

BIULETYN INSTYTUTU TECHNOLOGII KRZEMIANÓW W WARSZAWIE

DODATEK DO CZASOPISMA „CEMENT — WAPNO — GIPS“

Rocznik 2

GRUDZIEŃ 1953 r.

Nr 3

Mgr inż. Irena Ahrends

Sosnowiec

Próby laboratoryjne i półtechniczne otrzymywania cementu rozszerzającego i cementu bezskurczowego

Zaprawy i betony, sporządzone z cementów portlandzkich, hutniczych, glinowych i innych wykazują z reguły przy wiązaniu i twardnieniu zmniejszenie objętości czyli skurcz. Na zjawisko to składają się przyczyny natury chemicznej i fizycznej.

Przy hydratacji cementu powstają, pod wpływem działania wody na minerały cementu, uwodnione krzemiany i uwodnione gliniany wapnia. Ogólna objętość ciał po hydratacji jest mniejsza niż była przed tą reakcją, ponieważ cząsteczki wody, wchodzące w skład uwodnionych krzemianów i uwodnionych glinianów, są bardziej aniżeli poprzednio skupione w nowopowstałych związkach.

Wykonane pomiary skurczu, przeprowadzone przy pomocy piknomietru, wykazały, że wielkość skurczu, spowodowanego hydratacją składników cementu, jest dla jego różnych gatunków różna i zależy od ich składu mineralogicznego.

Prof. dr H. Kühl podaje szereg wartości na skurcz różnych materiałów wiążących. W tablicy I przytoczone są niektóre z tych danych, dotyczące skurczu cementów i minerałów cementowych.

Z danych tych wyraźnie widać, że stosunkowo duży skurcz powstaje przy hydratacji glinianów i cementów zawierających gliniany.

Skurcz powstały na skutek reakcji chemicznych, które zachodzą w czasie wiązania i twardnienia cementu, przejawia się przeważnie w pierwszych dniach po sporządzeniu zaprawy lub betonu.

Skurcz może być spowodowany również zjawiskami o charakterze fizycznym a mianowicie wskutek wyparowania wilgoci z zaprawy lub betonu oraz wskutek powstania kapilarnych ciśnień spowodowanych odsysaniem wody. Skurcz ten staje się widoczny dopiero po upływie dłuższego czasu, niekiedy kilku miesięcy.

W celu uniknięcia skurczu, spowodowanego wysychaniem betonu, należy w czasie jego twardnienia utrzymać stałe warunki pozwalające na przenikanie wilgoci do betonu. Zbyt szybkie przerwanie nawilżania spowodować może powstanie rys i spękań betonu.

Pomiary skurczu, powstałego z powodu wysychania, wykazały, że jest on znacznie mniejszy niż skurcz „chemiczny“, powstały na skutek reakcji wiązania i twardnienia cementu oraz, że może on być jeszcze bardziej zmniejszony przez odpowiednie pielęgnowanie betonu. Skurcz zaś chemiczny jest nieunikniony; powoduje on w zaprawie i betonie naprężenia, które są przyczyną powstania mikroskopijnych pęknięć tak zwanych mikroszczelin. Szczeliny te powodują, że woda, nawet przy stosunkowo niedużych ciśnieniach, przenika przez beton.

Na ogół można powiedzieć, że zaprawy i betony są materiałami przepuszczającymi wodę.

Przepuszczalność ta powoduje, że betony użyte do budowy zapór wodnych, mostów lub dróg ulegają stosunkowo szybkiemu zniszczeniu. Przy żelazobetonach przedostawanie się wody przez mikroszczeliny do zbrojenia wywołuje korozję żelaza. Przy umocowywaniu maszyn na fundamentach przez zalewanie betonem obserwuje się stałe między betonem i podstawami

maszyn, nawet przy najstaranniejszym wykonaniu betonu, szczeliny powstałe wskutek skurczu. Użycie betonu do zamykania szczelin w szybach podziemnych, gdzie pracuje się pod naporem wody, utrudnione jest właśnie z powodu jego przepuszczalności. Dlatego też w wielu przypadkach muszą być użyte środki izolacyjne, co powoduje szereg trudności technicznych w wykonaniu budowli z betonu i zwiększa koszt robót.

