T. 319

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ZAKŁAD BADAWCZY BUDOWNICTWA

Zeszyt 7.

Prof. Dr Inż. STEFAN BRYŁA

ZACHOWANIE SIĘ BETONÓW GLINOWYCH POD WPŁYWEM CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH

REFERAT ZGŁOSZONY NA IV ZJAZD INŻYNIERÓW BUDOWLANYCH

ODBITKA Z MIESIĘCZNIKA „INŻYNIERIA I BUDOWNICTWO" Nr 2–3 ROK 1938

WARSZAWA
1938

1/302

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ZAKŁAD BADAWCZY BUDOWNICTWA

Zeszyt 7.

Prof. Dr Inż. STEFAN BRYŁA

ZACHOWANIE SIĘ BETONÓW GLINOWYCH POD WPŁYWEM CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH

REFERAT ZGŁOSZONY NA IV ZJAZD INŻYNIERÓW BUDOWLANYCH

ODBITKA Z MIESIĘCZNIKA „INŻYNIERIA I BUDOWNICTWO" Nr 2–3 ROK 1938
WARSZAWA
1938

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
w Gliwicach

131640

BIBLJOTEKA POLITECHNIKA
BOS

Wr. inw. 537

II 319

Zakł. Graf.-Introl. J. DZIEWULSKI, Warszawa Mariensztadt 8

1945 d.

P 52/68

D 419/41

Wstęp.

Beton zawdzięcza szybkie rozpowszechnienie w konstrukcjach budowlanych wybitnym swoim zaletom: wytrzymałości, trwałości, ognioodporności itp., oraz łatwości przystosowywania do dowolnych kształtów i warunków konstrukcyjnych. Równolegle z rozwojem budownictwa betonowego i żelazobetonowego doskonaliła się również produkcja cementów we wszystkich krajach.

Polska posiadająca bogate złoża surowców do wyrobu cementu wzięła wybitny udział w tworzeniu tego postępu. Produkowany obecnie u nas i w innych krajach cement portlandzki stoi na bardzo wysokim poziomie i pozwala na wytwarzanie betonów o dużej wytrzymałości. Wyrabiane są również wysokowartościowe gatunki cementu portlandzkiego, które dzięki odpowiednim metodom fabrykacji, jak np. drobniejszy przemiał, posiadają walory cementu normalnego w stopniu jeszcze bardziej zwiększonym. Niemcy produkują ponadto jeszcze specjalne gatunki cementu o innym składzie chemicznym jak np. cement żelazisty lub cement żużlowy.

Przy swoich dużych walorach wytrzymałościowych i innych, posiadają jednak wyroby z cementu portlandzkiego kilka słabych stron a mianowicie:

1) wrażliwość na niskie temperatury poniżej i w pobliżu zera;

2) brak odporności na chemiczne działanie kwasów, niektórych zasad, niektórych związków

organicznych i roztworów soli, w szczególności na wpływ wody morskiej;

3) konieczność długiego stosunkowo utrzymywania świeżego betonu w deskowaniu bez obciążania dalszymi elementami konstrukcji;

4) psucie się cementu przy dłuższym przechowywaniu na składzie.

Tym ujemnym cechom cementów portlandzkich starano się zaradzić w rozmaity sposób. Najskuteczniejszym środkiem zaradczym okazało się jednak stosowanie zamiast cementu portlandzkiego takiego gatunku cementu, który powyższych ujemnych stron albo wcale nie posiada albo przynajmniej posiada je w tak zmniejszonym stopniu, że praktycznie są bez znaczenia. Warunkom tym odpowiadają przede wszystkim cementy glinowe.

Cementy glinowe różnią się od portlandzkich składem chemicznym. Zawierają one kilkakrotnie więcej tlenku glinowego, a mniej tlenku wapnia i krzemionki niż cement portlandzki. Procentowa zawartość tlenku glinu, która w cemencie portlandzkim stanowi średnio 1/10 część zawartości tlenku wapnia, w cementach glinowych wyrównywa się w przybliżeniu z tą ostatnią. Poza tym cementy glinowe różnią się również sposobem fabrykacji, mianowicie surowce są wytapiane, a nie prażone i przemiał jest drobniejszy niż w zwykłym cemencie portlandzkim. Jako surowiec do wyrobu cementów służy bauksyt (produkt wietrzenia skał zawierających duży procent glinu, jak np. granit, gnejs, diabaz, dioryt lub bazalt) zmieszany w odpowiednim stosunku z wapnem. W Polsce cement glinowy wyrabiany jest pod nazwą Alca Elektro Cement (A.E.C.).

