

冬季条件下的混凝土与 钢筋混凝土工程

Я. М. 别尔金 著

5218

建筑工程出版社

冬季条件下的混凝土与 钢筋混凝土工程

錢普殷 戴自周 合譯

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內容提要 本書闡述了混凝土与鋼筋混凝土工程的冬季施工。并說明了混凝土的配制、运输、灌筑与养护問題，以及装配式結構安装的特点。

本書可供混凝土工程施工人員閱讀。

原本說明

書名 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ РАБОТЫ
В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

著者 Я. М. БЕЛКИН

出版者 Государственное издательство литературы по
строительству и архитектуре

出版地点及年份 Москва—1955.

冬季条件下的混凝土与鋼筋混凝土工程

錢蕾殷 戴自周 合譯

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南礼士路）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第 052 號）

建筑工程出版社印刷廠印刷・新華書店發行

書号 729 46千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 2 $\frac{1}{4}$

1957年12月第1版 1957年12月第1次印刷

印刷：1—1,710 册 定價（11）0.48 元

目 錄

緒 言	5
第一章 混凝土的硬化和强度	7
第一节 混凝土的正常硬化	7
第二节 硬化的条件	9
第三节 混凝土的冻结	11
第四节 快速硬化法	12
第五节 混凝土在严寒中的硬化	14
第二章 冬季混凝土的灌注方法与任务	16
第三章 混凝土混合物的配制、运输与灌注	20
第一节 混凝土的组成	20
第二节 材料的加热与混凝土混合物的配制	21
第三节 混凝土混合物的运输	26
第四节 地基准备工作	28
第五节 混凝土混合物的灌注	33
第四章 混凝土的养护	35
第一节 蓄热法	35
第二节 蒸汽加热法	38
第三节 电气加热法	45
第四节 暖棚法	60
第五节 综合养护法	62
第五章 混凝土的养护与施工质量检查	63
第一节 施工质量检查	63
第二节 结构的拆模	64

第三节	混凝土的养护与缺陷的修整·····	65
第六章	装配式钢筋混凝土结构安装的特点 ·····	67
第七章	安全技术与防火措施 ·····	69
第一节	一般要求·····	69
第二节	电气加热的安全技术·····	70
第三节	触电的急救·····	72

緒 言

在1930年前,凡采用混凝土与砂漿的建筑工程,基本上都是在温暖季节中进行的。随着寒冷季节的到来,混凝土工程、砖石工程以及裝飾工程通常都必須停止进行。在个别及特别重要的情况下,曾采用过在建造的构筑物上装設条木板或胶合板的加热罩盖——暖棚,在暖棚的保护下采用了与夏季相同的方式进行施工。这些建筑工程所需的木料、燃料与劳动力消耗量非常大。在我国几个五年计划的年代中所开展的大规模的建設,要求改用常年不断的施工。再不能容許因季节性而引起施工期限的延长,并延迟工程的交付使用,因为这样就将妨碍整个国民經济的发展。1932年2月全苏第十七次党代表會議对建筑工作者提出了关于消灭季节性与过渡到常年施工的指示。

苏联的建筑工作者与科学工作者順利地担起了这个任务。

从事研究与掌握建筑工程的冬季施工方法,乃是苏联建筑技术的巨大成就。

由于在混凝土施工方面研究了并广泛地推行着电气加热法、蒸汽加热法与混凝土的不加热养护法,因此就可以在冬季中任何气候条件下灌筑混凝土。我国的这些巨大的建筑工地如:馬格尼托建筑公司、庫茲涅茨克建筑公司、斯大林戈尔斯克建筑公司、塔吉里建筑公司、第涅伯建筑公司、查坡洛什建筑公司等所屬的建筑工地,早已經在进行着常年的建筑施

工了。

我国建筑工程的冬季施工方法正在不断地改进着。我們正在研究的、并在目前以試驗方式采用的加有化学掺合料的“冷”混凝土,可以在冬季施工时不需把混凝土混合物加热,并不需把灌入結構中的混凝土加热,这一方法具有很大的前途。

苏联所完成的混凝土与鋼筋混凝土工程量,每年都在增长着。仅仅是古比雪夫、高尔基城和卡霍夫的水力樞紐建筑工程,在短期內就将灌筑 1500 万立方公尺的混凝土与鋼筋混凝土。这些工程中的很大部分以及工业与民用建筑工程中现场灌筑的混凝土,都将在冬季中完成。