Przez szereg lat pracowano nad zagadnieniem zmniejszenia, ewentualnie zlikwidowania ujemnej właściwości cementu, jego skurczu w zaprawach i betonie.

Pewne rezultaty otrzymano przez dodanie do cementu środków „zagęszczających“ zaprawę lub beton, przez wytwarzanie w czasie wiązania pęczniących związków, zapęnlających szczeliny. Do tego rodzaju środków zaliczamy między innymi pucolany, wydzielające krzemionkę w formie koloidalnej oraz niektóre materiały bitumiczne, wypełniające pory betonu.

Inaczej działają materiały powodujące szybsze wiązanie i twardnienie oraz wysokie wytrzymałości zapraw i betonów. Do takich materiałów należy przykłąd chlorek wapniowy, chlorek glinowy. Ukazywały się one na rynku pod różnymi nazwami handlowymi i niektóre z nich dawały rzeczywiście niezłe wyniki.

Częściowe jednak zmniejszenie skurczu zaprawy lub betonu nie rozwiązywało zagadnienia. Coraz częściej zachodziła potrzeba uzyskania cementu całkowicie bezskurczowego a nawet rozszerzającego się.

Rozszerzanie się cementu znane było od dawna i było raczej zjawiskiem niepożądanym.

Wolne wapno powoduje pęcznienie zapraw i betonów, doprowadzając je często do zniszczenia. Podobnie, lecz znacznie wolniej, działa zawarty w cemencie wolny tlenek magnezu. Pęcznienie i rozszerzanie zapraw i betonów następuje również na skutek zbyt dużej zawartości SO_3 w cemencie. Dodany w czasie przemianu klinkru cementowego gips reaguje w czasie hydratacji z glinianami zawartymi w cemencie, tworząc krystaliczny związek sulfoglinianu wapnia $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 3H_2O$.

Tablica I

M a t e r i a ł	Skurcz po 23 dniach w ml na 100 g materiału
Cement portlandzki	3,7 ÷ 5,0
Cement glinowy	10,0
Wapno hydrauliczne	1,6
$3CaO \cdot SiO_2$	6 ÷ 7
$3CaO \cdot Al_2O_3$	17,8

Jeżeli związek ten powstaje z roztworu siarczanu wapnia i znajdującego się również w roztworze glinianu wapnia, wydzielające się kryształy sulfoglinianu nie powodują zwiększenia się objętości. Jeżeli jednak gliniany wapnia reagują w stanie stałym z roztworem siarczanu wapnia — powstający krystaliczny sulfogli-

nian zajmuje objętość większą niż składniki wyjściowe i powoduje pęcznienie.

Sulfoglinian, powstający w niewielkiej ilości w pierwszych dniach twardnienia cementu, nie daje widocznych objawów pęknięcia lub powstania rys w zaprawie lub betonie w okresie kiedy masa twardniejąca jest plastyczna wskutek obecności uwodnionych związków w postaci koloidalnej. Kiedy jednak ilość dodanego do cementu gipsu jest zbyt duża lub gdy reakcja powstawania sulfoglinianu zachodzi po stwardnieniu masy zaprawy lub betonu, następuje znaczne zwiększenie objętości i pojawiają się spękania i rysy.

Jako materiału wyjściowego używano do badań cementu portlandzkiego i cementu glinowego. Zarówno do jednego jak i drugiego cementu dodawano składnik „rozszerzający“, który zawierał związki glinu i gips. Okazało się, że lepsze rezultaty otrzymywano przy użyciu jako podstawy cementu glinowego.

Przy cemencie portlandzkim otrzymano słabszy wynik, ponieważ ilość dodanego składnika należy ograniczać, jak wykazały badania, najwyżej do 10%.

