

8566

橋梁基本修復

B. B. 雅庫鮑夫斯基著

周念先等譯

人民交通出版社

551

5/7002:4

橋梁基本修復

B. Б. 雅庫鮑夫斯基著
周念先等譯

人民交通出版社

內 容 介 紹

本書係根據蘇聯道路出版社(Дориздат)1949年版雅庫鮑夫斯基碩士(Б. В. Якубовский)著“橋梁基本修復”(Капитальное восстановление мостов)一書譯出。原書是作為橋梁基本修復的設計及施工工程師的參考書而寫的。

參加本書翻譯工作的有：

周念先——序， 第二章，第八章；

阮鳳三——緒論， 第五章；

錢鍾毅——第一章；

陳 超——第三章，第四章；

吳先茂——第六章，第七章；

葛守善——第九章。

全書由錢鍾毅校對。

橋 梁 基 本 修 復

Б. В. Якубовский

КАПИТАЛЬНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ

МОСТОВ

ДОРИЗДАТ

Москва 1949

本書根據蘇聯公路出版社1949年莫斯科版本譯出

周 念 先 等 譯

人民交通出版社出版

(北京北兵馬司一號)

新 華 書 店 發 行

(各 國 各 地)

地方國營上海市印刷三廠印刷

★全書 331200 字★定價 19.000 元

1954 年 8 月初版★印數 3.000 冊

序

在對法西斯德國作戰期間，橋梁是建築工程遭受破壞最嚴重中的一種。

在恢復及發展國民經濟的戰後斯大林五年計劃的勝利完成的過程中，已將許多遭受破壞的公路橋梁基本修復或重建。但在這方面，還有許多工作；因為蘇聯的築路規模將逐年擴大，在戰時遭受破壞以及臨時修復的地方，許多橋涵都需要興建，這些工程大半帶有把壞橋基本修復的性質。

總可能利用被毀建築的殘存部份應為橋涵基本修復的應行條件之一。祇有如此，方能達到技術上正確的與經濟上適當的解決。將橋梁被毀後殘存的個別墩台與橋孔結構在構造上加以修改，使其能完全符合於計劃中與將興建之公路橋梁的現代要求。殘存的墩台基礎與部份損壞的、而曾在偉大的衛國戰爭期間臨時修復橋梁時被吊起來架在墩台作為軍用便橋用的橋孔結構等，均不可忽視。

如此解決公路橋梁基本修復的技術經濟問題，才能保障更勝利地完成這方面指定的任務，和大大地節省材料、人工和施工時間。

同時，設計和建造新橋的問題，已在專門課程中有了充分的講解，但在基本修復方面，如何利用被毀橋梁的殘存部份或材料的方法，還沒有廣泛地闡述過。

橋梁基本修復的設計、建造和施工組織與新橋的比較起來，是有一系列特點的。這些特點包括：訂定永久橋的合理圖式，使原橋保留部份及其破損部份得以儘量地適合地利用；檢查破損橋梁與清理可供再次利用部份的方法；根據圯工和鋼橋建築物被毀和受傷的程度與性質、決定如何儘量利用已毀建築物上的殘存整件或拆下材料的方法；在改建永久橋時如何利用臨時修復橋梁的結構的程序和施工法；石、混凝土、鋼筋混凝土、鋼結構的受傷零件的修理、修復和加固等的方法；被接長的與將被利用的結構物的連接的方法；以及修復工程的組織與施工等等。

本書對於公路橋梁基本修復工作中這些問題的解決方法，均予以闡明。

在公路橋梁基本修復中，構造的特點和施工的方法等主要根據已往工程中實有的例子來研討；這些例子是從蘇聯橋梁建築的經驗中得來的。在鐵路與公路橋梁建築共同的問題上，也用到鐵路橋梁基本修復的經驗。

