

一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(38)

大橋橋墩基底沙夾卵石 壓注水泥漿設計和施工

人民鐵道出版社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师们几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整编工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京和唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，并无主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经作过九次学术报告，我们已将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步地改进。

铁道部技术局

1957年2月

大桥桥墩基底沙夾卵石压注 水泥漿設計和施工

西南設計分局宝成綫施工現場設計組

目 錄

I、概 述	2
II、設計施工前試驗經過	3
III、压漿孔位佈置及設計概述	6
IV、施工經過	7
1. 机具准备及佈置	7
2. 劳动力組織	8
3. 操作过程	9
4. 發現特殊情况及处理經過	10
5. 檢查結果	11
V、結 論	13
附 錄:	
1. 沙夾卵石顆粒分析表	15
2. 材料消耗統計表	16
3. 劳动力統計表	16

I. 概 述

大桥原基礎設計，除有可能明挖下至岩層者外，因基本岩層較深，該处沙夾卵石較為松散，卵石尺寸較小，系全部採用 $\phi 26$ 木樁基。嗣因鑒於該段大中桥沙夾卵石基礎一般承载力皆合乎設計要求，設計通訊第四期和鑑定通訊也特別指出这一点，遂於1954年初將樁基改变为擴大基礎，於1954年2月开工，在施工过程中發現下列情况：

1. 沙夾卵石非常松散，滲水性特別大，4号墩挖至原設計标高（地面下約6.7公尺）抽水量为14,400加侖/分鐘。（同时，3和5号墩尚有9,000加侖/分鐘抽水量。）

2. 砂粒較粗，但質地松软，可用手捻碎。（註：所指松软粗砂粒系風化頁岩碎屑，自上游冲來沉積的。）

3. 基礎开挖数量中有6%（小於0.2立方公尺者因不以孤石計价，未包括在內）以上大孤石，最大者达半立方公尺以上。

4. 在4号墩原設計标高發現淤泥数处（範圍不大，約0.1平方公尺左右），並有樹根樹枝淤積。

5. 經作三处載重試驗，允許承载力僅可达1.5公斤/平方公分。（設計要求为3公斤/平方公分）。

鑒於承载力低，抽水量大，繼續明挖，已不可能，臨時變更基礎类型，施工准备不及，而且雨季即至，遂決定於1954年4月11日停工。停工后，即進行水文及地質資料的重新勘测，得出下列結果：

1. 本溝百年周期流量为3,100秒立方公尺，桥孔系地形控制，可不考慮流量問題。

2. 本溝最大流量發生后約一小时，嘉陵江水位即开始倒灌，故桥下本溝最大流速，難於用形态測量決定，用浮标实测結果，1954年洪水本溝最大流速为3.12公尺/秒，当时已有約1公尺高水头澎湃而來，勢甚凶猛，結合河床土壤顆粒情况估計本溝百年周期最大流速約为5公尺左右。

3. 相傳自河口上溯約8公里原可通航小木船，目前河床已淤高甚多。

4. 經至河流上游步勘，地質多为頁岩，兩岸山坡有嚴重的崩坍現象，河心淤高，基坑中挖出樹根，原因在此。

5. 除表層中有細沙層外，4至7号墩基本岩層以上皆为沙夾卵石。鑽探时因鑽孔数量少，鑽探質量不高，未發現成層淤泥層。挖基时發現淤泥但並非成層，初步推測可能系大塊頁岩孤石日久風化而成。也可能倒灌时形成整層淤泥，待本溝發水时河床上形成縱橫溝渠，將整層淤泥分割为小塊，但皆不敢肯定。

6. 基本岩層为頁岩夾有石灰岩及少量石英脉，基本岩層一般尚平整，但6号墩北端上游4.5公尺鑽孔，探知岩層驟落5公尺余，当时根据鑽探資料估計为基本岩層高低不平。

根据上述情况，除4、5、7号墩岩層較為平整有条件作沉井下至岩層外，6号墩因基岩高低不平，如沉井全部下至岩層，則井底开挖岩層数量龐大，不僅施工困难，且为工期所不容許，如不下至岩層，沉井下至半軟半硬的基礎上，难保建筑物的安全，其次如採用樁基，因沙卵石中夾有孤石，且抽水困难，亦非恰当。經西南三局首長及技術幹部一再开会商討，決計採用基底压注水泥漿密固沙夾卵石方法，提出設計文件交付施工前，並由設計單位進行压漿試驗，以为設計施工的參考。

