

快硬混凝土

A. E. 捷索夫 著

建 築 工 程 出 版 社

快硬混凝土

孫毓萍 譯

ВЫСОКОПРОЧНОСТИ БЕТОН

A. K. JIKOB

Поступающее напечатанное

но сданы в печать

Москва 1956

建筑工程出版社出版

• 1956 •

內容提要 这本小册子是苏联中央工業建筑科学研究所的科学通訊,其內容主要是闡述快硬混凝土的建築性能的特征。这种快硬混凝土是用半水石膏摻量高的高鋁水泥所制作的干硬混凝土混合物做成的;同时还敘述了快硬混凝土較普通混凝土的优点。所以建議在实际中採用快硬混凝土。

本書可供設計工程師、施工工程師、技術人員以及研究人員的參考。

原本說明

書 名 БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ БЕТОН
編 著 者 А. Е. ДЕСОВ
出 版 者 Государственное издательство литературы
по строительству и архитектуре
出版地点 及 日期 Москва—1955

快硬混凝土

孫毓萍 譯

*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外南禮士路)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052号)

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書号 410 字數 23 千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 $1\frac{1}{4}$

1956年12月第1版 1956年12月第1次印刷

印數: 1—5,200册 定價 (19) 0.22元

目 录

序 論.....	4
快硬混凝土概論.....	7
快硬混凝土的性能.....	20
使用快硬混凝土的經驗.....	31
結 論.....	38

序 論

1954年8月19日苏联共产党中央委员会和苏联部長會議提出“关于在建筑工程中发展装配式钢筋混凝土結構及構件的生产”的規定，用改建現有的和建立新企业的方法扩大钢筋混凝土結構及其構件的生产。

为了簡化装配式構件的生产 and 降低其造价就必须采用快硬水泥，必須降低集料和水泥的成本，这样就可以减少建廠的基本投資額。

采用快硬水泥所制成的钢筋混凝土的制品，可以部分的或全部的不用蒸汽养护，同时还可以縮短工艺过程和降低制品的成本；而且在廢除蒸汽养护以后可以减少經營管理費用（有关鋼筋部分和結構浸蝕的耗費以及用电量的耗費）。

还在1825年时，葉果尔切里也夫就发表了“如何制造便宜的和最好的灰泥或水泥的完整規範”〔1〕，該書中指出，半水石膏摻合料可以提高混凝土的强度和气候稳定性能。

目前已經由 Б.Г. 斯克拉姆塔也夫和 А.А. 布季洛夫〔2〕确定，在湿磨水泥成分中，半水石膏摻量大于ГОСТ所規定的含量时，可以制得高强度混凝土。曾用鋁酸三鈣含量11.7%的波特蘭水泥作过試驗，同时得出半水石膏最适宜的摻量为7.5%。

А.А. 布季洛夫指出，在鋁酸三鈣含量为7.8~15.2%和矽酸三鈣含量42~50%的水泥中，增加半水石膏摻量时，水泥用量为350~475公斤/立方公尺，水灰比为0.3~0.4，养护一晝夜可以得到强度高于200公斤/平方公分的混凝土，在钢筋混凝土制品工廠的日常生产条件下，可以規定不用蒸汽养护。

鋁酸三鈣在初凝期內促使水泥快凝，但是由於鋁酸三鈣含量高的水泥的抗硫酸性低，因此，目前對抗硫酸鹽水泥熟料中的鋁酸三鈣的含量限制到8%。這些水泥不應該普遍地使用於住宅建築和民用建築，但也不應該過多地使用於工業房屋和建築物中，特別是某些輕工業企業的建築中。因此，用鋁酸三鈣含量高的和半水石膏摻量高的波特蘭水泥就加速了混凝土硬化的可能性，而不用蒸汽養護。

目前已生產的鋁酸三鈣含量高的水泥，養護24小時的混凝土試件，就已能保證混凝土的強度達90~220公斤/平方公分（由 R_{28} 的25%到50%）。

在正常硬化條件下，24小時內得到不低於混凝土強度 R_{28} 的40%到50%的水泥，就應該認為是快硬水泥。

在美國生產有氧化鈣含量的和細度很細的快硬水泥，在生產這種水泥時也同樣增加了半水石膏的含量。這些水泥在水灰比等於0.57~0.6時，在24小時內一般可以達到混凝土強度 R_{28} 的20%。