Przeprowadzone ostatnio u nas i zagranicą doświadczenia porównawcze wykazują dobitnie wysokie walory cementów glinowych pod względem odporności na wymienione na wstępie szkod-

liwe wpływy czynników zewnętrznych a mianowicie na:

1) mróz i chłód;
2) wpływy chemiczne;
3) wczesne terminy rozdeskowania;
4) zleżenie.

1. Betony glinowe pod wpływem mrozu i chłodu

Świeży beton z cementu portlandzkiego jest, jak wiadomo, bardzo wrażliwy na mróz, a nawet na temperaturę nieco powyżej zera. Mróz nie tylko wstrzymuje całkowicie proces wiązania i twardnienia betonu, ale nawet często, zwłaszcza w razie wahań temperatury, niweczy raz na zawsze siłę wiążącą cementu. Z tego powodu betonowanie na mrozie jest zasadniczo niedopuszczalne i może być uskuteczniane przy temperaturze niezbyt niskiej i przy zastosowaniu odpowiednich zabiegów ochronnych.

Dodawanie soli do zarobu obniża tylko w pewnych granicach temperaturę zamarzania, ale nie usuwa zmniejszenia wytrzymałości betonu całkowicie, zaś sole wietrzejąc z biegiem czasu pozostawiają w betonie pory, które zmniejszają jego szczelność. Znacznie lepszy jest chlorek wapnia z którym otrzymuje się wcale dobre wyniki.

Temperatura od 0 do 5°, która zwykle występuje jednocześnie ze znacznym zwilgotnieniem powietrza, nie jest tak katastrofalnie szkodliwa jak mróz, lecz również opóźnia znacznie proces wiązania i twardnienia betonu.

Cementy glinowe wykazują daleko większą odporność na mróz, a niskie temperatury powyżej zera są dla nich w ogóle nieszkodliwe. Wynika to z właściwej im wielkiej energii twardnienia i z wysokiej temperatury, jaka się wytwarza przy wiązaniu. W jednym z doświadczeń zakładów badawczych przez O. Hohla (Von der Prüfung und Verarbeitung des

Tonerdezements) temperatura wiązania osiągnęła 116°. Przeciętnie przy próbkach z samego cementu, temperatura wiązania dochodzi do 50 — 60°. Temperatura ta wzrasta stopniowo, na początku wiązania wolniej, przy końcu coraz szybciej, a po zakończeniu wiązania wzrasta jeszcze przez pewien czas w szybkim tempie do swego maximum (rys. 1.).

W Polsce przeprowadzono w roku 1936 — 1937 szczegółowe badania nad zachowaniem się betonu z cementu Alca w czasie mrozu i w temperaturach w pobliżu zera[1]). Wyniki doświadczeń były następujące.