II. 設計施工前試驗經過

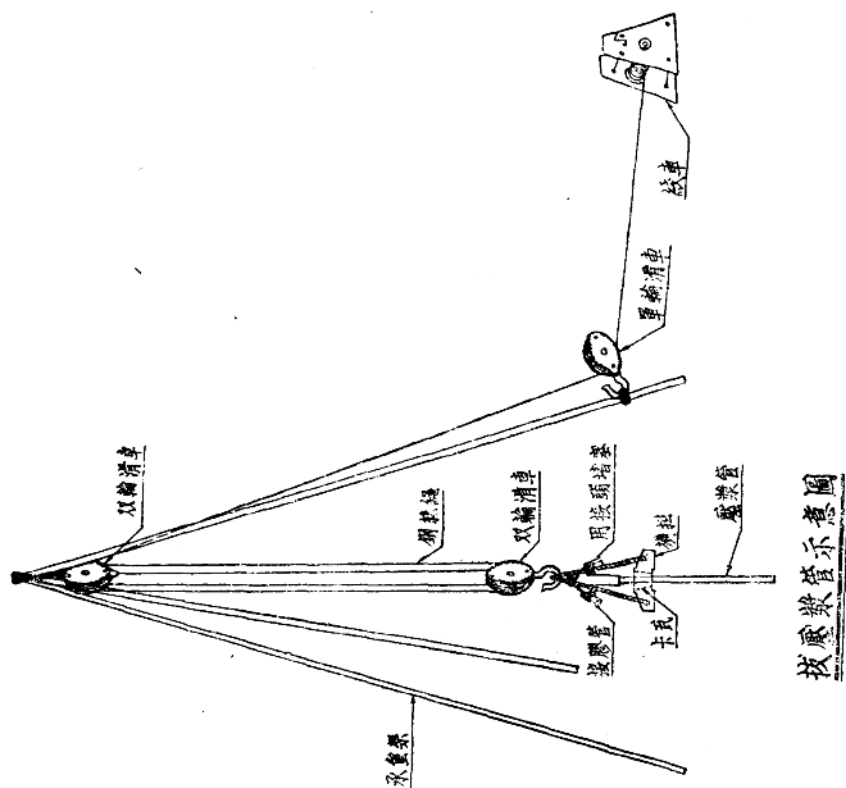
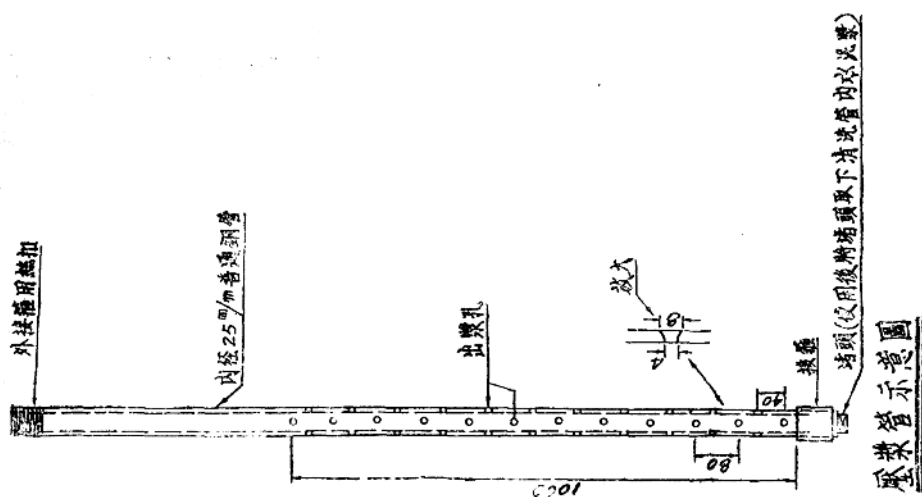
設計前曾進行三次試驗，前兩次在6号墩附近，最后一次在廣元嘉陵江河灘上，茲分述各次試驗結果如下：

第一次：使用主要的机具为：——

1. 压漿管：用40公厘外徑鑽管，为增大接头强度，使全部鑽管内徑一致，以减小水泥漿在管內的阻力，將鑽管通用的內接箍改为外接箍，管下端約1.0公尺鑽有出漿孔，詳見压漿管圖（圖1）。

2. 灌漿机：用第二工程局自制压力75磅，容量0.14立方公尺單筒純灰漿灌漿机（原系用於隧道防水層灌漿者）。

3. 空气压缩机：利用桥南端隧道工程用空气压缩机，因管路长达二百余公尺，压力



單位公厘
1955-4-6

圖 1

損失很大。

4. 人力鑽機：用以打入及拔出壓漿管。

試驗經過：為了便於壓漿後土壤的檢查，試壓深度規定在地面以下3~8公尺（但須在地下水面以下），先將有孔鑽管直接打入河床中（因沙夾卵石較為松散，無須下套管），管頂以高壓膠管與灌漿機出漿管連接，利用空氣壓力，將水泥漿壓入沙夾卵石中，但試壓完全失敗了。通過灌漿機不僅無法將水泥漿壓入，甚至清水也很難自灌漿機壓至沙夾卵石中。

正在束手無策的時候，根據同志們的建議，用人力鑽機所附手搖水泵壓灌，在15分鐘時間內即壓入200公斤水泥漿（水及水泥各一百公斤調拌而成），指出了解決問題的方向。但手搖水泵因為構造不同，是不適宜於作泥漿泵的，而且壓力無法控制，工效也太低，決計將試驗方向改為機動泥漿泵壓漿。

我們認為這次試驗失敗的主要原因是：空壓機管路太長，灌漿機本身漏風，風力損失太大，致壓漿時最大只能達到2.5公斤/平方公分的壓力；其次空氣壓力較為均勻，沒有忽大忽小的現象，而往復式水泵的壓力帶有一定頻率的震盪效果，因此即使水泵與灌漿機在壓力表上有着同樣的壓力數值，而水泵的灌壓效能要高些。

第二次：除壓漿管構造及下壓漿管的辦法與第一次相同外，壓漿管頂以高壓膠管與泥漿泵出漿管連接。泥漿泵最高壓力為30氣壓，壓漿量100公升/分鐘，系雙缸往復式水泵，以7匹馬力內燃機帶動。水泥漿用1:1及1:0.8兩種灰水比（重量），人工調拌，壓漿管相互距離約1.3公尺，每壓入灰漿體積0.24立方公尺即將壓漿管上提約0.5公尺。因孔壁冒漿及壓漿管下端出漿孔堵塞，机具裝束又系臨時性的，經常發生故障。後經開挖及探測結果，跑漿半徑約為0.7~1.0公尺。水泥漿壓入後的沙夾卵石呈凝結似低級合，但有較重的分層現象，經詳細研究，成層原因非由於土壤顆粒大小自成層次，致土壤孔隙率各層不同，因為在試壓地點，上下沙夾卵石還均勻，並未夾有淤泥或細砂的層次。因此我們認為是每次拔管太高及出漿孔太小，壓漿管下端部份出漿孔堵塞所致。

