Външният вид на „Бебреш“ има и естетически недостатъци. Бият на очи големите широчини на стълбовете сравнени със значително по-тънките греди. Ако съпоставим гредовият „Бебреш“ (фиг. 9.2) с конзолно бетонираният виадукт на км 48 по същата магистрала (фиг. 10.6, 10.7), то безспорно вторият е по-красив. Мостовете са утилитарни съоръжения и много често на външния им вид не се обръща такова внимание, както при сградите. Но в някои случаи, като разглеждания, за естетиката не са необходими допълнителни средства, а разумен подход.

Първото съоръжение изградено у нас по конзолен начин е мостът „Съединение“ над р. Марица в Пловдив, завършен през 1983 г. (фиг. 10.5). Той осигурява продължение на ул. „Райко Даскалов“. Широчината му е 16 м и отначало бе предназначен за движение на пешеходци и за прокарване на топлопровод с две тръби по 1000 мм диаметър. Предвидена бе възможност при аварийни случаи да се допуска движение на автомобили. Проектиран е от колектив от ВИАС: Марчо Минев, Иван Якимов, Илия Иванчев, Теодор Етимов, Костадин Топуров и сътрудници. Системата е конзолно монтиране с централен отвор 90 м и два крайни по 46 м. Строителството е извършено от „Мостстрой“, управление Пловдив. Елементите бяха произвеждани в предприятието на строителя в

Катуница (Пловдивско) и докарвани до обекта с автомобилен транспорт. Монтирането се извършваше от автокранове, стъпили на терена. За целта Марица бе отбивана с временни диги. Такова изпълнение не е типично, защото конзолното изграждане е характерно за недостъпни препятствия (водни площи, дълбоки долове). В последствие мостът бе покрит с леки метални конструкции и на него е оформена търговска зона (фиг. 10.5 б) Преустройството е проектирано от Марчо Минев и Димитър Куманов.



Фиг. 10.5. Мост „Съединение” Пловдив: а) Пробно натоварване; б) Изглед след покриването му

След завършването на мост „Съединение” колектив в почти същия състав предложи проект за конзолно бетониран виадукт на км 48 по Автомагистрала „Хемус” (на няколко километра от Правец в посока Варна), фиг. 10.6, 10.7.



Фиг. 10.6. Конзолно бетониране на Виадукт на км 48 по АМ „Хемус”

Отворите на моста са 68+130+140+130+120+68 м. (фиг. 10.6, 10.7). Най-големият от тях 140 м е рекорден за нашата страна за стоманобетонен мост. (Исключение е граничният мост на Дунав при Видин) „Мостстрой“ започна изпълнението на стълбовете на виадукта на км 48. Инвеститорът Главно управление на пътищата (ГУП) реши, че обектът е сериозен и местните сили не са достатъчни за справяне със задачата.

ГУП се обърна към норвежката фирма „ААС Якобсен“, която предостави технология (ноу-хау) за изпълнение на конзолното бетониране. Норвежците преработиха отчасти проекта за връхната конструкция. Запазени бяха отворите, защото някои от стълбовете бяха изградени (по проект на Ил. Иванчев и К. Топуров). Фирмата „ААС Якобсен“ даде проект на инсталацията за конзолно бетониране (стоманената конструкция поддържаща кофража) и тя бе произведена в България. Димитър Димитров предложи нова по-рационална конструкция на инсталацията. По негов проект бяха произведени няколко инсталации, както за виадукта на км 48, така и за други обекти на норвежката фирма в Скандинавските страни и в Гърция.



Фиг. 10.7. Виадукт на км 48 по автомагистрала „Хемус“

На основата на техническия проект на „ААС Якобсен“ Димо Кисов, Милчо Решков и сътрудници изготвиха работните чертежи за връхната конструкция и упражняваха авторски надзор при изпълнението. Решаващо бе участието на тогавашния изпълнителен

директор на „Мостстрой” Румен Йовчев. Той напусна кабинета си в София и в продължение на няколко месеца лично ръководеше строежа, докато бъде усвоена технологията. Строежът на виадукта започна през 1986 г. и завърши през 1999 г. Важна причина за забавянето бе неблагоприятната икономическа конюнктура през 90-те години.

Тук ще отбележа, че Норвегия е именно страната с най-много конзолно бетонирани мостове (те са стотици), а „ААС Якобсен” е построил в родината си следните конзолно бетонирани пътни мостове с големи отвори: Рафтундет с отвор 298 м, фиг. 10.8 и Столмасундет– с 301 м (1998 г.). При тях е използван бетон с леки добавъчни материали (изкуствено произведени), а не добити от кариери (трошен камък), съотв. речен чакъл и пясък. През 2006 г. бе завършен конзолно-бетонирания пътен мост Шибанпо в Китай с отвор 330 м, който подобри рекордите на норвежките мостове, фиг. 10.9.

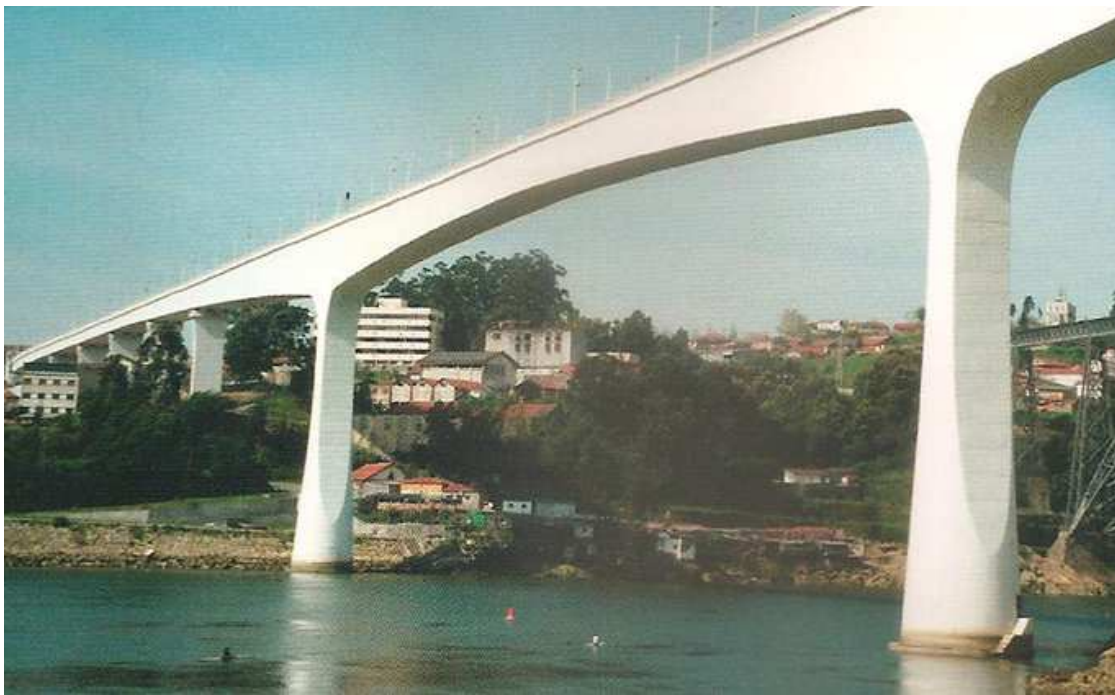


Фиг. 10.8. Мост Рафтундет Норвегия с отвор 298 м



Фиг. 10.9. Мост Шибанпо, Китай с отвор 330 м

Най-голям отвор на конзолно бетониран жп мост, равен на 250 м, е изпълнен в Порто – Португалия (1991 г.), фиг. 10.10.



Фиг. 10.10. Мост Сан Жоао, Порто, 1991 г.

Следващият конзолно бетониран мост у нас е в прохода „Маказа”, Източни Родопи (фиг. 10.11), където има граничен пункт между България и Гърция.

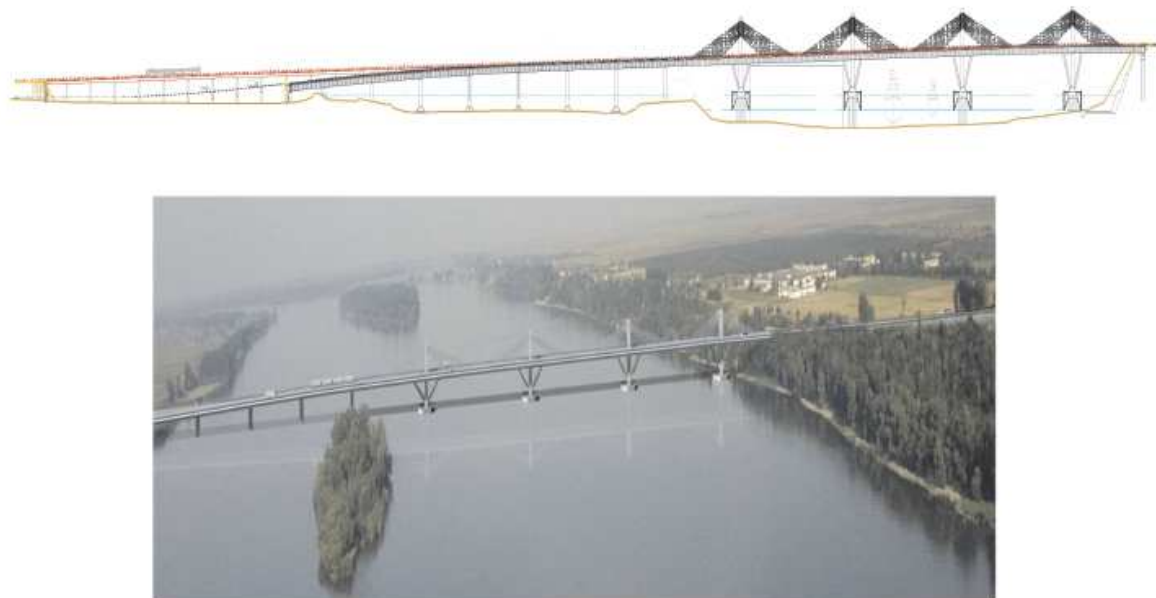


Фиг. 10.11. Изграждане чрез конзолно бетониране на виадукт „Маказа”

Мостът при Маказа е с централен отвор 90 м и два странични по 55 м. Проектиран е от Димо Кисов, Милчо Решков и сътрудници, а авторът бе ангажиран с техническия контрол на проекта. При проектирането бе отчетен нашият опит от виадукта на км 48.

Съоръжението бе изпълнено от турската фирма "Киска – Туранхазинедароуглу". Това за нея бе първия конзолно бетониран мост. Тук трябва да бъде обяснено следното. От началото на 21 век у нас за строителството на инфраструктурни обекти се провеждат международни търгове. При тях се отчита финансовото състояние на фирмите участнички, техническата им въоръженост, както и реализациите им от предишни години. Обаче най-често търгът се печели от участника, предложил най-ниска цена. Така стана и на този обект. Все пак българското участие не бе малко – работници от Кърджалийско, българска фирма за строителен надзор и ефективен авторски надзор. Мостът бе завършен през 2005 г, но пускането на движението през граничния пункт бе отложено с няколко години, защото изостана изпълнението на пътните работи на гръцка и българска територия.

Мостът на Дунав при Видин-Калафат е изграден от испанската фирма FCC Construction по техен проект, фиг. 10.12, 10.13, 10.14. Конструкцията е конзолно монтирана с обща дължина 1391 м, а за ж.п. линията към нея се добавя стоманобетонна гредова естакада, дълга 400 м и изпълнявана на скеле.



Фиг. 10.12. Мост на Дунав при Видин Калафат

За отворите на моста с дължина по 80 м (от българския бряг до острова) сегментите бяха превозвани с автомобилен транспорт от производствената база до моста и монтирани със специална ферма, фиг. 10.13.