本書敘述各種複雜程度不同的損毀建築物的修理、加固和修復等方法。在戰時條件下橋梁大修中所採用的最簡單的方法，在沒有發達的工業基地的工程上可

以照做。在戰後橋梁大修工作中採用的較複雜的和較大規模的施工方法未必到處合用；例如在小規模的工程中。至於在各種不同場合中究竟採用何種方法，則須根據建築物的具體情況及工程的可能性來決定。

應當指出：雖然新橋的構造和施工方法至今大半是分開講解的；但是在這本書所敘述的工作中，這一點是做不到的。

當基本修復和改建臨時修復的橋為永久橋時，構造上的解決辦法是由施工的方法和條件來決定的，因此作者認為在敘述全部資料時，不可能把這兩個問題分開來談。

此書是供從事計劃與實施基本修復公路橋梁的設計工程師們和施工者們用的。如果此書中之資料多少能對正確解決一些基本修復橋梁的問題、把指定的任務完成得更快、以及節省國家的資金等有所幫助，則作者將認為他的工作已充分地得到了酬報。

作者對在出版前校閱此書並提供許多寶貴意見和批評的依、阿、哈桑、(И. А. ХАЗАН)上校工程師和斯大林獎金獲得者耳、恩、施派金(Л. Н. ШИПАКИН)工程師、與在選擇和整理此書實際資料方面予以協助的工作同志們，表示衷心的感謝。

目 錄

序

緒論	(1)
§1 戰時對公路橋梁的破壞	(1)
1. 橋梁破壞的方法對結構材料所起的影響	(2)
2. 橋梁損傷和破壞的類型	(4)
§2 橋梁修復的分類	(15)
1. 橋梁的臨時修復	(15)
2. 橋梁的基本修復	(17)
第一章 橋梁基本修復總論	(19)
§3 戰後時期橋梁的基本修復	(19)
§4 橋梁基本修復設計的特點	(20)
§5 基本修復的橋梁圖式的選定	(22)
1. 估定被修橋梁破壞的程度	(22)
2. 利用殘存結構物的經濟利益的估價	(29)
§6 橋梁基本修復施工組織的特點	(33)
第二章 準備工作	(37)
§7 概論	(37)
§8 檢查破壞的橋梁	(37)
§9 拆除毀壞的結構物和清理河床	(42)
1. 水上工作	(42)
2. 水下工作	(46)
§10 毀壞結構物材料的利用	(51)
第三章 消除圯工(磚石和混凝土)的損傷	(54)
§11 概論	(54)
§12 拆除損毀的圯工	(54)
§13 新舊圯工的結合方法	(55)
§14 修復局部損傷的圯工	(57)

§ 15 用槍噴面法修理表面損傷的圬工	(59)
1. 噴注層的用途和構造	(59)
2. 槍噴面的施工	(64)
§ 16 圬工中壓注灰漿法	(67)
1. 圬工壓注灰漿的施工	(67)
2. 圬工壓注灰漿的設備	(71)
3. 圬工壓注灰漿的施工實例	(74)
第四章 涵洞的基本修復	(78)
§ 17 概論	(78)
§ 18 改建及基本修復中的涵洞構造	(81)
§ 19 改建及基本修復涵洞的方法	(84)
§ 20 在新位置上建築涵洞	(89)
第五章 重型墩台的基本修復	(93)
§ 21 概論	(93)
§ 22 裝置箍、圍帶、鉗架、套殼等來加固墩台	(98)
1. 裝置箍、圍帶及鉗架	(99)
2. 裝置鋼筋混凝土套殼	(102)
§ 23 在水面以上接長墩台	(103)
§ 24 在水面以下接長墩台	(112)
1. 在土圍堰和板樁圍堰中修復墩台	(112)
2. 建築沉井及排架圍堰	(115)
3. 水中灌注混凝土	(119)
4. 用沉箱修復墩台的基礎	(123)
§ 25 墩台修復的特殊情況	(128)
1. 移動墩台	(128)
2. 加寬墩台	(136)
第六章 石橋和混凝土橋的修復	(138)
§ 26 概論	(133)
§ 27 拱跨結構的修理、修復和加固	(141)
§ 28 重新砌築破壞橋孔結構的拱圈	(147)
§ 29 破壞橋拱的改建	(152)

