

建 筑 工 程 部

預应力混凝土及鋼筋混凝土結構會議
快 速 施 工 經 驗 交 流 會

技 術 資 料 選 編

第 二 集 特 種 結 構

建 筑 工 程 部 建 筑 科 學 研 究 院
施 工 管 理 局 編

建 筑 工 程 出 版 社

建 筑 工 程 部

預应力混凝土及鋼筋混凝土結構會議
快 速 施 工 經 驗 交 流 會

技 術 資 料 選 編

第二集 特种結構

建筑工程部 建筑科学研究院 合編
施工管理局

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1 9 5 9 •

建筑工程部
預应力混凝土及鋼筋混凝土結構會議
快速施工經驗交流會
技術資料選編(二)

建筑工程部 建筑科學研究院 合編
施 工 管 理 局

1959年4月第1版 1959年4月第1次印刷 3,060册
850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 90千字 • 印張 $3\frac{7}{16}$ • 插頁2 • 定價(10) 0.65元
建筑工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 書號: 1582

建筑工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)
(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

目 录

預应力抽芯爆破組合管樁 建筑工程部第一工程局 (1)

預应力混凝土压力管立式纏絲試驗报告

..... 冶金工业部建筑科学研究院等 (21)

湿气式煤气罐預加应力鋼筋混凝土貯水槽設計

經驗介紹 建筑工程部东北工业建筑設計院 (28)

預应力混凝土电杆研究 电力建設科学技术研究所 (38)

預应力棧桥支架設計... 建筑工程部东北工业建筑設計院 (56)

預应力混凝土矿井支架研究試制总结报告

..... 建筑工程部水泥研究院 (65)

在煤炭工业中几种預应力鋼筋混凝土結構的

研究情况 北京煤炭科学研究院建井研究所 (79)

流水机組法鋼弦混凝土軌枕制造工艺初步总结

..... 铁道部铁道科学研究院 (89)

預应力抽芯爆破組合管樁

建筑工程部第一工程局

一、樁的結構构造

这次試制的樁身管节是委托齐齐哈尔市水泥管厂制作的。管身每节長2.00公尺，根据試驗要求进行拼接；拼接采用了三种类型进行比较，即：

- (1) 鋼板圈接头；
- (2) 鋼筋搭接接头；
- (3) 凹凸插入式接头。

經過我們試打結果，認為这三种类型中以第一类最为可靠，但是費鋼量較大，并且增加了施工的复杂性。对于第二、第三类，則都在送樁入土过程中接头处破裂。

樁身管节共分三个类型：Ⅰ型是在樁身中間的管节两端都帶有鋼板圈。鋼板圈和縱向主筋連接在一起，鋼筋和鋼板圈必須用焊縫焊好。焊縫長度为12公分（相当 $10d$ ）。Ⅱ型的管节是在樁头上的，一端帶有鋼板圈，和Ⅰ型管子連接，一端配有三层鋼筋網。放鋼筋網的作用是防止在錘击过程中樁头打坏而損失全部預应力值。Ⅲ型管节是在樁的最下面一节，在一端有鋼板圈作为和Ⅰ型管接連，一端有鋼板圈和樁靴連接。管节的底座留二个槽，作为接放預应力筋支承杆之用。

管子与管子之間的連接是以接头类型不同而有所区别。

1. 对于鋼板圈接头的形式

管子間是用H形板焊接在鋼板上連接的。采用H形板是为了滿足焊縫長度的要求。鋼板圈不仅作为接連构件的連接附件，并且由于管节接触面的冲击力大，不可避免会产生橫向应力，因此鋼板圈还起了箍的作用。

2. 鋼筋搭接式的形式

管节分为Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ三型，和第一种接头形式不同的是，凡是以鋼板圈接連的地方，均留出 6 公分長的縱向筋（相当于 $5d$ ）。連接时管节对齐，6 根縱向筋均用搭接焊，焊双面焊縫，管节和管节的縫隙填以砂浆。

3. 对于凹凸插入式接头的管节分为Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ型三种。Ⅶ型相应于Ⅰ型，Ⅷ型相应于Ⅱ型，Ⅸ型相应于Ⅲ型，带鋼板圈的地方改成凹凸形（如图 1）。