Фиг.10.13. Конзолен монтаж в отвор с дължина 80 м на мост на Дунав при Видин

В корабоплавателната част между острова и румънския бряг отворите са по 180 м, фиг. 10.14, 2.4.

Сегментите за тях се превозваха до обекта с плавателни съдове и от тях се повдигаха със специални кранове за конзолен монтаж. Стълбовете на тези отвори са с наклонени подпори и вертикална част. Тя продължава в пилон, на който са закрепени вантите - наклонени окачвачи от снопове въжета, фиг. 10.12, 2.4. Вантовите мостове са разгледани в раздел 13.

Чрез фиг. 10.14 може да се обясни, напречния разрез на моста. Ивицата между вантите е предназначена за железопътния коловоз. Всяка от страничните площи носи по две ленти за автомобилно движение. В двата края има тротоари, а от едната страна и велосипедна алея. Стоманобетонната кутия под коловоза е основен елемент, директно поемащ товар от коловоза. Чрез наклонените подпори и страничните части на плочата се поемат товарите от пътните платна. Такова конструктивно оформяне напоследък се прилага все по-често, като се постига оптимално собствено тегло. Липсата на наклонени подпори би изисквало броят на кутиите да бъде 2 или 3. По конструктивното си оформяне мостът при Видин-Калафат няма аналог сред другите мостове над Дунав и е нормално да стане визитна картичка на Видин.



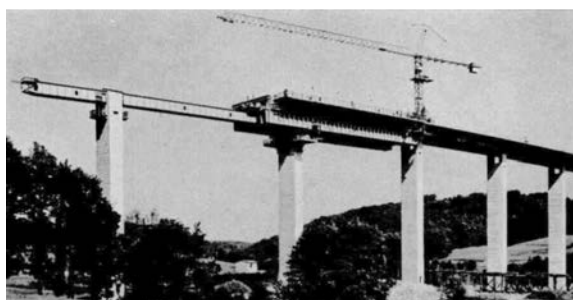
Фиг. 10.14. Изграждане на отвори с дължина 180 м на моста Видин-Калафат

11. Поотворно бетониране и тактово изтласкване

Идеята за поотворното бетониране е дълги непрекъснати конструкции да се изпълняват на части. Така се избягва заскеляването на цялото пространство. От друга страна при една дълга конструкция от технологични съображения е благоприятно прекъсването на бетонирането. На фиг. 11.1, 11.2, 11.3 е показано изпълнение на мостове с инвентарни хоризонтално преместваеми кофражи. Те се подпират на стълбовете, което изисква подходящото им оформяне. Бетонирането се прекъсва там където моментите са най-малки, обикновено в четвъртината на отворите. По правило тези мостове са предварително напрегнати и чрез налягането се гарантира носещата способност и на работните фуги. На 11.3 (дясно) е показано използването на временна опора при изпълнението на отвора от 70 м, докато за отворите от по 40 м, такава опора не е необходима.



Фиг. 11.1. Ж.п. мост по скоростната линия Хановер- Вюрцбург

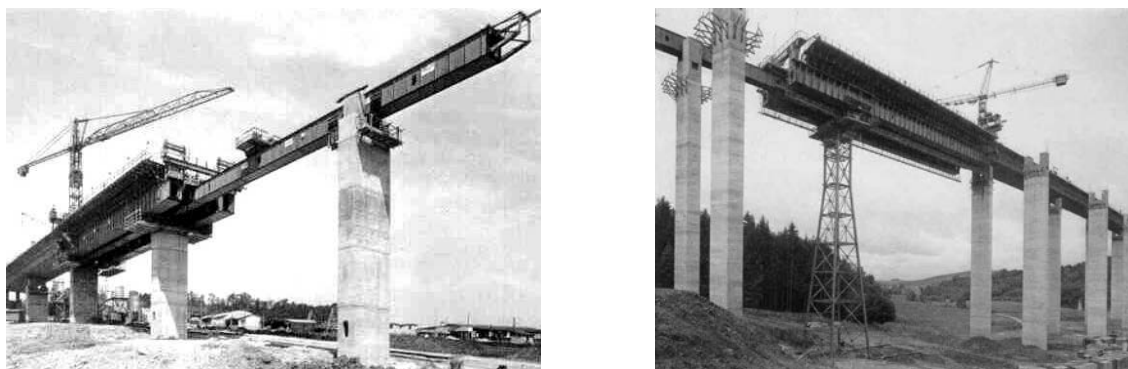


Фиг. 11.2. Виадукт Унтерриден по Автомагистралата Нюрнберг-Регенсбург; непрекъсната греда с дължина 600 м и с отвори по 40 м

За моста от фиг. 6.15 технологията е поотворно бетониране на инвентарно стоманено скеле подпряно на терена. В този случай времето за монтиране и демонтиране на скелето е по-голямо, отколкото при използването на съоръженията от фиг. 11.1, 11.2, 11.3.

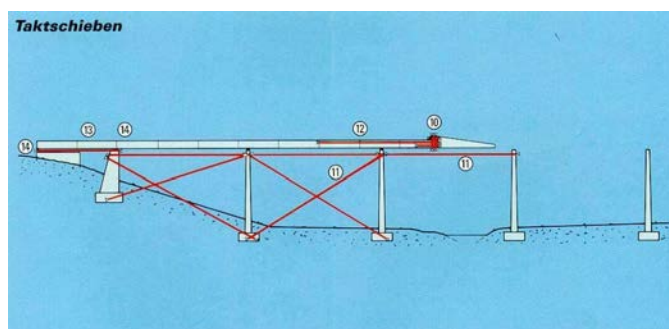
У нас има следните случаи на поотворно бетониране. Мостът на пътният възел Цариградско шосе-Яворов (фиг. 6.5) е изграден на следните етапи: На дървено скеле са бетонирани първо крайните отвори с части от средния, а след това е изпълнена останалата част. Целта на поотворното бетониране е била да се намалят дължините на налягащите кабели и оттам да се редуцират загубите от триене в тях. Естакадата в ж.к. Дружба (фиг. 6.26) и няколко други моста в София, споменати в края на част 6 са изпълнени по

системата поотворно бетониране. Отделните части, изливани на терена и впоследствие повдигани са снаждани помежду си чрез предварително налягане в четвъртините на отворите.



Фиг. 11.3 Изграждане на мост над Автомагистралата Фулдалиние над долината Вьолбах, Германия, с отвори по 46 и 70 м

Друга система за изграждане на дълги мостове е чрез тактово изтласкване, фиг. 11.4, 11.5. Върхната конструкция се произвежда на части на площадка зад устоя, като на отделни етапи (тактове) с помощта на хидравлична инсталация се премества хоризонтално.



Фиг. 11.4. Схема за тактово изтласкване с временни укрепвания на стълбовете с предварително налягати пръти

Недостатък на тази система е, че в строително състояние стълбовете са подложени на хоризонтални сили. За поемането им в случая от фиг. 11.4 са предвидени временни диагонални връзки. Тази система също се прилага при предварително напрегнати конструкции. Но отделните сечения при изтласкването минават в области на променливи по стойност и знаци моменти, което е неблагоприятно за предварително напрегнати конструкции. Затова се ползва аванбек (спомогателна стоманена конструкция в челото) и/или временни опори. Тактовото изтласкване е използвано с успех у нас за монтажа на два стоманени моста по Автомагистрала „Хемус” в прохода Витиня. При моста „Мийо” (фиг. 13.2) стоманената върхна конструкция също е монтирана чрез тактово изтласкване.



Фиг. 11.5. Мостове с отвори до 105 м по Автомагистралата Берлин-Мюнхен – изпълнение чрез тактово изтласкване

12. Висящи мостове

Идеята за висящите мостове е известна отдавна. Примитивни конструкции, характерни за отминали векове, се строят и днес в развиващите се страни, фиг. 12.1, 12.2. Те са несигурни, не се полагат достатъчно грижи за поддържането им, а преминаването по тях е екстремно преживяване.



Фиг. 12.1. Мост в Непал



12.2. Мост в Пакистан



Фиг. 12.3. Мост Клифтън при Бристол, Англия, с отвор 214 м, 1831-1864 г.



Фиг. 12.4. Мост „Сечени” Будапеща, с отвор 202 м, 1840-1849 г.

На фиг. 12.3 и 12.4 са показани два висящи моста, които са сред първите, изпълнени от опитни строители. Основен елемент са веригите, оформени по крива, които са от валцувани профили. Пътното платно е от стомана и чрез него се закоравява

конструкцията. “Сечени” е най-старият мост на Дунав от съвременната епоха, докато от Средновековието е останал каменният мост в Регенсбург, фиг. 3.11.

Сред забележителните висящи мостове са “Бруклин” в Ню Йорк с отвор 486 м (фиг. 12.5) и “Голдън Гейт” при Сан Франциско с отвор 1280 м (фиг. 12.6).



Фиг. 12.5. Бруклински мост в Ню Йорк, 1869-1883 г.



Фиг. 12.6. Мост „Голден Гейт” при Сан Франциско, 1933-1937 г.



Фиг. 12.7. Мост Айкаши Кайкио, Япония с рекорден отвор 1991 м, 1998 г.



През 1998 г. бе завършен моста „Айкаши Кайкио”, Япония с централен отвор дълъг 1991 м, което е и най-голямото подпорно разстояние в света постигнато досега, фиг. 12.7.

Така след 61 години бе надминат рекорда на моста при Сан Франциско. За разлика от мостовете от фиг. 12.4 в следващите години вече се използват въжета за елементите оформени по крива и за вертикалните окачвачи. Главните носещи въжета на моста при Сан Франциско са с дължина над километър и са с диаметър 93 см, а на „Айкаши Кайкио” са дълги кръгло 2 километра и дебели 112 см. Такива въжета се плетат на място – между пилоните се прокарва едно доста по-тънко въже и по него снове машина, която оплита нови тънки въжета до получаване на необходимия диаметър, фиг. 12.8. За моста при Сан Франциско всяко въже се състои от 27 500 „тънки” въжета, а за моста „Айкаши Кайкио” – от 36 800. Размерите на тези главни носещи елементи са внушителни, но те трябва да носят както теглото на мостовата конструкция, така и пълното натоварване от превозните средства.



**Фиг. 12.8. Плетене на
въжета на висящи мостове**

В Европа най-голям отвор за висящите конструкции има моста на провлака Голям Белт в Дания, фиг. 12.9.



Фиг. 12.8. Мост на провлака Голям Белт, с отвор 1624 м, строен 1991-1998 г.

Има проектни разработки за висящ мост над Месинския пролив (Италия) с отвор 3300 м (нереализиран), фиг. 12.10. Правени са проучвания за мост над Гибралтарския проток с два отвора по 5000 м, също висяща конструкция. Тези дължини на отворите са технически и икономически обосновани, а не са стремеж за постигането на рекорди.



Фиг. 12.10. Перспектива на проекта за мост над Месинския пролив, Италия

В Швейцария е построен пешеходен мост с отвор 100 м, който се намира на надморска височина 3000 м и премества 500-метрова пропаст, фиг. 12.11.



Фиг. 12.11. Мост Титлис Клиф, Швейцария, 2012 г.

Висящите мостове у нас са само за пешеходно движение. Някои от тях са строени от местни строители с въжета, използвани преди в мини и не отговарят на съвременните технически изисквания. Такъв е случаят с моста над язовир „Студен кладенец” при с. Лисиците с отвор 260 м, най-дълъг за тази система у нас, фиг. 12.12. През 2000 г. претърпява авария, при което има една жертва. Следващата година е възстановен отново по „занятчийски”, което не изключва бъдещи проблеми за сигурността му.



