

INŻ. ANTONI KOBYLŃSKI  
WARSZAWA

CHLOREK WAPNIA  
W BETONIE  
W ŚWIETLE BADAŃ  
POLSKICH

WARSZAWA 1937 R.

---

ODBITKA Z CZASOPISMA „CEMENT”

A  
361.

INŻ. ANTONI KOBYLŃSKI  
WARSZAWA

CHLOREK WAPNIA  
W BETONIE  
W ŚWIETLE BADAŃ  
POLSKICH



691.32

WARSZAWA 1937 R.

---

ODBITKA Z CZASOPISMA „CEMENT”

BIBLIOTEKA  
WYDZ.  
ARCHITEKTURY

2451

Zakł. Graf. DRUKPRASA, N.-Świat 54. Tel. 615-56 i 242-40.

## Wstęp

Dodatek chlorku wapnia (chlw.) do betonu stosowany jest od szeregu lat w Ameryce i Europie z pomyślnymi rezultatami zarówno w budownictwie betonowym jak i żelbetowym.

Liczne doświadczenia przeprowadzone przez technologów betonu całego świata, a przede wszystkim przez prof. Abramsa w Ameryce i prof. Grafa w Niemczech wykazały<sup>1)</sup>, że nieznaczny dodatek chlw. do betonu podnosi jego cechy w kierunku następującym:

- a) przyśpiesza wiązanie i twardnienie betonu,
- b) podwyższa trwale wytrzymałość betonu,
- c) obniża temperaturę zamarzania betonu.

Jednocześnie badania wykazały, że chlw. dodawany być może *tylko do betonu z cementu portlandzkiego* zwyczajnego lub przedniego, przy czym *najodpowiedniejsza dawka chlw. wynosi 2%* wagi cementu. Mniejsza ilość chlw. nie oddziałuje wcale na beton, a niekiedy opóźnia nawet wiązanie, zaś nadmiar chlw. zbyt przyśpiesza wiązanie cementu, obniża wytrzymałość i powiększa skurcz betonu. Przyczyna pewnych niepowodzeń, spotykanych przy użyciu chlw., leżała jedynie w nieumiejętności stosowania go, bądź przez dodawanie chlw. do betonów wykony-

<sup>1)</sup> Dr inż. B. Bukowski „Chlorek wapnia w żelbetnictwie” Warszawa, Cement 1937 r.

wanych z różnych odmian cementów (np. żużlowych, glinowych itp.), bądź przez nadmierną dawkę, bądź wreszcie przez nieodpowiednie i nierównomierne przemieszanie z betonem.

### I. Chlorek wapnia

Chlorek wapnia znajdujący się normalnie w handlu posiada następujący skład chemiczny:

72 — 75%	CaCl <sub>2</sub>
24 — 25%	H <sub>2</sub> O
1 — 2%	NaCl
ślady	Ca(OH) <sub>2</sub> i MgCl <sub>2</sub>

i sprzedawany jest w postaci płatków lub bloków w hermetycznie zamkniętych bębnach blaszanych. W Polsce obecnie znajduje się na rynku jedynie chlw. produkowany przez Zakłady Solvay i dostarczany bądź w postaci płatków w opakowaniu o wadze netto 50 kg i 170 kg, bądź w postaci bloków o wadze 50 kg i 360 kg.

Do betonu należy używać wyłącznie chlw. w postaci płatków ze względu na łatwiejsze rozpuszczanie się w wodzie. Dodatek chlw. powinien być określony w % wag. w stosunku do wagi cementu. Wyznaczona ściśle porcja winna być rozpuszczona w wodzie przeznaczonej do zarobu betonu, przy czym przyjęte ilości chlw. odnoszą się do chlw. znajdującego się w handlu, tj. zawierającego tylko 75% czystego CaCl<sub>2</sub>. Zarówno w tekście jak i w tablicach symbol chlw. lub CaCl<sub>2</sub> odnosi się do chlorku wapnia handlowego.

Dla ułatwienia dozowania dodają niekiedy wyznaczoną porcję chlw. na sucho w postaci płatków wprost do betoniarki razem z cementem przed dodaniem wody. Sposób ten, chociaż znacznie wygodniejszy w wykonaniu, nasuwa poważną obawę, że chlw. nie rozłoży się równomiernie w betonie i stworzy miejscami niepożądane skupienia. Staranne rozdrobnienie zlepionych płatków i dokładniejsze wymieszanie betonu zmniej-

szy do pewnego stopnia powstałe niebezpieczeństwo.