第三次：發現第二次試驗結果沙夾卵石凝結有成層現象時，試驗机具已搬回廣元，因設計組人員皆集中在廣元工作，為求集思廣益進一步研究問題的所在，並避免机具往返運輸，決計在廣元進行第三次試驗。

試驗地點選擇在廣元嘉陵江河灘上，地質亦為沙夾卵石，顆粒大小與大橋處相近，但遠較緊密，因此孔隙率較小，我們認為如在廣元能試驗成功則在較松散的地質情況下將更無問題。

試驗孔共三個，成等邊三角形，孔距1.3公尺，孔深4.97公尺，其中3.0公尺在水面以下。因沙夾卵石較密結，已不能將鑽管直接打入地面下，故採用了套管用水沖沖擊法將鑽管下至所需深度後，拔出套管，留置鑽管（即壓漿管）於沙夾卵石中。壓入水泥漿灰水比為1:1.5，起初根據壓入水泥漿的體積拔管，即每壓入水泥漿0.12公尺拔管0.2公尺。（第二次試驗為0.5公尺有成層現象，故此予以減少並將出漿孔直徑改為3公厘，僅壓漿下端0.7公尺留有出漿孔）。漸壓漸拔，至第三孔已壓一公尺後，改為根據壓力拔管，即壓力到達8公斤/平方公分時即酌予拔管，至壓力降低為止。三孔中，第一孔堵塞，第三孔比較正常，一般壓力最高者6公斤/平方公分，最低者為1公斤/平方公分，每壓一次時間在4分鐘左右。

開挖結果，僅最下部約0.5公尺厚跑漿半徑約0.5~0.65公尺，以上部份壓成直徑約0.2公尺的柱體，柱體以外即無水泥漿。分析上部形成直徑約0.2公尺柱體的原因，為嘉陵

江沙夾卵石較密結，當壓漿管（即鑽管）下至指定地點拔除導管後，孔壁因拱的作用，不易坍塌，因此首先在孔的最下部壓漿時，除一部份壓入沙夾卵石外，另一部份灰漿將上升留存於壓漿管外與孔壁的縫隙內，形成一管狀包圍圈，以後拔管繼續壓漿時，水泥漿無法突出管狀包圍圈，遂形成上述 0.2 公尺直徑的小柱體。

根據上述試驗，我們得到了如下的初步解答：

1. 在較松散的沙礫中，採用壓水泥沙漿的辦法是有可能的。
2. 使用水压比空气压力可收到較好的效果。
3. 如不受過大的地下水流速影響，在約 6 公斤/平方公分的壓力下跑漿範圍半徑約為 0.5~1.1 公尺。
4. 拔除導管時，應設法使孔壁坍塌，使壓漿管外不致有過大的空隙。
5. 出漿孔應較大，1~2 公厘直徑過小，易於堵塞。
6. 拔管時，每次不宜拔起太多，應隨拔隨壓，避免形成軟硬不同的層次。
7. 正式壓漿前，先用清水壓入，使出漿孔暢通無阻。

III. 壓漿孔位佈置及設計概述

由於水文地質資料如地下水流速、土壤空隙率等未事先取得足夠資料，設計根據是比較脆弱的，僅僅憑常識推斷：因為沙的顆粒粗（見附錄表 1）而松散，說明土壤的空隙率是較大的，因為地下水面坡較平（用三點法測定地下水面坡為 5.75%），說明地下水流速較小，但究竟土壤空隙率多大，地下水流速多小，是沒有具體數據的，這是最大的缺點。

為恐地下水流速過大，或有沖走水泥漿可能，原擬先打鋼板樁圍堰一圈，在圍堰內壓漿，但考慮壓漿後鋼板樁將無法拔出移作他用，工程費用高昂，乃決定先以較低壓力、較小灰水比、較小壓漿孔距在基底四周壓注兩圈，並先壓上游方向，俟終凝形成凝結的圍堰後，再逐漸增大壓力，向中央部份壓注灰漿。

為了較確切的了解水泥漿擴散的范围，除壓漿孔外，並設有觀察孔，見壓漿孔位佈置圖（圖 2）。

壓漿範圍及深度的設計，原則上應根據水泥膠結體的內摩擦角及下層沙夾卵石的允許承載力決定，橋涵設計規程附錄六附註 2 雖有規定，但無具體計算方法，奧爾杜揚英著鐵路建築物一書第 51 節有計算例題，計算公式為：

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{F_1} + \gamma h_1$$

式中 σ = 下層土壤的應力；

ΣV = 基礎底面以上垂直荷載的總和；

F_1 = 所驗算的松軟層的面積。按基底面積以上層土壤的內摩擦角根據其深度予以擴大計算；

γ = 上層土壤的單位重量；

h_1 = 基底至驗算面 F_1 的高差。

我們系應用上式計算（假定水泥凝結後的沙夾卵石的內摩擦角為 37° ，實際上應大於 37° ）。但上述計算式是有缺點的，最主要的是完全沒有考慮 ΣV 的偏心力距對下層土壤應力的影響，即以原書算例為例，如果硬套公式的話：

$$\text{当 } h_1=0 \text{ 时: } \sigma_{max} = \frac{\Sigma V}{F} + \frac{M}{W} = \frac{1710}{59.2} + \frac{997}{57.2} = 46.5 \text{ 吨/公尺}^2.$$

$$\text{当 } h_1=0.01 \text{ 时: } \sigma = \frac{\Sigma V}{F_1} + \gamma h_1 = \frac{1710}{59.3} + 1.7 \times 0.01 = 28.9 \text{ 吨/公尺}^2.$$