第 七 章 鋼筋混凝土橋結構的修復	(156)
§ 30 概論	(156)
§ 31 鋼筋混凝土結構的修理和加固	(158)
§ 32 梁式橋孔結構的修復	(163)
§ 33 拱結構和桁架結構的修復	(173)
第 八 章 橋孔鋼結構的基本修復	(179)
§ 34 概論	(179)
§ 35 剔除變形的鋼構件	(180)
§ 36 矯正變形的構件	(182)
1. 鋼料在冷作矯正中的性質	(183)
2. 鋼料在熱作矯正中的性質	(184)
3. 矯正鋼構件的方法	(185)
§ 37 修理損傷的構件	(189)
§ 38 橋孔鋼結構中構件的加固	(193)
§ 39 用新桿件來更換受傷的桿件	(194)
1. 新舊構件連接的構造	(195)
2. 設立支架以更換受傷的桿件	(199)
3. 不設支架而更換受傷的桿件	(201)
4. 用新桿件更換受傷桿件來修復橋梁的實例	(207)
§ 40 加鉚和重鉚破壞橋孔結構的殘存部份	(211)
1. 更換橋孔結構或加鉚殘存部份這兩種方案的比較	(212)
2. 加鉚和重鉚橋孔結構的構造和施工程序	(213)
3. 加鉚和重鉚橋孔鋼結構的實例	(215)
§ 41 加固橋孔結構	(224)
§ 42 更換破壞的橋孔結構	(227)
第 九 章 公路橋梁基本修復實例	(233)
§ 43 一座跨越雙軌鐵路的跨路橋	(233)
§ 44 梁式橋的修復設計	(236)
§ 45 連續式橋孔結構梁橋的修復	(241)
1. 橋梁的修復設計	(241)
2. 墜落橋孔結構的吊升	(242)

3. 橋孔鋼結構的拼裝.....	(248)
4. 橋孔鋼結構的滑移.....	(251)
5. 工地施工組織.....	(253)
6. 物資的用量和工作的成果.....	(256)
§ 46 跨路拱橋的基本修復.....	(258)
§ 47 懸臂拱橋的基本修復.....	(267)
§ 48 懸索橋的基本修復.....	(273)

§ 1 戰時對公路橋梁的破壞

橋梁在被流水、通過的船隻、暴風雨損傷或破壞之後，和在墩台被冲刷、造橋材料受天然腐蝕以及在作戰時間被故意破壞之後就都要進行基本修復。

目前，基本修復作戰時被破壞的橋梁的問題極引人注意，因為這類的破壞最為普遍，在結構的破壞程度上也超過橋梁受任何其它原因的破壞。

故意破壞橋梁的方法和種類繁多，視破壞對象的重要性，具備的時間、人力和器材以及橋梁的材料、體系、大小等因素而定。

跨越大河深谷的橋梁在破壞後因能對敵人的交通造成最大的困難，並且需要花費許多人力、資金和材料來修復，故在戰爭中破壞得特別着重週密。

在爆炸任務中建築物破壞的準備工作是很重要的，如爆炸橋梁的準備工作做得不夠，破壞程度可能是極為微小。

在大規模的爆炸工作中，特別是爆炸巨大的建築物時，需要許多的時間、物資和人力來進行準備工作，因此如對大橋打算以最少的準備工作和消耗最少的爆炸物而達到最大程度的破壞效果時，實際上往往僅予部份破壞。