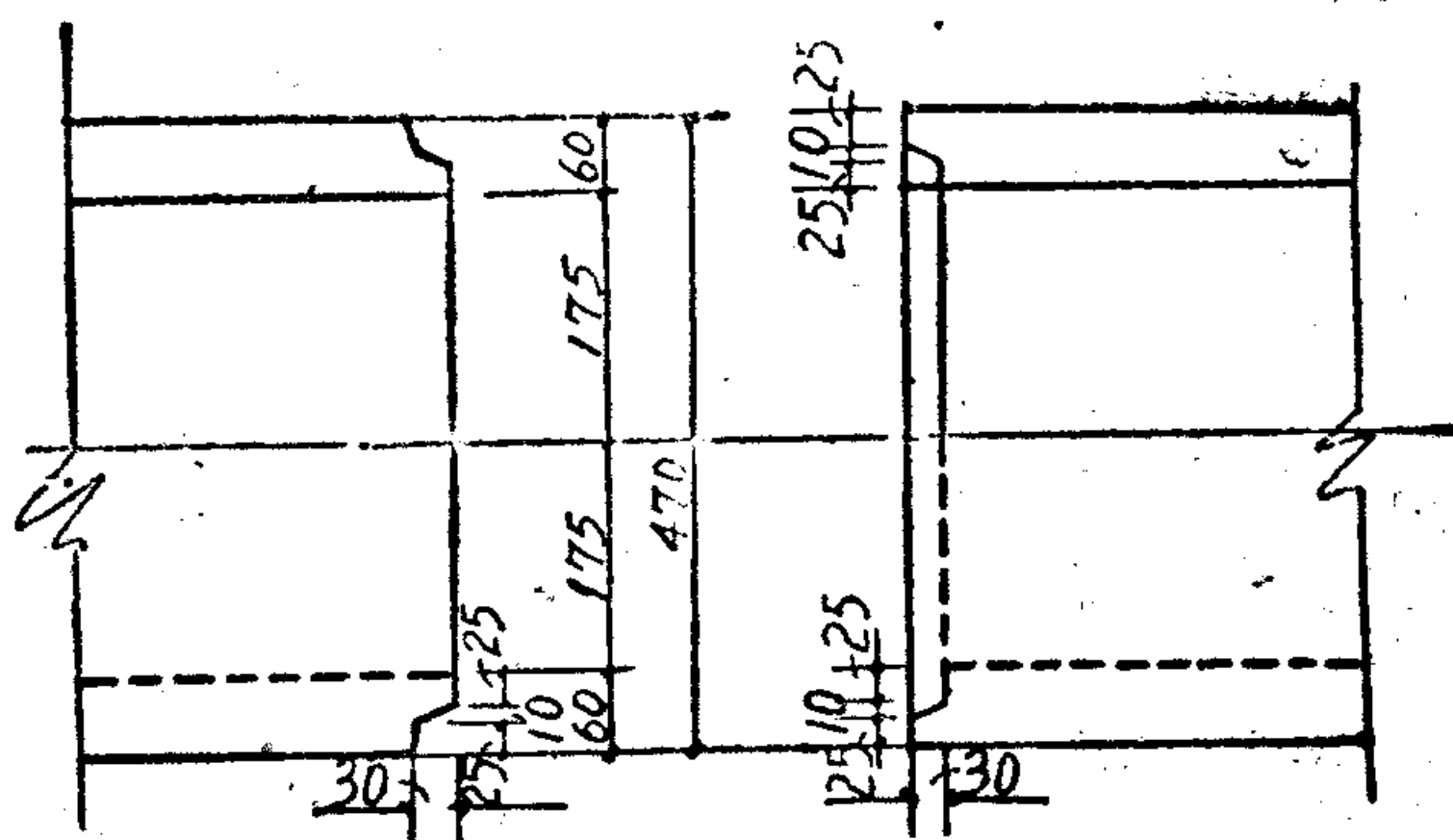


图 1

拼装时非常簡單，只要插入就行，在接触处垫上 5 公厘厚的石棉板，以改善接触面的应力集中。

关于抽筋部分的构造，我們是考虑下述四个原則：

- （1）抽得快；
- （2）省鋼筋；
- （3）制作方便；
- （4）操作簡單。

根据这四个原則，我們的抽筋設備是用二套橫杆作为固定預应力筋的支承杆，支承杆的构造如图 2 所示。

一个支承杆固定两根預应力筋，其中一根是用插銷固定，孔徑要較光滑或者大一些，使鋼筋插銷和支承杆能自由轉动，另一根用鋼筋做或 U 形套环（見图 3）。用热弯是完全可以滿足上述要求的。以二根鋼筋作为一組，一根樁共用二組預应力筋，其中