根據Ashkenazi[3]的28種美國水泥，矽酸三鈣的平均含量達59%，平均單位表面為2,360平方公分/克。根據Blondian[4]，在美國的快硬水泥中，氧化鈣含量高是這種水泥的缺點，因為氧化鈣含量高時，半水石膏減緩了凝結時間，而且形成一種膠狀膨脹的硫鋁酸一鈣，氧化鈣含量低時，半水石膏可作為速凝劑，並且形成晶體的硫鋁三鈣，阿利特含量高的熟料可以在高溫(1,600°C)下煅燒之。

細度對於水泥硬化速度的影響非常顯著，很多研究工作者都指出了這一點，水泥的細度特別細時，在貯藏期間易於失去其活性。

水灰比大時，快硬水泥就會失去它的快硬性能，砂量過多時，同樣也會使混凝土的性能變壞。

不用蒸汽养护获得快硬混凝土的方法主要有：1) 采用磨細的快硬高鋁水泥；2) 增加半水石膏摻量；3) 采用水灰比低的和含砂量最小的干硬混凝土混合料，并用振搗器进行灌注。

当石膏和鋁酸鹽互相作用时，能够形成促使混凝土强度迅速增長的水化硫鋁酸鈣。由于在快硬混凝土中，硫鋁酸鈣的生成，在温度升高（至 100°C ）和循环冻融的情况下，关于混凝土的耐久性会发生問題。此外，石膏摻量过多时混凝土中的鋼筋就可能受到銹蝕。用台座方法进行鋼筋混凝土制品生产时，就需要了解混凝土是否有膨脹或收縮現象。硫鋁酸鈣生成物能增加混凝土的体积，混凝土体积的增加就阻碍了混凝土制品的拆模，同时也不能进行快硬混凝土与鋼筋粘結力的檢驗。

为了获得快硬混凝土，不用蒸汽养护所生产的混凝土与鋼筋混凝土制品，才是我們进行試驗研究工作^①的目的。同时我們也研究了这种混凝土的建筑性能，例如，抗冻性、抗水性、耐热性、鋼筋与混凝土的粘結力、鋼筋的銹蝕性、混凝土的强性、混凝土与鋼筋的共同作用等。

快硬混凝土制作鋼筋混凝土的生产技术工艺的檢驗，是在扎巴拉日斯德尔公司第二工廠中和阿左夫斯达里斯特尔（Г. 日丹諾夫）^②公司中进行的。

① 該工作是在中央工業建筑科學研究院，A. E. 杰索夫教授領導下的一批科學工作者——工程師И. А. 斯維琴和技術科學碩士С. М. 克雷洛夫和А. М. 謝彼托夫所進行的。

② В. И. 納達里和工程師И. А. 斯維琴、技術科學博士І. Т. 布雷車夫和技術科學碩士А. R. 包爾久格。

快硬混凝土概論

凝結時間 增加半水石膏摻量可以縮短水泥的凝結時間。增加半水石膏摻量的各種水泥的凝結時間變化見表 1。

各工廠不同半水石膏摻量的水泥的凝結時間

表 1

工 廠 名 稱	組 成 (%)		標準稠度 (%)	凝 結 時 間	
	熟 料	石 膏		初 凝	終 凝
德 聶 伯 羅 捷 爾 任 斯 克	98	2	—	快	硬
"	95	5	30	1時 05分	3時 43分
"	93	7	30	0時 22分	1時 09分
"	91	9	23	0時 18分	0時 23分
先 格 列 也 夫 斯 基	98	2	24	0時 20分	2時 15分
"	95	5	22	0時 33分	2時 45分
"	93	7	23	—	—
“ 共 青 團 員 ”	98	2	—	快	硬
"	95	5	25	2時 14分	3時 27分
"	93	7	23	0時 20分	1時 10分
"	91	9	27	0時 11分	0時 13分
卡 斯 曹 斯 基	98	2	—	快	硬
"	95	5	22	1時 17分	3時 04分
"	97	7	24	0時 25分	1時 15分
"	91	9	23	0時 10分	0時 15分