本書的目的是向建筑工作者介紹关于冬季灌筑混凝土的基本原理与方法。

第一章 混凝土的硬化和强度

第一节 混凝土的正常硬化

砂浆与混凝土的凝結和硬化，是由于水泥加水調和时所发生的复杂的和长期的化学作用而产生的。由于化学作用的结果，水泥漿就变稠而失去流动性，即通常所說的凝結；然后水泥漿便逐漸硬化并具有强度而变为石状物——水泥石。在水泥面中生成了一种新的化学化合物，它是在水泥調和前所不存在于水泥中的。这种化合物可以使水泥面具有强度，而混凝土的强度則主要决定于水泥石的强度。

水泥与水的相互作用过程是不均匀地进行着的，在开始时其发展較快，而后来則发展較慢。水泥石强度的增长也与此相似，在头3~7天中，其增长最快，而后来則增长較慢。因此，在水泥与水調和后，水泥的硬化便将在不同的时期中以不同的速度而进行。

用不同的水泥所制成的混凝土，其强度的增长是不同的，并且在同一种硬化条件下将依据水泥的品种和活性（标号—28天龄期的强度）而不同。如果以混凝土1月龄期的强度为100%，則用不同的水泥制成的混凝土在其他硬化期間的强度（以百分比計）可以图解（根据C. A. 米罗諾夫的資料）如图1。从图解中可见，礬土水泥的硬化要比矽酸盐水泥和火山灰質矽酸盐水泥快得多，而火山灰質矽酸盐水泥的硬化則为最慢。用礬土水泥制成的混凝土可以在3天龄期間达到30天强度的96%，用矽酸盐水泥制成的混凝土可以达到27~29%，而用火

山灰質矽酸盐水泥制成的混凝土則仅达到17%。在7天龄期間的强度較接近：矽酸盐水泥可以达到30天强度的49%或53%，火山灰質水泥可以达到37%。用礬土水泥制成的混凝土在半年龄期間其强度增长极小—总共4%，用矽酸盐水泥制成的混凝土可以达到19%或37%，而用火山灰質矽酸盐水泥制成的混凝土其数值为最大—50%。

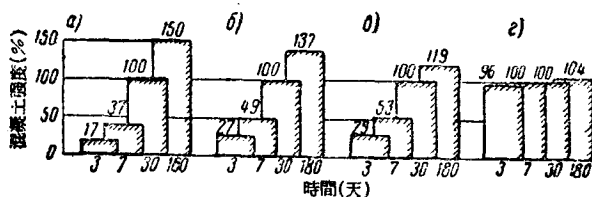


图 1 用各种水泥制成的混凝土的强度(以30天强度为100的百分比数字)

a—火山灰質矽酸盐水泥； b—活性為330公斤/平方公分的矽酸盐水泥；
c—活性為460公斤/平方公分的矽酸盐水泥； d—活性為500公斤/平方公分的礬土水泥

从图解中也可看出，随着同一品种的水泥标号的提高，混凝土强度即将加速地增长，因此高标号水泥一般都是硬化較快的水泥。

在水泥凝結与硬化的同时，将产生水化热。水化热开始发生于水泥調和后3~4小时，并且，水泥的硬化发展得愈快，而水化热的总量也愈大。人們可以观察到，礬土水泥的升温为最高。矽酸盐水泥則次于礬土水泥而居于第二位；高标号矽酸盐水泥硬化时的水化热量为最大。火山灰質水泥与矿渣矽酸盐水泥硬化时的水化热量为最小。

水化热的总量是很大的，如果采取措施防止热量損失，則混凝土在灌筑后将由于水泥的水化热而升温。譬如，采用标号

为400号的矽酸盐水泥时,温度将升至 $30\sim 35^{\circ}$ 。在水泥硬化的头3天时间内,将放出大部分的水化热,此后,放热量则较小。

混凝土的最终强度,主要决定于水泥的活性和配制混凝土混合物时在其中所加的用水量。并且,所采用的水泥的活性愈高,在水泥中所加的用水量愈小(水泥的用量一定时),则混凝土的最终强度将愈高。

为使混凝土混合物不致过分干硬,并使可能很好拌和与振动起见,必须在混凝土混合物中加入与水泥结合及水泥硬化所需的用水量的2倍左右。而多余的、与水泥不相结合的水,随后即将蒸发,并留下蒸发水所占据的孔洞,这些孔洞将使混凝土的强度降低。混凝土中所含的孔洞多少决定于加入水泥中的用水量。用水量与水泥重量之比愈小,即如通常所说的,水灰比愈小,则混凝土的强度愈高。

