

Wpływ reakcji alkaliów z kruszywem krzemionkowym na trwałość betonu

Influence of Alkali-Silica Reaction on Concrete Durability

1. Wprowadzenie

Trwałość betonu definiuje się jako zespół właściwości, które pozwalają na pełnienie przez beton zaprojektowanej funkcji w możliwie najdłuższym czasie eksploatacji (1). Okazuje się jednak, że wiele konstrukcji betonowych wykazuje niewystarczającą trwałość (2). Obserwowane uszkodzenia betonu są liczne i występują znacznie wcześniej niż przewidywany okres eksploatacji w konstrukcjach normalnie użytkowanych. Niedostateczna trwałość przejawia się zniszczeniem betonu, które może być spowodowane czynnikami zewnętrznymi albo może być wynikiem działania czynników wewnętrznych występujących w samym betonie. Jedną z przyczyn wewnętrznego niszczenia betonu są reakcje kruszywa z alkaliami (3).

Następstwem reakcji alkaliów z krzemionką w konstrukcji betonowej może być obecność żelu wypływającego na powierzchnię betonu, odpryski kruszywa i betonu, a nawet całkowite zniszczenie elementów konstrukcji.

W oparciu o wyniki badań własnych i dane literaturowe w pracy przedstawiono etapy reakcji alkaliów z kruszywem krzemionkowym i jej wpływ na trwałość betonu.

2. Reakcja i proces ekspansji

Reakcja alkaliów z krzemionką niezmiennie jest wykorzystywana do opisu chemicznej reaktywności kruszyw z alkaliami, a także przypadków niszczenia betonu przez produkty tej reakcji. Zarówno czynniki chemiczne jak i mechaniczne oddziałują w złożony sposób na te procesy, w wyniku czego powstają różne formy obserwowanej destrukcji betonu (tablica 1). Znaczenie tych czynników w reakcji alkaliów z kruszywem było przedmiotem wielu badań (4).

Zachodzenie niszczących procesów w betonie wynika zarówno z podatności ziaren kruszywa na reakcje z wodorotlenkami sodu i potasu jak i właściwości ekspansywnych produktów reakcji. Przebieg ekspansji w wyniku reakcji alkaliów z kruszywem krzemionkowym w betonie można podzielić na etap początkowy, etap szybkiego wzrostu rozszerzalności i etap jej zaniku (rysunek 1). Można przypuszczać, że w etapie drugim zachodzi powstawanie znacznych ilości ekspansywnego żelu (5).

2.1. Etap początkowy

W początkowym okresie powstają pewne ilości produktów reakcji alkaliów z krzemionką, natomiast nie towarzyszy im ekspansja betonu. Zależy to od właściwości pęczniących produktów reak-

1. Introduction

Concrete durability is defined as a set of properties which enable the concrete to perform the designed functions over a possibly long operation timespan (1). Yet it appears that many concrete constructions demonstrate insufficient durability (2). The observed concrete damage is abundant and develops much earlier than the end of the assumed operation timespan of structures in a standard use. This insufficient durability manifests itself through concrete deterioration which may be caused by external factors, or the operation of internal factors acting within the concrete itself. The alkali-aggregate reactions (3) constitute one of the internal causes for concrete deterioration.

The consequence of alkali-silica reactions in a concrete structure may be the presence of the gel flowing onto the concrete surface, aggregate and concrete chipping, and even a complete destruction of construction elements. In the present paper, in the light of the author's research and literature data, the stages of alkali-silica reactions as well as their influence on concrete durability have been presented.

2. Reaction and Expansion Process

The alkali-silica reaction is invariably applied to the description of both the aggregate chemical reactivity with alkalis and the cases of concrete deterioration due to the products of this reaction. Both chemical and mechanical factors influence, in a complex manner, these processes and, due to this, a variety of forms of concrete destruction are observed (Table 1). The significance of these fac-

