ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995

Seria: BUDOWNICTWO z. 81 Nr kol. 1292

Wiesław ZAMOROWSKI

BADANIA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI BETONU ŁUPKOPORYTOWEGO Z KRUSZYWA "HALDEX"

Streszczenie. Omówiono wyniki badań tych własności betonu, które stanowią o jego odporności na powstawanie zarysowań skurczowych. Opisano metodykę badań i zaproponowano, dodatkową, obok cech wytrzymałościowych, ocenę jakości betonu - charakterystykę (miarę) rysoodporności skurczowej. Wykazano dość niską rysoodporność badanego betonu.

TESTS OF CHOSEN PROPERTIES OF AGLITE-HALDEX CONCRETE

Summary. The results of tests of the properties of concrete, determining it's shrinkage cracking resistance, were discussed. The testing techniques have been described and apart from the resistance features, the additional concrete quality estimation has been proposed, being the measure of it's shrinkage resistance. A relatively low crack resistance of the tested concrete has been proved.

UNTERSUCHUNGEN DER EINSTELLEIGENSCHAFTEN DES BETONS AUS "HALDEX" ZUSLAGSTOFF

Zusammenfassung. Die Ergebnisse dieser Einstelleigenschaften des Betons, welche eintscheiden über der Schwind-Rißfestigkeit wurde behandelt. Methodik der Untersuchungen und vorgeschlagte Charakteristik (Maß) der Schwind-Rißfestigkeit, welche - nebenan der Festigkeitseigenschaften eintscheiden der Zusatzbeurteilunger der Qualität des Betons, wurde vorgestellt. Der zimlich niedrige Rißfestigkeit des prüfendet Betons wurde ausgewist.

1. WSTĘP

Przedmiotem badań był łupkoporytowy beton lekki, z którego wznoszono (przy użyciu deskowań przestawnych) 25-piętrowe, monolityczne budynki mieszkalne w Katowicach. W związku z zaistniałymi licznymi pęknięciami ścian innych, zamieszkałych już budynków, wykonanych wg podobnej technologii, zaszła konieczność przeprowadzenia badań betonu.

Badania, wykonane na próbkach pobranych w trakcie betonowania ścian i stropów budynków, miały wyjaśnić, czy przyczyny ewentualnych uszkodzeń mogą być związane z właściwościami stosowanego materiału.

Celem badań było doświadczalne poznanie zmian tych właściwości betonu, które dokonują się w procesie dojrzewania i stanowią o odporności betonu na powstawanie zarysowań skurczowych. Celem badań było także poznanie rozwoju wytrzymałości na ściskanie jako podstawowej cechy materiału. Opisane doświadczenia stanowiły część składową wieloletniej pracy badawczej dotyczącej rysoodporności skurczowej betonów.

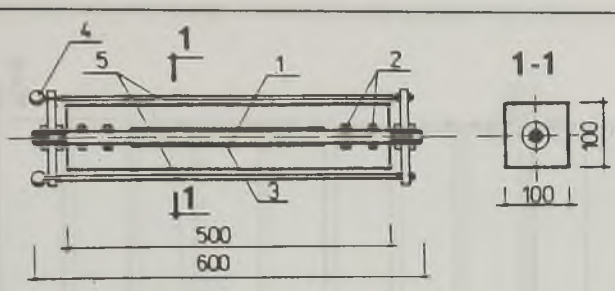
2. ZAKRES I OPIS BADAŃ

Badaniami objęto:

- zmiany wytrzymałości na ściskanie w czasie $R_{\square 15}(T)$ oraz na rozciąganie $R_z(T)$,
- przebieg odkształceń skurczowych $\varepsilon_s(T)$,
- rozwój naprężeń skurczowych w betonie w warunkach ograniczonej swobody odkształceń $\sigma_{bs}(T)$ oraz moduł sprężystości betonu po 28 dniach E_b.

Skład 1 m³ mieszanki betonowej ustalono w przedsiębiorstwie wykonującym budynki przy założeniu projektowanej wówczas nietypowej klasy betonu B22,5. Podane niżej wartości odnoszą się do masy wysuszonego kruszywa: łupkoporyt "Haldex" - 975 kg; pyły z Elektrowni Łagisza - 95 kg; cement portlandzki - 455 kg; woda 312 l, konsystencja wg VeBe ~4 sek.