半水石膏摻量由 2 % 增加到 5 % 時，水泥的凝結時間就逐漸減緩。當半水石膏摻量增加到 9 % 時，水泥的初凝時間就縮短。

水泥的凝結時間不能夠說明混凝土混合料灌注的全部時間，首先是因為混凝土中的水灰比大大地超過水泥漿中的水灰比；其次是因為在灌注混凝土混合料的同時採用了振搗器，而振搗器引

起了混凝土表面硬化結構部分的破坏。混凝土混合料具有触变性,由于振动的影响改变了它的粘性。

結構粘性 曾用“吉甘特”“共青团員”和卡斯普斯基(格魯吉亞苏維埃社会主义共和国)工廠的水泥,在水灰比为0.5,和不同半水石膏掺量的条件下,用1:3配合比砂漿做过結構粘性試驗,此試驗[6]是在頻率為3,000轉/分和振幅0.2到1.6公厘的振动粘度計內进行的,試驗結果如图1中所示。随着振幅的增大混凝土的結構粘性就逐漸减小。卡斯普斯基工廠的含半水石膏掺量7%的水泥具有最大的結構粘性,水泥結構粘性的測定是这样的,大約在一秒鐘內,水泥的結構粘性应符合于粘度計指标的10~15泊。用卡斯普斯基工廠的含有7%半水石膏的水泥,用粘度計測定它的工作度指标是在50~60秒內。

当把拌好了的水泥砂漿擱置起來不馬上使用的話,其結構粘度就要起变化,这种情况在使用快硬水泥施工时是可能發生的。因此必須了解在水泥砂漿拌制后,經1小时和2小时,它的結構粘性是怎样变化,以及經放置的水泥砂漿如何的难灌注。

拌制后的水泥砂漿的結構粘性試驗,是采用半水石膏掺量5%的德聶伯罗捷尔任斯克工廠的熟料,半水石膏含量5%的“吉甘特”工廠的熟料,半水石膏掺量5%的“共青团員”工廠的熟料和半水石膏掺量2.5与7%的沃斯克列先斯基工廠的熟料进行的。試驗中,采用0.5和0.55兩種水灰比。图2中示出水泥的結構粘性,与其振幅的关系。其中曲綫表示半水石膏掺量5%的德聶伯罗捷尔任斯克工廠的熟料中,水灰比=0.55时,水泥砂漿的配合比为1:3。放置一小时,結構粘性是增加的,但在長期振搗或在大的振幅的情况下,上述混合物就可以进行灌注。