在衛國戰爭中，德國軍隊在撤退時對公路橋梁的破壞特別注意。然而，公路各地段橋梁的破壞程度並不一致。在蘇軍部隊對在敵人的強大壓力下，在佔領區的許多公路上建築物的破壞就顯得匆忙，而且效果不大。在某些情況下，在蘇軍緊追狼狽撤退的敵軍並佔領了敵軍據點下，公路某些地段內的橋梁——特別是小橋——被完全保留下來。相反地，在敵人有足夠的時間和器材去準備破壞橋梁的地方，這些橋梁破壞得很嚴重。

在下面，橋梁破壞的方法和種類並不是從破壞工作的技術觀點來討論，而是從這些破壞工作對於破壞結構物日後基本修復的方法和種類所起的影響來考慮。

1. 橋梁破壞的方法對結構材料所起的影響

在戰爭情況下，破壞橋梁的主要方法可分為建築物的燒燬和爆炸兩種。

可以燒燬的是木橋、橋面板、鋼橋孔結構的橋道部份等。

在利於破壞的情況下(乾燥的木結構材料，晴天，有風)，木橋地面以上的部份擱在圯工墩台上的木質橋孔結構，或是鋼橋的橋道部份可全部燒燬。在此，木質支架僅破壞到地平面或水平面為止，在修復被燒燬的橋梁時，可以接長遺存的樁，因而可以避免繁重的打樁工作或有關建築被修復墩台的其它形式基礎的工作，如果由於不利的氣候或木料的潮濕，結構部份被保留在半燒燬或完整的狀態中，那末殘存的結構在修復工程中也可以予以利用。

在橋孔鋼結構的橋道部份木質構件燃燒時，由於高溫度的作用，鋼結構也受到損傷。

當溫度升高到 150—200 度時，鋼的單位變形稍為降低，此後即劇烈上升，當溫度超過 300 度時可看到爬移現象。就是說鋼料開始在荷重不變的情況下變形，變形的速度則視溫度和應力的大小而定。因此鋼結構失去了承載能力並急劇地變形，有時甚至於達到坍塌。

當溫度升高到 250—300 度時，鋼的極限強度稍為增加，以後就顯著地下降，當溫度超過 400 度時，極限強度實際上已達到零。

當溫度達到 200—300 度時，鋼具有藍脆性，表現極脆，在這種溫度下，鋼結構的坍塌不可避免地引起了桿件開裂和斷裂。達 600—700 度的長時間加熱，在預有硬化現象的鋼中可能引起再結晶，形成大結晶體，並減低其衝擊韌性。鋼加熱到 1200—1300 度時，就產生顆粒，而到 1400 度時，鋼就熔解燒化，加熱到 800—900 度時，相當於鋼的一般的退火，在這樣加熱後冷卻的鋼中，硬化和藍脆性都消失。

高溫度對石、混凝土、鋼筋混凝土結構所引起的影響比對於鋼的影響小。石和混凝土圯工的破壞，主要是由於各種組成材料的溫膨脹得不均勻。更具體地講，對於在許多火成岩中含有的結晶石英，575° 是它的臨界溫度。當超過此溫度時，長度就驟增。這個特點對含有石英的材料溫度膨脹的變化有影響。

石灰石在高溫度下分解為二氧化碳和石灰。

凝固的膠合料的強度隨着溫度的增高而降低，因為膠合料先失去了毛細管水份，然後失去了附着水份，最後失去化合的水份。

當溫度增加時，石和混凝土結構損傷的透入深度一般不大，因為要把大塊圯工

燒透是很慢的。

直徑 200MM 的混凝土圓柱體置於溫度 900 度中，經過四小時後，在用石灰石做骨料的混凝土中離表面 25MM 深的地方觀察到溫度是 600 度，而在骨料含有石英的混凝土中離表面 80MM 深的地方為 600 度。