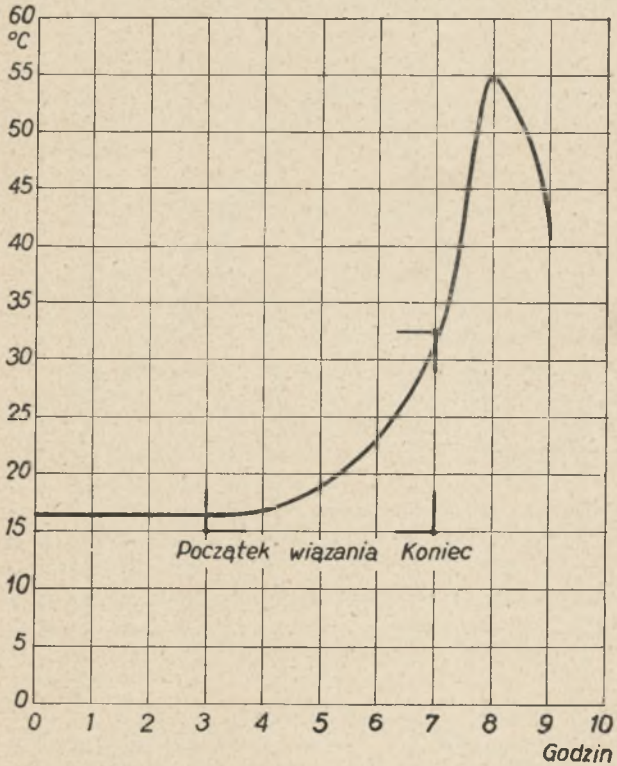
a) Temperatury poniżej zera

W temperaturze od —6 do —15° wiązanie betonu było całkowicie zahamowane. Walce betonowe, włożone od razu do chłodni i bezpośrednio po wyjęciu z niej zgiatane, po upływie 2 dni wykazały wytrzymałość równą zeru; walce badane w tych samych warunkach, lecz z podgrzewaniem kruszywa i wody miały wytrzymałość ok. 37 kg/cm². Jeżeli przed włożeniem do chłodni walce były trzymane przez 3½ godziny w temp. pokojowej, wytrzymałość wynosiła 47 kg/cm². Jeżeli jednak ponadto w czasie pobytu w chłodni walce były owinięte w worek jutowy, wytrzymałość podnosiła się do 152 kg/cm². Próbki trzymane 7 godzin w temperaturze pokojowej, a następnie 2 dni na mrozie —10° miały wytrzymałość 146 kg/cm², a po 10 dniach pobytu w chłodni 160 kg/cm². Jeżeli natomiast po 2, 3, 10-dniowym pobycie w chłodni w —10° przeniesiono próbki na 3 dni do temp. pokojowej wytrzymałość podnosiła się do 320—350 kg/cm². O ile przechowanie w chłodni było poprzedzone 7-godzinnym pobytem w temp. pokojowej,

---

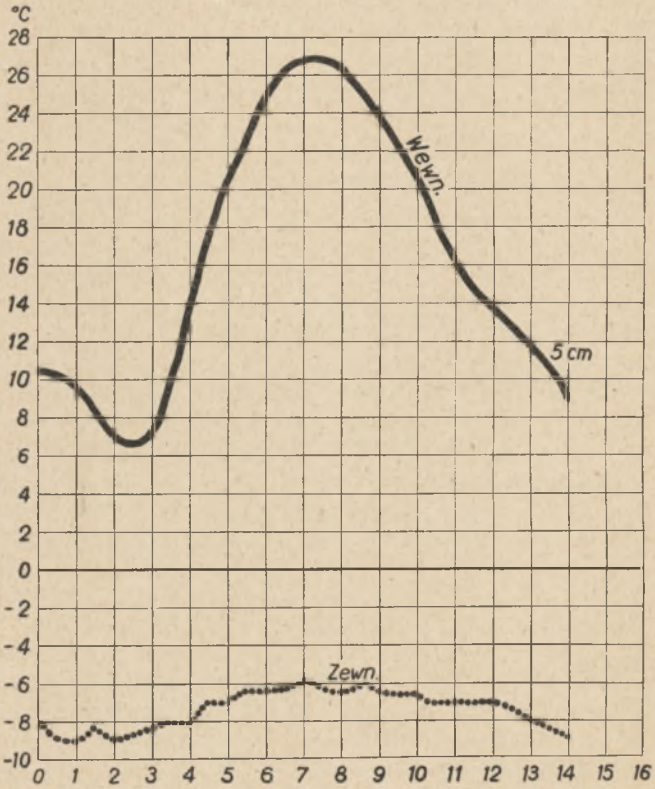
[1]) St. Bryła. Doświadczenia z betonami wykonanymi z polskiego cementu glinowego Alca Elektro. Przegląd techniczny 1938. Nr. 1—2, 4 i 6.

to po następnych 3 dniach ponownego ogrzania w temp. pokojowej wytrzymałość osiągała 380—400 kg/cm². Wytrzymałość walców przechowywanych cały czas w temp. pokojowej wynosiła po 3. dniach 408 kg/cm², a po 28. dniach 440 kg/cm².



H. Vierheller twierdzi, że jedyną przyczyną powstrzymującą wiązanie cementu przy mrozie jest zamarzanie wody, gdyż między samymi ciałami stałymi (a takim jest lód) nie może nastąpić reakcja chemiczna. Cement glinowy wytwarzający przy wiązaniu (hydratyzacji) duże ilości ciepła przeciwdziała

zamarzaniu wody. Chodzi tylko o to, aby woda w betonie nie zamarzła przed rozpoczęciem wiązania. Zapobiega temu ciepło wewnętrzne betonu, które musi wypromieniować, zanim woda zamieni się w lód. Małe próbki stosowane zazwyczaj przy badaniach, zwłaszcza nieosłonięte mają zbyt mały zapas ciepła, aby przeszkodzić zamarznięciu wody i z tego



powodu dają ujemne rezultaty. Natomiast większe masy betonu z cementu glinowego w dostatecznie tłustej mieszaninie z podgrzanym kruszywem, wodą i zbrojeniem, osłonięte ze wszystkich stron, wią-

żą i twardnieją normalnie przy mrozie dochodzącym do —12⁰. Na dowód przytacza doświadczenie, w którym kostka o wymiarach 30×30×30 cm z zaprawy z cementu glinowego 1:3 zabetonowana w temperaturze +15,5⁰ i wystawiona na mróz —8⁰ do —6⁰ w deskowaniu 5-stronnym i nakryta z wierzchu papierem i warstwą piasku wykazała po 24. godzinach przebywania na mrozie doskonałe stwardnienie a zgnieciona po 10. dniach zamrażania wytrzymałość 350 kg/cm². Na rys. 2 pokazano przebieg temperatury zewnętrznej i wewnętrznej w czasie wiązania.

b) Temperatury w pobliżu zera

Próbki przechowywane 1 — 28. dni w temp. 0⁰ miały wytrzymałość 110 — 190 kg/cm², zaś po 2. dniach przechowywania w zmiennej temperaturze od +2⁰ do —1⁰ wytrzymałość 236 kg/cm².