水泥砂漿拌制后,用振幅0.2公厘的振搗器可以立即灌注。但是,拌制后虽然已經放置1小时的水泥砂漿,如用振幅1.1公厘的振

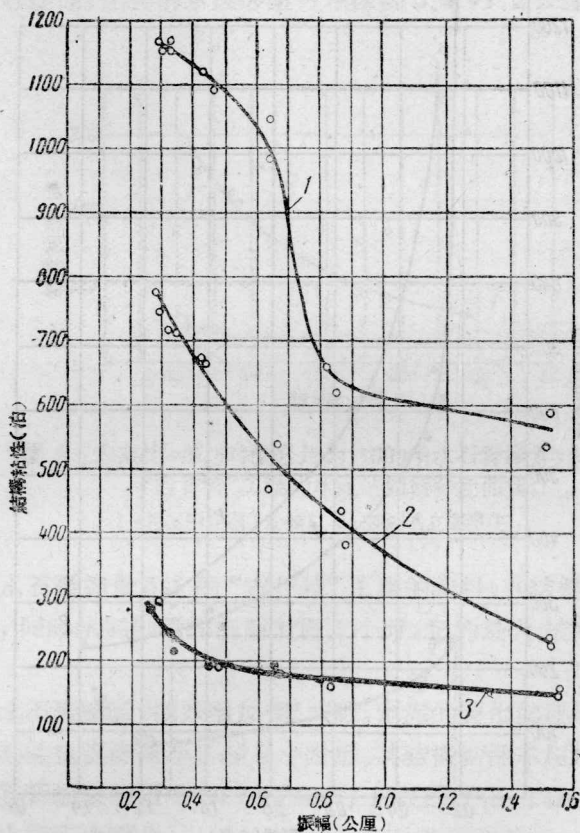


圖 1 水灰比=0.5時水泥砂漿配合比為 1:3 的結構粘性曲線

1—半水石膏摻量 7% 的卡斯普斯基工廠水泥； 2—半水石膏摻量 5% 的“吉甘特”工廠水泥； 3—半水石膏摻量 2% 的“共青團員”工廠水泥

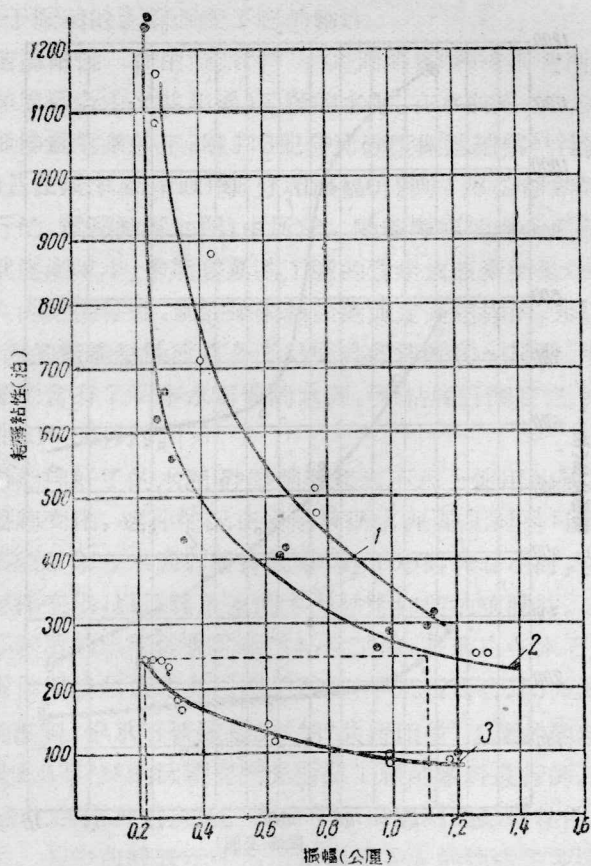


圖 2 水灰比=0.55時配合比為 1:3 的半水石膏摻量 5% 的德聶
伯羅捷爾任斯克工廠的水泥的結構粘性曲綫

1--拌制後經過 2 小時； 2--拌制後經過 1 小時； 3--拌制後立即灌注

搗器仍旧可以灌注。拌制后放置 2 小时的水泥砂浆，其結構粘性仍然能够提高，这样的水泥砂浆可用振幅 0.8~1.2 公厘的振搗器灌注。

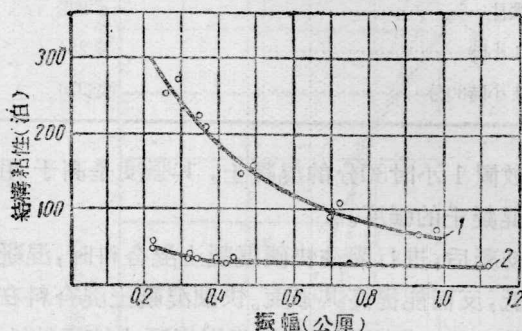


圖 3 水灰比=0.5时配合比为1:3的半水石膏掺量5%的“吉甘特”工廠的水泥的結構粘性曲綫。

1—拌制后經過 1 小时； 2—拌制后立即灌注

半水石膏掺量 5% 的“吉甘特”工廠的熟料，其結構粘性較低（图 3），同时水泥砂浆拌制后放置 1 小时，它的最大結構粘性为 300 泊。

半水石膏掺量由 2% 增加到 5% 时，水泥的硬化就逐漸緩慢，而其結構粘性也逐漸减小。經 2 小时后，其結構粘性不超过 500 泊。在半水石膏掺量繼續增加时就加速了水泥的硬化，同时水泥的結構粘性也相应地增加。

在混凝土初凝后，灌注混凝土，对于它的强度有什么影响呢？为了說明这个問題，曾用初凝 22 分鐘的半水石膏掺量 7% 的德聶伯罗捷尔任斯克工廠的熟料做了試驗。在制做試件时，將拌制后經過 1 小时和 1 小时 30 分鐘再灌注的混凝土混合料，和拌制后立即灌注的混凝土混合料都做了試驗，其結果見表 2。

混凝土拌制后放置的时间与其强度的关系

表 2

灌 注 時 間	24小時齡期的耐壓極限 强度 (公斤/平方公分)
拌制后立即灌注.....	232
拌制后經過 1 小時.....	254
拌制后經過 1 小時30分.....	276

