

自 应 力 鋼 筋 混 凝 土

B. B. 米哈依洛夫 著

建 筑 工 程 出 版 社

573.7

936



內容提要 本書敘述了蘇聯中央工業建築科學研究所和其它研究單位對根據採用特製應力水泥來探討鋼筋混凝土結構應力加筋的新方法方面所進行的研究結果。

本書可供土木建築工程師參考。

原本說明

書名 САМОНАПРЯЖЕННЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН
編著者 В. В. Михайлов
出版者 Государственное издательство литературы
по строительству и архитектуре.

出版地點 Москва, 1955
及日期

自應力鋼筋混凝土

方均譯

吳中偉校

※

建築工程出版社出版 (北京市東城門外南風土路)

(北京市書刊出版營業許可證出字第 052 號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 573 字數 26 千字 787×1092 1/32 印張 2⁵/₁₆

1957 年 7 月第 1 版 1957 年 7 月第 1 次印刷

印數: 1—2,250 冊 定價 (11) 0.36 元

※ 0.46 元

統一書號: 15040·573

目 录

前 言.....	2
1. 理論前提.....	3
2. 在自由变形和联系变形条件下混凝土的延伸度.....	9
3. 自应力鋼筋混凝土.....	15
4. 制造应力水泥管及其它結構的施工方法之 选择 and 根据.....	28
表和图.....	33

前 言

中央工业建筑科学研究所公布的这一科学通报,是用来作为第二届国际予应力钢筋混凝土代表大会的资料(一九五五年在荷蘭阿姆斯特丹城召开)。

通报中叙述了中央工业建筑科学研究所以及苏联其他研究所,最近几年来采用特制应力水泥澆灌钢筋混凝土結構的应力加筋新方法的研究成果。

通过在硬化水泥漿結構形成方面所进行的一系列研究工作,确定了硬化动力学的基本規律性,并拟定了砂漿的結構形成及自应力过程的控制方法。

目前,組織工廠化生产自应力压力管的工作已經开始,并正在繼續研究其它类型的自应力钢筋混凝土結構。

中央工業建筑科學研究所管理處

一. 理論前提

苏联已經完成了一系列对于应力鋼筋混凝土的发展具有重大意义的研究工作。其中有一些使我們能够用新的方法来决定結構和确立应力加筋的过程。

由于这与混凝土的結構特性和形成更好的水泥石結構的方法有关,所以应该适当地来闡述一下有关水泥石結構形成过程的科学概念。这一概念是在苏联所进行的研究的基础上形成的。

必須单独地来研究水泥石,因为混凝土的彈塑性以及其它特性首先取决于硬化膠結材料的特性。

三十多年以前科学院院士A. A. 拜依柯夫曾經提出了矿物膠結物質的凝結和硬化过程的概念。这一概念对任何一种膠結物質和水发生相互作用的复杂过程給予了一般的解釋。但現在它已經在科学院院士П. A. 列賓捷尔的著作中得到了很大的发展。根据这些著作水泥漿凝結和硬化时結構形成的物理化学过程如下。

水泥粉末的顆粒是熟料化合物經机械球磨細而得的产物,是矽酸鹽成分的多矿物質結構。矽酸鹽成分是被鈣和部分鉄的鋁酸鹽化合物不規則地膠粘起来的(图1)。

由于每种矿物在熟料冷却时具有不同的热膨脹系数就产生了热应力,而由于碾磨則产生了細小的裂縫。在用水調拌水泥时,水泥顆粒表面层上有水和空气形成的薄膜,依靠吸着力包在顆粒的周圍。在用水調拌水泥粉末时,由于熟料成分对于水的巨大的分子亲和性(它們的亲水性),水泥顆粒表面层的空气被挤出,于是水代替了它的位置,把水泥顆粒互相隔离开来。水的吸附层由于滲入