H. Vierheller podaje w Nr 23 czasopisma „Zement" z roku 1928 na podstawie doświadczeń własnych i prof. Rühla następującą tabelę porównawczą zachowania się zaprawy z różnych cementów w temp. 0 do +4⁰.

Z powyższych doświadczeń polskich i zagranicznych wynika, że betonowanie przy niskich temperaturach powyżej 0⁰, które tak znacznie opóźnia wiązanie i twardnienie betonów z cementu portlandzkiego, zwłaszcza wysokowartościowego, dla betonów z cementu glinowego jest najzupełniej bezpieczne.

W temperaturze równej zeru można również betonować bez obaw, gdyż wiązanie cementu glinowego odbywa się bez przeszkód; tylko z rozdeskowaniem trzeba być ostrożnym, gdyż proces twardnienia w tej temperaturze może ulec wstrzymaniu.

Mróz w granicach do —12⁰ nie powstrzymuje wiązania, o ile nie przeniknie do betonu przed rozwinięciem się temperatury wiązania. W tym celu

TABELA 1

Rodzaj cementu	Temperatura	Czas wiązania		Wytrzymałość na					
		początek	koniec	ściskanie po			rozciąganie po		
				3. dn.	7. dn.	28. dn.	3. dn.	7. dn.	28. dn.
		h	h	kg/cm²			kg/cm²		
port-landzki zwykły	normalna	3^{30}	9^{00}	105	187	280	12,3	19,2	26,5
	0^{0} do $+ 4^{0}$	8^{00}	30^{00}	56	125	267	7,5	15,0	24,8
	różnica w %%	+ 128	+ 243	— 47	— 33	— 4,6	— 39	— 22	— 6,4
port-landzki wysokowartościowy	normalna	2^{00}	5^{00}	229	368	523	23,4	29,3	34,5
	0^{0} do $+ 4^{0}$	6^{00}	14^{00}	74	248	447	8,6	24,3	33,4
	różnica w %%	+ 200	+ 180	— 68	— 33	— 14,5	— 63	— 17	— 3,2
glinowy	normalna	3^{40}	4^{40}	511	560	643	24,8	26,7	30,3
	0^{0} do $+ 4^{0}$	4^{30}	5^{50}	413	438	532	21,8	22,9	26,7
	różnica w %%	+ 23	+ 25	— 19	— 22	— 17	— 12	— 14	—11,5

betonując cementem glinowym w czasie mrozów należy odpowiednio podgrzewać kruszywo, wodę i zbrojenie, a przede wszystkim osłaniać beton od strony nieokrytej deskowaniem za pomocą worków jutowych lub innego materiału izolującego. Gdyby mimo to beton zamarzł przed związaniem, to i tak jego energia wiążąca nie zaniknie i po odtajaniu proces wiązania odbędzie się normalnie. Na wszelki wypadek zaleca się termin rozdeskowania odpowiednio przedłużyć na okres po ustaniu mrozów.

2. Betony glinowe pod wpływem czynników chemicznych

Wrażliwość cementów portlandzkich na działanie chemiczne kwasów, roztworów soli zwłaszcza siarczanych i chlorowych oraz związków organicznych, tak szkodliwa dla budowli morskich i kanalizacyjnych, pochodzi stąd, że głównym ich składnikiem jest wapno, które jako zasada ma wielką skłonność do łączenia się z kwasami. Szczególne niebezpieczeństwo ze strony kwasu siarczanego i soli siarczanych polega na tym, że w połączeniu z wydzielanym przez cement wodorotlenkiem wapnia $(Ca\ OH_2)$ tworzy się gips, który rozsadza beton. W konstrukcjach żelazobetonowych działanie chemiczne roztworów soli prowadzi ponadto do rdzewienia stali, a w następstwie do odprysków betonu i stopniowego zniszczenia konstrukcji.

Cement glinowy, którego zasadniczym składnikiem jest obojętny chemicznie glin, nie posiada skłonności do łączenia się z kwasami w takim stopniu jak cementy portlandzkie i z tego powodu jest bardziej odporny na działanie wód szkodliwych. Nie jest on oczywiście absolutnie kwasoodporny; ale żądanie od jakiegokolwiek cementu zupełnej kwasoodporności jest w dzisiejszych warunkach niemożliwe do spełnienia.