Próbki do badań pobrano z sześciu różnych zarobów, a ich liczebność uwidoczniona jest na rysunkach z wynikami badań. Po dwóch dniach dojrzewania w warunkach budowy próbki rozformowano i przewieziono do Laboratorium Instytutu Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej. Dalsze przechowywanie próbek do badania wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie oraz modułu sprężystości odbywało się przy temperaturze otoczenia 18 ± 2°C i wilgotności wzglednej powietrza ≥ 90%. Próbki do określenia odkształceń i naprężeń skurczowych po przewiezieniu z budowy przechowywano i badano w pomieszczeniu o wilgotności względnej powietrza ~70% i temperaturze 18 ± 2°C. Badania wytrzymałości na rozciąganie przeprowadzono tzw. metodą brazylijską, przez rozłupywanie walców $\phi 160 \times 160$ mm. Naprężenia skurczowe σ_{bs} badano na próbkach pokazanych na rys.1.
Wymiary części betonowej były takie same jak w przypadku próbek do pomiaru skurczu.

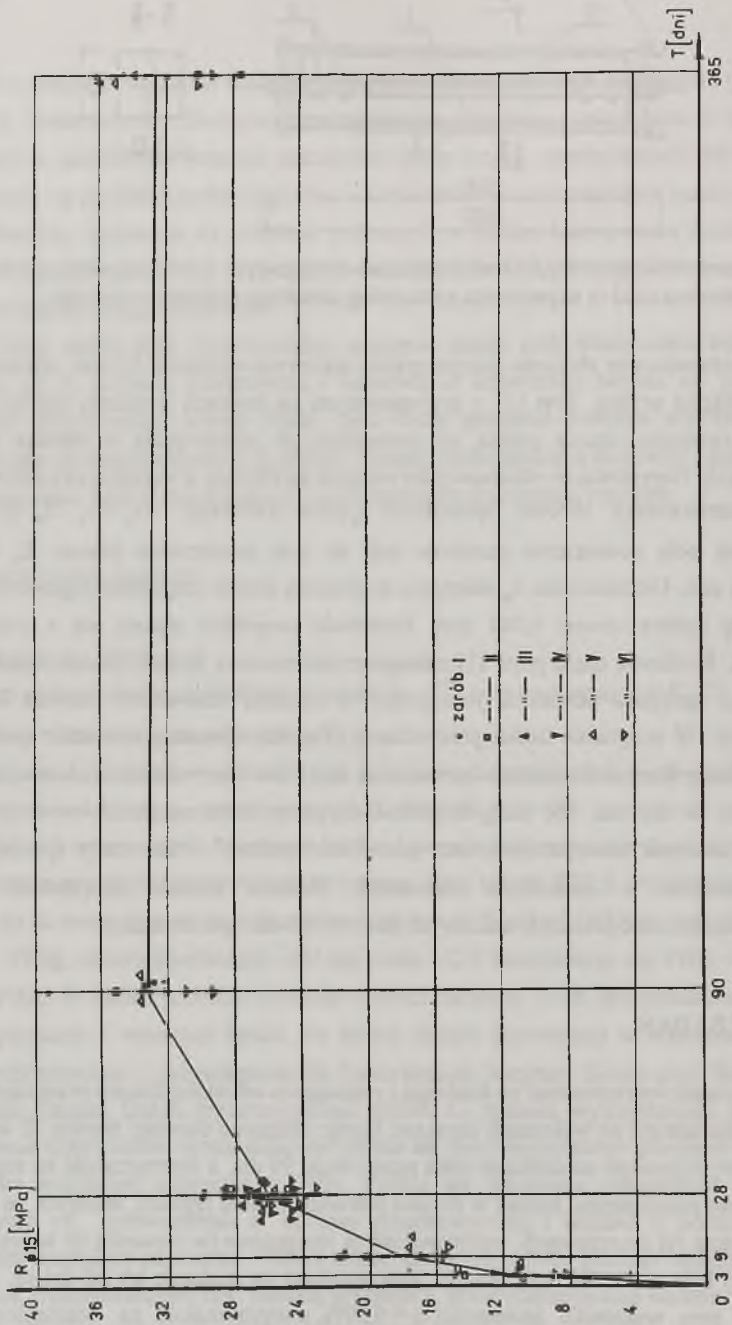


Rys.1. Element doświadczalny do badań naprężeń skurczowych w betonie - opis w tekscie
Fig.1. The element used in experiments concerning shrinkage stresses in concrete