Table 1

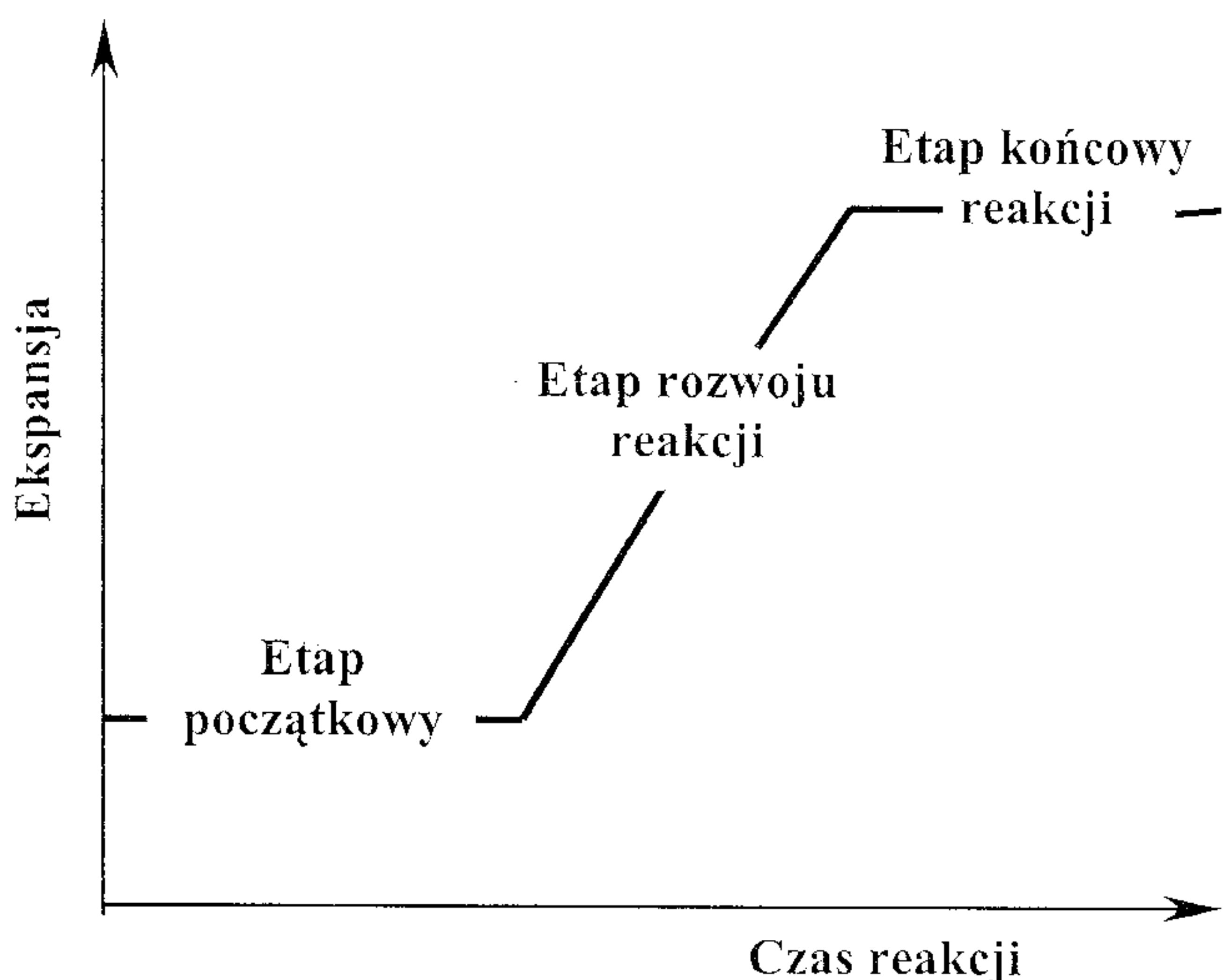
FACTORS INFLUENCING THE BEHAVIOUR OF CONCRETE STRUCTURES CONTAINING ALKALI-REACTIVE AGGREGATE (4).

Concrete composition	reactive aggregate type and content, size of reactive aggregate grains, cement type, mineral additions, chemical admixtures, concrete mix composition, particularly w/c, air content, fibre reinforcement and its content
Manufacturing process	mixing, densification, concrete curing
Application	forming method, element size, reinforcement, content and placement, stress from external load and pre-compression
Surrounding environment	temperature change level and cycles, water supply (from the air or through capillary pull, continuous or cyclic), alkali supply (from sea water, de-icing salts)

Tablica 1

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ZACHOWANIE SIĘ KONSTRUKCJI Z BETONU Z KRUSZYWEM REAKTYWNYM (4)

Skład betonu	Rodzaj i zawartość reaktywnego kruszywa, wielkość ziaren kruszywa reaktywnego, rodzaj cementu, dodatki mineralne, domieszki chemiczne, skład mieszanki betonowej, szczególnie w/c, zawartość powietrza, zbrojenie włóknami i ich zawartość
Proces wytwarzania	Mieszanie, zagęszczanie, warunki dojrzewania
Przeznaczenie	Sposób formowania, wielkość elementów, stopień zbrojenia i jego ułożenie, naprężenia pochodzące od obciążenia zewnętrznego i sprężenia wstępnego
Otoczające środowisko	Poziom i częstotliwość zmian temperatury, dostarczanie wody (z powietrza lub przez podciąganie kapilarne, stałe lub cykliczne), dostarczanie alkaliów (z wody morskiej, z soli odladzających)



tors in the alkali-aggregate reaction has been the subject of numerous studies (4).