在高溫度的長期作用下，含有石英的岩石破壞深度達 100—140MM，破壞的表徵是發生許多細裂縫，把小石塊分裂成碎塊。

用輝綠岩、雪花岩、石灰石做的圬工，在高溫度下是比較最穩定的。

在增高溫度時，鋼筋混凝土結構損壞的程度與性質比之於石和混凝土的有很大的區別。在鋼筋混凝土結構中，鋼筋的傳熱性比混凝土的傳熱性大約高到 20 倍，這就使鋼筋混凝土桿件受熱很不均勻，因此在鋼筋周圍混凝土中造成了極高應力狀態。局部的高應力使得沿着主鋼筋和鋼箍發生裂縫。在高溫度長期作用下，鋼筋混凝土的結着力降低，混凝土保護層亦剝落了。在鋼筋稀少的結構中，混凝土保護層僅沿着每根鋼筋脫落，而在鋼筋很密的結構中，混凝土保護層便沿整個鋼筋層的面脫落。在保護層破壞後火力對鋼筋的直接作用下，鋼筋的流限降低，鋼筋混凝土桿件下垂。在鋼筋接頭處與盡頭處的彎鉤裏的混凝土的強度由於高溫而降低，亦可造成鋼筋混凝土結構在荷重下的下垂。受壓鋼筋則因此撓曲。

在結構冷卻後，鋼筋的特性一般很少變化，難得有藍脆性呈現，因為在桿件中鋼筋很少會遇到應力的局部集中。

如結構中的鋼筋是爲了要提高允許應力而受過預先冷加工的鋼的退火會對它大有影響。在修復有這類鋼筋的鋼筋混凝土結構時，不僅須把鋼筋全面地修復，並且必須予以加固，以補償鋼筋經預先冷加工而產生的強度的損失。

在遭到高溫作用的鋼筋混凝土結構中，混凝土最可能破壞的地方是各種尺寸不同的桿件的連結處。細的鋼筋混凝土桿件燒透較快，而粗的則較慢，桿件受熱的不均勻性造成了局部應力的集中，因此在這些桿件的連結處亦引起裂縫。

在戰爭情況中，可將爆炸物直接放在建築物的上面或內部（橫洞，豎雷坑，或專門做出的炸藥孔內），或者用投擲炸彈、地（水）雷、砲火射擊等方法來炸毀橋梁建築物。

僅僅在炸彈、火箭砲彈或砲彈射中橋梁的主要承載結構（墩台、主梁、桁架翼弦）時，才造成橋梁的極度破壞。在這種情況下破壞的性質和把炸藥直接放在橋梁結構上面炸毀沒有很大的區別。

步槍、機關槍的射擊，地（水）雷，個別砲彈祇能造成橋梁建築物上有凹坑、彈孔或個別輕型桿件破壞等形式的局部損傷。

從修復工作的觀點來講，把炸藥直接放在要被破壞的結構上面是破壞橋梁建築物基本方法，同時破壞橋梁的效果一般亦比用炸彈、砲彈、火箭砲彈、地(水)雷和子彈的效果來得大。

2. 橋梁損傷和破壞的類型

常遇到的永久性橋梁破壞的情況可分為以下幾類：

- 1) 橋梁結構損傷；
- 2) 幾個或所有橋孔結構破壞；
- 3) 部份橋墩破壞；
- 4) 橋梁全部破壞。

上述分類並不能認為是全面的和包括一切的。橋梁的破壞是如此的多樣性，因此要肯定破壞性質種類之間確切的界限是不可能的。但是這種分類還是有好處的，因為它使我們能更有系統地來研究橋梁基本修復的某些問題。