Cement portlandzki, zawierający w swym składzie przeważnie krzemiany wapnia, ulega hydratacji — w porównaniu z cementem glinowym bogatym w zwią-

Tablica II

Zestawienie wyników badania cech fizycznych cementu rozszerzającego się, sporządzonego na bazie żużla wysokoglinowego (próby laboratoryjne)

L. p. próby	Skład	Warunki wiązania			Stopień zmielenia		Rozszerzalność w %				
		% H ₂ O	pocz. godz.	koniec godz.	% na sicie		po 6 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach
					0,2 mm	0,08 mm					
1.	80% żużła 20% mieszanki A	25	0 ⁰³	0 ⁰⁷	2,4	9,6	0,03	0,12	0,15	0,15	0,16
2.	80% żużła 20% mieszanki B	25	0 ⁰⁵	0 ⁰⁹	2,4	9,6	0,01	0,11	0,16	0,16	0,18

Wszystkie badane mieszanki wykazały normalną zmianę objętości.

Tablica III

Zestawienie wyników badania wytrzymałości zaczynu o właściwej ilości wody z cementu rozszerzającego się, sporządzonego na bazie żużla wysokoglinowego (próby laboratoryjne)

L. p. próby	Skład	Zginanie w kg/cm ²					Ściskanie w kg/cm ²				
		po 6 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach	po 6 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach
1.	80% żużła 20% mieszanki A	24,2	75,5	91,1	113,9	107,5	100	485	766	934	973
2.	80% żużła 20% mieszanki B	24,2	72,0	88,3	102,1	99,1	88	469	700	882	993

Podobne zjawisko zniszczenia zachodzi w zaprawach i betonach poddanych działaniu wód zawierających siarczany. W tym przypadku powstaje również krystaliczny sulfoglinian wapnia powodujący powstanie rys i spękań.

Wobec tego sulfoglinian wapnia, nazwany przez cementowników „bakcylem cementowym“, był uważany za związek szkodliwy i, aby nie powstawał w zbyt dużych ilościach, ograniczono dodatek gipsu do cementu.

Z chwilą powstania zagadnienia produkcji cementów, bezskurczowych i rozszerzających się, zwrócono uwagę na rozszerzające działanie sulfoglinianu wapnia.

Rozpoczęto badania, zmierzające do opanowania zjawiska pęcznienia, zachodzącego w czasie hydratacji cementu na skutek reakcji między siarczanem wapnia i glinianami. Powstający sulfoglinian wapnia w ilości z góry założonej i wyliczonej na podstawie obliczeń stechiometrycznych, miał skompensować skurcz, a nawet spowodować rozszerzanie się cementu.

zki glinu — w czasie znacznie dłuższym a warunki, pozwalające na powstanie sulfoglinianu wapnia, utrzymują się w cemencie nawet po jego stwardnieniu.

Abym więc uniknąć spękania zaprawy lub betonu przez tworzenie się sulfoglinianu w stanie stałym, konieczne jest zmniejszenie dodatku składnika rozszerzającego do takiej ilości, aby sulfoglinian wapniowy powstawał tylko w początkowej fazie twardnienia cementu. Przy tak ograniczonym dodatku składnika rozszerzającego otrzymuje się na ogół nieduży efekt rozszerzania i otrzymany cement jest raczej cementem bezskurczowym lub słabo rozszerzającym się.

Cement glinowy natomiast, zawierający w swym składzie przeważnie gliniany wapnia, hydratyzuje szybko. Reakcje hydratacji nie przeciągają się przez dłuższy czas, wobec czego nie ma obawy powstania sulfoglinianu po stwardnieniu cementu. Można więc zwiększyć dodatek składnika rozszerzającego i przez to uzyskać większy efekt pęcznienia cementu.

Tablica IV

Zestawienie wyników badania cech fizycznych cementu rozszerzającego się, sporządzonego na bazie żużla wysokoglinowego (próby półtechniczne)

L. p. próby	Skład	Warunki wiązania			Stopień zmielenia		Rozszerzalność w %				
		% H ₂ O	pocz. godz.	kon. godz.	% na sicie		po 6 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach
					0,2 mm	0,08 mm					
3.	71% żużła 29% mieszanki C	32,7	0 ⁰²	0 ⁰⁴	2,4	9,6	0,06	0,34	0,44	0,45	0,47
4.	77% żużła 23% mieszanki C	32,6	0 ⁰²	0 ⁰⁴	2,0	9,6	0,07	0,27	0,28	0,29	0,31

Wszystkie badane mieszanki wykazały normalną zmianę objętości.