Znacznie lepiej jest rozpuścić 10 cz. wag. chlw. w 30 cz. wag. wody i dodawać tak skoncentrowany roztwór do zarobionego już betonu podczas jego ostatecznego mieszania w takiej ilości, aby na 1 kg cementu przypadło 80 g roztworu, tj. 20 g chlw.

### II. Wpływ chlorku wapnia na cementy krajowe

W celu dokładnego ujęcia wpływu dodatku chlw. na własności betonu przy użyciu polskich cementów portlandzkich zostały przeprowadzone w *Drogowym Instytucie Badawczym* przy Politechnice Warszawskiej szczegółowe badania czasu wiązania cementów i warunków twardnienia betonów bez i z dodatkiem chlw.

Do badań przyjęto następujące materiały:

- 1) cztery cementy portlandzkie z dwóch fabryk w tym po jednym cemencie normalnym i po jednym przednim z każdej fabryki;
- 2) chlorek wapnia (CaCl<sub>2</sub>) w płatkach produkcji Zakładów Solvay w Polsce;
- 3) kruszywo naturalne z koryta Wisły, a mianowicie — piasek o ziarnach (0 — 2) mm i żwir o ziarnach (2 — 20) mm zmieszane w stosunku wagowym 1 : 2.

Cechy kruszywa były następujące:

- a) zanieczyszczenia — zarówno piasek jak i żwir nie posiadał zanieczyszczeń organicznych i pyłowych;
- b) analiza sitowa — rys. 1 i tabl. I.

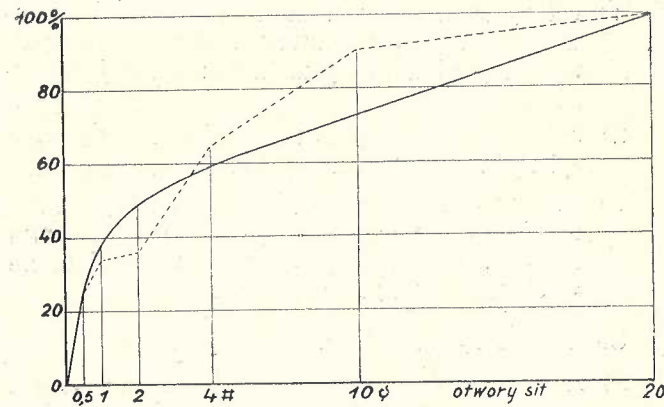
1. *Wiązanie i stałość objętości cementu.*

*Warunki wiązania.* Czas wiązania czterech badanych cementów określono za pomocą igły Vica-

ta wg PN/B-202 na próbkach z normalnego zaczynu cementowego przy dodaniu 0%, 1%, 2% i 4% chl. w stosunku do wagi cementu. Otrzymane rezultaty zostały zestawione na załączonej tablicy II i rys. 2.

T a b l i c a I.

NN. sit (prześwit otworu w mm)	Zawartość między sitami w % wag.				
	piasek	żwir	kruszywo 1:2		
			próbka 1	próbka 2	średnio
20 — 10	—	13,73	9,14	7,82	8,5
10 — 4	1,25	39,55	26,76	24,70	25,7
4 — 2	1,16	40,33	27,25	29,46	28,3
2 — 1	3,27	2,69	2,88	3,37	3,1
1 — 0,5	26,55	1,73	9,99	10,98	10,5
0,5 — 0	67,77	1,97	23,88	23,67	23,8

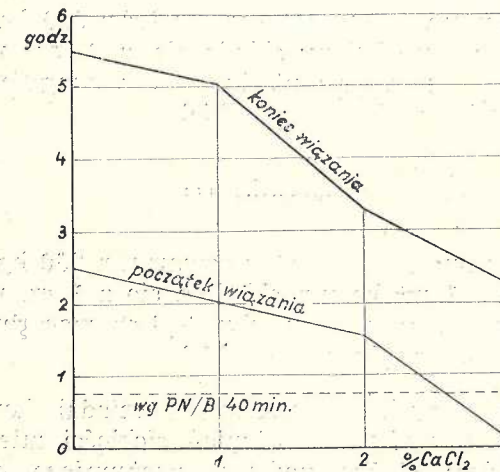


Rys. 1. Krzywa uziarnienia kruszywa.