拌制后放置 1 小时30分的混凝土，其强度是高于 用水拌制后立即灌注的混凝土的强度。

在水泥初凝后，进行灌注快硬混凝土混合料时，混凝土的强度不但不会降低，反而能提高其强度。快硬混凝土混合料在灌注时的振捣时间应该延長，其振捣时间应根据混凝土結構粘性的变化情况来确定，快硬混凝土的結構粘性是取决于它的停放时间的。

为了测定温度上升和下降对于混凝土硬化过程的影响，曾用不同半水石膏掺量的各种 熟料制作了一些混凝土試件，这些混凝土試件在不同的温度情况下，养护了24小时。該試驗是用德聶伯罗捷尔任斯克(7%与5%的半水石膏)、塔烏茲斯基(2%的半水石膏)、沃斯克列先斯基(5%的半水石膏)与“共青团員”(5%的半水石膏)等工廠的熟料来进行的。

图 4 中指出了温度对混凝土硬化过程的影响很大。对于鋁酸三鈣含量高的水泥(德聶伯羅捷尔任斯克与塔烏茲斯基工廠)或对鋁酸三鈣含量低的水泥來說，在低温情况下其强度都要下降。当温度极限在15~25°C之間时，可以看出其强度的增長是正常的。

升高温度对于高鋁水泥來說，一般是不适宜的，所以用这种水泥所制得的混凝土不宜經蒸汽养护。

試驗証明，为了加速混凝土强度的增長，可以采用短时间的蒸汽养护，或用20~30°C的温度加热养护。

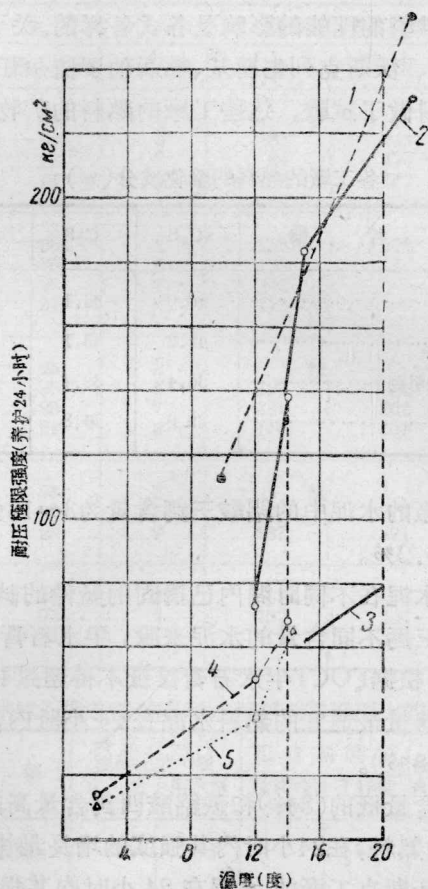


圖 4 溫度對於快硬混凝土強度的影響

1—半水石膏摻量5%的德聶伯羅捷爾任斯克工廠的水泥； 2—半水石膏摻量7%的德聶伯羅捷爾任斯克工廠的水泥； 3—半水石膏摻量2%的塔烏茲斯基工廠的水泥； 4—半水石膏摻量5%的沃斯列先斯基工廠的水泥； 5—半水石膏摻量5%的“共青團員”工廠的水泥

由于半水石膏掺量和熟料矿物成分的不同，半水石膏掺合料对于混凝土和砂浆的性能的影响是各式各样的。关于这一点我们曾以“共青团员”、沃斯克列先斯基、德聶伯罗捷尔任斯克和卡斯普斯基工厂的熟料做了试验。这些工厂的熟料的矿物成分见表3。

各工厂的熟料的矿物成分(%)

表 3

工 厂 名 称	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
“共青团员”.....	46.0	36.1	3.1	12.5
沃斯克列先斯基.....	42.2	33.1	4.5	16.2
德聶伯罗捷尔任斯克.....	36.4	32.4	18.0	7.7
卡斯普斯基.....	39.9	26.8	13.7	12.7