第二节 硬化的条件

混凝土的强度及其强度的增长速度,除决定于以上所述的各种因素外,同样也取决于混凝土硬化时的温度与湿度条件。

当混凝土在干燥空气中硬化时,水分就从混凝土中蒸发出去,在气温较高时的蒸发量特别大。残留在混凝土中的水分将不足于全部水泥的硬化。这种混凝土所达到的强度,将比在潮湿空气中或在水中硬化的混凝土为小。对于用火山灰质水泥或矿渣矽酸盐水泥制成的混凝土来说,干燥将产生特别有害的影响,因为这类混凝土在硬化时需要有较高的空气湿度。为此,潮湿的环境乃是混凝土正常硬化的必需条件。

混凝土硬化的温度,同样也有着巨大的意义。在高温下,水泥与水的化学作用加快,而在低温下则将缓慢。因此,混凝

土及其周围空气(当具有足够湿度时)的温度的提高,将使混凝土的凝結加快,并使混凝土强度的增长加速,与此相反,温度的降低即将使其緩慢。譬如,当温度接近 0° 时,水泥的凝結将比在正常条件下,即在 $+15^{\circ}$ 凝結时延緩至 $\frac{1}{2}\sim\frac{3}{4}$,而在 $+70^{\circ}$ 时則将加速至 $3\sim 6$ 倍。

温度的提高,对于用不同水泥制成的混凝土硬化速度及其最終强度起着不同的影响。

与用矽酸盐水泥制成的混凝土相比,用火山灰質水泥与矿渣矽酸盐水泥制成的混凝土,随着温度的提高其硬化的加速愈快。

在高温下($+50\sim 80^{\circ}$)强度的增长仅在第一天內較快,此后則有显著地延緩,而至1月龄期时其强度为(为 $+15^{\circ}$ 时硬化混凝土强度的百分比):

用矽酸盐水泥时	85~90%
用火山灰質 矽酸盐 水泥时	90~100%
用矿渣矽酸盐水泥时	110~125%

从上述数字可见,当在高温下迅速硬化时,用矽酸盐水泥制成的混凝土 将比其在正常硬化时的1月龄期强度少 $10\sim 15\%$,用火山灰質矽酸盐水泥制成的混凝土,其强度降低得較少,而用矿渣矽酸盐水泥时,强度将有所超出。

在 $+35\sim 40^{\circ}$ 的温度下,用高标号(500~600号)矽酸盐水泥制成的混凝土,其硬化的速度将比用普通矽酸盐水泥制成的混凝土为低,而在 $+50^{\circ}$ 以上的温度时,其最終强度将降低 25% 左右;用礬土水泥制成的混凝土在 $+30^{\circ}$ 的温度时将損失其强度的极大一部分。

这样,較高的温度与足够的湿度,对于火山灰質矽酸盐水泥,特别是对于矿渣矽酸盐水泥最为有利。

随着温度的降低并接近 0° 时,混凝土的硬化便显著地缓慢。当采用火山灰质水泥或矿渣矽酸盐水泥时,在早龄期所观察到的硬化缓慢尤其显著。矽酸盐水泥(特别是高标号的)及礮土水泥可以在上述情况下保证混凝土强度的增长更快。因此在較低的正温度下,应该采用硬化較快的水泥。

在每一种情况下,温度对混凝土强度的影响均应由实验室确定,因为即使是同一品种与同一标号的水泥,由于其組成不同而其性質也不一致。

第三节 混凝土的冻结

当温度降低至 0° 以下时,混凝土孔洞中的水即冻结成冰。如果在混凝土早期龄期,当其强度較低时发生冻结,则将造成有害的后果。混凝土的硬化与强度的增长(由于其中缺乏水分)即将停止,并在解冻前仍不能恢复。此外,水結为冰时体积漲大,将在混凝土中产生内部压力。其所生成的冰膜将破坏砂漿与卵石(碎石)間以及砂漿与鋼筋間的結合。早龄期的混凝土尚未达到足够的强度,对于这些条件的抵抗是較弱的。由于混凝土結構被破坏的結果,混凝土就变得疎松,失去了部分的强度。

冰解冻后,混凝土的硬化作用可以恢复,但混凝土由于冻结而失去的强度却不能恢复,当混凝土在凝結过程中,即在头12小时中遭受冻结时,以及在严寒中可能发生多次冻融时,混凝土强度的損失将特別巨大。