*Stalność objętości.* Wykonane równocześnie ze wszystkich zarobów zaczynu cementowego zgodnie z polskimi normami placki cementowe wykazały po 28-dniowej kąpieli wodnej i powietrznej normalną stalność objętości.

T a b l i c a II.

Rodzaje cementów	Procentowy dodatek $CaCl_2$ w stosunku do wagi cementu			
	0 %	1 %	2 %	4 %
początek wiązania				
normalny A	2 <sup>35</sup>	2 <sup>05</sup>	1 <sup>35</sup>	0 <sup>04</sup>
„ B	2 <sup>40</sup>	2 <sup>05</sup>	1 <sup>45</sup>	0 <sup>05</sup>
przedni A <sub>1</sub>	2 <sup>35</sup>	1 <sup>55</sup>	1 <sup>30</sup>	0 <sup>05</sup>
„ B <sub>1</sub>	2 <sup>25</sup>	2 <sup>00</sup>	1 <sup>30</sup>	0 <sup>05</sup>
średnio	2 <sup>35</sup>	2 <sup>0</sup>	1 <sup>35</sup>	0 <sup>05</sup>
koniec wiązania				
normalny A	5 <sup>40</sup>	5 <sup>05</sup>	3 <sup>05</sup>	2 <sup>00</sup>
„ B	5 <sup>55</sup>	5 <sup>20</sup>	3 <sup>10</sup>	2 <sup>5</sup>
przedni A <sub>1</sub>	4 <sup>55</sup>	4 <sup>15</sup>	3 <sup>05</sup>	2 <sup>20</sup>
„ B <sub>1</sub>	5 <sup>50</sup>	5 <sup>25</sup>	3 <sup>35</sup>	2 <sup>25</sup>
średnio	5 <sup>35</sup>	5 <sup>0</sup>	3 <sup>20</sup>	2 <sup>15</sup>



Rys. 2. Czas wiązania cementu.

2. Twardnienie betonu przy normalnych temperaturach + 16° do + 20°.

Wykonano ze wszystkich przyjętych do badań cementów po trzy mieszanki betonowe, przy czym z każdej mieszanki sporządzano równoległe próbki bez chl. i z dodatkiem 2% chl. w stosunku do wagi cementu (chl. w odmierzonej ściśle ilości rozpuszczano w wodzie dodawanej do zarobienia betonu).

Wzajemny stosunek składników w poszczególnych mieszankach betonowych wyniósł:

*Mieszanka I.*

Mieszanka I (1:3) o zawartości 515 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> betonu składała się z 1 cz. wag. cementu + 3 cz. wag. piasku przy współczynniku  $w/c = 0,46$ .

*Mieszanka II.*

Mieszanka II (1:2:4) o zawartości 330 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> betonu składa się z 1 cz. wag. cementu + 2 cz. wag. piasku + 4 cz. wag. żwiru przy współczynniku  $w/c = 0,50$ .

*Mieszanka III.*

Mieszanka III (1:3:6) o zawartości 230 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> betonu składała się z 1 cz. wag. cementu + 3 cz. wag. piasku + 6 cz. wag. żwiru przy współczynniku  $w/c = 0,70$ .

Beton wszystkich mieszanin posiadał konsystencję słabo-półciekłą. Stopień ciekłości mierzony opadem stożka wykazał następujące dane wskazane na tablicy III.

Tablica III.

Cement	Mieszanka					
	1:3		1:2:4		1:3:6	
	bez CaCl <sub>2</sub>	2% CaCl <sub>2</sub>	bez CaCl <sub>2</sub>	2% CaCl <sub>2</sub>	bez CaCl <sub>2</sub>	2% CaCl <sub>2</sub>
opad stożka w cm						
normalny A	1,2	1,8	1,0	1,1	1,0	1,0
„ B	1,2	1,9	0,8	0,9	1,0	1,4
przedni A <sub>1</sub>	1,7	1,8	1,3	1,5	1,5	1,6
„ B <sub>1</sub>	1,3	1,5	1,6	1,8	0,5	0,6