一組鋼筋支承在管壁下面，另一組穿過留下的孔槽支承在鑲入的構件上。

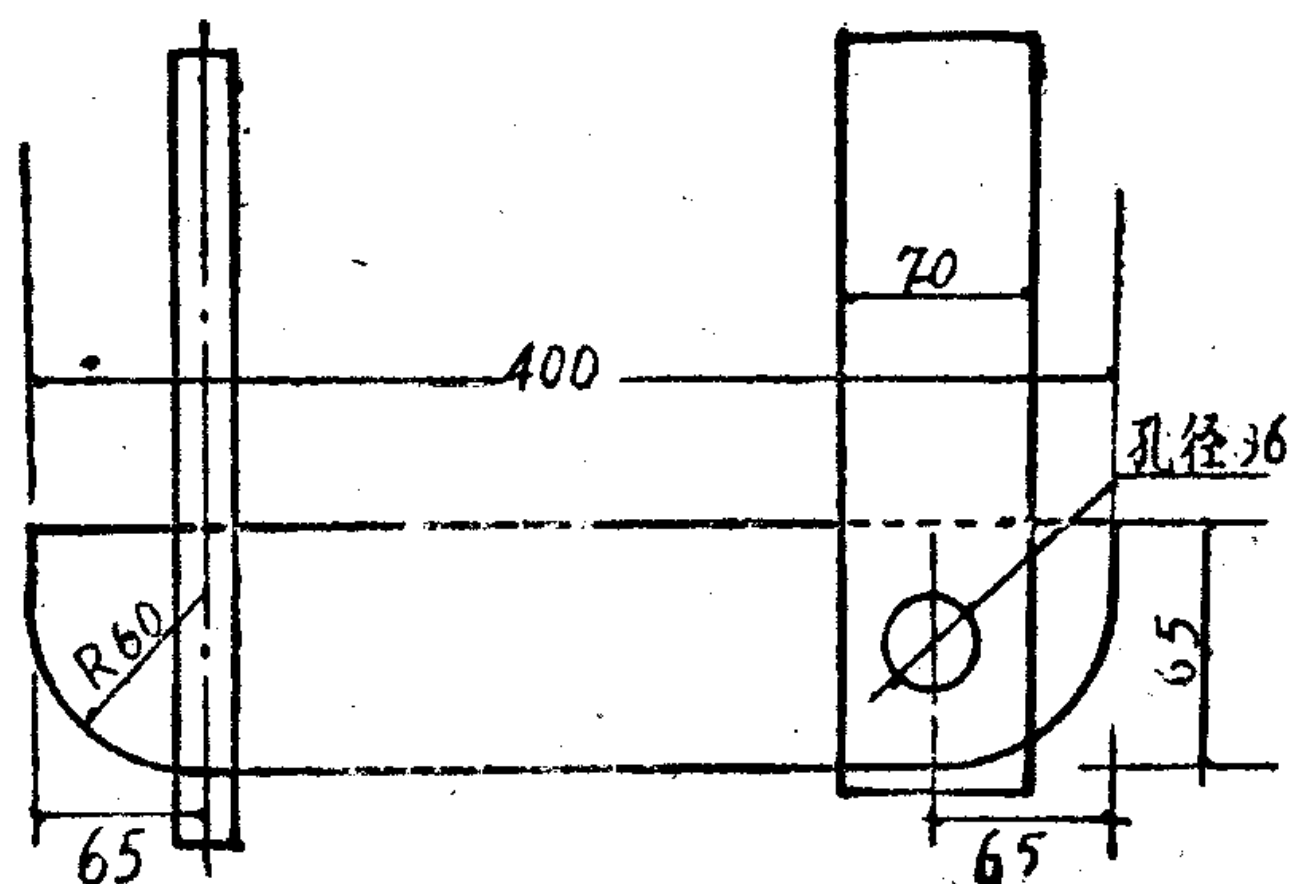


图 2

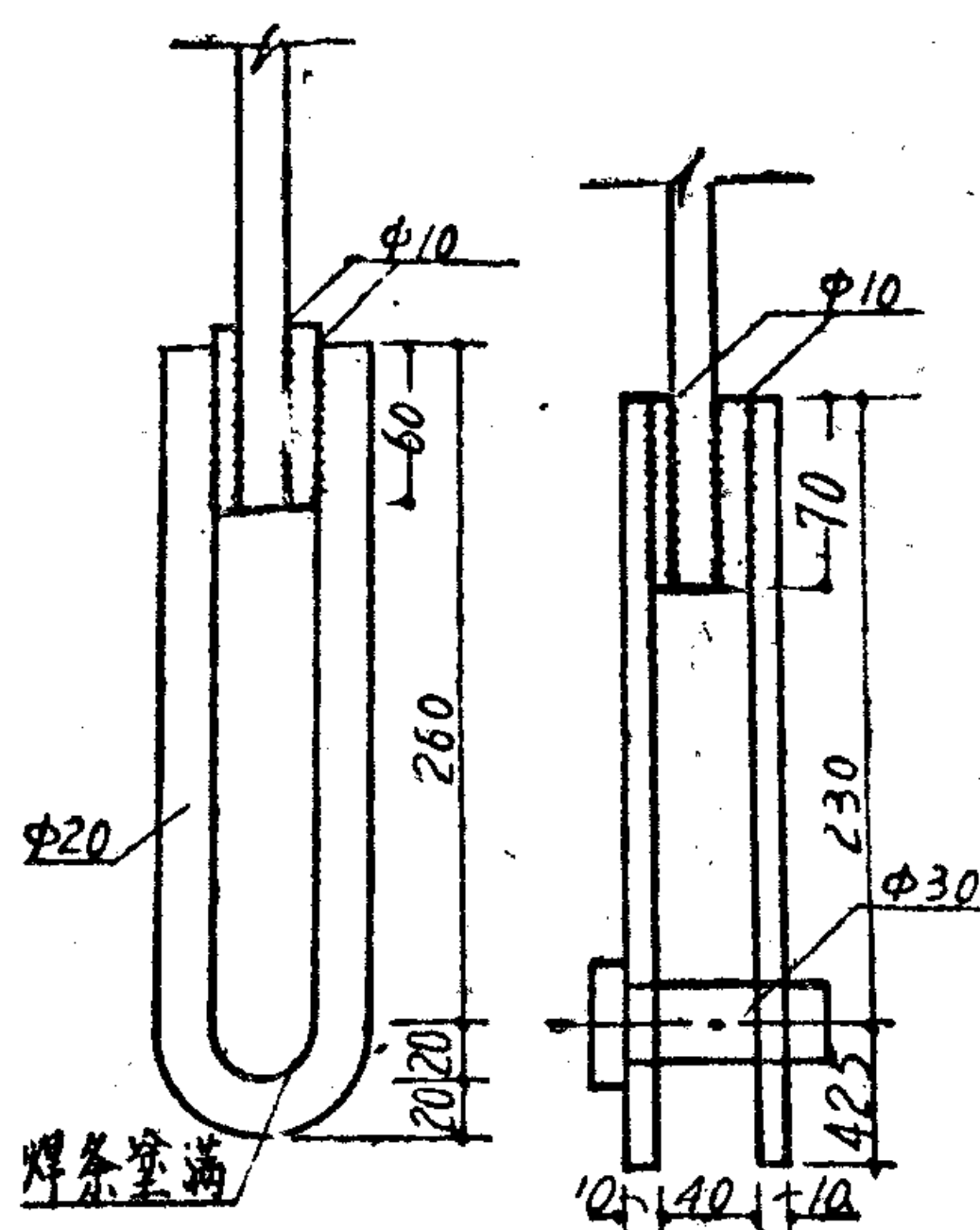


图 3

为了防止应力集中挤碎混凝土，所以支承杆的支座上，都埋有鋼的鑲入構件。鑲入構件做成扇形，下面焊有短鋼筋，埋入混凝土中的插銷板留孔位置，支承杆尺寸，均經過計算确定。計算是根据預应力数值的大小而确定的。

因为采用爆破桩，所以桩靴采用钢材做成，桩靴是用一块或几块 8 公厘厚的钢板制成。在设计爆开的地区围以一道或几道加强箍。在箍以下（一直到桩尖），用氧气割开 6 条线，再用浅焊缝焊上（单面焊）。采用这种措施是为了使在爆炸过程中，桩靴就沿这六片爆炸，既不损坏管节的混凝土，又可以使桩靴爆炸中心不偏斜，和新浇的混凝土很有规律的粘结在一起，从而提高桩的荷载能力（见图 4）。