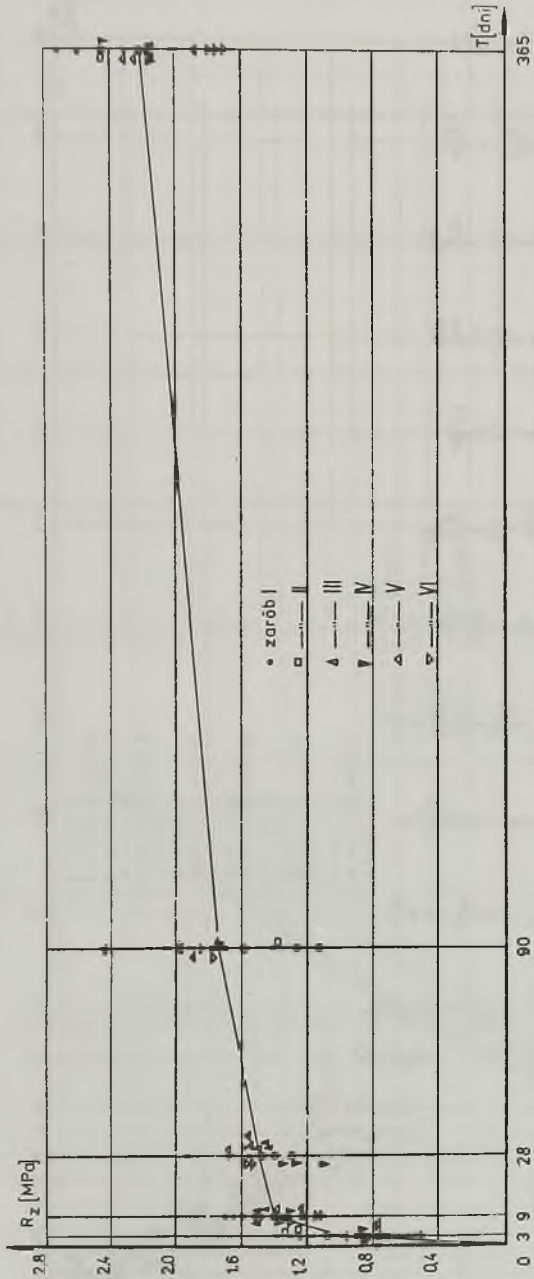
Elementy doświadczalne zbrojono jednym prętem stalowym o średnicy 20 mm, umieszczonym osiowo w każdej próbce. Pręt (1) z przyspawanymi na końcach krążkami oporowymi (2) ograniczał swobodny skurcz próbki, co prowadziło do powstawania w betonie naprężeń rozciągających. Naprężenia te obliczano jako wartości uśrednione z warunku równowagi sił na podstawie zmierzonych skróceń sprężystych ε_a pręta stalowego: $\sigma_{bs} = \varepsilon_a \cdot E_a \cdot \mu$, gdzie: μ - stosunek pola powierzchni przekroju stali do pola powierzchni betonu, E_a - moduł sprężystości stali. Odkształcenia ε_a mierzono za pomocą dwóch czujników zegarowych (4) o elementarnej działce równej 0,001 mm. Końcówki czujników stykały się z prętami (5) popychacza. Środkową część pręta (1) zabezpieczono warstwą folii (3) przed zespoleniem z betonem, co sprzyjało powstaniu jednej rysy o większej rozwartości zamiast kilku rys drobniejszych. W programie badań przewidziano również rejestrację terminów zarysowania próbek. Opisany element doświadczalny modeluje stan materiału w elemencie konstrukcji przy rozwijajacym sie skurczu. Nie służy on jednak do oceny stanu wytężenia konstrukcji przed przejęciem obciążeń zewnętrznych, lecz jako "ciało próbne" - do oceny rysoodporności różnych betonów w umownych warunkach. Badania modułu sprężystości betonu przeprowadzono na 18 próbkach walcowych $\phi 150 \times 300$ mm po 28 dniach.