石灰比較高的混凝土受到冻结的不良影响更大。这种混凝土含有大量的与水泥不相結合的游离水,它們在冻结时将会对混凝土带来各种有害后果(发生强烈的冰冻过程)。

根据同一原因,混凝土冻结时的龄期有着巨大的意义,因

为与水泥发生化学作用的水量系决定于混凝土的龄期。十分明显,冻结发生愈迟,则与水泥结合的水愈多,因此可能结成冰的水量便愈小。

但是在混凝土中的、与水泥不相结合的游离水,还不仅决定于混凝土的龄期。游离水量同样也将决定于水泥的品种、标号与硬化温度。在高温下,硬化较快的水泥与水的结合比较剧烈。在这种混凝土中的游离水较少,因此由于冻结混凝土的受害程度也较小。

与水泥相结合的水量之所以具有很大的意义,也是由于水泥硬化作用的发展与由此所产生的混凝土强度都决定于这个水量。十分明显,与水泥相结合的水愈多,则水泥的硬化愈结实,混凝土的强度愈高,并且对冰膜使混凝土开裂作用的抵抗能力也愈大。

因此,混凝土的组成与龄期以及混凝土在冻结前的硬化条件,都是非常重要。因为这些因素可以决定与水泥相结合的水量。而这个水量一方面将决定混凝土中冰膜的形成,以及冰膜对混凝土的开裂作用,另一方面也将决定混凝土的强度以及混凝土对于破坏力的抵抗能力。

我們已经确定的是,在达到一定强度后冻结的混凝土,将可在解冻后获得正常的硬化。而要达到这一目的,即必须使混凝土在冻结前具有1个月龄期的一半强度。

第四节 快速硬化法

混凝土硬化的速度可以用各种措施来加以改变,并且根据需要可以使其硬化速度加速或延缓。这样就可使混凝土在不同的龄期中达到同样的强度。在冬季使硬化时期缩短以及使混凝土在短期内达到需要的强度是很重要的。

如前所述，采用硬化較快的水泥如：礬土水泥及高标号（500~600号）矽酸盐水泥等，可以加速混凝土的硬化。火山灰質水泥和矿渣矽酸盐水泥在正常条件下硬化較慢，因此这类水泥可以在冬季采用于混凝土在高温（蒸汽加热或电气加热）硬化的情况下，以及在灌筑大体积混凝土（水工結構物等）时，不允許采用水化热較高与硬化較快的水泥。

同时还指出了，提高温度可以使硬化加速，因此可以适用于硬化較慢的水泥（火山灰質水泥与矿渣矽酸盐水泥）来配制混凝土。当具有足够的湿度时， $+60\sim 80^{\circ}$ 的周围气温可以保证这类混凝土急剧硬化，并且对矿渣矽酸盐水泥还可提高其最終强度。在这种条件下，用高标号矽酸盐水泥、特别是礬土水泥制成的混凝土，其强度将大大降低，因此便不能进行蒸汽加热与电气加热。

此外，在混凝土組成中加入特殊的化学攪合料，也可加速混凝土的硬化。这类攪合料是：盐酸及其盐类—氯化鈣及氯化鈉（食盐）。其中最常用的是氯化鈣。

这类攪合料在起初时将使新配制的混凝土混合物变得稀薄，使其流动性增大，然后便开始加快混合物的稠化与凝結。其凝結速度将随着攪合料用量的增多而加快，并且，当加入大量攪合料时，凝結速度将达到这样快，以致使混凝土不及灌筑入結構之中。因此，对配制混凝土混合物时加入在热混凝土混合物中的氯化鈣用量，应限制为水泥重量的2~3%（见第三章第一节）。

把大量的氯化鈣加在正温度下硬化的热混凝土混合物中之所以不能容許，也正是因为它将使混凝土的强度大大降低，并使鋼筋銹蝕。

加入盐类的混凝土，在头几天中硬化是急剧地加快，而在

1 星期与 1 个月龄期中其速度較慢。这就意味着, 加入攪合料的混凝土与未加攪合料的混凝土相比, 其强度的差别将随着时日的增加而减少。

攪合料首先宜于在低温下采用, 在低温时其效力最强。

加入 2% 氯化鈣的混凝土在各种温度下强度的提高, 可根据表 1 的数字来确定, 表 1 表明同样混凝土在加入攪合料后比未加攪合料时的强度情况是有所提高。

加入 2% 氯化鈣的混凝土在不同温度下硬化时的
强度增长情况(以百分比計)