W zakresie wytrzymałości występują także pewne różnice. Cement rozszerzający się, wyprodukowany na podstawie cementu glinowego, posiada znacznie większe, zwłaszcza początkowe wytrzymałości, niż cement wyprodukowany na podstawie cementu portlandzkiego. Pierwsze jednak próby produkcji cementu rozszerzającego się przeprowadzone były na cemencie portlandz-

opracowany został przez radziecki Naukowo-Badawczy Instytut Cementu. Sposób ten polega na równoczesnym zmieleniu żużla wysokoglinowego z odpowiednią ilością gipsu surowego.

W planie pracy Instytutu Technologii Krzemianów nad cementem rozszerzającym się i bezskurczowym uwzględniono próby otrzymywania go na podstawie

Tablica V

Zestawienie wyników badania wytrzymałości zaczynu o właściwej ilości wody z cementu rozszerzającego się, sporządzonego na bazie żużla wysokoglinowego (próby półtechniczne)

L. p. próby	S k ł a d	Zginanie w kg/cm ²						Ściskanie w kg/cm ²					
		po 6 godz.	po 12 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach	po 6 godz.	po 12 godz.	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	do 28 dniach
3.	71% żużla 29% mieszanki C	11,1	—	52,7	56,2	66,9	62,6	39,4	—	303	485	764	698
4.	77% żużla 23% mieszanki C	—	43,7	65,3	86,6	80,5	81,9	—	208	397	501	798	888

kim. Jako składnika rozszerzającego używano mieszanki cementu glinowego, poprzednio zadanego na mokro wapnem i zmielonego po wysuszeniu z dodatkiem odpowiedniej wyliczonej ilości gipsu. Jako stabilizatora dodawano żużel wielkopieczowy.

Cement tego typu opracowany został przez Lossier'a we Francji.

W Związku Radzieckim przeprowadzono próby zastąpienia cementu glinowego, wchodzącego w skład składnika rozszerzającego, odpowiednio przygotowaną mieszaniną kaolinu palonego w 800 °C, wapna palonego i cementu portlandzkiego. Próby te dały dobre wyniki.

W innym kierunku poszły badania uczonego radzieckiego W. W. Michajłowa. Opracował on produkcję cementu rozszerzającego się na podstawie cementu glinowego.

Dodawał on również do niego składnik rozszerzający, w skład którego wchodził uwodniony glinian czterowapniowy i gips prażony, półwodny. Glinian czterowapniowy otrzymywany był z cementu glinowego, zadanego wyliczoną ilością wapna i wody.

Otrzymany według Michajłowa cement rozszerzający posiada wiele cennych zalet, przede wszystkim skurcz dochodzący do 1% długości, wysokie wytrzymałości początkowe i wodoszczelność.

Zamiast cementu glinowego stosowano również żużel wysokoglinowy, otrzymywany w procesie wielkopieczowym, przy którym zastąpiono wapień, zwykle używany jako topnik, boksytem, bogatym w Al₂O₃.

Bardziej prosty sposób sporządzania cementu rozszerzającego się na podstawie żużla wysokoglinowego,

żużla wysokoglinowego i na podstawie cementu portlandzkiego. Przeprowadzono szereg prób na skalę laboratoryjną i jedną próbę półtechniczną.

I. CEMENT ROZSZERZAJĄCY SIĘ NA PODSTAWIE ŻUŻLA WYSOKOGLINOWEGO

1. Próby na skalę laboratoryjną. Do prób użyto żużel wysokoglinowy z remanentów cementowni „Przemko“ w Szczecinie. Żużel ten pochodził z huty „Szczecin“, gdzie swego czasu był on produkowany w ten sposób, że w czasie wytopu surówki żelaza dodawano boksyt jako topnik. Otrzymano żużel, pod względem składu chemicznego i mineralogicznego a za tym i pod względem własności, podobny jest do klinkru cementu glinowego.

Skład chemiczny otrzymanej do badań laboratoryjnych próbki żużla był następujący:

strata przy wyżarzaniu	— 1,72%
SiO ₂	— 7,54%
Al ₂ O ₃	— 43,71%
Fe ₂ O ₃	— 4,25%
CaO	— 38,46%
SO ₃	— 0,28%
S	— 0,74%

Żużel ten użyto jako podstawę dla próbnych partii cementu rozszerzającego się oraz jako materiał do sporządzania składnika rozszerzającego.