3. WYNIKI BADAŃ

Zależność wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie od wieku betonu przedstawiono na rys.2 i 3. Linie łamane na wykresach uzyskano łącząc obliczone wartości średnie. Z wykresów wynika, że wytrzymałość na ściskanie rosła przez około 90 dni, a wytrzymałość na rozciąganie także w czasie późniejszym. Jednak w okresie pierwszych kilku tygodni, istotnych ze względu na powstawanie rys skurczowych, wytrzymałość na rozciąganie (w stosunku do wytrzymałości na ściskanie) była niska. Wartość średnia wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach wynosiła 26,06 MPa przy wskaźniku zmienności $\upsilon = 6{,}99\%$, a wytrzymałość na rozciąganie tylko ~1,5MPa. Średnia wartość modułu sprężystości betonu wynosiła 16 245 MPa.

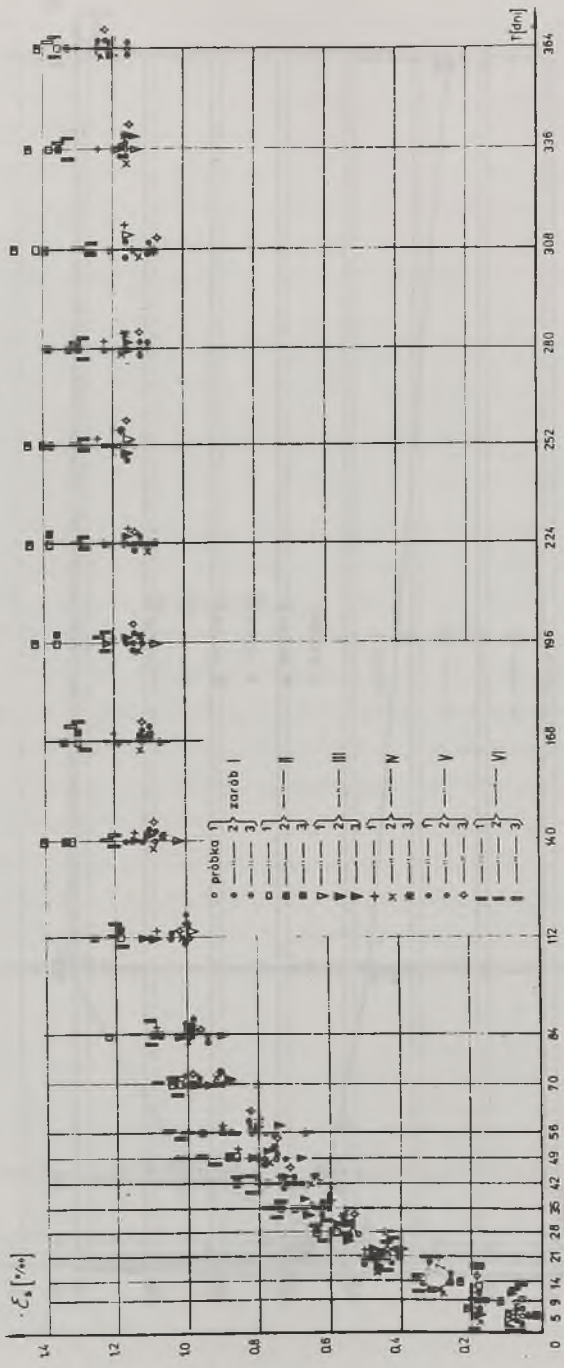


Rys.2. Wykres wytrzymałości średniej na ściskanie
Fig.2. Average compressive strength diagram