細裂縫的深处使裂縫擴展、加大和加深，致使顆粒破壞，從顆粒中分出膠體微粒來。鋁酸鹽化合物具有對水的最大親和性，它們和水起激烈的相互作用，分裂為許多表面強烈擴展的膠體微粒，結果，它們就很快地水化了。水化後的微粒就脫離了顆粒，并被水推到周圍介質去，而在水泥顆粒中即形成了孔穴。這些孔穴和細小裂縫以及水泥構造上的其它缺陷一起使微粒進一步剝落，并使水泥顆粒分解為熟料的細小碎片，引起吸附分散作用。

由於熟料成分水化作用的結果，水分子進入了結晶格子，从而使結晶格子的體積顯著增大。結晶格子表面層在細小裂縫中的這一膨脹引起了內部拉應力，從而把結晶格子最薄弱的地方拉斷。這就導致水泥顆粒發生化學分散作用。

水泥顆粒的吸附分散作用是由於化學分散作用而加強的，使單位體積中的自由微粒數量大大地增加並形成膠體微粒部分。結果，水泥微粒活動的表面層迅速擴大，這就使水化作用加快並引起水解作用。

由於採用了蘇聯科學院物理化學研究所(A.斯米爾諾娃和П.列賓捷爾)研究出的用放射性同位素測定表面層數值的方法，就已經有可能確定：用水調拌高鋁酸鹽水泥後，只過一分鐘，膠結材料的比表面就增大至15,000平方公分/克，即增大到2.5倍，而經過一小時後則增大至300,000平方公分/克，即增大到50倍(圖2)。

後來看到的表面的進一步變小(譯者按：在圖中曲線的下降)，是由於新成物結晶過程的發展，以及由於具有高溶解度的小結晶體所引起的較大結晶體的增長。

水化物的膠體微粒和繼續水化的熟料微粒結成了一個凝聚結構，其形狀是獨特的不規則狀結構網的。在這樣的結構中微粒是在水的吸附層保護最薄弱的表面部分互相結合的。在接觸點上存在着極薄的介質間層，通過介質間層還作用着分子相互作用力，這

給了結晶系一些強度，同時，水間層也就保證了這種結構的流動性和觸變性，即破壞後的恢復性。

這裡不能低估有時夾在凝聚結構微粒間的小氣泡的作用，它們促使變形發生，並在液相滲入相結合的微粒的空間時，可能產生體積收縮和膨脹的塑性變形。這時，受拉強度應發生很大改變。這是被全蘇水工科學研究所(B.A.巴謝維奇教授)對於在壓力下處於水飽和水狀態下的試件所進行的研究所証實的。同樣，也被其他研究所不止一次地証實過。這種試件的受拉強度幾乎要減少二分之一。

微粒之間的水間層越薄，分子的相互作用力減弱得越少，凝聚結構也就越結實。這樣的結構能夠在空格的气泡內保持着大量的自由液體介質(水)。

為了研究用水調拌水泥時的水泥結構的形成，建築科學研究所(H.米哈依洛夫和E.卡爾梅柯娃)利用兩個同軸圓柱體間隙的純剪力原理製造了一個電動同步機彈性粘度計(圖3)。附加的旋轉力矩引起材料的應力狀態，旋轉力矩是由兩個自動同步機之間的“電軸”旋轉而產生的，這一旋轉與旋轉力矩成比例的誤差角。為了記錄動力變形，採用了電攝裝置。測量的精確度：當波形圖上動力變形曲線每升高一公厘時為1.2~2.4。

研究的結果確定了水泥漿在凝結和開始硬化過程中的結構形成分為二個階段：(1)結構的形成。(2)結構的硬化。

形成階段的特点主要在於它形成凝聚結構和在破壞時能轉而恢復的觸變結構。而硬化階段則在於結晶結構的凝聚。

當凝聚結構形成後不久就快速地进行水化鋁酸鈣的再結晶作用，便產生出了結晶核、結晶鏈和結晶針，成為一個貫穿凝聚結構的骨架。由水化矽酸鹽形成的結構的結晶轉化過程進行得很慢，它拖得非常長久，這種混合凝聚結晶結構的變形過程在其達到極