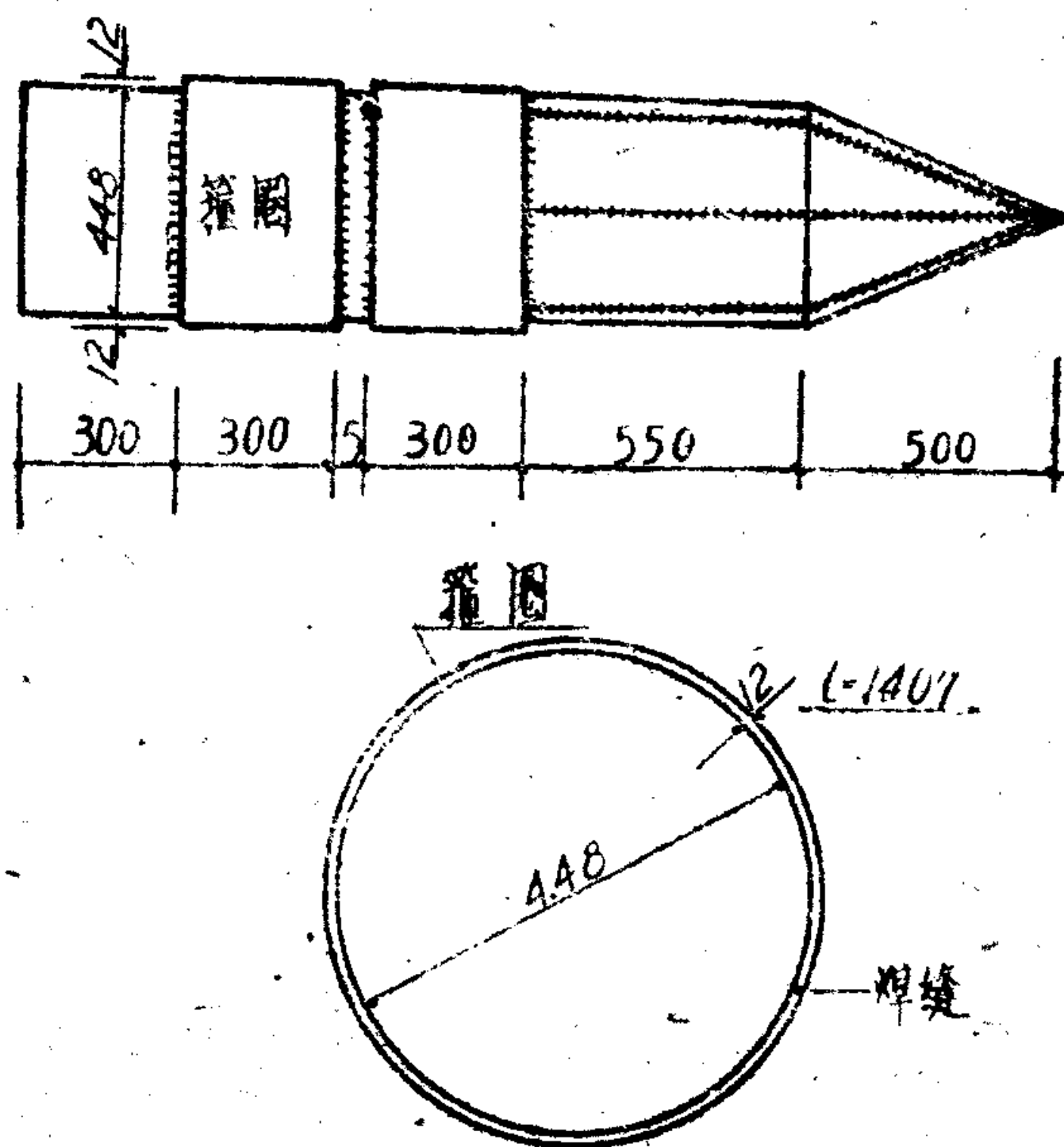


图 4

预应力筋的另一端（即在桩的上部），是用一块圆钢板盖住管口，作为固定预应力钢筋的支承构件（以后统称上支承钢板）。钢板上留有四个孔，可以穿过预应力筋。预应力筋在预应力完毕后，是用螺帽固定在钢板上。

上支承钢板的大小可以根据经验来采用，因为设计要通过弹性力学中一系列复杂的计算来确定。事实上这块钢板是作为工具使用，稍为大一些，对整个桩的费用来讲仍是极为微小的，忽略