The occurrence of the deleterious reaction in concrete is due to both aggregate grain susceptibility to sodium- and potassium-hydroxide reactions as well as the product swelling capacity. The course of alkali-silica reactions in concrete may be divided into the preliminary stage, the stage of quick increase of expansion and the stage of expansion decay. (Fig. 1). It is probable that the significant quantity of expansive gel is formed (5) in the second stage.

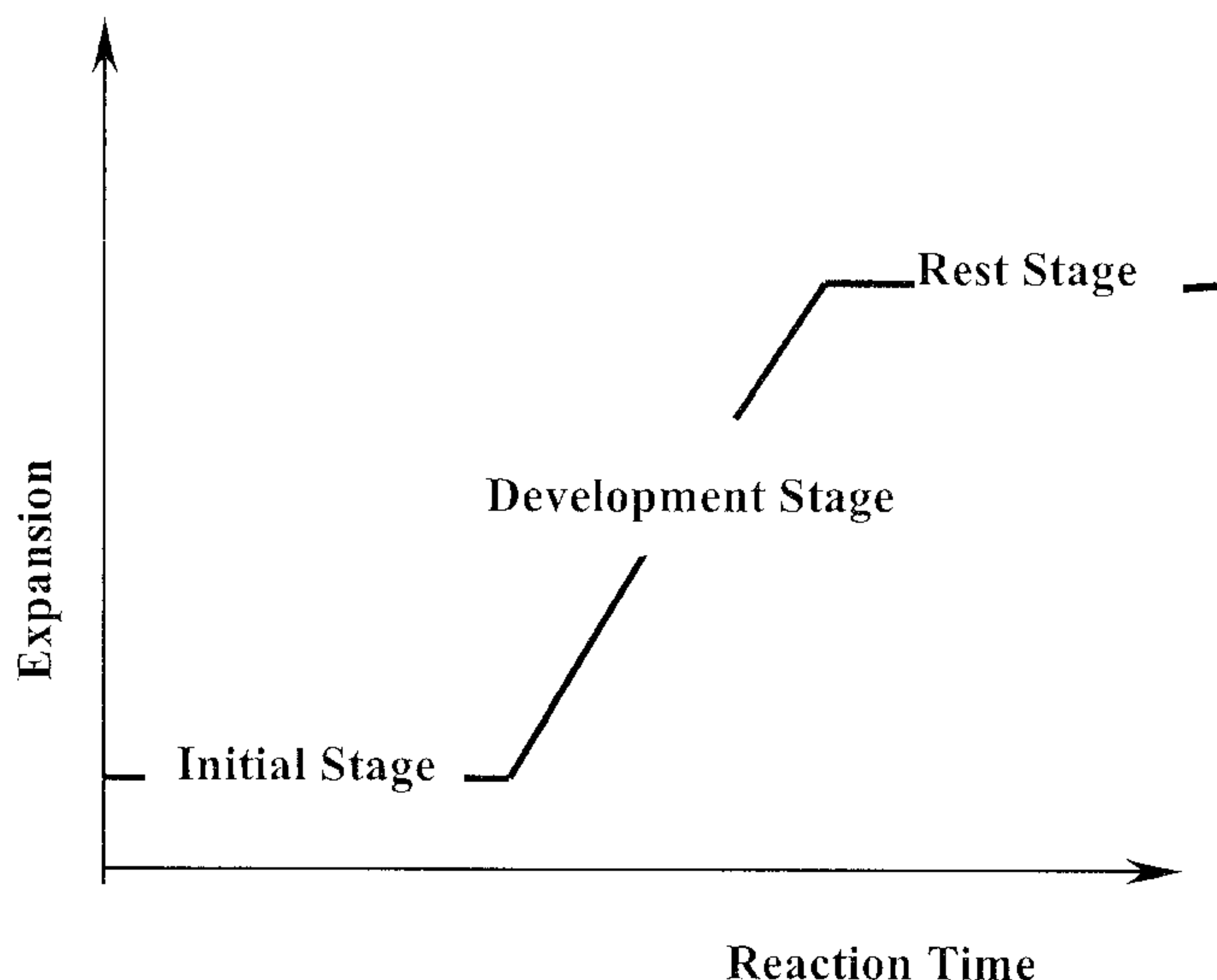


Fig. 1. Progress of concrete expansion process in the course of alkali-silica reaction.