限變形(強度極限)時,結晶骨架的個別部分就會發生脆裂,被解放了的凝聚結構就在幾乎是平衡應力的作用下流動起來;這時,骨架的其它部分還在繼續脆裂着。這一點當水泥漿以一定速度變形時可在波形圖上觀察到(圖4)。在應力達到 p_m ,並與從調拌開始後一定時間的水泥漿的結構強度極限相適應時,結晶骨架就發生脆裂破壞現象,表現為應力的急劇下降。在這種情況下應力不會像連續性破壞時那樣下降為零,而是下降到某一平衡值,該值並不和由於凝聚結構而發生的變形值發生關係。在凝聚結構中繼續發展着的結晶骨架,在一般條件下破壞後就無法恢復了。但卻可以依靠以後的結晶過程而恢復,因為在結晶裂面會形成雙向的結晶核。這種結晶核能先形成骨架,並把結晶體結合起來。

類似的結構就永遠地保持在水泥石中,決定着水泥石的巨大的永久變形直到破裂,以及在長期荷載下發生徐變的獨特性能。

從圖5的曲線中可以看出,低鋁酸鹽水泥的水泥漿凝聚結構的塑性強度為 $70 \cdot 10^3$ 達因/平方公分,比高鋁酸鹽水泥的水泥漿凝聚結構的塑性強度為 $40 \cdot 10^3$ 達因/平方公分幾乎要大一倍。

可是,如果水泥漿的塑性強度能夠在形成結構時發生破壞後恢復(圖6),那麼正如國立莫斯科大學膠體化學系(Е.雪茹洛娃、И.列賓捷爾和О.盧克楊諾娃)的工作所證明,結構在破壞後是不能完全恢復的。

無疑,由水化鋁酸鈣形成的骨架經過摩擦後就變成另外的一種結構形式,為了調整波特蘭水泥凝結的時間,在碾磨熟料時加入石膏。石膏使水化鋁酸鈣結合成水化硫鋁酸鈣,水泥工業中為了調整水泥凝結時間而加入石膏,但還不足以使水化鋁酸鹽完全聯結,在它的結晶結構形成時終究會發生移動。

有了石膏的存在,由於各種變体的水化硫鋁酸鹽的形成就會產生鋁酸鹽成分的額外的化學分散作用。在水少而石灰濃度大

时,液相中就形成12个水分子的硫鋁酸鈣;在水多而石灰濃度小时,則形成具有32个水分子的硫鋁酸鹽。这就会形成更可塑、更結实的水化硫鋁酸鹽凝聚結構来代替硬而松散的水化鋁酸鹽結構。这时,在膠体状态中形成的水化硫鋁酸鹽,包藏着还没有起反应的水泥微粒,是結晶系的一种独特的膠体亲水可塑剂。因为硫鋁酸鹽的凝膠膜是具有很大的可塑流动性的。

如果加入少量石膏而含有很多鋁酸鹽成分时,那么,为了使結晶系变为可塑,还缺少水化硫鋁酸鹽,結果就很快地形成凝聚結晶結構。如果鋁酸鹽成分含量少,則加入的石膏常常是足够用来使結晶系变为可塑的。

水化硫鋁酸鹽結構中的再結晶过程进行得很 快,因此在針狀結晶产生的同时,就形成了一个坚固結实的骨架,在这骨架的气泡中結構形成过程按上述程式进一步地发展着。

木質磺酸鹽型亲水表面活性外加物的作用在水泥漿結構形成的过程中,結果会使鋁酸鹽成分的吸附分散作用加强,使水化和水解作用变慢,使吸附水化壳体的悬浮微粒稳定,也就是使凝聚結構和結晶結構的形成变慢;这就保证了結晶系有足够的流动性和可塑性,或者,在塑性相同时使水灰比大大降低,也就是使混合物密实性提高。