W Niemczech przeprowadzono szereg badań co do wpływu różnych związków chemicznych na betony z cementu portlandzkiego, glinowego i innych rodzajów cementu.

K. Biehl podaje następujące wyniki zgniatania próbek zaprawy z cementu glinowego, przechowywanych w wodzie względnie w roztworach niektórych soli i kwasów (podaję tylko główne wyniki):

TABELA 2

Przechowanie w	Mieszanina 1:3					Mieszanina 1:5				
	Wytrzymałość kg/cm² w wieku									
	7 dni	28 dni	6 mies.	1 rok	2 lata	7 dni	28 dni	6 mies.	1 rok	2 lata
Wodzie	594	651	669	658	—	239	247	64	237	236
3% H_2SO_4	560	429	396	294	81	183	159	50	72	47
5% $MgCl_2$	500	543	633	603	713	181	256	239	185	218
5% $MgSO_4$	530	620	568	628	788	210	238	223	229	231
5% $NaSO_4$	—	—	—	—	—	236	263	258	236	228
$CaSO_4$ (nasyc.)	588	728	786	702	622	172	265	291	234	209

Doświadczenia Huty Rolanda przeprowadzone przez Instytut Badawczy Związku Niemieckich Fabryk Cementów Portlandzkich Żelazistych dały dla próbek z cementu glinowego następujące wyniki.

Próbki zaprawy z cementu glinowego z piaskiem w stosunku 1 : 3, badane w r. 1929 przez zakłady badawcze Huty „Lubeka" wykazały po przechowaniu w różnych cieczach następujące wytrzymałości na rozerwanie i ściskanie.

M. Dorsch badał szczegółowo zachowanie się różnych rodzajów cementów w roztworach różnych soli. Pierwszą serię badań przeprowadził na próbkach z czystego zaczynu cementowego. Następująca

TABELA 3

Sposób przechowania	Zaprawa			Beton			
	1 : 3	1 : 5	1 : 10	300 kg cem.		400 kg cem.	
	Wytrzymałość po 2. latach			Wytrzymałość po			
				28. dn	6. mies.	28. dn.	6. mies.
7 dni w wodzie potem na powietrzu	798	653	342	—	—	—	—
W wodzie . . .	—	—	—	521	558	563	653
Na powietrzu . .	—	—	—	592	552	627	620
W 1% H_2SO_4 . .	358	175	18	—	—	—	—
W 10% $MgCl_2$.	560	502	140	503	498	420	523
W 10% $MgSO_4$.	692	515	0	508	543	567	643
W 10% $NaSO_4$.	—	—	—	498	315	543	44

TABELA 4

Sposób przechowania	Wytrzymałość na rozerwanie					Wytrzymałość na ściskanie				
	28 dni	3 mies.	6 mies.	1 rok	2 lata	28 dni	3 mies.	6 mies	1 rok	2 lata
	wiek próbek					wiek próbek				
W wodzie	32.2	36.5	37.0	45.0	44.0	745	727	740	733	744
Na powietrzu	45.5	45.0	46.0	48.7	54.8	872	925	837	1020	1068
10% roztwór Na_2SO_4	41.7	37.3	33.3	34.3	37.8	649	629	623	664	701
Nasycon. roztw. $CaSO_4$	38.2	33.5	35.2	43.0	46.0	589	654	796	760	788
5% roztwór $(NH_4)_2SO_4$	36.3	38.8	37.3	47.3	46.0	668	799	680	741	829
5% roztw. kwasu garbnikow.	40.7	34.3	38.7	39.5	37.0	640	693	657	523	549
5% roztw. kwasu mlecznego	34 0	29.7	26 0	26.7	28.7	643	643	449	477	512
5% roztwór cukru	36.2	31.5	30.0	29.7	31.2	536	704	597	603	630

TABELA 5

Roztwór	Początek rozpadania w dniu				
	Rodzaj cementu				
	portlandzki		żelazisty	żużlowy	glinowy
	wysokowartośc.	zwykły			
Woda destylowana	—	—	—	—	—
15% $MgCl_2$ . . .	—	—	—	—	—
„ $MgSO_4$ . . .	97	210	77	362	—
„ Na_2SO_4 . .	63	97	227	—	185
„ $CaSO_4$ . . .	500	—	—	—	—
„ $(NH_4)_2SO_4$.	7	15	12	59	112

tabela podaje w jakich terminach następował początek rozpadania się próbek.

Brak cyfry w danej rubryce oznacza, że do końca badań, tj. do 536 dni nie stwierdzono na próbce żadnych uszkodzeń.