不計算是完全可以允許的。

在樁頂上，再蓋以一個樁帽，作用是在打樁過程中使預應力筋的螺杆不受損傷。樁帽的構造詳見圖 5。

樁帽也沒有通過計算，這主要是樁錘的錘擊力無法確定。我們所採用的樁帽是經過修改後使用的，經過試打證明效果良好。

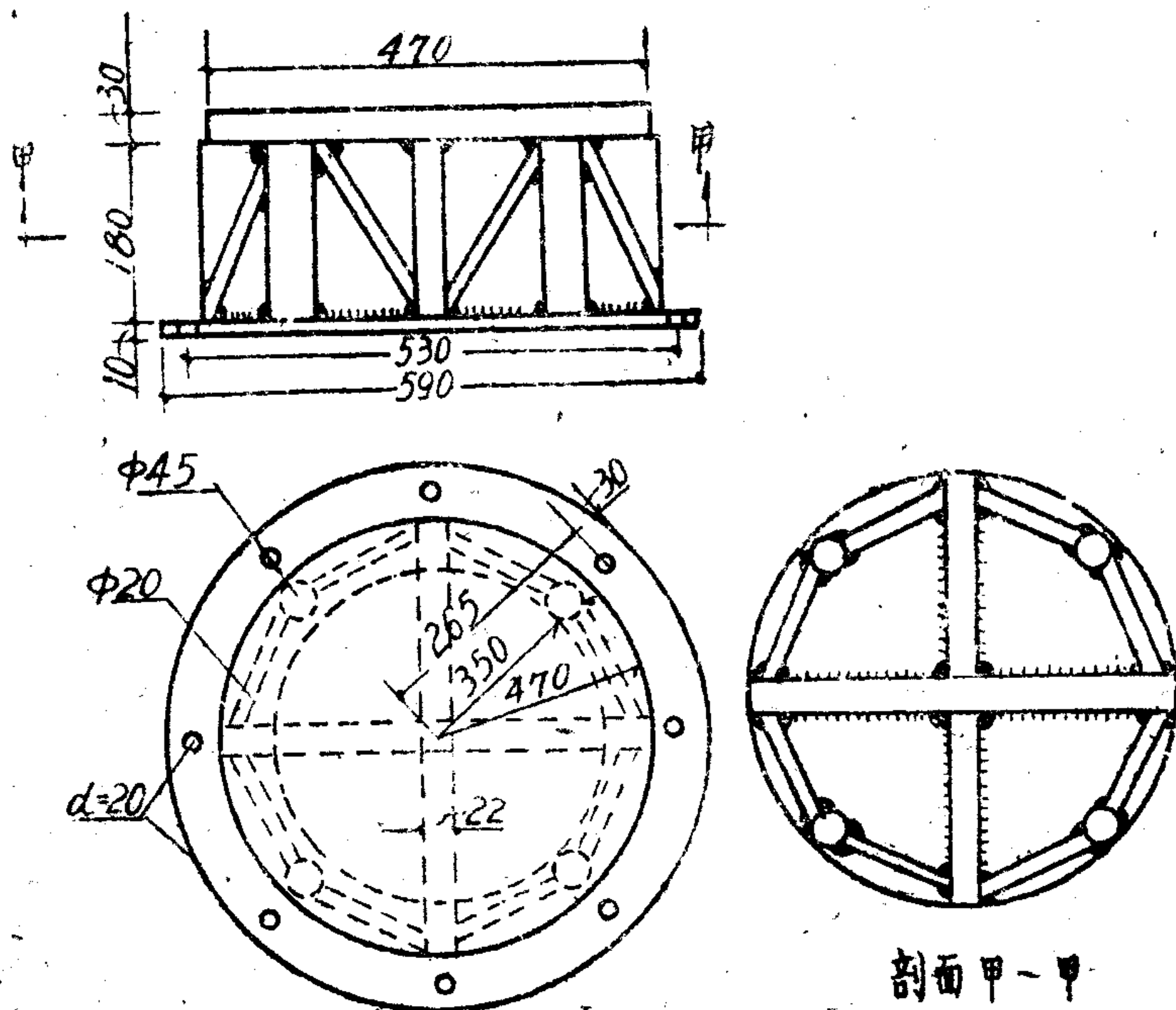


圖 5

二、施工設備及工藝過程（不包括打樁）

制作樁身管節的設備大致有下列這些：

- (1) 管身鋼模；
- (2) 离心生产管身的整套設備（同一般管厂）；
- (3) 綁扎螺旋筋的架子；
- (4) 冷拉設備；

(5) 电焊机。

主要設備和一个普通水泥管厂相同。因为生产管节在国内已有成熟資料，故对詳細設備不再贅述。拼装管节成預应力樁的最特殊設備，就是需要一台后張千斤頂及相應的設備（套筒、活搬子等）。

我們試制的管节，縱向非預应力鋼筋采用 $\phi 5$ 螺紋鋼，經過冷拉时效。生产Ⅰ型、Ⅱ型管节时，和水泥管厂生产普通的上下水道水泥管没有什么区别。Ⅲ型有較多鑲入构件。這個問題在生产中是这样解决的：

扇形鑲入构件可以焊在鋼圈上，这样可以防止在澆灌混凝土时滑动移位。留的孔槽是以木块垫在鋼模中，以木螺絲固定在鋼圈上。所以在制作鋼圈时就在預先指定的位置上留好了小孔，木块也不会移动。

扇形块，必須保持和管底面平行（即上管身）。管身設計用400[#]混凝土制作，立方体試块强度到达600[#]。拼装樁身时，必須有一块絕對平整的工作台，可以減少甚至消灭樁身的弯曲現象。

当用鋼板接連进行电焊操作时，必須注意先用点焊把H形板点焊在鋼圈上，在一面焊上一条淺焊縫后，必須将管身轉180°焊反面，反复几次的焊可以減少在电焊过程中引起的樁身弯曲現象。

預应力鋼筋是用直徑20公厘 25 ГС 的鋼筋，沒有經過冷拉。

預应力筋之所以沒有冷拉，是考虑到預应力筋和U形套圈及插銷板是以电弧焊連接的。鋼筋經电弧焊后，冷拉的加强即产生回火現象，强度仍不能提高，有两种补救的办法：

(1) 焊完后冷拉：

优点是可以提高鋼材强度，缺点是短的預应力筋也必須一根一根地拉。

(2) 在和U形套环及插銷板接連处的一段鋼筋，用直徑較粗的鋼筋。例如：我們用的預应力筋是 $\phi 20$ 的，那么这一段用 $\phi 25$ 的。

鋼筋截面积加大为： $\frac{4.9-3.14}{3.14}=56\%$

而冷拉强度增加为： $\frac{5500-4000}{4000}=37.5\%$

Φ25和Φ20的鋼筋是完全可以对接焊接連的。

我們試制樁的預应力值很小，每根鋼筋的預应力值只有 $3.6 \times 3.14 = 11.3$ 吨，后張千斤頂活塞面积是15.8平方公分。所以当采用压力表来控制时，压力表的讀数只能讀到71.5公斤/平方公分，如果用較大的压力表，其誤差势必很大（誤差10公斤/平方公分即可影响預应力值达14%），用伸長度控制的話，因为鋼筋的初应力无法測得，伸長度也只能作为参考，所以在使用过程中应尽量采用讀数較小的压力表。