Фиг. 12.12. Мост над язовир „Студен кладенец” при с. Лисиците



Фиг.12.13. Мост над р. Струма при Сандански, с отвор 77 м, 2011 г.

Коренно различен е случаят с пешеходния мост над р. Струма в община Сандански. След авария той е възстановен по проект на Владимир Динков и Светлин Стоянов от „ВВД Консулт“, фиг. 12.13. Рехабилитираната конструкция е с отвор 77 м и при проектирането и изграждането ѝ са съблюдавани действащите нормативни документи.

13. Вантови мостове

При вантовите мостове основни носещи елементи са също въжета, но те са прави, за разлика от тези на висящите мостове. По тази система са изпълнени корабоплавателните отвори на моста на Дунав при Видин-Калафат, фиг. 13.1 а също 2.4, 10.19, 10.12. Той е в експлоатация от юни 2013 г.



Фиг. 13.1. Мост над р. Дунав при Видин Калафат, авг. 2012 г.

Вантовият мост „Нормандия” при Хавър, Франция (фиг. 13.2) е с централен отвор 856 м, като средната част на хоризонталната конструкция с дължина 624 м е от стомана, продължаваща към пилоните със стоманобетон.



Фиг. 13.2. Мост Нормандия при Хавър, Франция, 1988-1995 г.

Виадуктът „Мийо“ е с отвори по 342 м, фиг. 13.3. Стълбовете му са от стоманобетон с височина от 77 до 245 м. Над връхната конструкция те продължават като стоманени пилони, високи 90 м, които носят вантите. Така с 335 м височина виадуктът „Мийо“ е по-висок от Айфеловата кула. (За сравнение стълбовете на виадукт „Бебреш“ в България са с височина до 120 м). Връхната конструкция „Мийо“ е от стомана. Тя е изготвяна поетапно зад устоите и хоризонтално премествана до окончателното ѝ положение.



Фиг. 13.3. Виадукт „Мийо“, Франция, най-висок мост в света 2001-2004 г.

Мостът Сутонг над р. Янгце в Китай, завършен през 2008 г, бе доскоро с най-голям отвор 1088 м за вантова конструкция, фиг. 13.4. През 2012 г. бе завършен моста, свързващ остров Русский при Владивосток с рекорден отвор от 1104 м, фиг. 13.5. Все пак висящите мостове са с най-големи отвори, виж фиг. 12.7.



Фиг. 13.4. Мост Сутонг над р. Янцзе, Китай, 2008 г.



Фиг. 13.5. Мост при Владивосток с рекорден отвор за вантова система 1104 м, 2012 г.

Има вантови мостове с един пилон. Такова решение обикновено е продиктувано от естетическа гледна точка. На моста в Братислава пилонът е при левия бряг на реката, докато на десния е центъра на града, фиг. 13.6. Наличието на пилон при десния бряг би затворило гледката към замъка и катедралата.



Фиг.13.6. Мост над Дунава в Братислава с отвор 303 м, 1967-72 г.

На фиг. 13.7 и 13.8 са показани две от творенията на известния испански архитект-инженер Сантяго Калатрава. Оформянето на мостове му обикновено цели постигането на необичайни форми. При моста в Севиля, 13.8 всички ванти са закотвени в пилона, при което той получава големи усилия. С оглед на това е избран и наклона му, по-голям в сравнение с моста в Братислава, фиг. 13.6.



Фиг. 13.7. Мост Самюел Бекет, Дъблин, Ирландия 2007-2009 г.



Фиг. 13.8. Мост Аламильо, Севиля, Испания, 1987-1992 г.



Фиг. 13.9. Пешеходен мост в Малайзия

Интересен е пешеходния мост в Малайзия от фиг. 13.9. Връхната конструкция и пилонът са стоманени. Мостът е в хоризонтална крива, дълъг е 700 м, широк 1,80 м и пътното му платно е на височина 125 м над терена.

На фиг. 13.10 е показан моста над крайбрежното езеро Маракайбо във Венесуела. Неговата обща дължина е 8678 м и има 5 големи отвора по 235 м. Те се състоят от двуконзолна конструкция, укрепена със стоманобетонни наклонени елементи (за разлика от обичайните стоманени ванги). В средата на отвора има окачена конструкция от монтажни предварително напрегнати греди с дължина 45 м. Негов проектант е италианецът Моранди, който е автор на проектите на още няколко моста от тази система. Между тях с е виадукта Вади ел Куф в Либия с отвори 97+282+97, построен 1965-71 г. при който е постигнат най-голям отвор за тази система.



Фиг. 13.10. Мост над езерото Маракайбо, Венецуела, 1958-1962 г.

Мостът Гантнер в Швейцария, близо да прохода Симплон, е с отвори са 127+174+127 м, фиг. 13.11. Конструкцията му е с път долу и има известна прилика с вантовите мостове, но при моста Гантнер наклонени елементи се разширяват към пътното платно и така те са корави, за разлика от вантите, които поемат само опънни усилия. Съоръжението много добре се вписва в красивия алпийски пейзаж.



Фиг. 13.11. Мост „Гантнер”, Швейцария, 1976-1980 г.

14. Лентови мостове

Пешеходните мостове от фиг. 14.1 и 14.2 се наричат лентови. Основният им елемент са въжета, оформени по вдлъбната крива. По това те приличат на висящите мостове, но при лентовите въжетата са нивото на пътното платно. Криволинейното му оформяне е особеност на лентовите мостове. При намаляване на провисването му драстично нарастват усилията във въжетата. Поради тази причина лентовите мостове са предназначени само за пешеходци.



*Фиг. 14.1. Мост „Карик” в
Северна Ирландия*



Фиг. 14.2. Мост „Капиано”, САЩ

В различни страни са изпълнени лентови мостове от предварително напрегнат бетон. Един от тях е мостът над гребния канал в Пловдив с дебелина на стоманобетонната конструкция 32 см, фиг. 14.3. В нея има предварително напрегнати въжета. Централният му отвор с дължина 150 м е най-голям в света за лентови стоманобетонни мостове. Проектиран е от Петко Петков, Виктория Бързакова, Асен Георгиев и Тодор Ангелов.



Фиг. 14.3. Лентов пешеходен мост над гребния канал в Пловдив, 1989 г.

Пешеходният мост в Германия над канала Рейн-Майн-Дунав (фиг. 14.4) представлява куриоз, защото не бе намерена информация за други лентови конструкции от дърво. Неговата дължина е 189 м, рекорд за дървен мост в Европа.



Фиг. 14.4. Дървен лентов мост над канала Рейн-Майн-Дунав

15. Подвижни мостове

Мостовете над плавателни водни пътища могат да се изпълняват така, че постоянно да бъде осигурен габарит за кораби. Например за целта светлата височина под „Аспарухов мост” е 46 м, но при такова решение пътят трябва да се задигне значително спрямо бреговете. Другата възможност е над фарватера да има подвижна част на моста. Посредством специални механизми тя се задвижва, при което пътят се затваря, а корабите се пропускат. Някои подвижни мостове са с вертикално повдигане, както е при моста на Дунав при Русе-Гюргево, а също при съоръжението от фиг. 15.4. Други са със завъртане спрямо хоризонтална ос (фиг. 15.1, 15.21 15.3, 15.7). Има и системи със завъртане спрямо вертикална ос.



Фиг. 15.1. Мост „Тауър”, Лондон, 1886-1894 г.

У нас освен моста на Дунав при Русе, у нас сега няма друг с подвижна част. През 1938 г. е построен Аспаруховия подвижен мост над канала Черно море-Варненско езеро, фиг. 15.2 Днес той е заменен от новия Аспарухов мост, който осигури по-голяма широчина на канала и възможност за движение на по-високи кораби. Има една любопитна случка от 1976 г. Няколко месеца преди завършването на новия мост стоманената конструкция на подвижния Аспарухов мост бе съборена от кораб поради невнимателна маневра на капитана му. За временно осигуряване на връзката Варна (център)-кв. Аспарухово-Бургас бе монтиран временен понтонен мост, който се отваряше за минаване на кораби.



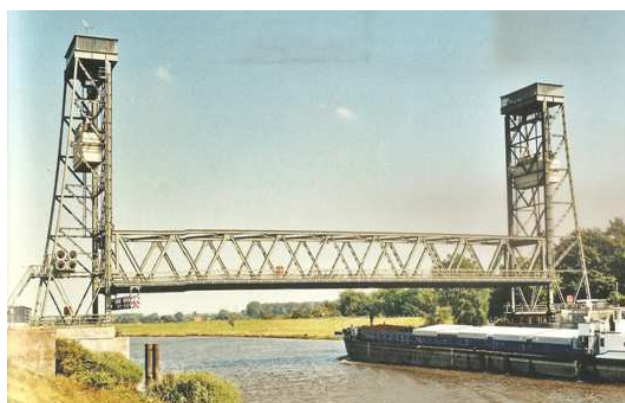
29, 30. Снимки за строежа и завършения мост от албума на Морска строителна секция - Варна, запазен в архива на Г. Етимов



Фиг. 15.2 Старият „Аспарухов мост” във Варна



Фиг. 15.3. Мост при Цехерин, Германия



Фиг. 15.4. Мост Хунтебрюк, Германия

Интересна е конструкцията на моста „Гейтхейтс-Милениум” във Великобритания, предназначен за пешеходци и велосипедисти, фиг. 15.5, 15.6. При необходимост от преминаване на кораби мостът се завърта около хоризонтални оси на двата бряга. Носещата дъга и криволинейното пътно платно се наклоняват на ъгъл около 45° и така се осигурява габарит за плавателни съдове.



Фиг. 15.5. Мост „Гейтсхед-Милениум”, 2000 г. Лявата снимка положението му за пропускане на кораби, а дясната – за осигуряване на преминаването на пешеходци

Художникът Ван Гог също е проявил интерес към един подвижен мост във Франция и го е нарисувал, фиг. 15.6.



Фиг. 15.6. Мост при Ланглоа, нарисуван от Ван Гог

16. Необичайни мостове

Има мостове, които се различават значително от съоръженията, разгледани по-горе. Тяхната форма най-често е избрана от естетични съображения, дори в повечето случаи е търсена атракция, фиг. 16.1, 16.2, 16.3. В други случаи са прилагани необичайни строителни материали.



Фиг. 16.1. „Зиг-заг“ мост в Шанхай, 16 век

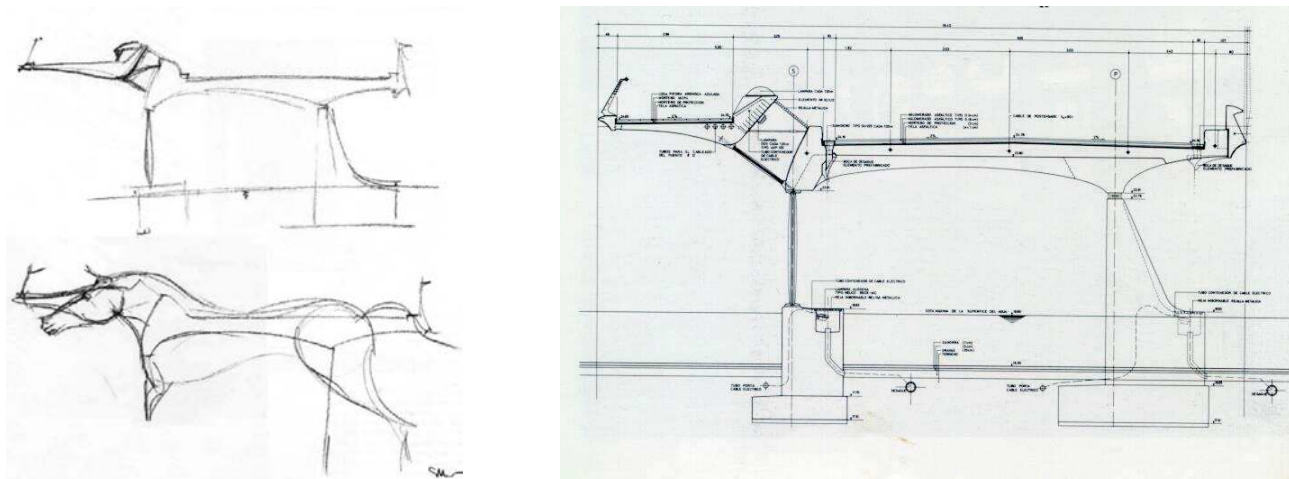


16.2. Мост в Сингапур от съвременната епоха



Фиг. 16.3. Мост в Единбург

На фиг. 16.4 е показано едно хрумване на Сантяго Калатрава, за когото стана дума в раздел 13.