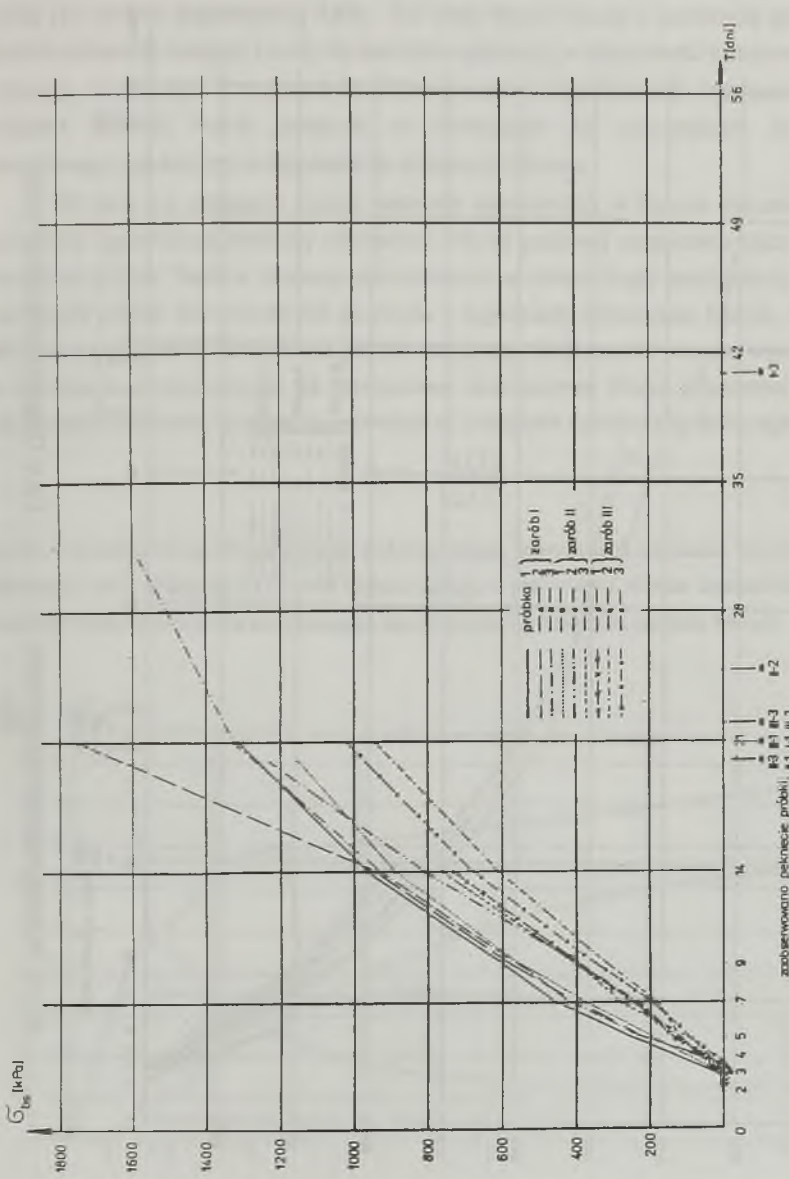


Rys.3. Wzrost wytrzymałości średniej na rozciąganie

Fig.3. Average tensile strength increase