樁的預应力是采用后拉法，所以沒有張拉模槽等一系列复杂設備。熟練的工人，一个小时可張拉10—15根（一組兩人）。

三、打樁、抽芯、爆炸

这次試驗，一共打了四根樁：

- （1）12公尺長鋼板接头的一根；
- （2）6.5公尺長鋼筋接头的一根；
- （3）5.5公尺長鋼板接头的一根；
- （4）5.5公尺長凹凸形接头的一根。

打樁用三吨落錘，用吊車起吊，利用自动脫吊打樁入土，樁架用二台經緯仪校正（打第一、第二根樁），打第三、第四根樁时由木工一名吊綫校正樁架位置。

落錘高度控制得不严，所以每陣的貫入度略有参差。

樁架高度13.8公尺，三吨錘高1.5公尺，吊車把杆長17.5公尺，打樁时均挖去地面土1—1.5公尺。

当地地質情况如表1所示。

打第一根樁时，樁帽上垫了五层麻袋，麻袋上面是30公分高的榆木，上支承鋼板和管节之間沒有垫什么东西，只用快凝砂浆

表 1

点	土层深度 (公尺)	土壤分类	天然含水量 (%)	液 限	塑 限	塑性指数
1	-2.00	粘 土	22.9	37.45	18.00	19.40
2	-2.50	粘 土	22.6	—	—	—
3	-3.00	粘 土	23.5	44.15	21.65	22.75
4	-3.50	粘 土	23.0	37.80	20.60	17.20
5	-4.00	粘 土	28.3	39.60	20.30	19.30
6	-4.50	粘 土	—	41.60	23.15	18.45
7	-5.00	粘 土	35.9	41.35	20.95	20.40
8	-5.50	淤 泥 层	35.4			
9	-6.00	淤 泥 层	40.6			
10	-6.50	細 砂	12.7			
11	-7.00	細 砂	12.8			
12	-7.50	細 砂	24.9			
13	-8.00	細 砂	28.0			

找平。

由于接触面不佳，第一根樁打到70錘时，管节口混凝土开始剥落。再经过10錘，管口混凝土損耗非常严重，預应力值全部損失。一共打了170錘，樁头齐地平緩，樁頂的混凝土打碎了17公分之多，預应力当然一点也沒有了。

打第二根樁时，在樁頂周圍裹了三層麻袋用鋼板(寬4公分)箍了起来，但是第二根樁一共打了12錘，接头处就裂开了，这个类型沒有打成功。

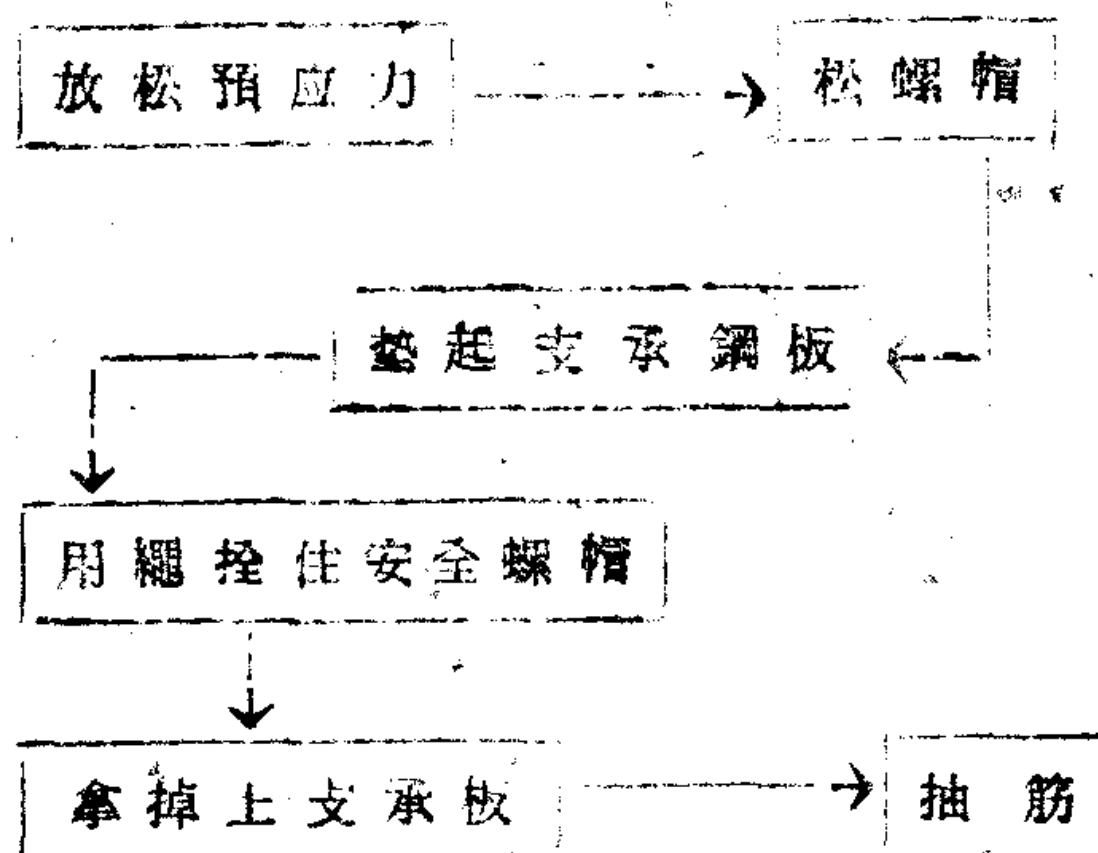
打第三根樁时，我們采用了加大預应力值，管节和固定預应力鋼筋板之間墊以15公厘厚的硬橡皮，改善接触面，然后在管节頂端周圍箍了一道10公分寬的鋼板箍，鋼板箍与混凝土之間墊三層麻袋，用二次張拉来解决預应力損失值。

打第四根樁的情况是这样的：当将接头处打入土內前，拆开鋼板箍檢查混凝土，由于樁身有偏斜，所以落錘的錘击力主要集中在—面，—面的混凝土已压碎，而另一面尚完整。因为在拆开之前是箍紧的，就无法知道到底在什么时候混凝土开始破裂。因为