Фиг. 16.4. *Напречен разрез на мост 9 октомври във Валенсия (дясно) и фигури на кон (ляво), като идея за оформянето на конструкцията*

На фиг. 16.5 е показан пешеходен мост в Китай. Формата му в план не е самоцелна, а е свързана със създаване на добри условия за движението на пешеходците.



Фиг. 16.5. *Мост в Китай за „кръгово” движение на пешеходци, 2010 г.*

На фиг. 16.6 е показан мост с отвор 12 м в с. Гинци. Върхната му конструкция е от стъклопласт – пластмаса съдържаща стъклени нишки. От такъв материал са изпълнявани лодки. Мостът в Гинци е проектиран от Иван Ангелов и е построен от поделение на Строителните войски. Идеята за изпълнението на този мост е да се разработи лека върхна конструкция за временно възстановяване на разрушени мостове. В различни страни има единични случаи на пластмасови мостове, но у нас освен моста в Гинци, няма други от този материал.



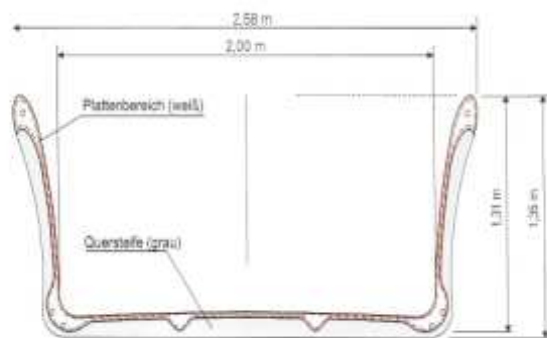
Фиг. 16.6. Пластмасов мост в с. Гинци, при Петрохан, 1984 г.

В Техническия университет в Дрезден колектив, ръководен от проф. Манфред Курбах работи по създаването на нов композитен материал – *текстилбетон*. За армировка се използват тъкани с въглеродни или стъклени нишки с якост до 2000 МПа. Понеже тези текстилни материали, за разлика от армировката, не корозират, бетонното покритие може да бъде значително по-малко от това на стоманобетонните елементи. Използването на бетон със ситни фракции (с размери като тези на замазките) позволява стените на елементите да са тънки. В лабораторни условия са провеждани различни експерименти, както за технологията на производство, така и за установяване на якостните характеристики на материалите, композита и на малки елементи.

Практическо приложение на текстил-бетона представлява пешеходния мост в гр. Кемптен с отвор 15,95 м, фиг. 16.7. На фиг. 16.8 а) е даден напречния му разрез, като с бяло е показана черупката с дебелина 30 мм, а с червено текстилната армировка. Конструкцията е укрепена с ребра, означени със сиво. В завод за стоманобетонни елементи са произведени текстил-бетонни сегменти, които са снабдени чрез предварително налягане, фиг. 16.9 а) и 16.8 б) Така е комплектувана в завода цялата върхна конструкция, която след това е превозена до моста и монтирана върху бетонни устои.



Фиг. 16.7. Мост в гр. Кемпен, Германия, от текстил-бетон



Фиг. 16.8. Напречен разрез на моста в гр. Кемпен



а) Готови сегменти



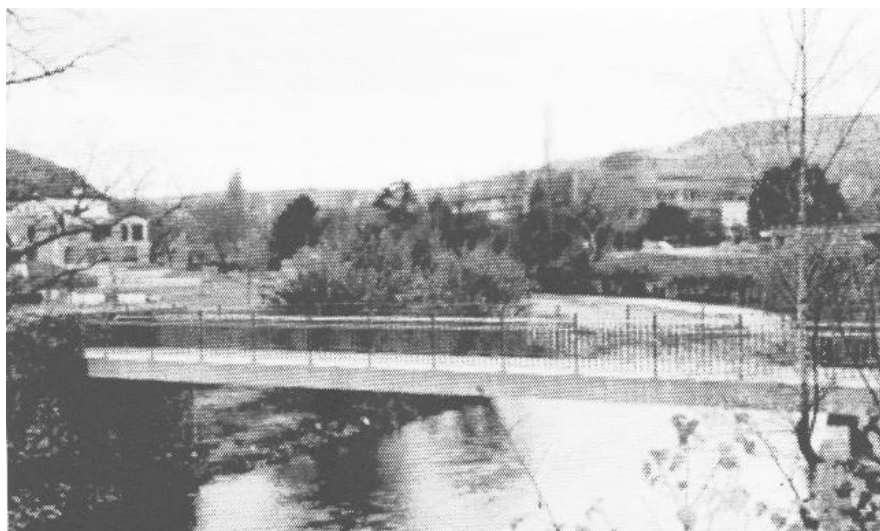
б) Свързване на сегментите с предварително налягане

Фиг. 16.9. Производство на конструкцията на моста в гр. Кемпен

На фиг. 16.10 е показано едно рядко срещано приложение на камъка при строителството на мостовете. Гредови елементи от камък могат да се видят на Акропола в Атина, на Стоунхендж в Англия и другаде. Но широкото използване на гредите при масивните конструкции е характерно за стоманобетона.



Фиг. 3.24. Мост от каменни плочи в Англия



Фиг. 3.25. Мост в Гевелсберг

На 8-мата конференция „Мостове в Дунавския басейн” (2013 г. Темишоара) бе изнесен доклад „Предварително напрегнати гранитни мостове” с автори М. Хенеке и Г.

Кусер. В него се съобщава, че в периода от 2007 до 2013 г. са построени 20 моста от гранитни блокове с дължина от 100 до 125 см, които са снабдени чрез предварително налягане без сцепление. В полетата кабелите, състоящи се от едно до 5 въжета от 7 тела, са с криволинейно очертание. В полетата кабелите са разположени в жлебове, а при закотвянето им в отвори информация. Конструкциите са едноотворни плочи с дължини от 7,00 до 19,4 м, дебелина от 15 до 45 см и широчини от 100 до 500 см. На фиг. 3.24 е показан един от тези мостове.

17. Понтонни и плаващи мостове

Понтонни мостове са строени още в античната епоха, главно за военни цели. Напр. войските на персийския император Дарий са построили понтонен мост на Босфора с дължина около 2 км. В миналото понтоните, както и връхните конструкции, са били дървени. Във въоръжението на съвременните армии (в това число и на българската) има понтони (плаващи затворени стоманени кутии) и преносими връхни стоманени конструкции. С тези съоръжения е възможно бързо да бъдат изградени мостове. Понтонни мостове са строени и за граждански цели, напр. фиг. 17.1. У нас понтонен мост има на ръкав на Дунав между гр. Белене и остров Персин. Понтонен мост с дължина 2310 м (най-голяма в света) в света е построен през 1963 г. по път, свързващ Сиатъл с Медини. Поради дългия му срок на експлоатация сега се планира там да бъде построен постоянен мост.



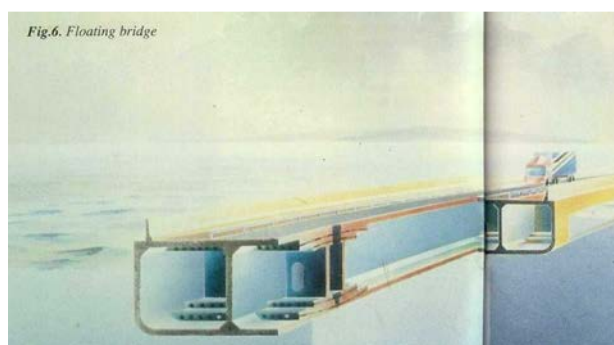
Фиг. 17.1. Понтонен мост при Гданск, Полша

Забележителен е понтонния мост Бергюзунд, Норвегия. Системата му е непрекъсната стоманена фермова греда с път горе. Има 13 отвора, най-големият от които е дълъг 106 м. Общата дължина на моста е 933 м

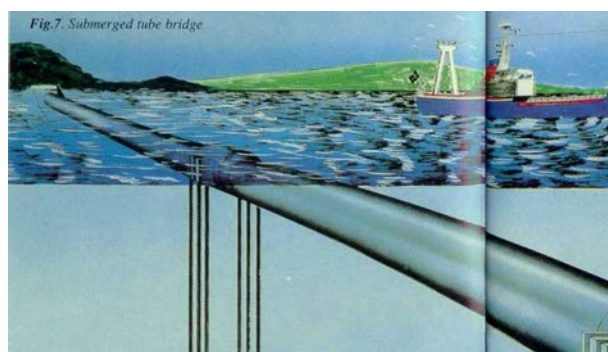


Фиг. 17.2. Понтонен мост Бергсозунд, Норвегия, завършен през 1992 г.

Друг вид конструкции са потопените плаващи мостове, които биха могли да се определят и като плаващи тунели, фиг. 17.2, 17.3. Има идеи с такива конструкции да се преодоляват големи водни площи. За целта обаче трябва да се решат редица технически въпроси: огъване на тръбата при наличие или липса на трафик, въздействия от водните течения, технология на изграждане и др.



Фиг. 17.2. Потопен плаващ мост при Кристиансзунд, Норвегия



Фиг. 17.3. Потопен тръбен мост при Хьогсфиорд, Норвегия, 1992 г.

18. Аварии, дефекти и ремонти на мостове

Една от причините за събаряне повреди по мостовите са наводненията. На фиг. 18.1 е показан мост над р. Янтра при с. Долна Студена. Вижда се, че отначало един от стълбовете потъва и се накланя, а в последствие стълбът пада, събаряйки конструкциите, които подpira. Това не е единствения случай както в България, така и по света. Известно е, че няколко отвора на моста на Кольо Фичето при Бяла са били отнесени при наводнение в началото на 20-ти век. След това те са били възстановени, но новите стълбове в тези отвори са без интересните „волски езици”, дело на Фичето, виж фиг. 18.2.



Фиг. 18.1. Мост над р. Янтра при с. Долна Студена през 2005 г.: „потъване” на един от стълбовете (вляво), довело до падане на части от върхната конструкция (вдясно)



Фиг. 18.2. Мост при Бяла на Кольо Фичето. Вляво са възстановените отвори

Наводненията и маловодието са природни явления, които не могат да бъдат управлявани от хората. Все пак на помощ ни идва науката *хидрология*. Чрез измервания се установяват нивата на водата в определени пунктове. За България те разположени по Дунава и по други големи реки във вътрешността. От тях съобразно профила на коритото и надлъжния наклон може да определи водното количество, протичащо на даденото място в куб. м. за сек. Това количество се изменя през различните дни, сезони и години. Мостовите трябва да пропускат водно количество с вероятност на повторение 1 път в 100 год. за по-отговорните съоръжения или един път в 50 год. за останалите. Тези изчислителни водни количества са условни и се определят по методите на *теорията на вероятностите*. Без да се задълбочавам в математиката ще разгледам една проста задача. С един зар вероятността да хвърлите 6 от първи път е $1/6$ или около 17%. От 6 хвърляния на зара най-вероятно е да имате една шестлица, но не е изключено те да са от 2 до 6 или нула. Ако осигуряваме един мост за водно количество с вероятност на повторение 1 път на 100 години, то такава висока вода е най-вероятно да дойде един път във века, не е изключено и два пъти, но пък през следващото столетие е вероятно да не се появи. По принцип строителните конструкции се проектират и строят с оглед да устоят на един *проектен (условен) експлоатационен срок*. Той е съобразен с предписанията на нормите за проектиране и строителство, като се предполага ефективен контрол при тези дейности, както и регулярно поддържане. Проектният експлоатационен срок не е гаранционен срок. Споменавам това не случайно, понеже във връзка с дефекти на сгради в софийски комплекси някои журналисти заявиха, че на сградите е изтекъл 50 годишния *гаранционен срок* (вместо *проектен експлоатационен*).