說明不考慮 ΣV 的偏心力距是不對的，因為核算基礎底以下一公分的應力比基礎底小 38% 這是不近情理的。但可以肯定的是 h_1 愈大，不考慮偏心力距的誤差愈小，因此本設計仍用上述的計算辦法，求得水泥膠結體下沙夾卵石的應力為 1.4 公斤/平方公分。

IV. 施工經過

1. 机具準備及佈置:

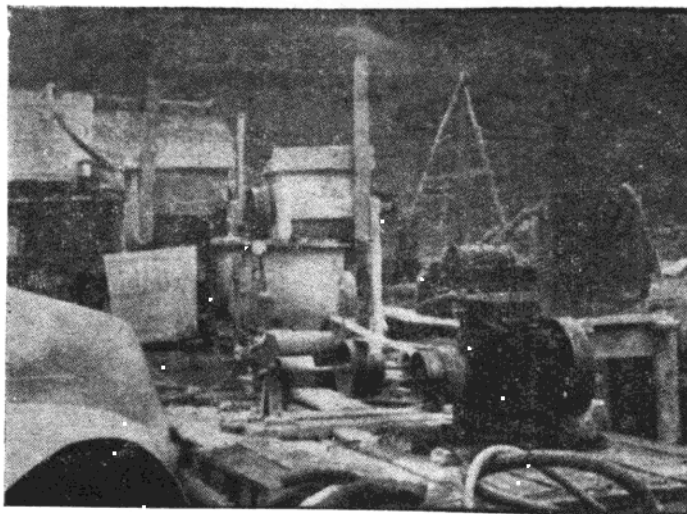


圖 3

因為工期緊，此次配製之配件除主要部份外，一般均為臨時性的，具體佈置見壓漿機具佈置圖（圖3及4）。主要機具如下表：

機 具 表

名 稱	規 格	單位	數量	附 註
高压泥漿泵	M型 100/30	台	2	30个气压，100立升/分鐘壓漿量
人力鑽機		部	2	包括套管水泵冲击設備
卷揚機	手搖 3 吨	部	1	
承重架		部	1	利用手搖鑽機承重架
內燃柴油機	15匹馬力	台	1	帶動泥漿泵用，為便開慢車調整壓力，故需較大馬力
內燃柴油機	8 匹馬力	台	1	帶動調漿機用
調漿機	双 箱	套	1	自制，附清水箱，量水箱，儲漿箱
高压膠管	4-6p × 25公厘 × 18公尺	根	4	外裝甲承壓力可達30公斤/平方公分
旋轉三通	25公厘	套	2	帶索母膠管接头
拔管橫担卡瓦	25公厘	套	2	

名 称	規 格	單位	数量	附 註
双輪滑車	150公厘~200公厘	个	3	
鋼絲繩	$\frac{3}{8} \sim \frac{1}{2}$ 吋	公尺	60	帶卡子6~10个
膠管接头	25 公厘	套	3	
大 錘	10~12磅	把	1	
手 錘	1.5~2磅	把	3	
套筒搬手	9~12件	套	1	
呆搬手	$\frac{1}{4} \sim \frac{3}{4}$ 吋	套	1	
活动搬手	6 吋	把	1	
活动搬手	12吋	把	3	
鯉魚鉗	6~7吋	把	2	
鋼絲鉗	7 吋	把	1	
管子鉗	18吋	把	2	
管子鉗	24吋	把	2	
撬 棍	1.5公尺	根	2	
改 刀	4~6吋	把	各 2	
鉗 子	尖、扁	把	4	
鋼 剪	$2 \frac{1}{2} \sim 3$ 吋	把	1	
銼 刀	10~12吋	把	3	半圓及圓10吋各1个，扁12吋1个
麻 繩	$\frac{5}{8} \sim \frac{3}{4}$ 吋	公斤	25	
普通鋼管	25公厘	公尺		長度一般4~6公尺，总長根据工作情况決定
管子套絲板	1吋	套	1	

2. 劳动力組織:

具体工作由技術員一人領工員一人領導，以下建立鑽孔組与压漿組。

(1) 鑽孔組: 有鑽机兩部，根据工作進展情况，每部鑽机分一至三班 (每 班 八 小 时)，以一部鑽机为單位，所需人員如下表:

鑽 孔 人 員 表

人 数 班 数	職 称	机 組 長	鑽 探 班 長	鑽 探 工	鉗 工	普 通 工	備 註
一	班 制	1	1	3		4	机組長兼修理
二	班 制	1	2	6	1	8	
三	班 制	1	3	9	1	12	

上表所列人数在鑽孔深度不超过15公尺为限，如超过15公尺，每班每4公尺增加普通工一人。

(2) 压漿組：領工員任組長掌握全面，記錄員一人，記錄全面情况，下分五个小組人員如下表：

压 漿 組 人 員 表

人 類	職 稱	內燃司机	鉗 工	助 手	起 重 工	普 通 工	備 註
机 动 組		2	1	3			每小組設組長一人
調 漿 組						4	
供 水 組						8	水源距現場 100 公尺左右
供 灰 組						6	运灰距离 100 公尺左右
拔 管 組			2		1	5	