可塑剂的稳定作用当它們的数量已經不足以复盖那些由于吸附分散作用而越来越大的微粒表面时就終止了。这时,結晶系的稀釋就被塑性强度的急剧增長所代替。

吸附物質的表面活性外加物(如有机亲水物或憎水物以及水泥漿硬化过程中的电解質)的最普通的作用就是由它們所引起的 水化新成物的吸附变体。

这种变体常常会使各个結晶体的成長速度大大減低,并使單位時間內产生的結晶作用中心数量增加。表面活性物質对于結晶

核的定形面的吸附作用在于終止这些面的增長,而促使自由表面的增長和新的結晶作用中心的发生。

結果,普通的水化鋁酸鹽六面形片狀結晶变为針狀結構(图7),这就提高了多晶体水泥石的分散作用,从而对它的力学性能和耐久性起良好的影响。

吸附外加物的濃度过高会形成連生結晶間的殘余間层,即产生了削弱处,因而降低了水泥石的强度。

当亞硫酸鹽廢液和石膏同时作为水泥的組成部分时,它們的可塑作用和吸附作用似乎是結合在一起了。

为了提高建筑物中水泥石的强度,近来很注意干硬和特別干硬的混凝土拌合料。这种混凝土的水泥石特点在于在凝聚結晶結構中存在着很小的互相連通的气孔。这种膠体粒子大小的气孔結实地固定在水泥石中,成为水泥石成分的不可缺少的部分。空气系对水泥石的强度指标和变形程度都有很大的作用。气相的存在很好地說明了为什么水泥石的强度在干燥时能提高,在水挤入空气系时强度会減低以及为什么由于水泥石周圍湿度的改变会减少收縮和膨脹的現象。空气系阻碍了水化物質的离子运动道路,从而使新成物結晶体的成長发生困难,协助保持凝聚結構的細碎的粒度,因而使其强度提高。

在具有惰性填料的砂漿和混凝土中,上述水泥石結構形成的过程就要用另外一种方式。那时砂漿和混凝土只能間接地以及在減弱的程度上获得水泥石的坚固性和彈塑性。

二. 在自由變形和聯繫變形条件

下混凝土的延伸度

混凝土在荷載作用下即发生變形。

混凝土變形按其性質來說是彈塑性的變形。應力小時是彈性變形占主要地位,應力大時,特別是在即將破壞時則是塑性變形占主要地位。塑性不僅表現在受壓時,也表現在受拉時,不過受壓時的變形被研究得更多些。

關於混凝土的延伸度直到最近還有許多不同的看法。雖然,從前曾被否定過的塑性變形部分現在已經承認它的存在了,並且鋼筋混凝土的設計標準也已經預先規定了受彎混凝土構件受拉區的直角應力圖,然而,混凝土的相對極限變形(受拉)值還仍然很小,即 $10 \cdot 10^{-5}$ 。

這種情況要求對混凝土的延伸度作更為詳細的研究,特別是在聯系變形的條件下,即在結構的混凝土變形是按一定的規律變化和分布的條件下。

予應力梁的試驗(梁是由復蓋着混凝土層的被應力鋼筋圍繞着的混凝土心構成)証明,在混凝土心上出現裂縫的同時,在保護層上也出現了可見的裂縫,這時由於強大的予加壓縮混凝土心可能發生的變形就比予計的保護層混凝土的自由變形大好几倍(圖8)。