橋梁結構的損傷是指不引起橋孔結構和墩台坍塌的結構的個別部份與構件的損傷。

橋孔鋼結構的損傷可分為：在組合斷面中鋼材的彎曲、凹潰、彈孔和打斷；鉚釘被切斷；橋道部份連結系和主桁架個別構件的變形和破裂。

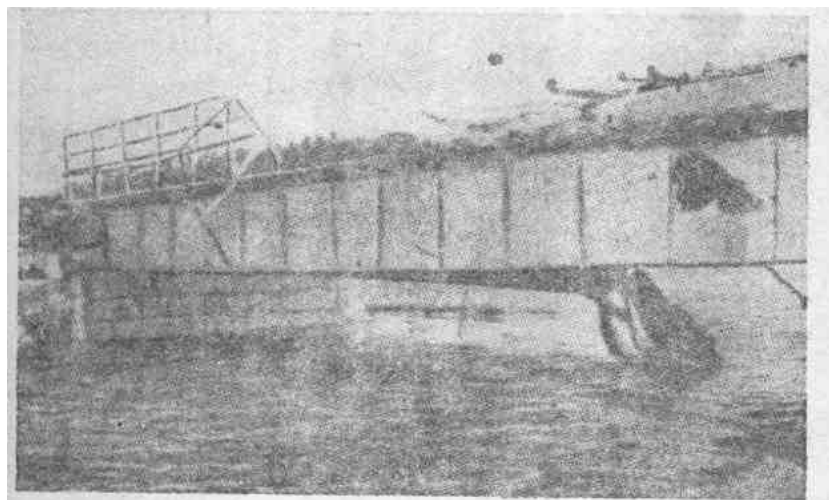


圖 1 被砲彈損傷的橋孔結構

當砲彈命中桿件上時，能造成極大的變形，留下毛邊的彈洞(圖1)或桿件破裂。主桁架的個別桿件損傷或破裂能引起全部橋孔結構的變形(下垂、歪斜)(圖2)。

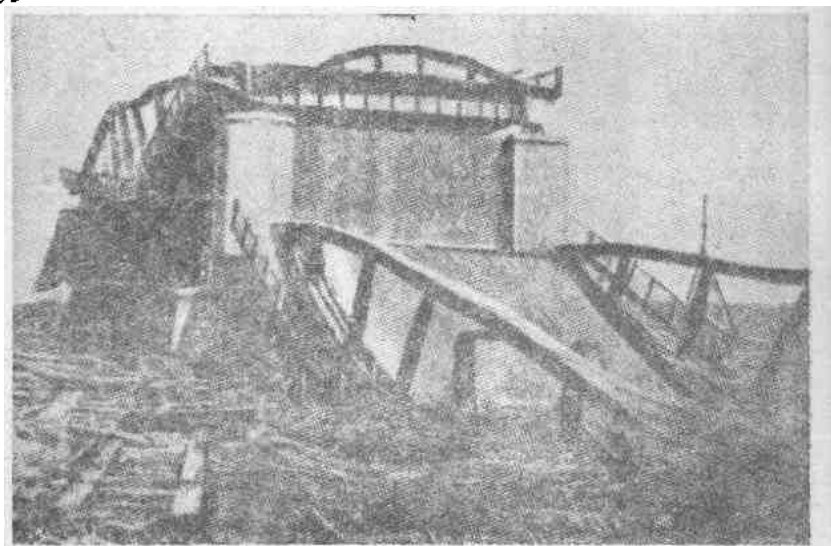


圖 2 加勁梁損壞後橋孔結構的變形

重型墩台和橋孔結構的損傷可列有：石或混凝土圬工局部打穿，鋼筋露出與不致引起結構坍塌危險的圬工局部破壞等。

當子彈和彈片打中石、混凝土和鋼筋混凝土結構表面時，在這些表面上會構成深度達2—5CM的槽痕，在鋼筋網密佈和保護層很薄的鋼筋混凝土結構中，保護層會剝落。在彈片的強大穿孔力之下，個別鋼筋會損傷或折斷。

基本修復受損橋梁或部份橋梁的措施，普通在於修理、加固、或局部更換受損桿件。

實際上，在修復工作中，橋梁結構的損傷一般並不個別處理，而是與破壞得更嚴重的墩台和橋孔結構等一同搞的。在這些情況下，個別桿件修理、加固或更換與更複雜的修復工作同時進行。