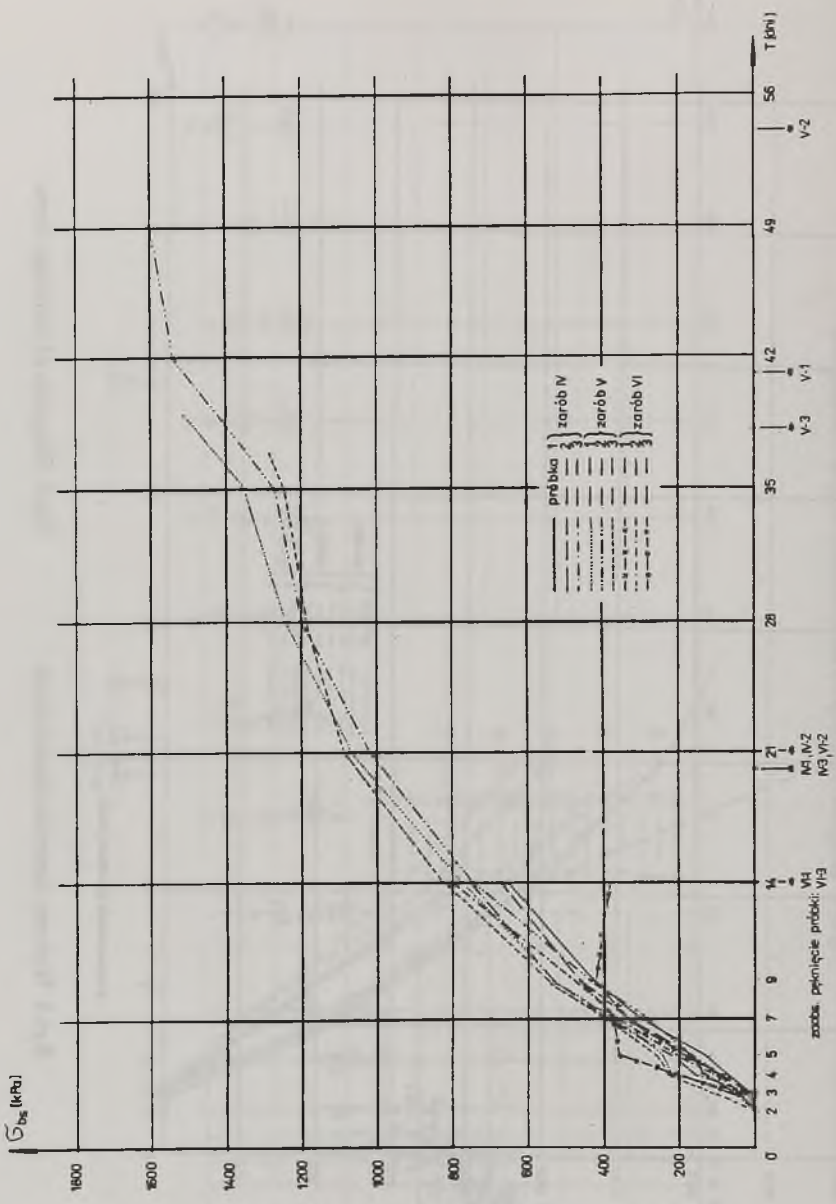


Rys.4. Przebieg odkształceń skurczowych próbek swobodnych
Fig.4. Time variation of free-load specimens shrinkage deformation