某些研究者對於這一現象是這樣解釋的,即保護層上的裂縫顯然是 在稍微伸長時產生的,但是由於它們分布得很密,並且裂口很小,所以就很難察覺了。

其它的一些研究者認為,在混凝土心的以及散置在保護層上

的予应力鋼筋的(它們在荷載时的变形和混凝土心一样)主要变形作用下,保护层混凝土的塑性提高了,因此,混凝土的一般延伸度也就显著增大。

混凝土研究者們制定了一条根据伸長和荷載变形間比例的急剧破坏(弯曲,斜变形)来判定鋼筋混凝土上裂縫出現時間的規則。不过,这一比例的破坏既可由于混凝土的破裂而产生,也可在混凝土发生塑性(流动性)时产生;因此,这一現象的真正本質只根据上述事实是无法判明的。

如果能够确定,混凝土是否能在这些非彈性变形区保持承载能力,那么研究者所感兴趣的这些問題就可以解釋明白了;如果它能保持承载能力,那么,就有了由混凝土中水泥石凝聚結構所表明

的混凝土塑性变形;如果强度消失了,那么混凝土就发生破坏。

根据图表(图9)中所示的理論假設,應該予料到:混凝土在受拉时伸長所必須的力只有在一定限度(曲綫1)內才随变形的增加而增大,过此限度繼續伸長时力就减小了(曲綫0)。

如果混凝土与和它联系着的具有显著彈性的另外物体同时变形,那么引起这种复合結構变形的力就分配在混凝土和彈性物体之間,和它們的含量及应力狀況相适应。

曲綫1和曲綫0的結合就說明了在拉力影响下混凝土試件自由变形变化的規律性。混凝土在比較大的力的作用下变形时就会达到規定的临界延伸度 ϵ_1 ,試件就会发生破裂。直綫2和3表示引起彈性物体A和B自由变形的力的大小。直綫的特点在于其斜度的大小,这一斜度表明彈性物体承受着复合結構的拉力。曲綫4表示混凝土和承受着大部分拉力荷載的彈性物体A同时变形时的总力,而曲綫5則表示混凝土和只承受着小部分荷載的彈性物体5同时变形时的总力。

当变形超过 ϵ_1 时,随着曲綫4所表示的力的增大,和彈性物体

A相联的复合結構(混凝土)的混凝土并不破裂,而繼續受力,永远处于塑性狀況下,承受着随着伸長的增加而越来越小的荷載。

結構卸載后,混凝土原来的坚固性就完全恢复。

当混凝土(曲綫5)和彈性物体B同时变形时就完全是另外一种情形了,在結構变形超过 ϵ_1 (混凝土的极限延伸度)后,变形就迅速增大直至混凝土破裂,因为这时結構总承載能力越来越小以致失去力的平衡。在混凝土破裂处发生了裂縫张开致使彈性物体的巨大变形,紧接着彈性物体B的抗力越来越大,开始承受了裂縫部分的所有外力。

可是,如此显著的现象却未引起注意。由于有了鋼筋就把一般配筋率的鋼筋混凝土的承載力也列入按曲綫5变形的复合結構,因而超过了規定延伸度的极限。

事实上,承受着巨大荷載的混凝土的平均分布在混凝土受拉区的自由极限变形(苏联各科学研究所已經不止一次地在具有普通鋼筋的鋼筋混凝土結構上試驗过)并不因为有了鋼筋而改变,而变形值一般也不超过 $20 \cdot 10^{-5}$ 。

在按曲綫4变形的結構中,利用混凝土的超过規定延伸度限度的强度的可能性沒有被实验証实过,因此常常受到怀疑。

为闡明混凝土和其它彈性物体同时受力时变形的特殊性,进行了下列試驗:

把未配筋的混凝土試件放在鋼模中承受弯曲,这一鋼模就作为按图九曲綫2变形的彈性物体。使混凝土之变形增大至大大地超过极限变形,然后卸去鋼模的荷載,同时也就卸去了混凝土杆件的荷載;接着把混凝土杆件从鋼模中拿出,并进行正常的自由弯曲試驗直至破坏。