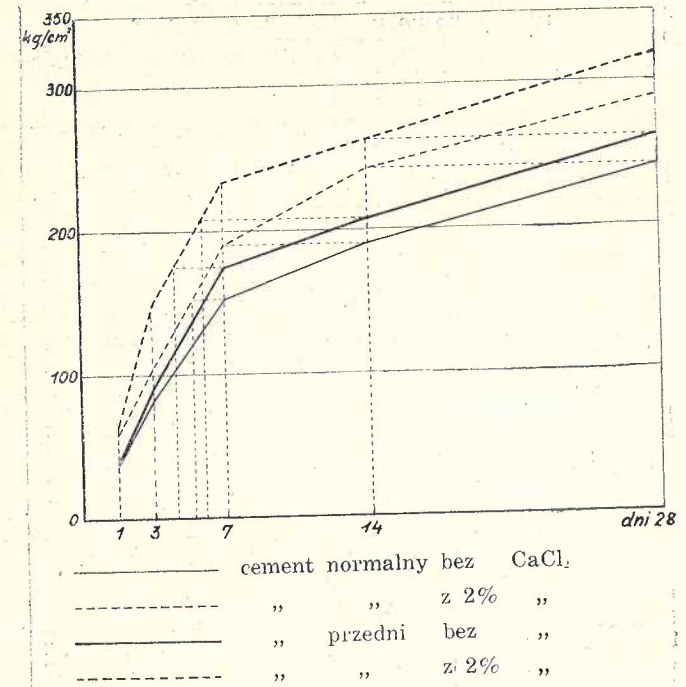
Ogółem wykonano 360 próbek betonowych walcowych o  $\varnothing$  8 cm, które badano seriami po 1, 3, 7, 14 i 28 dniach.

Jednocześnie zgniatano po trzy próbki bez chl. i z 2% CaCl<sub>2</sub>. Na załączonych tablicach (IV, V i VI) zostały zestawione oddzielnie dla każdego rodzaju mieszanki betonowej a) średnie wytrzymałości badanych równocześnie próbek, b) przeciętne wytrzymałości betonów z cementu normalnego i przedniego, oraz c) procentowe przyrosty wytrzymałości spowodowane dodatkiem chl. do betonu.

Bardziej przejrzyste uwidocznione są te zależności na załączonych wykresach (rys. 3, rys. 4 i rys. 5).

Tablica IV.

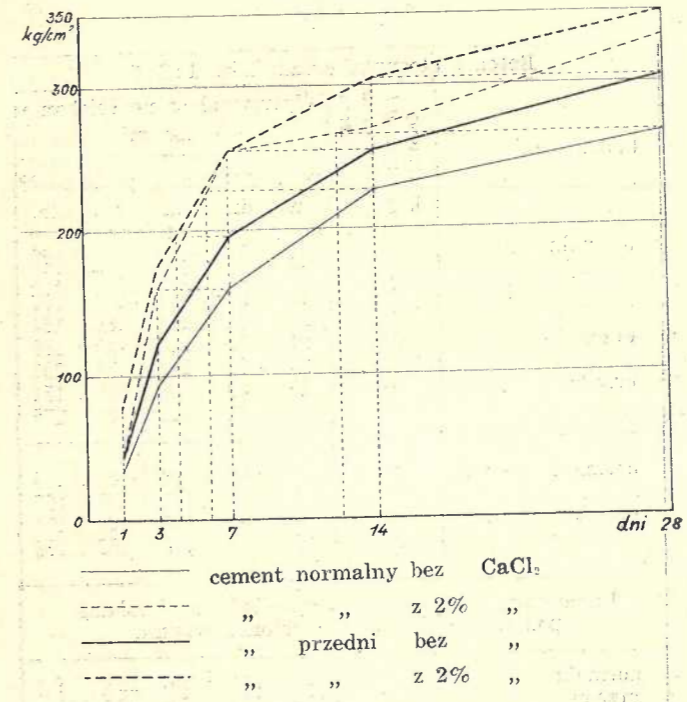
Zaprawa o stosunku składników 1 : 3						
Rodzaj cementu	Procentowy d ditek CaCl <sub>2</sub> w stosunku do wagi cementu	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm <sup>2</sup>				
		po 1 dn.	po 3 dn.	po 7 dn.	po 14 dn.	po 28 dn.
normalny A	0 %	36	96	173	177	236
" "	2 %	49	118	220	241	279
normalny B	0 %	38	76	136	208	254
" "	2 %	64	99	168	252	305
przedni A <sub>1</sub>	0 %	38	107	178	200	257
" "	2 %	62	181	269	281	325
przedni B <sub>1</sub>	0 %	38	85	171	217	276
" "	2 %	60	109	213	253	317
normalny średnio	0 %	37	86	154	192	245
" "	2 %	57	108	194	246	292
przedni "	0 %	38	96	174	208	267
" "	2 %	61	145	241	267	321
Procentowy przyrost wytrzymałości na ściskanie pod wpływem dodatku chlorku wapnia						
normalny		52 %	27 %	25 %	28 %	19 %
przedni		60 %	49 %	38 %	29 %	20 %
średnio		56 %	38 %	32 %	29 %	20 %



Rys. 3. Wytrzymałość na ściskanie zaprawy 1:3.