这四个工厂的水泥中的铝酸三钙含量为3~18%，铁铝酸四钙含量为7.7~16.2%。

各工厂的水泥在不同时间内已捣固的试件的试验结果见表4。

对于铝酸三钙不同含量的水泥来说，半水石膏最适宜的掺量是5~7%，但是根据ГОСТ半水石膏掺量不得超过4.5%。

半水石膏掺量最适宜的熟料水泥在24小时内，其强度的增长很快(达 R_{23} 的68%)。

铝酸三钙含量低的(3%)和铁铝酸四钙含量高的(12.5%)“共青团员”工厂的熟料，在24小时内其强度的增长最快达 R_{23} 的68%。德聶伯罗捷尔任斯克工厂的水泥在24小时内其强度达月强度的60%，沃斯克列先斯基工厂的水泥达54%，而“吉甘特”和先格列也夫斯基工厂的熟料则达43~44%。所有这些水泥都属于快硬水泥。其强度在龄期三天内增长较前稍慢，而后强度的增长逐渐缓慢。半水石膏不同掺量对于混凝土强度增长的影响见表5。

水泥在不同時間內已搗固試件的強度

表 4

工 廠 名 稱	水 泥 成 分 (%)		耐壓極限強度(公斤/平方公分)		
	熟 料	石 膏	1 天	3 天	28天
“吉 甘 特”	98	2	快	硬	300
	95	5			
	93	7			
	91	9			
“共 青 團 員”	98	2	138	143	300
	95	5	91	174	320
	93	7	63	162	286
	91	9			
“共 青 團 員”	98	2	138	175	229
	95	5	185	178	171
	93	7	168	—	—
	91	9	172	—	—
沃斯克列先斯基	98	2	快	硬	312
	95	5			
	93	7			
	91	9			
德聶伯羅捷爾任斯克	98	2	快	硬	309
	95	5			
	93	7			
	91	9			
先格列也夫斯基	98	2	63	62	126
	95	5	137	104	320
	93	7	118	236	222

用不同半水石膏含量的各種水泥所制得混凝土的強度

表 5

工 廠 名 稱	每 立 方 公 尺 混 凝 土 的 用 量		混 合 料 特 征		半水石膏 含量(%)	24小時齡期 內耐壓極限 強度(公斤/ 平方公分)
	水 泥 (公斤)	用水量 (升)	流動性 (公分)	工作度 (秒)		
德聶伯羅捷爾任斯克...	356	161	0	50	5	196
					7	216
“共青團員”.....	300	150	0	35	2	56
					5	97
沃斯克列先斯基.....	346	155	1	30	7	104
					5	118
					7	140

混凝土和砂漿最适宜的半水石膏摻量是高于ГОСТ970-41所規定的水泥中最适宜的半水石膏摻量的。但是对混凝土与砂漿來說,半水石膏最适宜的摻量應該是一样的。

为了在24小时龄期內获得 高强度的混凝土,曾用低水灰比制作了干硬混凝土混合物。当半水石膏在最适宜的 摻量时,用各种不同的熟料做过試驗。選擇了工作度为 20~25 秒,圓錐体塌落度为零的干硬混凝土。混凝土混合物的灌注是在試驗室的振动台上振动一分钟,振动台的振幅为0.4公厘。

混凝土的成分和混凝土混合料的特征見表 6。混凝土不同龄期的耐压强度見表 7。

24小时龄期內干硬混凝土的强度

表 6

每立方公尺 混凝土的水 泥用量 (公斤)	水 灰 比	集 料 中 砂 的 含 量 (按重量)	混凝土混合料的特征		24小时龄期的耐 壓極限强度 (公 斤/平方公分)
			流動性(公分)	工作度(秒)	
396	0.40	0.30	0	42	189
346	0.45	0.32	1	30	188
301	0.50	0.34	0	35	124
270	0.55	0.33	0.5	36	97
241	0.60	0.34	1	30	91

水灰比 $\eta=0.45$ 时,在温度 20~25°C 下养护 24 小时的混凝土試件,其强度为216公斤/平方公分,而水灰比 $=0.55$ 的混凝土試件則为80公斤/平方公分。

用半水石膏摻量 7% 的德聶伯罗捷尔任斯克工廠的水泥所制得的混凝土,养护24小时,該混凝土具有最大的强度。

用0.45、0.50、0.60三种水灰比,半水石膏摻量 5% 的“共青团員”工廠的熟料制得的快硬混凝土,养护24小时,其强度为140~75 公斤/平方公分。