Na próbkach z cementu wysokowartościowego początek rozpadania zaznaczał się włoskowatymi rysami od zmiany objętości. W siarczanie amonu rozpadały się próbki z cementów portlandzkich i z cementu żelazistego po 125. dniach zupełnie, częściowo na proszek, częściowo na większe okruchy. Zupełny rozkład próbek z cementu żużlowego następował po roku, przy czym nie tworzył się proszek, lecz kilka większych ziarn. W innych roztworach uszkodzenia były mniejsze. Odporność poszczególnych cementów według tych doświadczeń wzrasta w następującej kolejności:

1. cement portlandzki wysokowartościowy,
2. cement portlandzki zwykły,
3. cement żużlowy,
4. cement glinowy.

Cement żelazisty stoi pod względem zachowania w roztworze siarczanu sodu pomiędzy 2 i 3, a

BIBLJOTEKA TECHN. PUBL. BOS

w roztworach soli magnezjowych pomiędzy 1 i 2. Cement glinowy jest na działanie siarczanu sodu mniej odporny od cementu żużlowego, poza tym zajmuje zawsze najwyższe miejsce.

Osobne badania poświęcił Dorsch kwasowi węglowemu. Okazało się, że nawet destylowana woda powoduje karbonatację wapna wchodzącego w skład cementu. W roztworze kwasu węglowego rozkład próbek następował stosunkowo szybko i kończył się zupełnym rozsypaniem cementu, jednak bez objawów pęcznienia, a jedynie przez wypłukiwanie wapna z coraz głębszych warstw. Rozkładowi temu towarzyszyły następujące reakcje chemiczne:

1) $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$.

2) $CO_2 + CaCO_3 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$.

3) $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$.

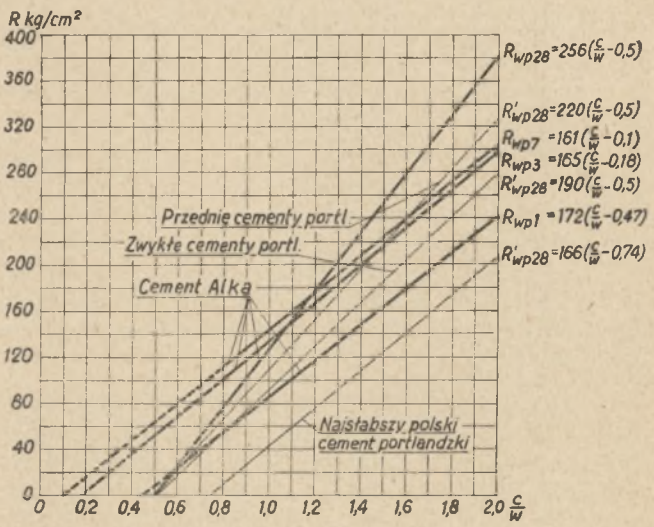
Próbki z cementu glinowego dają prawie takie same wyniki jak z cementu portlandzkiego.

Druga seria badań Dorscha dotyczyła próbek na rozerwanie z zaprawy 1:3 przy użyciu dwóch rodzajów piasku. Na podstawie tych doświadczeń ustala Dorsch następujące uszeregowanie odporności cementów: cement portlandzki wysokowartościowy, zwykły, cement żelazisty, cement żużlowy, portlandjurament — i na najwyższym miejscu cement glinowy.

Mała odporność wysokowartościowych cementów portlandzkich tłumaczy się tym, że cementy te z powodu drobniejszego przemiału mają większą powierzchnię zbiorową niż cementy zwykłe portlandzkie i dlatego na większej powierzchni stykają się z cieczą atakującą je chemicznie.

Związki zasadowe mogą również silnie atakować cementy, jak tego dowiodły doświadczenia kalifornijskiego Laboratorium Drogowego przy zastosowaniu ługu sodowego i potasowego. Można przypuszczać, że reakcja polega na zaatakowaniu

nie wapna, które jest związkiem również zasadowym, lecz glinianów wapnia. Wobec tego reakcja jest tym silniejsza, im więcej glinu zawiera cement. Tym się tłumaczy także zmniejszona odporność cementu glinowego na działanie siarczanu sodu, o której była wyżej wzmianka. (Na potwierdzenie swojej hipotezy zbadał Dorsch próbki na rozerwanie wykonane z różnych cementów (zaprawa 1 : 3) przechowywane w *Na OH* i stwierdził znaczne obniżenie wytrzymałości właśnie cementu glinowego. Jednak bezwzględna wartość wytrzymałości na rozciąganie tych próbek przy odpowiednim kruszywie była i tak stosunkowo duża, gdyż po 700 dniach wynosiła jeszcze bez mala 40 kg/cm²).