Tablica V.

Beton o stosunku składników 1 : 2 : 4						
Rodzaj cementu	Procentowy dodatek CaCl <sub>2</sub> w stosunku do wagi cementu	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm <sup>2</sup>				
		po 1 dn.	po 3 dn.	po 7 dn.	po 14 dn.	po 28 dn.
normalny A	0%	34	93	168	226	268
" B	2%	68	185	271	277	336
" "	0%	38	93	155	228	265
" "	2%	61	144	242	263	328
przedni A <sub>1</sub>	0%	44	140	208	259	289
" B <sub>1</sub>	2%	80	212	277	290	351
" "	0%	48	98	179	255	323
" "	2%	69	133	236	320	346
normalny średnio	0%	36	93	161	227	266
" "	2%	64	164	256	270	332
przedni "	0%	46	119	193	257	306
" "	2%	75	172	256	305	349
Procentowy przyrost wytrzymałości na ściskanie pod wpływem dodatku chlorku wapnia						
normalny		78%	76%	59%	19%	25%
przedni		63%	45%	33%	19%	14%
średnio		70%	60%	46%	19%	20%

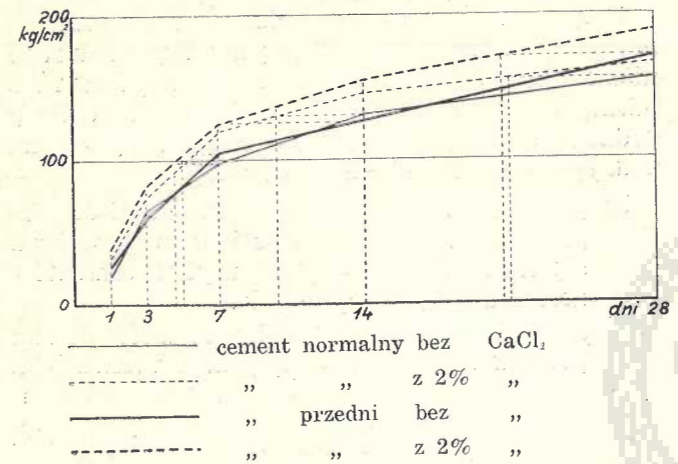


Rys. 4. Wytrzymałość na ściskanie betonu 1:2:4.



T a b l i c a VI.

Beton o stosunku składników 1:3:6						
Rodzaj cementu	Procentowy dodatek CaCl <sub>2</sub> w stosunku do wagi cementu	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm <sup>2</sup>				
		po 1 dn.	po 3 dn.	po 7 dn.	po 14 dn.	po 28 dn.
normalny A	0%	24	72	108	144	158
" "	2%	35	86	131	157	171
" B	0%	17	57	84	120	150
" "	2%	25	65	112	136	164
przedni A <sub>1</sub>	0%	24	73	119	143	189
" "	2%	34	95	140	178	201
przedni B <sub>1</sub>	0%	20	49	93	110	151
" "	2%	30	71	111	128	175
normalny średnio	0%	20	65	96	132	154
" "	2%	30	75	121	146	167
przedni "	0%	22	61	106	126	170
" "	2%	32	83	125	153	188
Procentowy przyrost wytrzymałości na ściskanie pod wpływem dodatku chlorku wapnia						
normalny		47%	17%	27%	11%	9%
przedni		46%	38%	19%	20%	11%
średnio		47%	28%	23%	16%	10%



Rys. 5. Wytrzymałość na ściskanie betonu 1:3:6.

### Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika co następuje:

- a) dodatek chl. przyspiesza znacznie wiązanie cementu; przy ilości 2%  $\text{CaCl}_2$  w stosunku do wagi cementu czas wiązania leży jeszcze w granicach norm dla cementów portlandzkich wolnowiązających, podczas gdy przy ilości 4%  $\text{CaCl}_2$  cement staje się szybko wiążący, a więc nieodpowiedni do zwykłych robót betonowych.