應當指出，在重型橋孔結構極度損傷的情況中，結構物雖未坍塌，但已失去了承載能力。石、混凝土、鋼筋混凝土拱的寬度的大部份遭到破壞時，也應列入這一種情況。(圖3)

在此情況中，若僅修理或加固受損或被毀部份是不够的，因為實際上需要把受

損結構全部基本修復。



圖 3 石拱橋中部份拱圈破壞

橋孔結構的破壞大大使修復工作的施工複雜化。在這種情形下，橋梁的破壞程度並不僅要以橋孔結構破壞的數量來決定，而且還要以橋孔結構破壞的性質和程度來決定。

被炸藥爆炸後損傷和破壞的鋼結構，當坍塌到橋孔下時，又增加了這些結構的損傷。此時，撞到地上的末端桿件受到最大的損傷。當橋孔結構平扁地塌下時，尤其是掉在軟土上時，衝擊就大大緩和。如土壤堅硬，桁架的下弦和裝在桁架底面上的聯結系可能局部受損。

當橋孔結構坍塌到河床中去時，水便緩和了橋孔結構對河底的衝擊力，結構在空氣中跌落所獲得的速度到水中後就很快的減小了，而在水下 2—3 公尺深時，速度達到了很小值。

坍塌結構在撞擊土壤或水時所受到的衝擊力的數值指標是由許多因素決定的。(結構的重量、跌落高度、爆炸力、土壤性質等)，不可能正確估計。然而在檢查這些結構和確定它們的修復方法時，上述的橋孔結構在坍塌時的損傷性質應予考慮。

圖 4 中介紹一座單跨雙懸臂橋梁的橋孔結構一端被炸毀的例子。在戰爭條件下修復該橋時，橋孔結構坍塌的一端被舉起，並把它支靠在臨時性的木墩上，橋孔鋼結構破壞部份用棧橋來代替。在以後的基本修復該橋時，可以接長橋孔結構受毀的一端。