混凝土已經破裂了，所以在繼續打樁時就將箍繼續箍好。但是只繼續打了13錘，管身就偏移得非常厲害，不得不停止打樁。

抽筋部分非常成功，操作過程是这样的：

第一種方法：



抽筋時，先抽下面的預应力筋（即支承杆 支承在 A-A 面上的），先將二根鋼筋都往下放，然後用力抽動帶銷的鋼筋，鋼筋就會自動脫落。

抽完了下面两根然後抽上面两根，其方法同上。

第二種方法：

在松螺帽時，先鬆動帶銷的鋼筋，因為在 U 形套環處的支承板做成了弧形，所以鋼筋自動脫鉤落下，然後鬆動帶鉤的鋼筋，讓鋼筋都落下後，移去支承鋼板，抽出單根的鋼筋。我們認為上述的抽筋構造是符合我們設計原則的，也是此次試制中最为成功的地方。

鋼筋抽出後就可以準備爆破。

我們的爆破工作是以武漢長江大橋的資料為依據的。樁靴採用三種不同形式：

（1）長2.00公尺（包括樁尖），圍二道加強箍；

（2）長1.50公尺（包括樁尖），圍一道加強箍；

(3) 長1.50公尺(包括樁尖), 沒有加強箍。

炸藥用3公斤, 把炸藥裝在容器內(我們用鉄皮罐), 一共接2—3根電雷管, 雷管埋入炸藥內, 用導線接出, 只要有足夠電壓的手電池3—4節, 就可以使雷管引起爆炸。

盛器必須密封, 以防止水泥漿滲入而影響炸藥效果。

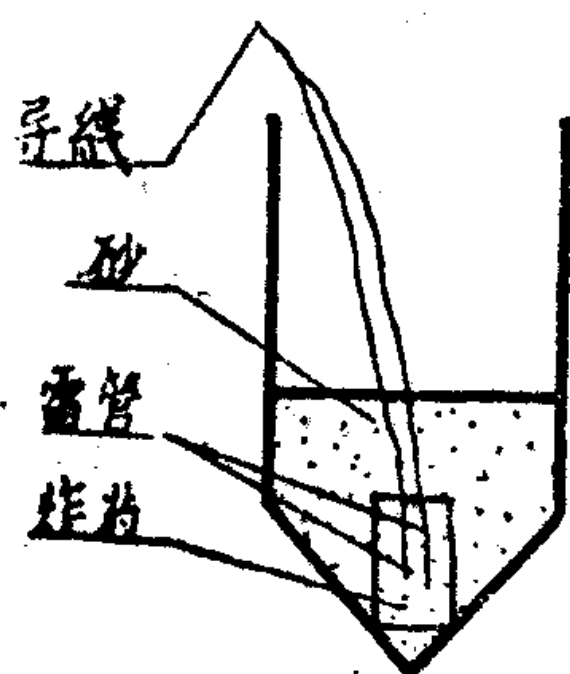


圖 6

炸藥裝好后, 就把炸藥放在樁尖, 接出導線以待通電, 先鋪一層砂(厚40—50公分), 然後以大流動性的混凝土灌入樁內。填砂的目的是為了保證安全, 混凝土的標號可以在90*左右, 坍落度18—22(如图6)。

如果用低標號的水泥, 以較小之水灰比配合則更好(這樣可以使水泥漿豐富, 改善混凝土的和易性)。

混凝土灌滿樁身後, 就在樁頂壓以鋼板, 以防爆破時混凝土濺出, 然後通電, 炸藥就引起爆炸。壓在上面的鋼板跳了一下, 就落在原處, 混凝土就全部落入炸坑內。由於管心盛滿混凝土只有0.4立方公尺左右, 所以還必須繼續澆灌混凝土。如果樁身需要加強, 則在樁身中再澆灌高標號混凝土。

四、幾種接頭類型比較及試制得到的經驗教訓

1. 對於這三種接頭類型我們作了如下比較:

(1) 鋼板式的:

優點是保證截面等強度, 管節間之力由焊縫傳遞管身底面不平不影響管子接連。缺點是費鋼、費工。

如果是12公尺長的樁, 一共有四個接頭, 接頭處的耗鋼量即為整個樁耗鋼量的28%, 而一個四級電焊工每天只能焊2—3個接頭, 所以在大量使用上是不合適的。

(2) 鋼筋式的:

鋼筋式的優點是比鋼板式的省鋼, 但是操作仍不方便, 留孔

槽位置必須精確，否則鋼筋搭接處便會產生偏斜。鋼筋式接头的最大缺点是結合處的強度要比管節強度低。管節和管節接觸面用砂漿找平時，由於砂漿強度不可能在幾天內到達400^{*}，因此形成一個特別脆弱的斷面，同時由於接头只是用鋼筋搭接起來，這種類型經預應力後，雖能承受較大之拉力值，但不能承受巨大的冲击力，而打樁入土時，必須有足夠之冲击力，所以在接头處之混凝土剝落，引起樁身的破損。並且這種形式仍然費工，除了電焊之外，尚需水泥工找平管節、壓實砂漿，所以我們的意見是不宜採用這種類型的接头。

(3) 凹凸式的：

它的主要优点是省工，兩個管節一經插入就可預應力。但是由於凹凸面不易做得平整，接觸面的冲击力仍極為可觀，所以在接觸面處應墊一些柔性材料。我們是墊了石棉板。所墊的材料必須平整，否則樁身經預應力後就會產生偏斜，所墊材料必須經過仔細的選擇。即使這樣，如果打樁時產生了偏心力（這種情況在很大部份打樁情況中是會產生的），接头處仍容易打壞。我們打的第四根樁，還在接头處圍上10公分寬的鋼板箍，結果仍因為局部擠壓而在接头處破損。因此，我們認為用落錘打這種類型接头是不合適的。至於採用振動打樁，情況是否可以改善些，因為沒有做具體試驗，所以不能下結論，估計情況可以改善些。