Dotyczy to, ma się rozumieć, betonowania w normalnych temperaturach; przy temperaturach niskich, kiedy jak wiadomo wiązanie cementu z natury rzeczy znacznie się opóźnia, procentowy dodatek chl. może być nieco zwiększony — jak podają doświadczenia zagraniczne;

- b) przy dodatku 2%  $\text{CaCl}_2$  w stosunku do wagi cementu wytrzymałość betonu powiększa się trwale zarówno przy użyciu cementów normalnych jak i przednich;

- c) procentowy przyrost wytrzymałości betonu przy dodatku 2%  $\text{CaCl}_2$  podaje tablica VII.

Tablica VII.

Mieszanka	Po 1 dn.	Po 3 dn.	Po 7 dn.	Po 14 dn.	Po 28 dn.
1 : 3	56 %	38 %	32 %	29 %	20 %
1 : 2 : 4	70 „	60 „	46 „	19 „	20 „
1 : 3 : 6	47 „	28 „	23 „	16 „	10 „

- d) urabialność betonu poprawia się przy dodatku chl. (bez zmiany współczynnika  $w/c$ ), dzięki jego właściwości „smarowa-

nia” ziarn kruszywa i ułatwienia ich płynięcia w masie betonowej — co uwidoczniło się w pomiarach opadu stożka (tabl. III).

Tablica VIII.

Cement normalny				Cement przedni			
bez $\text{CaCl}_2$		z 2 % $\text{CaCl}_2$		bez $\text{CaCl}_2$		z 2 % $\text{CaCl}_2$	
Po dniach	kg/cm <sup>2</sup>	Po dniach	kg/cm <sup>2</sup>	Po dniach	kg/cm <sup>2</sup>	Po dniach	kg/cm <sup>2</sup>
Zaprawa o stosunku składników 1 : 3							
1	37			1	38		
3	86	1	57	3	96	1	61
7	154	3	108	7	174	3	145
14	192	7	194	14	208	7	241
28	245	14	246	28	267	14	267
		28	292			28	321
Beton o stosunku składników 1 : 2 : 4							
1	36			1	46		
3	97	1	64	3	119	1	75
7	161	3	164	7	193	3	172
14	227	7	256	14	257	7	256
28	266	14	270	28	306	14	305
		28	332			28	349
Beton o stosunku składników 1 : 3 : 6							
1	20			1	22		
3	65	1	30	3	61	1	32
7	96	3	75	7	106	3	83
14	132	7	121	14	126	7	125
28	154	14	146	28	170	14	153
		28	167			28	188

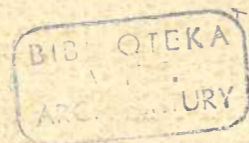
10

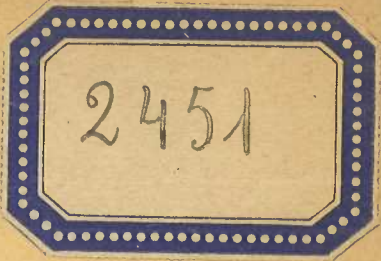
Uogólniając wysunięte wnioski można powiedzieć, że właściwy dodatek chlw. podwyższa w znacznym stopniu wytrzymałość betonu, zwłaszcza w pierwszych okresach jego twardnienia i to tym więcej im mocniejszy jest beton.

Z zestawienia na tablicy VIII widzimy wyraźnie, że dla mieszaniny 1 : 3 wytrzymałościom betonu po 14 i 28 dn. wykonanego bez chlw. — odpowiadają wytrzymałości po 7 i 14 dn. betonu wykonanego z 2% CaCl<sub>2</sub>, zaś dla mieszaniny 1:2:4 analogicznym wytrzymałościom po 7, 14 i 28 dn. — odpowiadają wytrzymałości po 3, 7 i 14 dn. Można więc przyjąć, że szybkość twardnienia betonu przy dodatku chlw. jest dwa razy większa.

Tak więc dodatek chlw. umiejętnie stosowany z jednej strony, powiększając trwale wytrzymałość betonu, podnosi absolutną jego wartość, z drugiej zaś strony dzięki przyspieszeniu okresu twardnienia betonu umożliwia szybszy postęp robót i pozwala na skrócenie terminów rozdeskowania.

Na zakończenie należy podkreślić, że otrzymane wyniki badań z materiałami krajowymi prawie całkowicie zgadzają się z rezultatami analogicznych badań zagranicznych.





2451