Na zasadzie wszystkich wyżej opisanych doświadczeń dochodzi się do wniosku, że cement glinowy nie będąc całkowicie kwasoodpornym i podlegając w pewnym stopniu szkodliwym wpływom związków kwasowych i zasadowych jest jednak bez

porównania bardziej odporny na działanie chemiczne roztworów od wszystkich innych cementów. Wobec tego cement glinowy nadaje się przy zachowaniu odpowiednich ostrożności jak dobór uziarnienia, obfitsze dozowanie w betonie, zastosowanie karbotacji powietrznej przed zalaniem budowli wodą itd. do stosowania w budowlach morskich i innych narażonych na zetknięcia z wodami szkodliwymi.

3. Terminy rozdeskowania

Powolne twardnienie betonów z cementu portlandzkiego prowadzi do różnych niedogodności, jak przerwy w robocie, duża potrzebna ilość materiału drzewnego wobec konieczności utrzymywania przez dłuższy czas deskowań itp.

Pod tym względem cement glinowy daje również bardzo duże korzyści. Podczas gdy beton z cementu portlandzkiego dopiero po 28 dniach osiąga swą miarodajną wytrzymałość, która ponadto podlega dużym wahaniom zależnie od wilgotności i temperatury powietrza, to beton z cementu glinowego już po 3 dniach niezależnie od tych czynników dochodzi prawie do granicznej wytrzymałości i to leżącej na bezwzględnie bardzo wysokim poziomie. Na rys. 3 przedstawiono wyniki doświadczeń polskich z r. 1936 i 37 z betonami z cementu glinowego w porównaniu z odpowiednimi wartościami podanymi przez dr Bukowskiego dla betonów z cementów portlandzkich. Grube linie odnoszą się do cementu glinowego, a cienkie do cementów portlandzkich. Wykresy podają zależność wytrzymałości betonu od współczynnika cementowo-wodnego. Obok wykresów wypisano odpowiadające im wzory analityczne, przy czym cyfra w indeksie oznacza wiek badanego betonu a litery „wp." — wodnopowietrzne przechowanie próbek. Z wykresów widać, że wytrzymałość po 1 dniu (R_{wp} 1) jest w beto-

CHNIKA ŚLĄSK
BIBLIOTEKA
GŁÓWNA

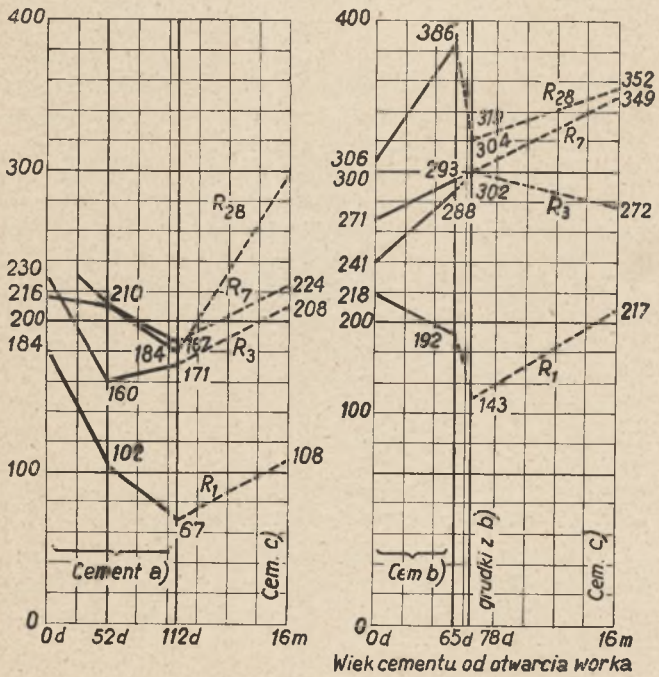
nach z cementu glinowego wyższa niż 28-dniowa niektórych słabszych cementów portlandzkich, a po 3 dniach dorównuje 28-dniowej wytrzymałości betonów z cementów portlandzkich przednich (wysokowartościowych), a przewyższa wytrzymałość betonów z cementów zwykłych. Wobec tego terminy rozdeskowania betonów z cementu glinowego mogą być znacznie skrócone, a postęp robót może odbywać się prawie bez przerwy.