Достигането на възраст 50 години (или 100 за мостовите) не означава, че на следващия ден сградата или моста ще рухнат, или че те ще бъдат напълно увредени.

Другата наука, която е свързана с мостовите и хидротехническите строежи (язовири, корекции на реки и др.) е *хидравликата (механика на течностите)*. Чрез нейните методи от водното количество с определена вероятност се определят необходимите размери за пропускането на високите води под моста. Друга задача от хидравликата е определянето на подравянето на фундаментите при високи води (фиг. 18.1, 18.2). Изисква се фундаментите да бъдат заложени под нивото на подравянето. Предпочитат се решения с пилоти, виж раздел 19.

Опасностите от подравянето на фундаменти нараства при нерегламентиран добив на баласта от реките в близост с мостовите и оттам понижаване на дъната им.

На фиг. 18.3 е показан мост над Струма в община Сандански. Вследствие на подравяне един от стълбовете бе потънал, фиг. 18.2. Това бе причина за спиране на движението по моста. Венелин Любенов от „ВВД Консулт“ изработи проект за укрепване на потъналият стълб. За целта около фундамента му бяха изпълнени пилоти. Връхната

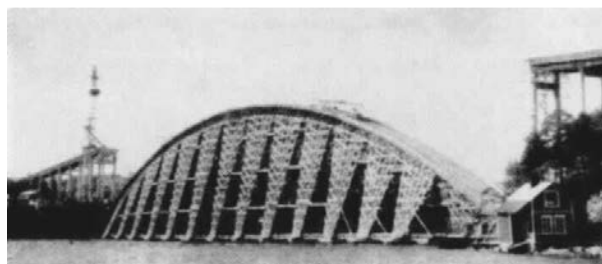
конструкция бе повдигната с преси (по проект на Василий Сафронов) до получаване на проектното положение на пътя и стълбът бе съответно надграден. За да не се допусне допълнително изравяне на дъното бе изпълнен праг по проект на Николай Лисев, фиг. 18.3 дясно).



Фиг. 18.3. Мост в община Сандански. На лявата снимка се вижда потъналият стълб (втория от дясно наляво). На дясната снимка е показан моста след ремонта през 2011 г. На преден план се вижда бетонния праг



а) Първото скеле, което пада при бетонирането



б) Скелето, чрез което успешно е завършен моста

Фиг. 18.4. Мост „Сандьо” – Швеция с централен отвор 264 м, 1938-1942 г.

На фиг. 18.4 са показани етапи от строителството на моста „Сандьо” в Швеция. Първоначално е изградено скеле с дървена дъгова конструкция, която осигурява

корабоплаването. При бетонирането то рухва и следва направа на ново скеле - с много подпори, с по голям разход на дървен материал, със затваряне на постовото пространство. Но така мостът е завършен успешно и е постигнат рекорден за времето си отвор от 264 м за стоманобетонна дъга надминат през 1964 г

Има и други примери за аварии на скелета и кофражи. Ще се спра на може би най-тежката авария на скеле у нас. През 1959 г. се работеше по удвояването на ж.п. линията София-Мездра. Близко до Лакатник се строеше моста, показан на фиг. 18.5. Неговият централен отвор е дълъг 80 м и е рекорден за жп мост у нас. Първоначално бе изпълнено дъгово дървено скеле (подобно на това от фиг. 18.6), което аварира при бетонирането. Освен материалните щети имаше двама загинали работници и няколко ранени. Причина за падането на скелето бе грешка на проектанта. Той бе провел изчисленията за пълен товар (т.е. при завършване на бетонирането). Оказа се обаче, че при отделните етапи на полагането на бетона има и по-неблагоприятни състояния за дъговата конструкция. Последва ревизия на проекта от други специалисти. С подробни изчисления бе доказано, че геометричните размери на първоначалния проект са подходящо приети. Изработени бяха нови армировъчни планове, с които бе построен моста. Изпълнено бе ново скеле, вече с повече подпори, подобно на това от фиг. 18.4 дясно. (За съжаление не разполагам със снимки на скелетата на моста при Лакатник.).



Фиг. 18.5. Стоманобетонен жп мост при Лакатник, завършен през 1962 г. Коловозът отзад е върху мост от каменна зидария, построен по времето на дядо Йоцо



Фиг. 18.6. Скеле на жп мост в Кърджалийско с отвор 26 м. За моста при Лакатник системата на скелето е същата, но отворът е по-голям

Една от причините за повреди и аварии на мостовете са земетръсните въздействия. При всеки трус се явяват много коментатори, които дават обяснения с различна степен на

компетентност. Едно добро обяснение на реагирането на мостовите при земетръс изисква позоваване на постиженията на науките: геология, геофизика, инженерна сеизмология, динамика на конструкциите и сеизмично инженерство. Излагането на проблемите в научно-популярна форма би изисквало обем, не по-малък отколкото на това издание и бе решено тези въпроси тук да не се разглеждат.

На фиг. 18.7 е показан мост „Такома” в САЩ. Той е открит за движение през юли 1940 г., а през ноември същата година претърпява авария. Причината е вятър, чиято скорост 64 км/час е била предвидена, но се получил един ефект, който дотогава е бил непознат. Прямо дължината на отвора мостът е тесен и при действието на вятър на тласъци, конструкцията се огъва в неустойчива форма, водеща до разрушаване. Този случай дава поуки за бъдещите проекти на подобни мостове. От голямо значение е реагирането на конструкциите на вятър. Проблемът трудно се обхваща теоретично и затова макети на големи мостове се изследват в аеродинамичен канал, където се имитира въздействието от вятър. С цел избягването на такива аварии се предпочита обтекаема форма, т.е. страничните повърхности на моста да имат профил като на самолетно крило. От значение е също коравината на хоризонталната конструкция да бъде достатъчна, както заради въздействията от трафика, така и от вятъра.



Фиг. 18.7. Мост „Такома” щат Вашингтон, 1940 г.

На фиг. 18.8 е показана греда на надлез, получила дефекти от удари на превозни средства. По моста минава ж.п. линията София-Карлово, а отдолу е улица в с. Мирково с недостатъчен височинен габарит под моста. В този случай по правило се поставят съответните забранителни знаци, обаче те могат да липсват или някои водачи не ги спазват. Дори и при наличието на достатъчна светла височина, пак има надлези с такива повреди. Когато се налага превоз на така наречените извънгабаритни товари, организаторите трябва да осигурят подходящ маршрут.



Фиг. 18.8. Увредена конструкция на надлез в с. Мирково, Пирдопско

Корозията на стоманата е също сериозна причина за дефекти в мостовете. Употребата на сол и луга за зимното поддържане на пътищата ускорява ръждясването на стоманените части. Това личи най-вече при прапетите и *предпазните огради* (наричани на жаргон мантинели). Преди години имаше добри традиции в поддържането на стоманените жп мостове. Редовно се преглеждаха и при започването на корозия своевременно се изтъркваше ръждата и се възстановяваше боята. Разхлабените нитове се подменяха с нови. Благодарение на тези грижи по нашите жп линии има стоманени мостове на възраст над 100 години. Днес тази дейност е занемарена, както по железниците, така и по републиканските и общински пътища и улици.

Друг вид повреди се дължат на корозията на бетона. Навремето ни учеха, че бетонът и стоманобетонът са едва ли не вечни материали. Но във втората половина на 20 век постепенно се наложи убеждението, че това не е абсолютна истина - първо в развитите страни, а в последствие и у нас. Необходимо е да бъде обяснено следното. Циментът при забъркването си с вода дава смес, която има алкална реакция. Благодарение на това стоманените пръти обвити с бетон не могат да корозират, а ако има лека ръжда след време тя изчезва благодарение на реакцията с циментовия разтвор. При разрушаване на стоманобетонни конструкции се вижда как стоманената армировка е чиста, подобна на излязлата от металургичния завод. С течение на времето вълеродният диоксид от въздуха (наричан преди въгледвуокис) постепенно влиза в реакция със съставките на бетона и се

получава така наречената карбонизация, която постепенно се разпростира от повърхността навътре. За защита на армировката от корозия от значение е дебелината на така нареченото *бетонно покритие*. Ако е карбонизирало, то няма защитна функция, а се държи като дунапрен – спокойно пропуска влагата и въздуха и започва корозия на армировката. Ръждата увеличава обема си в сравнение с некорозирания метал и се това отцепва бетонното покритие. Оголената армировка остава незащитена.

На фиг. 18.9 е показана корозия на стоманобетона на най-високия стълб на виадукт „Бебреш” (за общия му вид виж фиг. 9.2). Снимките от фиг. 18.9 са правени през май 2012 г.



Фиг. 18.9. Дефекти в бетонното покритие на стълбове на виадукт „Бебреш” по АМ „Хемус”

По това време в правителството и парламента бе поставен на дневен ред въпроса за състоянието на мостовете и необходимостта от вземането на мерки по поддържането на 2 дефектирали моста по Автомагистрала „Тракия” и на виадукт „Бебреш” по АМ „Хемус”. Някои общественици и журналисти изказаха мнение, че лошото състояние на тези мостовете е предизвикано от земетръса в Пернишко от същия месец. Заедно с други

колеги трябваше да обяснявам, че състоянието на мостовете се е влошило с години и няма връзка с сеизмичната активност.



Фиг. 18.10. Оголена армировка на стълб на виадукт по АМ „Хемус“

Най-важното е, че системата за поддържане на мостове е действала неефективно. Извършва се ремонт на споменатите 3 виадукта, което е правилно решение, но с това не се решават въпросите по поддържането на останалите мостове. Необходимо е да бъде отбелязано още, че отлагането на рехабилитацията на мостовете може да не създава непосредствени опасности за движението, но отлагането на един ремонт води до оскъпяването му.

В Кърджали има два моста над р. Арда, единият от които е железопътен - с бетонни сводове и лицеви стени от каменна зидария, фиг. 18.11. До него е долепен стоманобетонен пътен дъгов мост (фиг. 18.12). Отворите и на двата моста са по 23 м. През 2008 г. се строеше така нареченото „Водно огледало“. Неговият долен яз е разположен в р. Арда близо до мостовете. Тогава бяха разкрити фундаментите им и се установи, че бетонът им е ерозирал (особено при ж.п. моста), фиг. 18.13. Причината е ниското качество на бетона. Вероятно е използвана речна баластра, съдържаща органични примеси и изгребвана от коритото на реката. С течение на годините течащата вода е отмивала части от фундаментите, а продължаването на този процес щеше да доведе след време до по-сериозни дефекти и дори до авария.