W pierwszej fazie badań chodziło o ustalenie sposobu przygotowania składnika rozszerzającego.

Tablica VI

Zestawienie cech fizycznych cementu bezskurczowego, sporządzonego na bazie cementu portlandzkiego (próby laboratoryjne)

L. p. próby	S k ł a d	Warunki wiązania			Stopień zmielenia		Rozszerzalność w %			
		% H ₂ O	pocz. godz.	kon. godz.	% na sicie		po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach
					0,2 mm	0,08 mm				
1.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki E	28	0 ²⁰	5 ³⁰	0,4	6,8	—	0,03	0,03	0,05
2.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki E	29	0 ⁹⁸	5 ⁰²	0,4	7,2	—	0,04	0,08	0,22
3.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki D*	28,5	0 ⁰³	0 ¹⁵	0,4	7,0	0,02	0,07	0,04	0,07
4.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki D*	29,5	0 ⁰⁵	0 ⁰⁹	0,5	7,4	0,21	0,33	0,36	0,48
5.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki F	28	0 ⁰²	2 ¹²	0,4	7,0	—	0,06	0,07	0,12
6.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki F	30,6	0 ⁰³	3 ⁴⁵	0,4	7,4	—	0,07	0,12	0,24

* formy rozbiegane po 3 godzinach.

Wszystkie badane mieszanki wykazały normalną zmianę objętości.

Głównymi składnikami mineralogicznymi żużla wysokoglinowego są przede wszystkim gliniany $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ i $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, poza tym krzemionka występująca w połączeniu z CaO i Al_2O_3 jako $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (gelenit) i $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. W małych ilościach obecne są związki żelaza ($2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) i związki magnezu, manganu i tytanu.

W ten sposób otrzymane cementy badano na cechy fizyczne włączając badanie rozszerzalności zaczynu przechowywanego w wodzie (tablica II) oraz jego wytrzymałości (tablica III).

Jak wynika z przytoczonych w tablicach danych otrzymano cement słabo rozszerzający się o stosunkowo wysokich wytrzymałościach. Porównując działanie mie-

Tablica VII

Zestawienie wyników badania wytrzymałości zaczynu o właściwej ilości wody z cementu bezskureczowego sporządzonego na bazie cementu portlandzkiego (próby laboratoryjne)

L. p. próby	Skład	Zginanie w kg/cm^2				Ściskanie w kg/cm^2			
		po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach	po 1 dniu	po 3 dniach	po 7 dniach	po 28 dniach
1.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki E	64,9	88,9	112,9	128,3	228	473	753	848
2.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki E	38,7	40,7	48,9	87,0	127	230	378	739
3.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki D*	22,2	72,2	104,1	113,5	57	393	684	661
4.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki D*	14,0	31,3	41,8	80,0	35	106	185	504
5.	95% cementu portlandz. „350“ 5% mieszanki F	21,6	—	55,9	87,2	96	—	260	760
6.	90% cementu portlandz. „350“ 10% mieszanki F	26,1	42,7	51,5	71,7	106,7	235	292	530

* Formy rozbierane po 3 godzinach.

Pod wpływem działania wody gliniany ulegają hydratacji i przechodzą na uwodnione gliniany wapna $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ i $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Który z tych uwodnionych glinianów powstanie w przeważającej ilości — zależy od temperatury i zawartości wapna.

Najbardziej trwałym związkiem, powstającym w normalnej temperaturze, jest glinian czterowapniowy. Zawarty w żużlu gelenit nie ulega hydratacji.

Z wyliczenia stechiometrycznego wynika, że do utworzenia czterowapniowego glinianu z całej ilości Al_2O_3 zawartego w żużlu, po odjęciu ilości Al_2O_3 związanego w gelenicie, należy dodać pewną ilość wapna, ponieważ zawartość wapna w żużlu jest za mała.

Przy sporządzaniu więc składnika rozszerzającego dodawano do zmielonego żużla wyliczone ilości wapna i wody.