Rys.5. Wykresy naprężeń skurczowych

Fig. 5. Diagrams of shrinkage stress



Rys.6. Wykresy naprężeń skurczowych

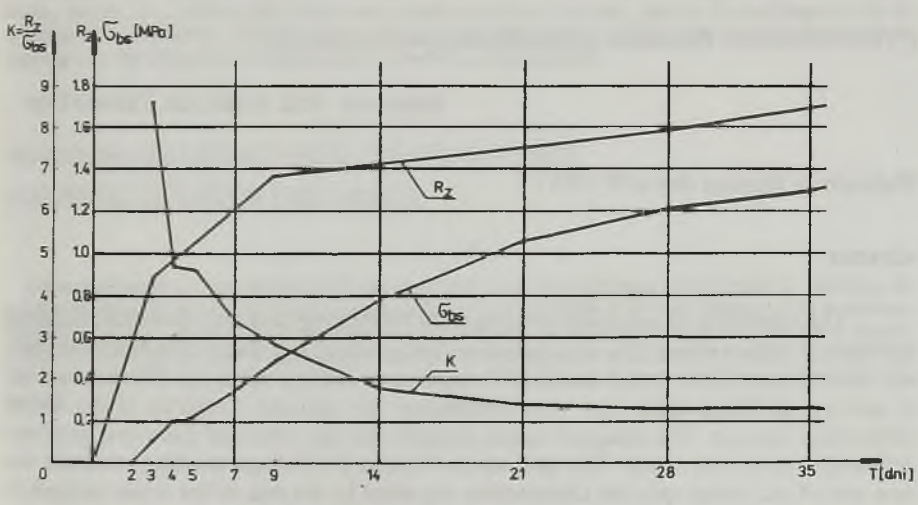
Fig.6. Diagrams of shrinkage stress

Rysunek 4 przedstawia przebieg odkształceń skurczowych próbek swobodnych. Średnia wartość odkształceń po 364 dniach wynosiła 1,26‰ i znacznie przekraczała określoną przez normę [1] wartość dopuszczalną 0,8‰. Tak duży skurcz betonu z pewnością powodowała znaczna zawartość cementu i wody zarobowej w mieszance, a także jakość kruszywa łupkoporytowego. Ziarna tego kruszywa były słabo spieczone, niejednorodne wytrzymałościowo i otoczone warstwą frakcji pylastych, co zmniejszało ich przyczepność do zaczynu cementowego i niekorzystnie wpływało na właściwości betonu.

Na rys.5 i 6 pokazano rozwój naprężeń skurczowych w betonie dojrzewającym w warunkach ograniczonej swobody odkształceń. Na osi poziomej zaznaczono także czas (dni) zarysowań próbek. Badane elementy doświadczalne wcześnie uległy zarysowaniu, pęknięcia pierwszych próbek powstawały już po około 2 tygodniach dojrzewania betonu. Możliwość zarysowania elementów uzależniona jest od wzajemnej relacji między rosnącą wytrzymałością na rozciąganie a rozwijającymi się naprężeniami skurczowymi. Ocenę odporności betonu na zarysowanie skurczowe można przeprowadzić na podstawie wartości charakterystyki

$$K(T) = \frac{R_z(T)}{\sigma_{bs}(T)}.$$

Na rys.7 przedstawiono dla przykładu wykresy zmian powyższych wielkości otrzymane z badań betonu z-V. Wartości K(T) dość szybko maleją w pierwszym okresie dojrzewania próbek. Przebieg wykresów wyraża zwiększającą się z czasem tendencję do pękania betonu.



Rys.7. Wytrzymałość na rozciąganie, naprężenia skurczowe i charakterystyka rysoodporności
Fig.7. Tensile strength, shrinkage stresses and the coefficient of cracking resistance

Niską rysoodporność badanego betonu wyraża charakterystyka K_{28}, której wartość (po 28 dniach) wynosi już tylko ~1,3. Charakterystyka K_{28} może być dodatkową, obok cech wytrzymałościowych, miara jakości betonu. Dla porównania można przytoczyć wartość K_{28} = 2,4 - otrzymaną przez autora z badań betonu zwykłego o zawartości cementu 386 kg, c/w = 1,89 i konsystencji VeBe ≅ 3 sek.

4. WNIOSKI

1. Niska rysoodporność badanego betonu ma związek z dużymi odkształceniami i naprężeniami skurczowymi oraz stosunkowo małą wytrzymałością na rozciąganie. Właściwości te wynikały ze składu betonu, dużej zawartości cementu i wody oraz z jakości zastosowanego kruszywa łupkoporytowego.
2. Opisany w pracy umowny sposób badań naprężeń skurczowych, a także zaproponowana miara K_{28} rysoodporności betonu moga stanowić podstawę dodatkowej oceny jakości tego materiału. Badania charakterystyki K_{28}, obok badań wytrzymałości na ściskanie, mogą być pomocne w poszukiwaniu stosownych składów mieszanek, nowych dodatków i sposobów pielęgnacji betonów odporniejszych na zarysowania skurczowe.

LITERATURA

[1] PN-75/B-06263. Beton lekki z porowatych kruszyw sztucznych.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Hop

Wpłynęło do Redakcji dnia 3.07.1995 r.

Abstract

The object of tests was aglite concrete, used for erecting 25-storey monolithic buildings by means of shift-boarding. The article discusses test results of increasing compressive strength and these concrete features that decide of it's shrinkage cracking resistance. The test methods of concrete shrinkage stress have been described at the assumed conditions of the limited deformation freedom. The change of tensile strength and also free-load specimens shrinkage deformation have been tested. The estimation of concrete shrinkage cracking resistance has been carried out, based upon the characteristic expressed by the ratio of the tensile strength to the shrinkage stress. Time variation of this value has been presented in the form of a graphic illustration. A relatively low shrinkage cracking resistance of the tested concrete has been proved.