**Фиг. 18.11. Ж.п. мост над
р. Арда в Кърджали, 1932 г.**



**Фиг. 18.12. Пътен мост
над р. Арда в Кърджали,
1970 г.**

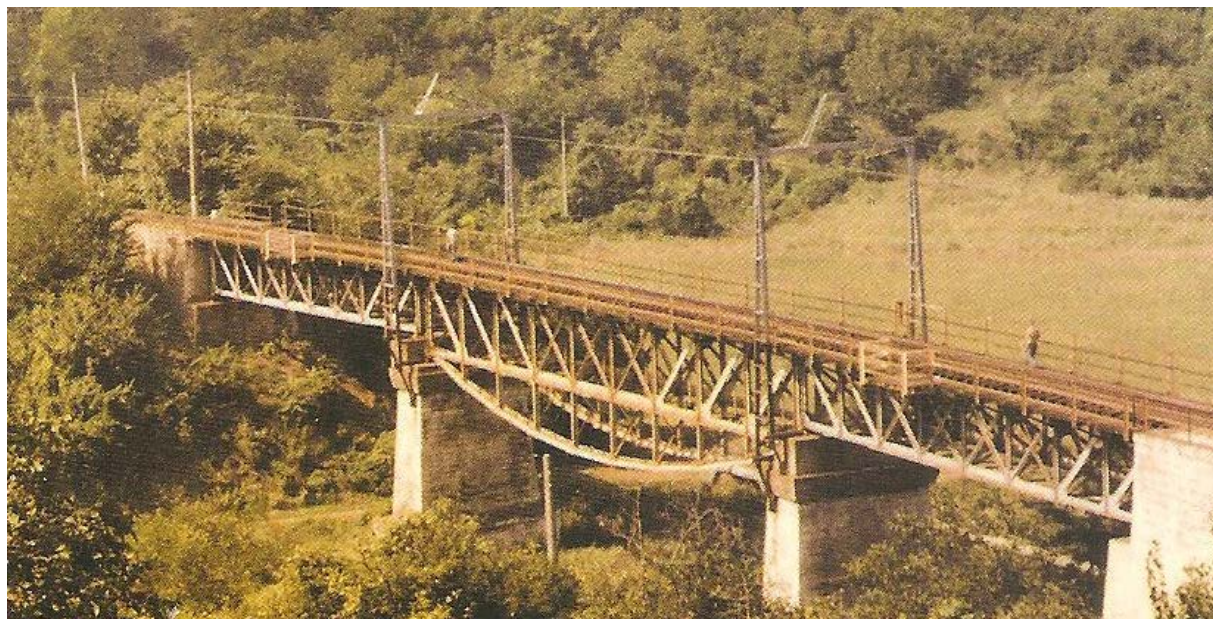


**Фиг. 18.13. Ерозия на
бетона на фундаментите
на мостовете над Арда в
Кърджали, 2008 г.**

За укрепването фундаментите бе излят бетон около тях и по цялото дъно под мостовете. Това бе извършено от фирмата, работеща по споменатия хидротехнически строеж. Благоприятното бе, че именно при това строителство се забелязаха дефектите на мостовете. Ще отбележа още, че докато сега бетонът се произвежда със сортирани и промити добавъчни материали, то в миналото са ползвали речна баластра без допълнителна обработка. Освен това дефектите във фундаментите бяха скрити под водата и речните наноси. Споменатите обстоятелства показват, че е възможно подобни повреди да има и при други мостове.

Разгледаните дефекти са характерни, но биха могли да се посочат и други. За осигуряване на нормалната експлоатация са необходими ремонти, които обикновено целят постигане на надеждност на съоръженията, обикновено еквивалентна на тази при началото на експлоатацията. В някои случаи се търси повишаване на носещата способност на съоръженията, напр. за да могат да поемат по-големи товари от трафика. В този случай се говори за усиление на мостовете.

Най-лесно се извършват ремонтите на стоманените конструкции на мостовете. Редовното почистване на ръждата и боядисването е условие за постигане на по-дълъг срок на експлоатация на конструкциите. Ремонти на стоманени мостове се налагат, ако при аварийни ситуации са повредени някои елементи. За поемането на по-големи товари към елементите на стоманените мостове могат да бъдат добавяни плоски или профилни елементи, свързани със съществуващите с болтове или чрез заварени съединения. В миналото се е разчитало основно на нитовете.

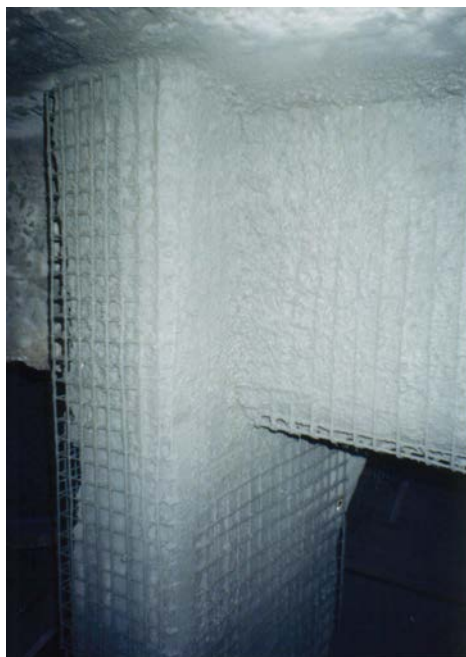


Фиг. 18.14. Усилване на ж.п. мост близо до Русе

На моста от фиг.18.14 са усилены елементи в крайните отвори. В средния отвор са добавени допълнителни елементи, оформени по крива, свързани с вертикални пръти към основната конструкция. По тези два начина са ремонтирани голям брой стоманени ж.п. мостове, с възраст дори надхвърляща 100 години. Когато са строени ж.п. линиите, по тях са се движели локомотиви и вагони с по-малко тегло от съвременните. Тези усиления са в унисон с поговорката от миналото „Кърпеж къща храни“, а голяма част от тях, вкл. и на моста от фиг.18.14, са по проект на Атанас Узунов.

Техниките и материалите за ремонт на стоманобетонни мостове се развиват в световен мащаб през последните десетилетия на 20-ти век и продължават да се усъвършенстват и понастоящем. У нас по въпросите на дълготрайността и корозията на стоманобетона започна да се говори сериозно през 90-те години, след което започнаха да се ремонтират някои стоманобетонни мостове.

За намаляване на вредните последици от карбонизацията могат да се възстановят или създадат нови бетонни покрития с пръскан бетон (торкрет), фиг. 18.15.



Фиг. 18.15. Изпълняване на пръскан бетон на сводовия мост във Велико Търново (от фиг. 6.23). Стоманената мрежа служи да укрепи пръскания бетон

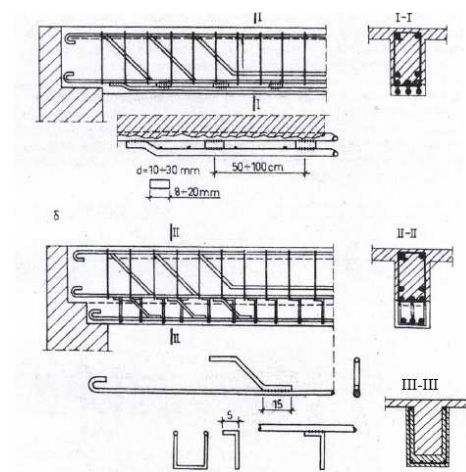


Фиг. 18.16. Рехабилитация на надлез над пътя София-Плевен, близо до отклонението за Варна. По тъмните повърхности на бетона са преди рехабилитацията, а по светлите - след нея, 2008 г.

Друга възможност е да се използват специални материали от *строителната химия*, предназначени за така наречената *бетон-козметика*. С тях се възстановяват бетонни

покрития, или се полагат нови защитни пластове и се изглаждат неголеми неравности по бетонни и стоманобетонни повърхности. Производство на споменатите материали е организирано от специализирани фирми в чужбина. У нас има представителства на някои от тях, които търгуват с материали с доказано качество в световната практика, понякога оказват и техническа помощ при прилагането им. Пример за такъв вид ремонт е показан на фиг. 18.16.

На фиг. 18.17 е показано усилване на стоманобетонна греда, при което се добавя нова армировка заварена към съществуващата и се излива допълнителен бетон. Примерът е от ремонт на сграда, но подобни решения са възможни и при мостове. В нашата практика са усилвани стоманобетонни мостови стълбове и фундаменти чрез добавяне на нов армиран бетон. Всяко от изпълненията е индивидуално и тук такива не се разглеждат.



Фиг. 18.17. Усилване на стоманобетонен елемент с допълнителна армировка и бетон



Фиг. 18.18. Лепене на ленти FRP за усилване на конструкция

Напоследък все по-голямо приложение намира усилването на стоманобетонни конструкции с ленти FRP. В тях могат са втъкани нишки от въглерод (карбонови нишки), стъклени влакна или от арамид (пластмаса). Споменатите материали имат якост няколкократно по-голяма от тази на армировъчните и профилните стомани. Лентите се лепят по повърхността на стоманобетонните елементи и изпълняват ролята на допълнителна външна армировка, фиг. 18.18.

Такова усиление бе приложено на надлез „Дървеница“ (срещу КАТ София), поради смяна на вида транспорт - метро на мястото на трамвай.



Фиг. 18.19. Усилване с ленти FRP с въглеродни нишки на мост в Марица-изток и преминаване по моста на тежък състав с маса около 500 тона, 2008 г.



Фиг. 18.20. Усилване на колона на надлез на гара Стамболийски чрез омотаване на ленти със стъклени нишки, 2003 г.

На фиг. 18.19 е показан мост в Марица изток, усилен с ленти, армирани с въглеродни нишки. Чрез това се осигури преминаване на състав, превозващ съоръжение за ТЕЦ. Общата маса на влекача и ремаркетото е над 500 т, което е няколкократно по-голямо от това на тежките камиони, движещи се по пътната мрежа.

Друг вид усиление е омотаване на колони, фиг. 18.20. В този случай лентите са със стъклени нишки и действат като обръчи на бъчва.

Стоманени конструкции също могат да се усилят с ленти, които в този случай изпълняват ролята на допълнителни планки, характерни за традиционното усиление, напр. показаното на фиг. 18.14.

Носещата способност на един гредов мост може да бъде увеличена чрез външно предварително налягане. На фиг. 18.21 е показано подобно изпълнение от чуждестранната практика.



Фиг. 18.21. Усилване на мост в чужбина с външна напрегаща армировка, оформена по начупена линия

С дадените примери за ремонти на мостове далеч не се изчерпват всички възможни решения. Необходимо да се отбележи още, че за разлика от строителството на нови мостове, при рехабилитацията има много ограничения, свързани със съществуващата конструкция, състоянието ѝ и местните условия. В някои случаи проектът за ремонт на един мост е в по-голям обем, отколкото такъв за ново строителство. При изработването и приемането на проекта трябва да се реши основния въпрос – заслужава ли да се ремонтира един увреден мост или е по-добре той да се разруши, а на негово място да се построи нов. Тук трябва да се отчетат възможните технически решения, начините им за реализация, стойността им. Не на последно място стои въпросът за възможните прекъсвания или затруднения за трафика по прилежащия път. От голямо значение са квалификацията на проектантите, опитът и техническата въоръженост на строително-ремонтната фирма. Следва да се отбележи още, че за в бъдеще ще нараства работата по поддържането на мостовете, за сметка на абсолютното и относителното намаляване на новото строителство. Това изисква допълнително квалифициране на проектантите и строителите по рехабилитацията на мостовете.

19. Фундиране на мостове

Изпълнението на фундирането на мостовете често е свързано с преодоляването на редица трудности, които обикновено са малко известни за широката публика. Все пак ще отбележа, че в българското народно творчество има разказана история, как пречките при хващането на основите на един мост са преодолені, след като невестата на главния майстор е вградена в един от фундаментите. В друга балада в моста е вградена сянката на съпругата, след което тя е получила неизлечима болест.

Когато фундаментите директно лягат на почвата, земна или скална, *фундирането е плоско*. В някои случаи то е неприложимо поради качествата на почвата, или е свързано с неблагоприятни последици при експлоатацията на съоръжението. Напр. при мостове над реки съществува опасност от подравяне на фундаментите, илюстрирана с фиг. 18.1, 18.2.