4. Wpływ zleżenia cementu

Cementy portlandzkie wykazują bardzo małą odporność na zleżenie. Chłoną one wilgoć i kwas węglowy z powietrza, wskutek czego już w opakowaniu następuje proces wiązania cementu. Tworzą się grudki skamieniałego cementu, który już potem siły wiążącej nie posiada. Po 3 miesiącach cement portlandzki traci jak wiadomo do 20% swojej energii wiążącej, a po upływie roku nie nadaje się z reguły do użytku. Cement glinowy nie posiada tej skłonności do łączenia się z wilgocią i kwasem węglowym powietrza i z tego powodu nie podlega tak szybko zniszczeniu. Tylko przy bardzo drobnym przemiale mogą się tworzyć grudki, zwłaszcza przy wewnętrznej powierzchni ścianek opakowania. Grudki te mają jednak zupełnie inny charakter niż zleżeniowe grudki cementu portlandzkiego; dają się łatwo rozgniatać i nie mają wpływu na wytrzymałość cementu.

Doświadczenia z cementem „Citodur" po 10 miesiącach leżenia nie wykazały żadnego zmniejszenia wytrzymałości próbek na zgniatanie i rozerwanie. Badania przeprowadzone przez Hutę „Lubeka" dały następujące wyniki: w składzie w którym cementy portlandzkie z powodu niekorzystnych warunków już po kilku tygodniach były zupełnie zepsute, przechowywano worek cementu glinowego

i po upływie 3 lat stwierdzono na sicie o 25 oczkach na 1 cm² — 14% grudek, z których 82% dało się z łatwością rozgnieść w ręku. Pozostałe grudki były twardsze. Próbki wykonane z cementu sypkiego i z miękkich grudek rozgniecionych wykazały 97%, a z rozdrobnionych twardych grudek 94% pierwotnej wytrzymałości na zgniecenie.



We wzmiankowanych wyżej polskich doświadczeniach z roku 1936 i 1937 zastosowano 3 rodzaje cementu zleżałego, a mianowicie:

a) cement, który w dniu otworcia worka miał 120 dni,

b) cement, który w dniu otwarcia worka miał 168 dni,

c) cement, którego wiek w dniu otwarcia worka był nieznany, lecz który w otwartym worku przeleżał 16 miesięcy (480 dni).

Cementy a) i b) trzymano następnie jeszcze przez pewien czas w otwartych workach i w różnych okresach pobierano do badań. Na rys. 4 i 5 przedstawiono graficznie zależność wytrzymałości R próbek betonowych od czasu przez jaki cement leżał w otwartym worku. Rys. 4 dotyczy betonów o mieszaninie 1:2:4:0,8 (cement : piasek : żwir : woda) wykonanych z cementu a) i c); rys. 5 betonów 1:2:3:0,52 wykonanych z cementu b) i c) oraz z rozdrobnionych twardych grudek cementu b). Jak widać z przedstawionych na powyższych rysunkach wyników, tylko początkowe wytrzymałości R_1 i R_3 (po 1 i po 3 dniach) wykazują obniżenie na skutek zleżenia cementu. Natomiast już w 7 dniu nie ma większej różnicy pomiędzy wytrzymałością betonów z cementu zleżałego w porównaniu ze znacznymi wytrzymałościami analogicznych betonów ze świeżego cementu glinowego. Nawet stwardniałe grudki po rozdrobnieniu dały beton o stosunkowo wysokiej wytrzymałości. Szczególnie znamienne są wysokie wytrzymałości próbek z betonu który przeleżał 16 miesięcy w otwartych workach.

Opisane wyżej doświadczenia dowodzą wielkiej odporności cementów glinowych na zleżenie, co ma wielkie znaczenie dla organizacji zakupów cementu.

LITERATURA

Biehl. Der Tonerde - Schmelzzement — Charlottenburg.

Bryła. Doświadczenia z betonami wykonanymi z polskiego cementu glinowego Alka-Elektro — „Przegląd Techniczny" rok 1938.

Dorsch. Erhärtung und Korrosion der Zemente — Berlin 1932.

Höhl. Von der Prüfung und Verarbeitung des Tonerdezements.

Kragen. Technologja cementu glinowego — Warszawa 1935.

Marcotte. La corrosion des bétons armés — Chimie et Industrie 1935.

Roscher Lund. Ueber die Ursaches der Abbindestörungen eines Tonerdeschmelzzementes „Zement" 1929.

Vierheller. Betonieren bei Frost mit Schmelzzement — 1926.

Vierheller. Die Verarbeitung von Tonerde-Schmelzzement — Berlin.

Craddock. Deterioration of Concrete Structures in Alkaline and Sea-Water—Cement and Cement Manufacture 1935.

PUBL. BIBLJOTEKA TECHN. BOS

Spis rzeczy:

Wstęp 3

1. Beton glinowy pod wpływem mrozu i chłodu . . 5

2. Betony glinowe pod wpływem czynników chemicznych. 11

3. Terminy rozdeskowania 17

4. Wpływ zleżenia cementu 18

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 131640
Dyr.1 131640

ZIEWULSKI
WARSZAWA