如果在变形超过混凝土自由极限变形限度的試件上,在受拉区出現了即使是肉眼看不出的裂縫,那么这一試件或者在其脱离

鋼模時就會分裂為數塊，或者在不用鋼模的第二次試驗時強度非常低。

為了使試驗方法精確，曾預先進行了長2.0公尺的混凝土梁在鋼模中和不用鋼模的試驗。鋼模截面的尺寸按下列要求選定：在混凝土杆件同時變形時它至少要承受全部荷載的80%。

用來試驗的加到試件上的荷載是：在這樣的荷載下混凝土梁沿受拉區的裂縫破壞，應該注意的是由於梁與鋼模緊密地結合在一起，所以在破壞時不會裂成二段。但是脫離鋼模後就極易用手將其折斷。

沒有加至上述荷載並在鋼模中受彎後保持完整的梁的自由試驗證明，其強度及極限延伸度並不因為先前在鋼模中受過彎而改變。

下面引用許多這種試驗中一次試驗的數據。

用一個長為二公尺，分為二半並在每半上各有一受拉螺栓的閉塞金屬盒做成模。在模的翼板中部切數個直角切口；2個在梁的上面，尺寸為 40×120 公厘，7個在梁的下面（二個是 40×120 公厘，四個是 40×10 公厘，一個是 40×20 公厘），用混凝土澆灌金屬盒內部，從而形成一個六面形截面（圖10）。

翼板上的切口同樣用混凝土填至與盒的外部表層相平。在經過盒口而露出的混凝土的受壓區安裝2個基座為100公厘的變應儀，而在受拉區則安裝一串18個基座為20公厘的變應儀，如此，混凝土受拉區的測量就在長達360公厘的部分上進行。

混凝土梁的盒口上變應儀的排列圖表如圖11所示。試驗裝置的外觀如圖12之a和b所示。

為了保證梁和盒的持續的聯繫以及它們之間必要的摩擦，制梁的混凝土是用不收縮的石膏礬土水泥制成的。為了避免由於混凝土和盒內面發生堅固的結合而在混凝土心拆模時發生困難，采

用了极薄的潤滑剂。

在这一次試驗中制作了19个梁,它們的数据如表1所示。其中5个标准試件用来測定混凝土梁的标号,4个在盒中受弯至混凝土达相对变形 $(30\sim 50)\cdot 10^{-5}$;五个受弯(表1)至混凝土达最大相对变形 $(80\sim 265)\cdot 10^{-5}$;其余的則不先在盒中灌澆,并在自由状态下进行試驗。

使金屬盒先受二次撓度校准,并建立金屬在所选荷重限度下变形的直綫度。

試驗証明,梁截面在盒中受弯时的塑性变形越来越大;而在自由試驗中当接近破坏时塑性也增加,截面的破坏正是和塑性的增加同时发生的。

15号梁在6号应变仪下測得最大的变形为 $105\cdot 10^{-5}$,而在14号应变仪下則为 $180\cdot 10^{-5}$ 。16号梁在7号应变仪下变形达到 $65\cdot 10^{-5}$,而在14号应变仪下則为 $85\cdot 10^{-5}$ 。17号梁在12号应变仪下測得最大的变形为 $150\cdot 10^{-5}$ (图13)。18号梁在4号、7号和12号应变仪下的变形为 $17\cdot 10^{-5}$ 、 $65\cdot 10^{-5}$ 和 $120\cdot 10^{-5}$ 。最后,19号梁在12号应变仪下測得变形为 $185\cdot 10^{-5}$,在3号应变仪下为 $265\cdot 10^{-5}$ 。

这些梁的最大变形部位图如图14中所示。

进行了这一系列的試驗,我們就有可能作出关于在具有介質的条件下混凝土变形过程的結論:

1. 受拉的混凝土在接近破坏的荷載下就能出現表示为巨大的变形,并不引起强度显著丧失的塑性。这是与混凝土中水泥石的凝聚結晶結構在极限荷載下的特性有关。

2. 对于自由状态下試驗的混凝土梁來說,巨大的极限变形会引起混凝土很快地破坏(混凝土的破裂)。

3. 变形是沿着長度不均匀地分布在混凝土梁的受拉区。巨大的变形集中在各个由于混凝土結構不均匀所形成的比較薄弱的

部分。

显然,最大的变形都集中在狭小的部分,在将来的裂缝边缘,比用来试验的应变仪的20公厘基座要小很多。混凝土的基本变形值应该很大,一定比被基座限制的应变仪所能测量的变形更大。

4. 关于水泥石有效变形的理论假设,在试验时观察到的混凝土巨大变形中得到了证实。

看来,混凝土在受拉时的巨大自由变形(图15)是和这些变形的不断增长,混凝土承载能力的降低以及在载重作用下很快发生破裂的情况有关。

5. 在和承受着大部分荷载的弹性介质同时发生变形的条件下,如不加大荷载,混凝土变形不可能增长。因此,由荷载引起并达到相对伸长值大于 $100 \cdot 10^{-5}$ 的混凝土巨大变形既不引起混凝土的破裂,也没有使截面的显著减弱。这可以由以后不用钢模的混凝土梁的试验来证明,这一试验和我們对于凝聚结晶结构的变形特性的看法是一致的。

6. 在予应力受弯结构中,在引起裂缝的荷载下受拉区的力作用在钢丝上经常大于60%,可以研究一下这一区的混凝土在调整变形的介质条件下是如何变形的;因此就有可能在计算一系列受弯结构的抗裂性中正确地增大混凝土极限延伸度的值。

7. 对于在自由变形和具有介质的联系变形条件下混凝土延伸度的研究工作不能认为已经结束,还应该继续。同时,以后的研究必须要在比我们的研究中所采用的更为小的基座上来测量变形。

可以用应力外部绕丝的方法来制作予应力杆件,钢丝距混凝土杆件的表面层有一定的距离,在整体浇灌时就放进整体混凝土区中;也可以用内部应力加筋的方法。

把钢筋抽到建筑物的表面层来,做成护壁(图16)或外壳的形状是合理的,这样它还起着模板的作用。坝、水闸、挡土墙、船坞、

桥涵、压延轧钢机的基础以及其它大体积建筑物可以采用整体装配式混凝土。

三. 自应力钢筋混凝土

1. 应力水泥

现代关于钢筋混凝土结构的概念证实了在结构中受拉区采用应力加筋是合理的;在许多场合下,例如在建造管,贮油库,跨度大的梁,壳体以及一切大体积的和空间的建筑物时,还必须进行双向或三向应力加筋,实现这种应力加筋是非常困难的,并且在许多情况下实际上是无法实现的。

在苏联由于中央工业建筑科学研究所研究(B.B. 米哈依洛夫、A.H. 波波夫、C.Л. 李特维尔、Г.И. 别尔奇切斯基)的结果制造出一种称为“应力水泥”的水泥。这种水泥由于它的化学组成以及水热处理的方法在浇灌和硬化过程中体积增大,并使钢筋骨架中的所有钢筋,不管它们在混凝土中处于什么方向,都产生应力。结果形成了适合的应力状态,使自应力结构具有抗裂性。这也正是法国学者劳西叶的研究所想达到的目的,劳氏化了多年的时间研究创造一种膨胀水泥,在这方面他是有一些成绩的。苏联制造出的“应力水泥”和劳氏水泥有本质上的区别,它使钢筋混凝土的应力加筋工作大大简化,并且无私地把已有的研究成果介绍给广大的学者们和实践工作者们。

钢筋混凝土自应力的观念是以上述混凝土在荷载作用下发生巨大伸长时不发生结构破裂的特性为根据的。

应力水泥是水泥石的结构构成及在混凝土硬化过程中自动地