При пилотното фундиране основни елементи са *пилотите* – забити или излети в почвата вертикални или наклонени стълбове. В зависимост от това се различават *забивни* и *изливни* пилоти. С пилоти се фундира, когато несегваемата почва е на голяма дълбочина и изкопаването, укрепването и отводняването на строителната яма е трудно изпълнимо или неизгодно. В този случай става дума за *стоящи пилоти*. *Висящите пилоти* не стигат до здрав почвен пласт, но чрез тях се намалява слягането на фундамента.

Понастоящем като забивни се използват основно стоманобетонни пилоти. Те представляват предварително произведени елементи с квадратно сечение, с необходимата армировка и с пирамидален връх. Забиването се извършва със специални машини (*сонетки*), монтирани на багери, фиг. 19.1.

Стоманени пилоти се прилагат рядко, тъй като те корозират, особено в зоната на променливи водни нива, или в морски води.

В миналото са забивани дървени пилоти. На фиг. 19.3 са показани изгнили пилоти подпиращи бетонен блок в основата на конуса при устоя на ж.п. мост в Кърджали (фиг. 18.11 показва изглед на същия мост). Поради гниенето, днес дървени пилоти се ползват се ползват само в редки случаи, напр. за скелета, временни мостове и подобни съоръжения.

Изливните (сондажните) пилоти могат да се изпълняват, като се използва стоманена обсадна тръба. Тя постепенно потъва в терена, като едновременно с това се изкопава почвата, заградена от нея, фиг. 19.4, 19.5, 19.6. След достигането на необходимата дълбочина се монтира армировъчният скелет. После се излива бетон, като тръбата се издърпва нагоре с напредване на бетонирането. За фундирането на Моста на Дунав при Видин обсадните тръби на пилотите са извадени от почвата, но са оставени в зоната на речните води, фиг. 19.4, 19.6.



Фиг. 19.1. Забиване на пилоти за мост в САЩ



Фиг. 19.2. Забивни пилоти във Видин на пътна връзка за моста на Дунав

Изливни пилоти могат да се изпълняват и без обсадна тръба. За укрепване на изкопа, извършван по сондажен способ, се използва глинена (бентонитова) суспензия. Бетонът се подава през тръба, първоначално установена близо до дъното, която постепенно се изтегля. При това се внимава долният отвор на тръбата за бетониране да остане поне на 80 см под нивото на изливания бетон. Горните краища на изпълнените пилотите се разбиват, за да се отстрани некачествения бетон и за да се оголи армировката, която се закотвя в *ростверка* (виж по-долу).



Фиг. 19.3. Изгнили дървени пилоти в основата на конус при устоя на ж.п. мост в Кърджали. Снимка от 2008 г., направена около 75 год. след забиването на пилотите

У нас доскоро се изпълняваха изливни пилоти с диаметър до 1,20 м. Частта от Дунав мост при Видин, разположена в речното корито, е фундирана на изливни пилоти с диаметър 2 м и дължини, надминаващи в някои случаи 80 м.



Фиг. 19.4. Изливни пилоти на моста на Дунав при Видин-Калафат



Фиг. 19.5. Изпълнение на вертикални (ляво) и наклонени изливни пилони (дясно) с обсадна тръба

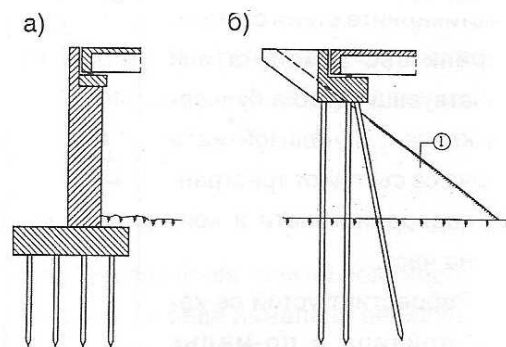


Фиг. 19.6. Изпълнение на изливни пилоти на моста на Дунав при Видин

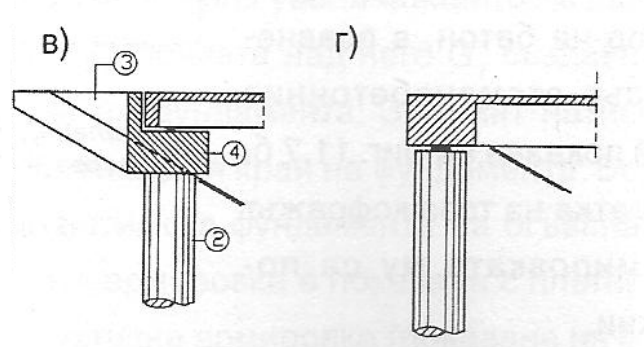


Фиг. 19.7. Изпълнение на изливни пилоти на мост на р. Мелнишка по варианта на ж.п. линията Генерал Тодоров-Кулата

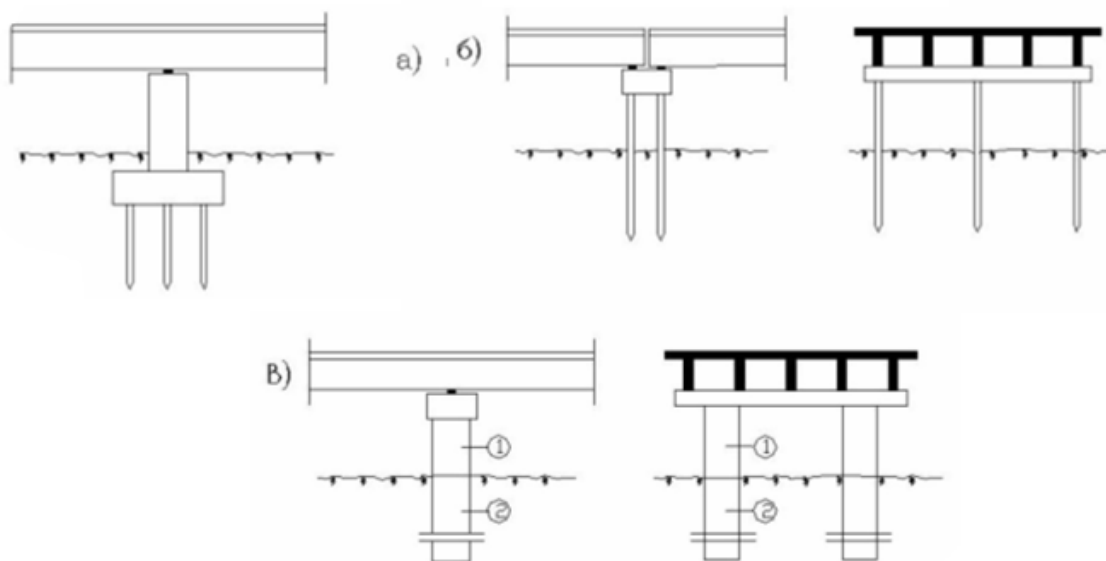
Горните краища на пилотите се свързват с *ростверк*, който може да бъде плоча, гредова скара или единична греда. Когато *ростверкът* е на терена или под него, той е *нисък*. При *висок ростверк* част от пилотите стърчат над терена. Тези понятия са изяснени със схемите от фиг. 19.8, 19.9, 19.10. В някои от показаните случаи ролята на висок *ростверк* се изпълнява от ригел на устоя или стълба или от елементи на връхната конструкция.



Фиг. 19.8. Устой със забивни пилоти: а) с нисък ростверк; б) с висок ростверк

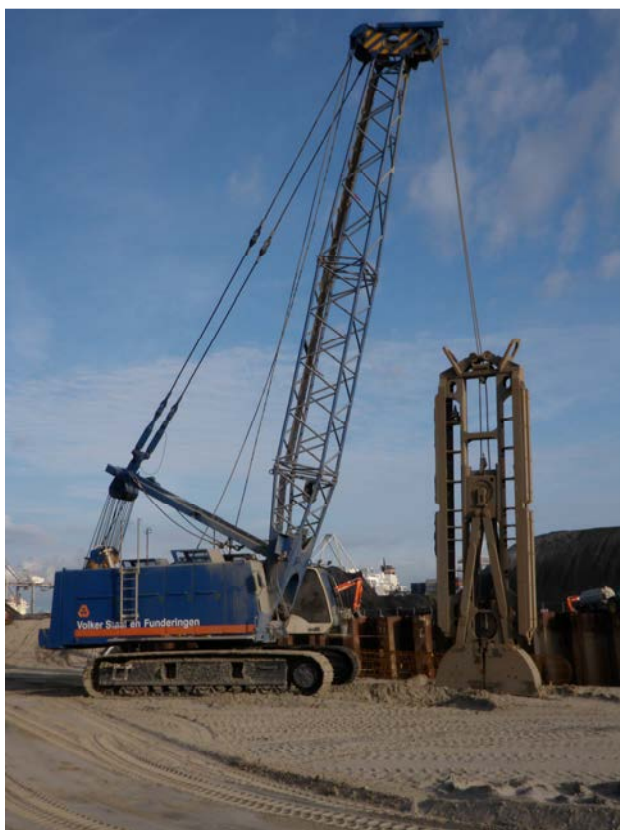


Фиг. 19.9. Устой с изливни пилоти: а) ригелът на устоя е в ролята на ростверк; б) връхната конструкция е директно подпряна на пилотите



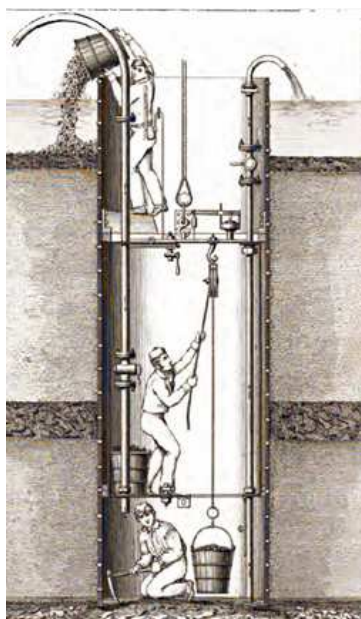
Фиг. 19.10. Стълбове: а) със забивни пилоти – нисък ростверк; б) със забивни пилоти висок ростверк; в) с изливни пилоти – висок ростверк; (1) цилиндрични колони, надграждащи изливни пилоти (2)

За фундиране на различни съоръжения могат да се ползват *шлиц-стени*. У нас такива са изпълнявани със широчина 60 см. Специални багери извършват тесни изкопи. При необходимост от укрепване на почвата се използва глинена суспензия. Бетонирането се извършва по технология, подобна на тази за изливни пилоти. Шлиц-стени са ползвани за укрепване на строителни ями с големи размери или в близост до съществуващи съоръжения, при строителството на тунели и станции на метро и в други особени случаи, но сравнително по-рядко за фундиране на мостове.