表 1

混凝土齡期(天)	加速的百分比, 當温度為		
	+5°	+15°	+25°
3	90	60	35
7	70	40	20
28	40	20	10

从表中可见: 第一, 加入攪合料的混凝土强度在 +5° 时为 +25° 时的 3~4 倍; 第二, 攪合料的加速作用在 3 天齡期时为 28 天齡期时的 2~3 倍。

同样必須指出, 当采用速凝剂时, 用矿渣矽酸盐水泥或火山灰質矽酸盐水泥制成的混凝土与矽酸盐水泥制成的混凝土相比, 其强度的增长很大。因此, 在采用硬化較慢的水泥施工时, 使用速凝剂特別有利。

食盐比氯化鈣的作用稍弱, 而盐酸則比氯化鈣为强; 因此在混凝土混合物中加入盐酸时, 其用量应为氯化鈣的 $\frac{1}{3}$ 。

第五节 混凝土在嚴寒中的硬化

加入盐类不仅可以使混凝土在正温度气温下加速硬化,

并可为混凝土在严寒中繼續硬化創造条件（普通混凝土在严寒中不能硬化）。

加有攪合料的混凝土之所以具有这种重要的特性，原因是由于淡水与食盐溶液（用以配制这种混凝土的食盐溶液）的冰点不同。我們可以从日常生活中了解到，食盐溶液并不像淡水一样会在 0° 冻结，而是在稍許不同的与更低的温度下才会冻结，砂浆中所含的食盐愈多，其冻结温度愈低。因此在加有攪合料的混凝土中，有一部分水在負温度下并不会冻结，而是保持其液体的状态。这样就可以保証在严寒中各种温度下与水泥硬化有关的化学作用得以繼續进行，从而可以保証混凝土强度的增长。

按一般攪入量，即按水泥重量的2~3%掺入食盐，可以保証混凝土在 -5° 以內硬化。

因此在严寒中当气温略低于 0° 时，采用食盐攪合料最为有利。

在最近，苏联学者們已找到了为保証混凝土在更低的温度下（ -20 及 -20° 以下的温度）硬化的方法。我們已經确定了，当采用冷的、即不加热的材料时，可以在混凝土中掺入大量的食盐，从而可以使水的冰点降低至 0° 以下很多度。在这种情况下，掺入大量食盐并不会对混凝土造成不良的后果，即不致使混合物加速稠化，为此便可在一般時間內进行灌注。

过去的研究工作指出，加入16%的氯化鈣与7%的氯化鈉（两者都以水的重量計）可以保証混凝土在严寒中在 -20° 以內硬化，加入10%的氯化鈣与5%的氯化鈉可以保証混凝土在 -12° 以內硬化，加入3%氯化鈣与7%的氯化鈉可以保証混凝土在 -8° 以內硬化。如按水泥的重量配合攪合料，則攪合料的用量将合到水泥重量的二分之一左右。

用不加热的材料与大量的摻合料所配制的混凝土叫做“冷”混凝土。在目前，“冷”混凝土正以試驗方式应用于不加筋结构的灌筑：制造地坪、公路路面及基础等。

第二章 冬季混凝土的灌筑 方法与任务

无论在夏季或在冬季灌筑的混凝土，都应使其在一定的时期后获得足以拆模与承受结构载荷的强度。在夏季时，混凝土系在正温度下硬化，并且自然的硬化条件可使其达到所需的强度；对已灌筑的混凝土的养护工作是在于使其湿润。

在冬季則是另一种情况，冬季的自然条件并不能保証混凝土的硬化。如众所周知，当气温在 0° 以下时，混凝土便不能硬化，如在早龄期时冻结，則当恢复硬化时便将失去其大部分的强度。

对各种结构进行拆模时，都必须使混凝土在拆模前达到不小于如下的强度：基础及水工构筑物应达到不小于設計强度的50%，楼盖、框架、大梁、柱及其他骨架式结构应达到不小于設計强度的70%。

达到設計强度50%后冻结的混凝土，在负温度以下将暂时停止硬化和增长强度，并在以后，随着温暖季节的到来与硬化的恢复，便可达到全部的强度。这种混凝土与在正温度下灌筑以及經常在正温度下硬化的混凝土毫无区别。

如结构須承受全部载荷、即須在冬季交付使用时，則必須使混凝土在冻结前达到全部的設計强度。

只有在冬季用人工方法造成类似于夏季的硬化条件