3. 操作过程：

(1) 佈置工地：压漿机具佈置見附圖，其位置距外圍鑽孔1.5~2公尺安裝，分前后兩部（前为泥漿泵部份，后为調漿箱部份）中間以膠管啣接，安裝时前部先裝泥漿泵，再裝中間軸，后裝內燃机。后部先裝儲漿箱，再裝調漿箱，后裝中間軸，最后裝內燃机。在机具安裝时，必須保持水平垂直方位正（机器相向方位），主动輪与被动輪保持相对，以免皮帶跑偏。

(2) 鑽孔及放入灌漿管：鑽孔全部操作与地質勘测鑽孔完全相同，套管打入式鑽進用冲击式达到要求之深度时，放入灌漿管，將套管拔起，灌漿管留放孔內，管外填入砂礫或砂，上面用空心重鉋夯緊，堵塞管外与孔壁間縫隙以防止在压注时冒漿。灌漿管放入前，要進行檢查是否良好。

鑽孔順序：先鑽外圍，逐步向內間隔鑽進，見孔眼佈置圖（圖2）。

(3) 压注水泥漿：

A. 机具檢查：

- ① 內燃机裝好后進行試車，檢查有無不正常的声音及不良現象。
- ② 开动泥漿泵压入清水，檢查泥漿泵並測定灌漿管是否暢通。
- ③ 調漿內燃机發动后，將皮帶滑入工作輪空轉（不放水与水泥）檢查。
- ④ 前述机具試車檢查时，供水供灰組進行运灰运水工作，拔管組作好拔管准备。
- ⑤ 前后各配件檢查無問題时，即可通知調漿組調漿。

B. 調漿：檢查完畢后，听候組長的指示進行調漿，步驟如下：

- ① 从量水箱內將水放入調漿箱。
- ② 將定量之水泥通过承灰板用推灰器推入調漿箱。
- ③ 將灰推入調漿箱后10~15秒即通知机动組打开开关將漿放入儲漿箱。

④ 待漿放完通知机动組將开关关闭進行第二次調漿。

⑤ 利用两个調漿箱照以上步驟進行循环作業。

調漿的灰水重量比外圍用1:1.5, 內部用1:1, 系参照三次試驗情况決定。

C. 压 漿:

① 在每孔压漿前先用清水進行試压, 檢查压力表压力正常时, 即將清水开关关闭, 將水泥漿开关打开, 進行压漿。

② 掌握开关之人員在压漿时要随时注意压力表的情况, 随时与內燃司机取得联系, 压力表的上昇与下降反映了压漿孔的情况。

③ 如發現压力表指数过高时, 內燃机速度应降低, 調整压力。

④ 压力突然降低时, 是泥漿泵發生故障 (有雜物將凡尔支起或其他問題), 应即刻停止泵的運轉, 進行檢查, 但不得超过五分鐘, 以免水泥沉淀, 堵塞压漿管。

⑤ 每層压入的水泥漿量及每次拔管的高度, 根据具体情况及計算決定。

⑥ 每層定量之泥漿在接近压完时, 用信号通知拔管組拔提压漿管。

⑦ 机具發生故障时, 調漿組应立即停止調漿。

⑧ 在压漿中途因机具發生故障須停車修理时, 最好能維持將此一次压完。如必須中途停車时, 必須先压入清水, 將膠管及灌漿管內之泥漿排出, 以防止泥漿沉淀而堵塞出漿孔。

⑨ 工作進行中必須明确分工, 互相配合, 加强联系。

D. 起拔灌漿管:

① 在工作开始前, 作好准备工作 (檢查管路、絞車、承重架、鋼絲繩)。

② 听从机动組每次漿压完之信号, (紅旗) 進行拔管, 見拔管操作圖 (圖1)。

③ 每孔未灌注前, 檢查鑽孔夯实情况。

④ 每孔灌注完了后, 用砂將孔填死夯实, 以免鄰孔压漿时在此孔冒漿。

⑤ 在每孔灌注完了前, 作好下一孔的准备工作, 該孔完了时将管拔出后, 即向下一孔移承重架, 並立即清洗上一孔拔出的灌漿管。

4. 發現特殊情况及处理經過:

(1) 出漿孔堵塞現象: 在开始压注第一孔时即發現有堵孔現象, 第二、三孔压注时更因堵孔而使压力反常的增大, 堵塞最厉害者僅剩有三、四个出漿孔出漿, 一般的均堵塞三数孔。經反复研究, 起初認為是水泥漿沉淀堵塞的, 后在檢查泥漿泵时, 在儲水室內發現大量之鉄砂, 堵孔的关键找到了, 決定編制鉄絲網將水泥漿過濾, 堵孔現象基本上解决了。

(2) 本孔冒漿現象: 压第二只孔时, 發現水泥漿沿压漿管外壁冒出, 採用上部夯实的办法防止, 初起因恐夯实后增加拔管子困难沒有認真作好夯实工作, 还有少数的冒漿現象, 以后經過仔細檢查, 認真夯实冒漿現象就很少了。

(3) 鄰孔冒漿現象: 即压注某一孔时, 鄰近孔已下的套管或压漿管冒漿, 初起認為孔位太近, 採取了間隔鑽孔, 隨鑽隨压漿的措施, 解决了一些問題, 后一階段在孔位距8.9公尺时, 亦有冒漿現象, 又採取了以下措施:

① 压漿时, 鑽孔深度与压漿孔深度相等时, 鑽孔工作暫停。

② 已下好之灌漿管上端用堵头堵塞。

③ 掌握好鑽孔與灌漿孔之間隔。

④ 壓漿組工作時間密切配合鑽孔之具體情況，做到隨鑽隨壓。這樣雖然好得多了，但還沒有徹底解決。

(4) 壓漿管拔不起：在開始壓注時，是按順序壓注的，因鄰孔冒漿，採取間隔壓注後，預埋而尚未壓漿之壓漿管由於前一次壓注之水泥漿跑漿半徑超過孔距，水泥漿將灌漿管凝結所致，以後採取了隨鑽隨壓的辦法，基本上解決了這一問題。

(5) 壓力過高現象：初開始壓注時，內燃機及泥漿泵以固定速度運行，因出漿孔堵塞或其他原因，壓力突然上昇而使壓漿膠管爆裂兩次，後改為用內燃機的速度來調整壓力，即將內燃機的速度，根據壓力表的指數來決定，壓力昇高時，速度減低，壓力正常時，內燃機速度也保持正常，使壓力不致過大或太小。

5. 檢查結果：

在壓漿過程中及壓漿後，皆不斷注意檢查工作，惟以限於技術水平，檢查尚難於掌握關鍵處所，茲將歷次檢查情況分述如下：

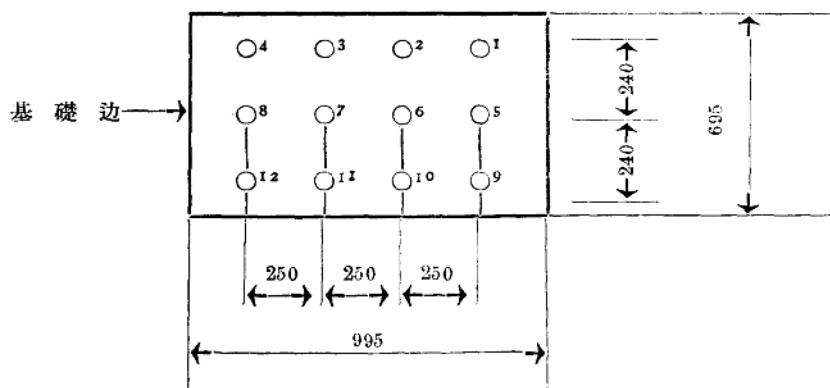
(1) 圍堰外是否跑漿：於圍堰壓漿完畢後，曾於13號孔下游1.5公尺及16、17號孔中央下游2.0公尺探驗兩檢查孔，除第一處在地面下6.5公尺穿過1公尺的水泥漿層外，基本上是沒有水泥漿的，說明水泥漿無散失情形。

(2) 12月16日基底中央部份壓漿時，發現地表有縱橫小裂縫四道（較顯著者，最寬約1.5公分）因氣溫經常在0°至-6°C間變化，初疑為凍結關係，其後經測量証實在壓漿範圍內個別地面有隆起約4公分現象，說明是水泥漿壓力的作用，也証明水泥漿在沙夾卵石孔隙中足夠的填實了，並未散失，但壓力可能太大，在沙夾卵石中形成了新的空隙，因此增大了灰漿用量，也可能破壞了附近已被水泥漿膠結的沙夾卵石。

(3) 載重試驗：壓漿後開挖至標高364.4即有凝結較好的沙夾卵石，開挖至為困難，至標高363.9逐漸變為松軟，因自此標高以下至362.92夾有淤泥和細沙，水泥漿難於壓入，而且也在當初計劃壓漿高度之上，故僅含有少量的灰漿或根本無灰漿，並在基底部份有六處冒水（加以圍堰部份未壓好，滲水仍很大，需3部800加侖抽水機始能抽干），情況較為惡劣。經在標高393.12做載重試驗兩處，壓力至12公斤/平方公分時，總沉陷分別為42及142公厘，說明凝結情況很壞，經繼續下挖至標高362.92（即設計基底標高），即全部凝結如礫岩，其允許承載力估計在10公斤/平方公分以上，故未另作載重試驗，但為了証實下層是否有松軟層，決定再作下列的鑽探及補壓檢驗。

(4) 鑽探及補壓檢驗：全部壓漿完畢後，灌注基礎合時，曾在基底範圍內預埋白鐵管12根，佈置如下圖。在白鐵管內進行鑽孔及補壓檢驗。茲將鑽孔深度及鑽探情況等表列如下：

补压孔位置圖



孔号	鑽探深度 (自基底起算)	發現松軟層情况			完成鑽孔 工班数	附註
		深度	厚度	說明		
1	2.34M				2	
2	2.03M				2	
3	0.47M				無記錄	白鉄管弯曲套管打不下孔内有漏水現象
4	2.40M				2	
5	2.30M				2	
6	2.37M	1.4 M	0.18M	淤 泥	5	有一段漏水
7	0.71M				無記錄	白鉄管弯曲套管打不下
8	2.95M	1.81M 2.17M 2.64M	0.35M 0.19M 0.2 M	較 軟 沙 卵 石	3	
9	3.04M				3	
10	2.15M	1.47M	0.18	淤 泥	3	
11	2.14M	1.32M	0.10	淤 泥	5	
12	0.47M				無記錄	白鉄管接头弯曲套管打不下孔内有漏水現象