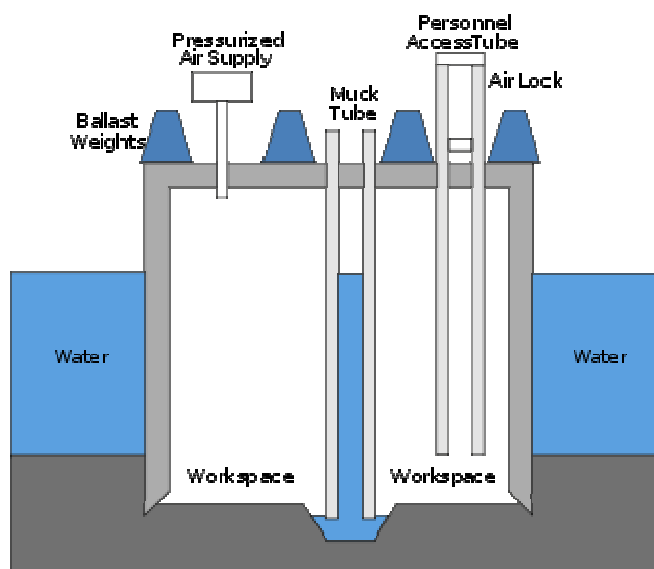


Фиг. 19.11. Изпълнение на шлиц-стени

Спусканите кладенци представляват кука конструкция (обикновено стоманобетонна) изградена над терена. При изкопаването на почвата от вътрешността му кладенецът потъва, фиг. 19.12. В долния край на стените се оформя така наречения *кладенчов нож*. При необходимост се извършва водочерпене. След достигане на годната за фундиране почва, в дъното на кладенеца се излива стоманобетонна плоча, свързана със стените. Върху кладенеца се изгражда съответния устой или стълб.



Фиг. 19.12. Фундиране със спускан кладенец от средата на 19-ти век



Фиг. 19.13. Схема на кесон със сгъстен въздух:

Ballast Weight – баласт за затежаване

Pressurized Air Supply – подаване на сгъстен въздух

Muck Tube – тръба за изсмукване на почвата

Personal Access Tube – тръба за влизане на работещите

Air Lock --илюзова камера

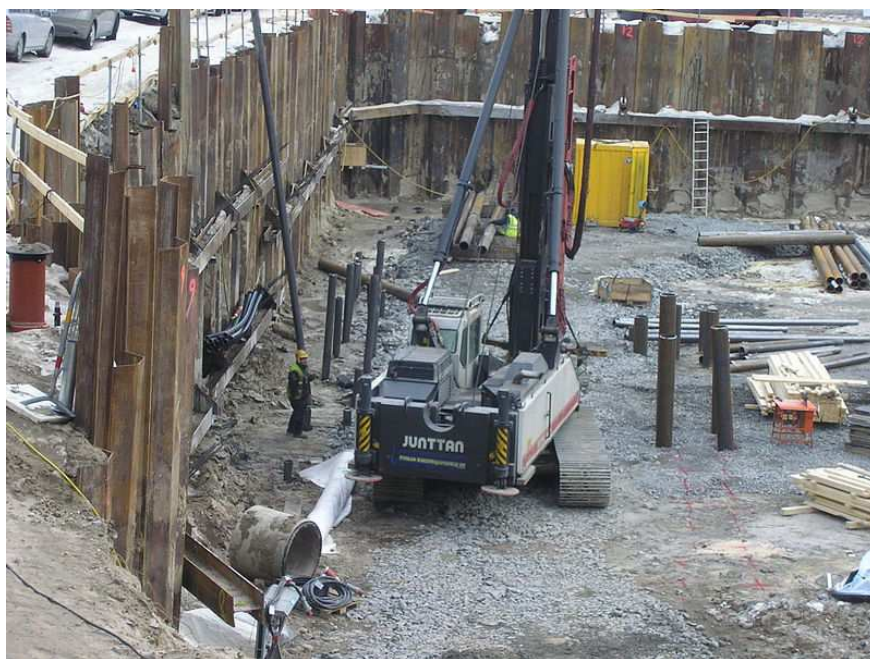
Workspace – работно място

Друг начин на фундиране е с кесони със сгъстен въздух (фиг. 19.13). Те приличат на спусканите кладенци, но при тях няма водочерпене. За да не се допусне приток на вода, в работната камера на кесона се вкарва сгъстен въздух. Сгъстеният въздух вреди на работещите в кесона. За намаляване на неблагоприятните влияния за работещите има строги правила за влизане в кесона при постепенно нарастване на налягането, и намаляване при излизането. Работните смени обикновено не надвишават 3-4 часа. Въпреки това има опасност, работещите да получат така наречената кесонна болест

(азотно отравяне), дължаща се бърза декомпресия при излизането. С кесони, но с технология малко различаваща се от показаната на фиг. 19.12 е фундиран стария подвижен Аспарухов мост, фиг. 15.2, както и моста на Дунав при Русе, фиг. 5.10. Поради споменатите опасности за здравето, както и поради други трудности, днес фундирането с кесони се избягва, напр. мостът при Видин е фундиран на пилоти, за разлика от този при Русе - на кесони.

Важна дейност при фундирането е укрепването на строителните ями за фундаментите. С неукрепени ями с откос на изкопите се работи при мостове на сухо (обикновено надлези) и при малки дълбочини на фундиране.

Укрепването на строителните ями при плоско и пилотно фундиране може да се извърши със *шпунтови стени*, фиг. 19.14. При тях се използват специални стоманени профили, които се свързват помежду си, фиг. 19.15, 19.16.



Фиг. 19.14. Шпунтова стена за ограждане на строителна яма

Шпунтовите профили се забиват със сонетки по контура на бъдещата изкопна яма. След изгребването на почвата се изгражда фундамента, изваждат се шпунтовите елементи и се прави обратен насип около фундамента. В миналото са ползвани и дървени талпи за шпунтове, като между тях е предвиждана връзка на глъб и зъб. Друг вид шпунтове са

стоманобетонните, чиито елементи не се вадят, а често шпунтът е елемент от конструкцията (напр. при пристанищни съоръжения).



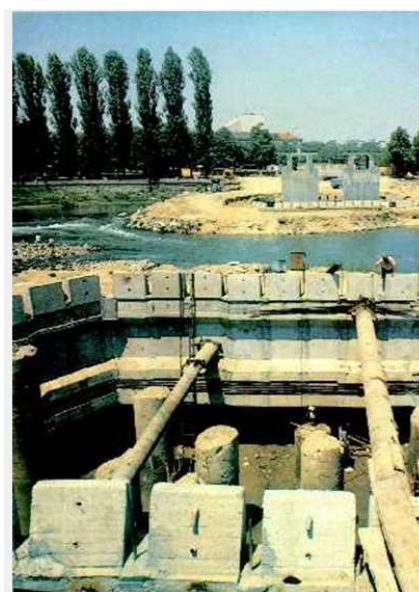
Фиг. 19.15. Стоманени шпунтови профили



Фиг. 19.16. Свързване на стоманени шпунтови профили



**Фиг. 19.17. Мост по АМ „Марица“ при Харманли –
фундиране със забивни пилоти и укрепване на изкопа
със стоманобетонен кладенец.**

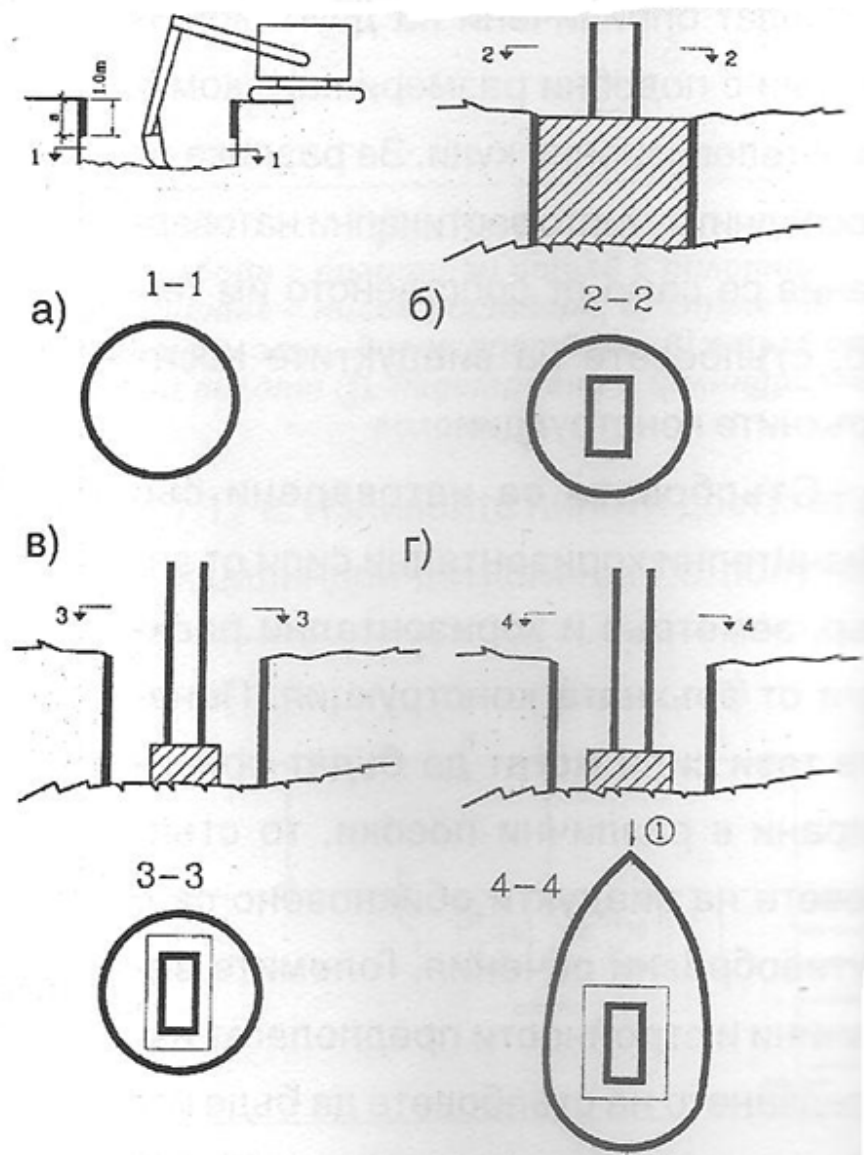


**Фиг. 19.18. Фундиране на
мост над р. Марица по ул. Р.
Даскалов в Пловдив.**

На фиг. 19.17 е показан спускан кладенец за укрепване на изкопа за ростверка, а фундирането в този случай е на забивни пилоти.

За моста „Съединение” над р. Марица в Пловдив фундирането е от изливни пилоти, а кладенецът е от предварително произведени стоманобетонни елементи, свързани помежду си преди спускането на кладенеца, фиг. 19.18. Снимки на завършения мост са показани на фиг. 10.5

На фиг. 19.19 са показани схеми на кладенци, изцяло изградени под терена. На фиг. 19.19 а) е показана последователността на работите. След изкопаване на пласт с дебелина от 1 до 2 м се изгражда монолитна стоманобетонна стена. По този начин работите продължават и в следващите етапи до достигане на годния за фундиране пласт. След това вътре в кладенеца се излива бетон (може и с ниска якост), а върху него стъпва конструкцията на стълба и на устоя, фиг. 19.19 б). По подобен начин е изпълнено фундирането на някои виадукти по Автомагистрала „Хемус” в прохода „Витиня”. Друга възможност, приложена на същата магистрала е, кладенците да останат кухи, а между телата и фундаментите на стълбовете и стените на кладенците да остане свободно пространство, фиг. 19.19 в). Това бе приложено в случаите на потенциални свлачища. При активизиране на свалчището стълбовете ще останат незасегнати до изчерпване на луфта, а през това време е наложително да се вземат мерки за спиране на движенията на почвения масив. На фиг. 19.19 г) и разрез 4-4 е показано решение, при което кладенеца е с обтекаема форма, позволяваща една по-сигурна защита при активизиране на свлачището. Такова изпълнение е приложено на мостове в Австрия.



Фиг. 19.19. Кладенци, изграждани изцяло под терена

Послеслов

Уместно е в края да цитирам граф Ищван Сечени, инициатор на строителството на висящия мост в Будапеща от фиг. 12.4, който е казал:

„Един мост представлява повече от камък и стомана и изразява творческите начинания на човечеството, неговите идеали и мисли. Той прехвърля разделителните препятствия и осигурява тясна връзка между народите, носи товари и облекчава бремето на хората“.