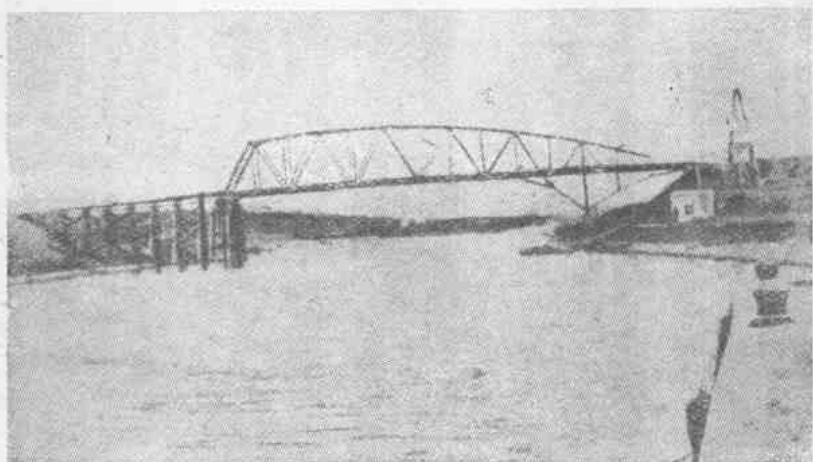


圖 4 橋孔鋼結構的一端被破壞的橋梁的臨時修復

圖 5 介紹的情況是橋孔結構在坍塌時稍離了橋中綫，而在基本修復時被舉起，並安裝到全部保存的墩台上去。橋孔結構的破壞端被重接起。

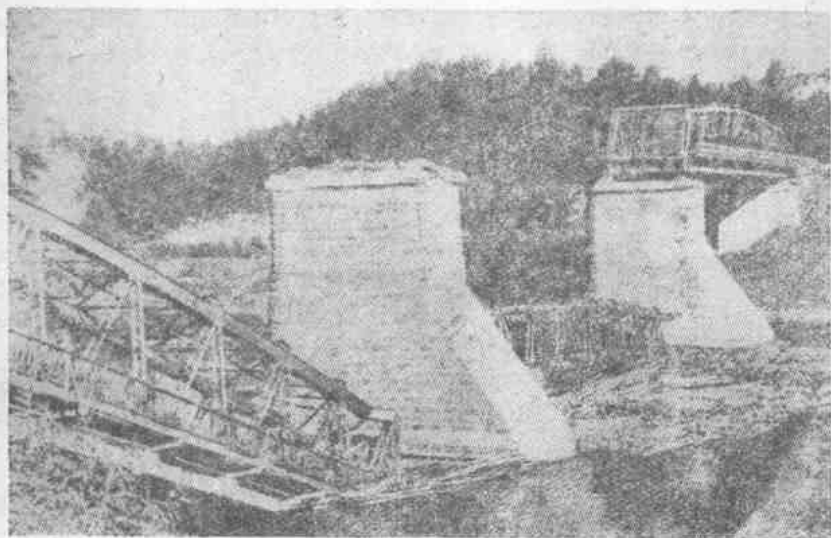


圖 5 一座永久性橋梁的兩個橋孔結構的破壞

圖 6 介紹另一破壞情況，橋孔結構在橋孔中心炸斷。

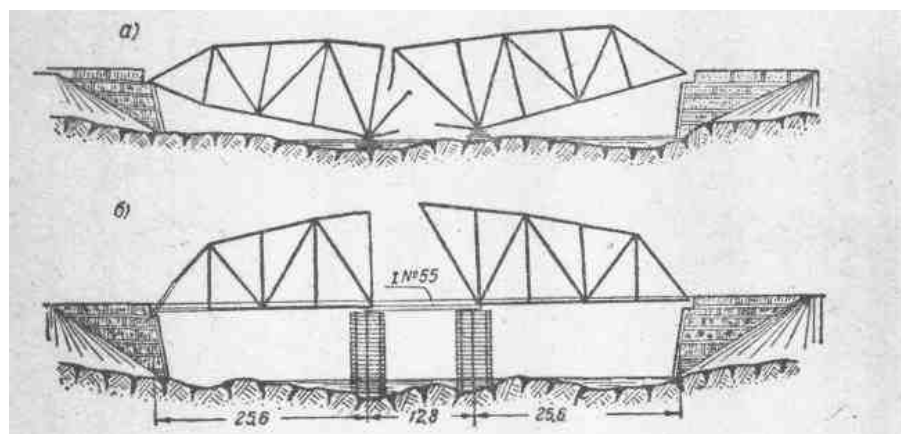


圖 6 修復在中心節間炸毀的梁式橋孔鋼結構

a) 橋梁破壞的圖式 b) 臨時修復橋梁的圖式

當修復橋梁時，橋孔結構被固定在支承節點上，而後橋孔結構破壞的一端被升高到設計標高，並支架在臨時的墩台上。

圖 7 中介紹一個懸臂橋孔結構破壞的例子。中部懸孔保存得如此完整，在以後的橋梁修復時可完全利用。



圖 7 梁式懸臂橋孔鋼結構的破壞

有一座索橋在被破壞時(圖 8)，鏈索和加勁梁在橋孔的四分之一處被折斷，這就引起了全部橋孔結構的坍塌。墩台和橋塔是完整的。這樣的破壞使在橋梁基本修復時能恢復它原來的形式。

圖 9 所介紹一個橋孔結構的劇烈破壞——指望在修復橋梁時造成極大的困難，並且杜絕在修橋時利用被毀橋孔結構的可能性——的例子。這橋是四孔的，跨度各為 75.6M。每兩孔用一個連續鋼梁蓋過。橋墩是用花崗石鋪面的混凝土做成，