(a) 除第3、7、12号孔因白鉄管接头弯曲，套管被卡住外，其余9孔共鑽深21.72公尺，其中1.2公尺为軟層，約佔5.5%，比較最嚴重的为6、10、11孔，在基底下約1.4公尺有0.1~0.18公尺厚淤泥層，这些淤泥層很可能連成一片(根据1951年4月4号墩明挖資料，在基底标高附近亦有淤泥数处，每处面積約0.1平方公尺，但不連成一片，6、10、11号孔相互距离达2.4~2.5公尺，也可能未連成一片)，好在厚度僅0.18公尺，而且对整个基底面積言，所佔比例仍屬很小，且已包圍於水泥漿凝結的沙夾石中，又經過补压，基底应力僅3.6公斤/平方公分，应可安全負担。

(b) 除3、7、12三孔外，共鑽深 21.72 公尺，共用劳动力27班，折合为 216 工班小

时，平均每10工班小时始可鑽進一公尺（包括拔管在內，用水冲冲击法），且導管下得不深，較压漿前每鑽進一公尺最多只1.25工班小时，增加工时8倍。这一鑽進速度，約相当於一般砂岩或礫岩的鑽進速度。說明除个别有淤泥部份外，沙卵石膠結的情况是很好的。

(c) 12个孔中3、6、12三孔部份層次中有漏水現象，其余皆密不漏水，应可負荷3.6公斤/平方公分的应力。

(d) 上述各孔鑽妥后，共压入水泥2.4噸（約为以前压入量的 $\frac{1}{5}$ ，同时还有很多水泥漿是用以填塞鑽孔的），往往压力增至8公斤/平方公分（在內燃机轉速最慢情况下），仍然压注不下，說明压漿后的沙夾卵石孔隙已極少。

V. 結 論*

僅根据以上所述各点，总结对6号墩的設計是否正确，施工質量是否合乎要求，似仍感难于肯定，必有待於今后不断的观测，才能作出最后結論，除已由施工現場不断測量該墩沉陷情况外（及至本文脫稿时，墩身已全部砌完，尚未测出任何沉陷），作出初步結論如下：

(甲) 設計方面：

1. 地質資料缺乏，鑽探資料不够精确，未鑽出沙夾卵石夾有淤泥細沙，这对决定压漿与否是有着直接关系的。4号墩明挖时，只有个别小面積的淤泥，尚可容許，而6号墩淤泥層面積較大，虽补鑽补压，証明層次不厚，仍值得今后特别注意。該墩附近前后虽共鑽有五孔，但大部份系用水冲冲击法（因鑽探时对具体要求不明确），致未能將淤泥層探出，对这一工程造成很大的損失是值得今后警惕的。

2. 决定压漿的主要原因是：『略陽端上游4.5公尺处探知岩層驟落5公尺余，不能下沉井』。鑽探样品已說明夾有石灰岩，既有石灰岩，即可能有溶洞，所謂驟落，很可能系小溶洞或溶縫，並非基岩忽高忽低，在确定設計原則时，未从地質上作進一步了解分析，肯定其确無法下沉井，从設計根据說，是不够有力的。

3. 上面已經說过，水文地質資料特別是地下水流速及土壤孔隙率始終未好好測定，施工过程中也未進行了解，設計本身是有着或多或少的盲目性的。

4. 由於設計施工前進行三次試驗，自操作方法至压漿效果，得以初步掌握，是取得目前成果的有力保證，在难于用具体計算确定或尚無整套設計資料的設計中，用試驗确定設計是具体切实的有效办法之一。值得在今后設計中提倡採用的。

5. 压漿时先以低压力，小孔距，低灰水比，压注圍堰后，再依次增大压力，压注中央部份是正确的，但压力不宜过大，以防破坏地層原有結構。初步想像，今后如桥基压漿时，將地層可以压漿的資料正确掌握后，如在基底預埋压漿管，俟墩身安砌后再行压漿將可允許較大的压漿压力，地層亦难于因压力大而抬起，灰漿用量可減小，因此可得較好的效果。

6. 本桥已有三个沉井，因設備关系，沉井控制工期很厉害，如果6号墩也採用了沉井，对全桥的工期可能要加長，影响鋪軌。

(乙) 施工方面:

1. 整个的机具配置及操作过程, 已摸索出一整套办法, 这一套办法是相当成功的。
2. 下压浆管时, 应经常注意地质情况, 检查水冲样品。只顧盲目的鑽, 地质有了变化, 甚至发现淤泥也未察觉, 加以适当的措施, 是有待改进的。
3. 对施工言, 工期較沉井短, 机具设备簡單, 几乎没有防水問題, 施工时水位对操作影响也很小, 因此工程費低, 是这方法的最大优点。
4. 施工过程中, 分析研究工作做得太少, 对这一試驗性的工程, 設計單位虽抽出大批力量直接参加學習, 协同研究, 但無論設計与施工方面的工作人員仍感不够重視, 因此地面为什么开裂? 水泥中渣滓如何彻底清除? 載重試驗为何不够? 凝結好了的沙卵石可承受多大荷載? 为什么会發生松軟層? 倒底有多少松軟層? 是否有办法补救? 如何补救? 地下水流速究为若干? 是否兩处深鑽就能肯定灰漿沒有散失? 水泥膠結層以下的地層可負担多大的荷載? 平均每立方沙夾卵石压注 250 余公斤水泥是否損耗了? 原因在那里? ……… 这一系列不能輕易得到解答的問題, 都未能好好研究出結果來。

(丙) 其他方面:

1. 在試驗过程中, 在压力相同的情况下, 証明水压比空气压力能收到較大的效果, 过去隧道灌漿防水層, 皆系利用空气压力, 效果甚差 (压不進去, 勉强压进去了仍然漏水), 經在安乐河、八庙溝兩隧道利用此次經驗以水压進行灌漿, 成效較好 (隧道公司另有总结), 为今后隧道防水層施工方法开辟了一条可以嘗試研究的道路。
2. 是否对该墩進行补救問題: 部份同志提出六号墩尚須立即進行补压漿, 並尽可能压至基本岩層, 必要时还需打鋼板樁圍堰后再行压漿。我們初步研究, 目前虽不敢肯定这一試驗性的施工是絕對成功的, 但也还未能肯定是失敗了, 应该尽一切可能取得不断观察的資料, 据以肯定是成功还是失敗, 如果成功了硬說成失敗了, 或失敗了硬說成成功, 並根据这些不正确的說法去处理問題都是不应当的, 必須根据失敗或成功的具体事实去分析原因, 再進而决定应否补救, 如何补救?

茲將应否立即進行补救正反兩方面的理由表列如下:

次序	須补压的理由	先行观测暫不补压理由
1.	根据載重試驗, 沉陷太大, 不足以承受 3.6 kg/cm^2 之应力。	載重試驗地点是未計劃压漿的地点, 不足以代表压漿处的允許承載力。
2.	其他各墩都發現淤泥, 水泥漿未能压入淤泥層, 將來必致有过大的沉陷。	截至目前止, 未發現有沉陷, 虽有淤泥, 面積不大, 厚度亦小, 已包围於凝固的沙卵石中央, 且所受应力不大 (3.6 kg/cm^2), 暫不必考慮。
3.	河床深处尚挖出樹根, 說明冲刷嚴重, 基底太淺須补压至基岩。	(1) 处理河床冲刷, 应从河床防护着手。 (2) 基底挖出樹根, 根据調查系河床逐年淤高的后果, 並非本溝某一次洪水冲深河床复又淤積形成, 真的是河床不固定也应该从防护着手。

次序	須补压的理由	先行观测暫不补压理由
3.		(3) 我們根据: 1) 綫路右側約60公尺嘉陵江河床最深处标高364.39, 高於挖出樹根处标高3.97公尺, 高於6号墩基底标高1.47公尺; 2) 河流出口虽在嘉陵江凹岸, 但河岸石灰岩外露, 嘉陵江水淺, 不可能向該河方向移动; 3) 兩河交会后, 下游是一狹峽, 束窄河床, 峽口上游嘉陵江洪水流速应較小, 不致显著的將河床冲刷, 致波及本桥。以上三点說明樹根与冲刷完全無关, 而河床也不可能有人大的变化。
4.	相隣的三个沉井曾先后抽水, 水泥凝結沙卵層之下可能被往复的地下水流冲空。	沙卵基础, 明挖抽水者甚多, 都未考虑因抽水破坏地層組織这一点。 目前該墩尚無任何下沉現象, 因此証明也沒有显著的冲空現象。
5.	目前虽不能肯定其必致失敗, 但在無足够把握的情况下, 应略偏於安全, 恐万—待观察發現問題时, 挽救不及。	除非是一次洪水的冲刷將桥墩冲倒, 否則不致發生挽救不及的突变。且本桥系倒灌水位控制, 本溝流水冲刷最多只能持續一小時左右, 既加了近墩防护, 当不可能有如此突变發生, 而且也不可能將河底冲刷得比嘉陵江河底更低些, 沉落或沉落不均, 目前虽尚未發現, 將來可能發現, 但这是長時間的。在簡支結構里, 些微沉陷或沉陷不均, 不是严重的問題, 而且沉陷不会驟然發生, 果如沉落太多是来得及补救的。

* 本文脫稿於1955年3月, 至付印时, 該桥已通过兩個洪水季节考驗。經向營運單位了解, 經過兩年來不断的測量檢查, 該桥技术状态正常, 未發現任何裂縫或傾斜現象。因此本文脫稿时難於肯定的問題, 現在可以得出正面的結論了。
1957—3—18 补註

附 录:

土 壤 顆 粒 分 析 表

粗 (公厘) 徑	所 佔 %
30 以上	24.3
15~30	18.5
5~15	31.3
2.5~5	5.5
1.2~2.5	9.3
1.2 以下	11.1

主要料具消耗統計表

名 称	規 格	單位	数 量	备 註
柴 油	輕 質	公斤	300	
汽 油		公斤	450	
机 油		公斤	30	
普 通 銅 管	25 公厘	公尺	50	
高 压 膠 管	25 公厘	公尺	33	
管 靴	3 吋	个	2	
鑽 头	十字一字	个	6	
皮 帶	2~4吋	公尺	25	
鑽 管	40 公厘	公尺	3	
泵 缸 套	70 公厘	个	4	
皮 碗	70 公厘	个	20	
凡 尔		套	20	
套 管	3 吋	公尺	2	

勞 动 力 統 計 表

工 項 \ 工 別	技 工	鑽 探 工	普 通 工	完 成 工 作 量	备 註
鑽 孔	33	456	1596	共鑽深度902.4公尺	共 228 班平均每班 9 人技工系修理工
压 漿	69	46	621	压入水泥215.6吨	技工系內燃司机及修理人鑽探工掌握开关及担任助手
檢 查 鑽 孔	8	96	336		
补 压 鑽 孔		64	224	共鑽深度23.1	修理工作由鑽探工担任共鑽12孔
总 計	115	662	2777		