Żużel i wapno dobrze mieszano na sucho a następnie dodawano wodę. W ten sposób otrzymuje się gęstą masę, którą pozostawia się na powietrzu przez 2½ godziny. Po tym czasie stwardniałą masę rozdrabnia się i zalewa wodą. Po upływie kilku dni wodę zlewa się a masę suszy i miele.

Głównym składnikiem masy jest uwodniony glinian czterowapniowy $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$, powstały wskutek hydratacji w obecności wapna i glinianów zawartych w żużlu. Do masy tej dodaje się gips prażony półwodny, aby otrzymać mieszankę, która po dodaniu do zmielonego żużla i zadaniu wodą tworzy sulfoglinian wapniowy, wywołujący rozszerzenie się cementu.

Reakcja powstawania krystalicznego sulfoglinianu zachodzi, według Michajłowa, w następujący sposób:

$$3(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}) + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 12(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}) + \text{aq} = 4(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O} + \text{aq})$$

Z żużla przeznaczonego do badań sporządzono składnik rozszerzający się w sposób podany wyżej przez zmieszanie 100 cz. wag. żużla, 70 cz. wag. wapna. Do mieszanki tej dodano 120 cz. w. wody i pozostawiono i dzień w wilgotnej atmosferze. Potem masę podzielono na dwie części. Jedną z nich przechowywano 7 dni pod wodą, następnie suszono i mielono (mieszanka A); drugą część przed suszeniem i mieleniem przechowywano 2 dni pod wodą (mieszanka B). Do obydwu tych mieszanek dodano gipsu prażonego półwodnego w stosunku 1:1 i zmieszano w ilości 20% z uprzednio zmielonym żużlem wysokoglinowym.

szanki A i mieszanki B widzimy, że prawie nie ma między nimi różnicy. Postanowiono więc w przyszłych próbach przechowywać mieszanki pięć dni pod wodą.

2. Próby półtechniczne. W gipsowni przy cementowni „Bolko“ w Opolu zmielono około 1 t żużla wysokoglinowego z cementowni „Przemko“.

Z żużla tego wzięto próbkę w ilości około 100 kg i sporządzono z niej mieszankę rozszerzającą (mieszankę C) w sposób podany przy opisie prób laboratoryjnych z tym, że mieszaninę żużla i wapna przechowywano pięć dni pod wodą. Następnie przemielono żużel z dodatkiem 29 i 23% mieszanki. Otrzymany cement zbadano. Wyniki badania cech fizycznych wraz z rozszerzalnością zaczynu przechowywanego w wodzie i cech wytrzymałościowych zaczynu przedstawione są w tablicy IV i V.

Wyniki badania wykazują, że otrzymano cementy, których rozszerzalność leży już w granicach wymagań stawianych przez radzieckie warunki techniczne cementom ekspansywnym (warunki techniczne wymagają 0,2÷1% rozszerzalności zaczynu przechowywanego w wodzie).

Wytrzymałości omawianych cementów są niższe niż poprzednio otrzymane w próbach laboratoryjnych. Przyczyna leży w tym, że do prób półtechnicznych otrzymano żużel zanieczyszczony, zawierający dużo części zhydratyzowanych przez dłuższe leżenie.

II. CEMENT BĘZSKURCZOWY NA PODSTAWIE CEMENTU PORTLANDZKIEGO

Próby przeprowadzono na cemencie portlandzkim „350“.

Składnik rozszerzający sporządzono z kaolinu wyżarzonego w 800°C i wapna hydratyzowanego oraz gipsu prażonego półwodnego. Kaolin i wapno hydratyzowane mieszano biorąc na 35 części wagowych kaolinu — 65 części wagowych wapna.

Mieszaninę zadawano 70 częściami wagowymi wody i pozostawiano przez 1 dzień w wilgotnej atmosferze. Potem jedną część mieszaniny poddawano w ciągu 10 godzin działaniu pary wodnej w autoklawie, przy ciśnieniu 10 atmosfer (mieszanka E). Drugą część mieszaniny przechowywano 10 dni pod wodą i następnie suszono i mielono (mieszanka D), trzecią część mieszaniny przechowywano 5 dni pod wodą (mieszanka F).

Otrzymane mieszanki dodawano do cementu marki „350“ w ilości 5 i 10%, otrzymując w ten sposób cementy bezskurezowe.