根據實際試制，我們認為如果以短的管節組合成樁是不經濟的。如果大量生產使用時，管節長度應控制在8公尺左右，接头還是用鋼板式的。16公尺的樁只有一個接头，耗鋼量的百分率將大大減小，並且還能保證質量。

2. 這次試制中，最令人遺憾的是我們沒有測定打樁時樁內產生應力的情況，也沒有測定預應力的損失情況，並且打的都是短樁，這對大量使用來講還缺乏足夠的數據。

因為我們打四根樁，都在打樁完畢前預應力就已損失，其原因很多，主要一點還是混凝土接觸面的損耗。

舉一個實際例子來講：

長12公尺的樁，預應力筋長約為10公尺左右，預應力值3600公斤/平方公分時，拉長為 $\Delta l = l \frac{\sigma}{E} = 1000 \frac{3600}{2.1 \times 10^6} = 1.71$ 公分。

如果混凝土因為接觸面不佳損耗1公分時，預應力損失值： $\sigma = E \cdot \varepsilon = 2.1 \times 10^6 \cdot 1 \times 10^{-3} = 2100$ 公斤/平方公分。

我們拉的第一根樁，樁頂混凝土消耗達17公分，當然，預應力值損失干淨了。所以我們認為，管樁的樁頂必須加強，單加3—5層鋼筋網是不解決問題的。我們在打以後幾根樁時，採用了兩個措施：

(1) 在管節和鋼板A之間，墊一層硬橡皮，保證接觸處的柔性，至於墊什麼材料，我們認為以柔性大、耐打的材料最好。預應力值肯定會損失一些，但是如果採用超張拉，兩次三次循環張拉是完全可以克服這個缺點的，預應力值的損失減低到最小程度。

我們在張拉第四根樁時，曾經測定這個數值：

預應力值：3600公斤/平方公分，油表讀數應為71.5公斤/平方公分。

油表誤差為-15公斤/平方公分，所以油表值應停留在85公斤/平方公分。張拉第一根筋時，使油表打到85公斤/平方公分擰緊螺帽。張拉第二根筋時，使油表打到85公斤/平方公分。擰緊螺帽。擰螺帽保持壓力表讀數不變。這說明控制張拉值能得到保證。第三、第四根鋼筋本來都已經擰得很緊，但是第一、第二根預應力後，硬橡皮由於壓縮而使第三、第四根鋼筋都鬆動了。我們把第三根鋼筋預應力到85公斤/平方公分，第四根鋼筋拉到90公斤/平方公分，然後反過來拉第一根鋼筋，油表讀數65公斤/平方公分，螺帽即可擰動了，可以知道預應力損失值。

支承杆和支座之間的壓縮，混凝土的彈性壓縮值的總和為：

$$\Sigma \Delta l = 1000 \frac{1150}{2.1 \times 10^6} = 5.5 \text{ 公厘}$$

再拉第二根鋼筋，油表讀數到75公斤/平方公分時才擰動螺帽，預應力的損失比第一根小一半，第三根拉到80公斤/平方公分才能擰動螺帽，比第二根又小了一半。可以這樣認為預应力損失的主要原因還是由于橡皮墊層的壓縮，而經過二次到三次張拉（一般兩次已可滿足預应力損失值），如果再採用超張拉，這個損失值完全可以補足。

（2）在樁頂周圍墊三層麻袋，用鐵箍箍緊，這樣可以防止混凝土的橫向壓縮而引起之破裂。採用了上述措施後，第三、第四根樁雖然都打了170—180錘，但是樁頂的混凝土仍極為完整（第四根因沒有用砂漿找平管頂，应力集中過大，稍有剝落）。

如果打長樁（9公尺以上），那麼錘擊數將大大超過170錘。我們認為除了上述措施外，尚需採用加強樁頂結構的辦法來保證預应力值，在打樁完畢前仍有足夠的數值。

加強樁頂可以下列幾個辦法：

（1）加大樁頂截面（如图7）；

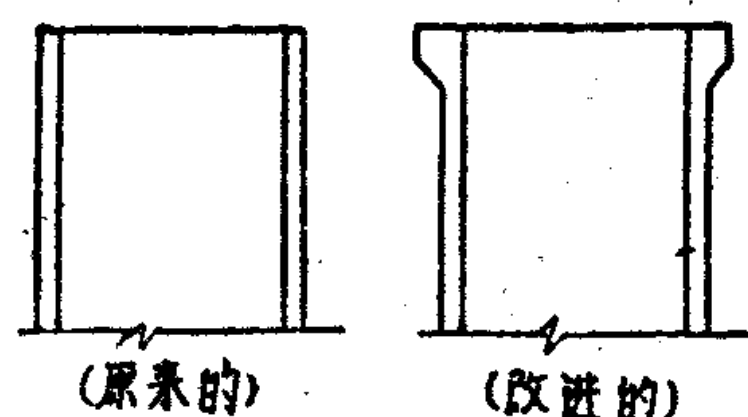


图 7

（2）多放鋼筋網；

（3）樁頂用4公厘的薄鋼板作為鑲入構件，使樁頂和預应力筋的鋼板接觸面加大。

3. 如果採用組合式的管樁，則在管節接頭處混凝土的損耗也會影響預应力值。我們的第二、三、四根樁都是在接頭處損壞而破損的，對第二、第三種類型的接頭，我們認為用落錘打樁是不合適的。第一種接頭類型只要完全按照設計圖紙施工，接頭的強度就能得到保證。

我們打的第三根樁，是在第一個節點處破壞，原因有三個：

（1）縱向筋（12公厘非預应力筋）和鋼筋沒有焊好，只是點了一下；

（2）鋼圈沒有焊好裂開了；

（3）焊縫用3公厘電焊條燒了三遍，鋼圈和管子接觸面的