2.1. Initial Stage

In the preliminary stage some reaction products of alkalis with silica are formed, while no expansion of concrete is observed. This depends upon the swelling properties of the reaction products, as well as of the velocity of their migration away from aggregate grains to the interior of cement gel. The reaction products, being the sodium-potassium silicate gels, are very hygroscopic and absorbing large amounts of water from their surroundings (6). The physical properties of the gel which determine the concrete expansion are its viscosity and magnitude of the generated pressure.

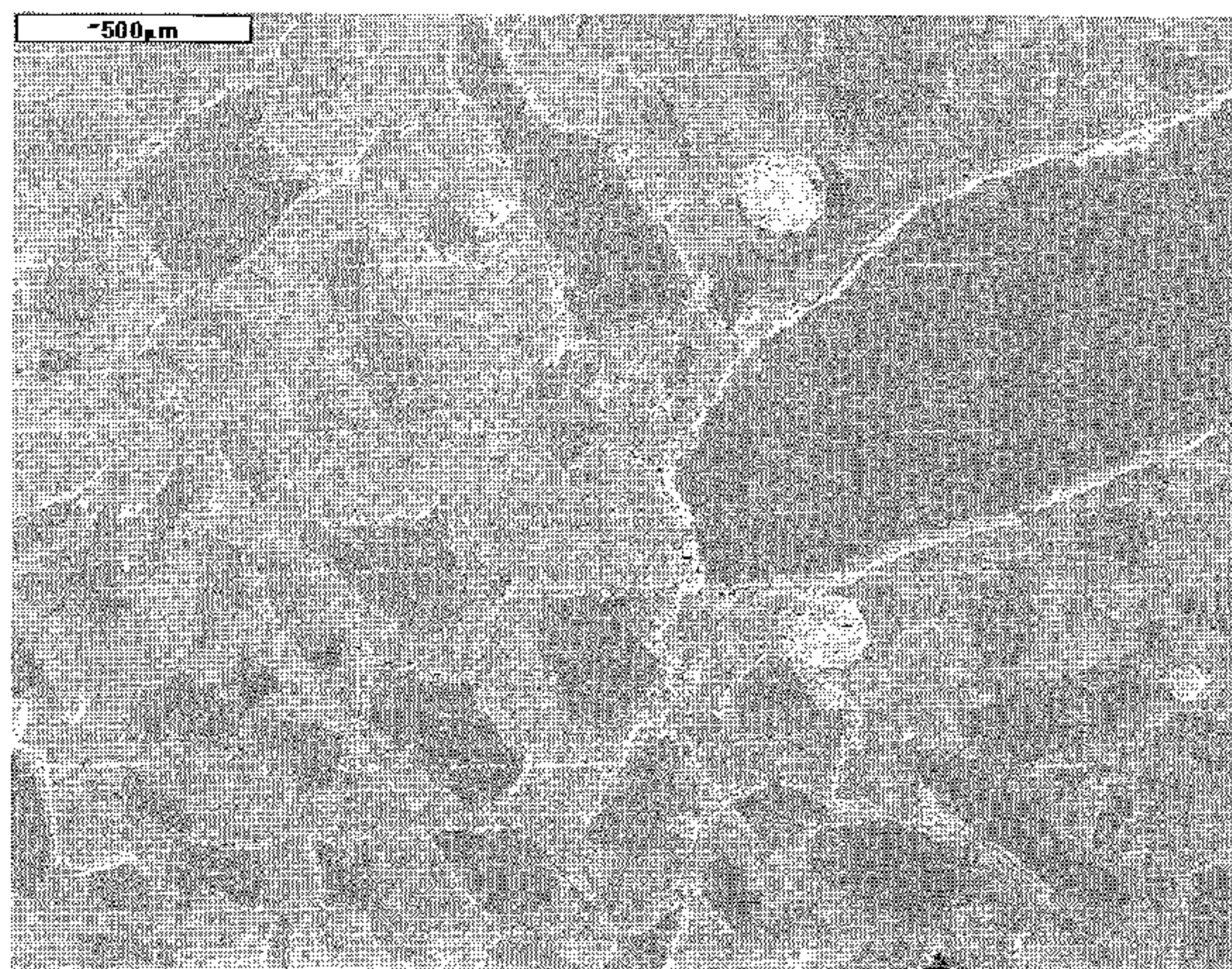
The viscosity of sodium-potassium silicate gel depends on its composition, water content and temperature. Also the type of cation size influences the gel viscosity, hence sodium silicate gels have lower viscosity than potassium silicates, and they transfer into sol at a considerably lower water content. A significant influence on sol viscosity has the sodium to silica ratio, and the lowest viscosity is when the Na:Si ratio amounts to ca. 1. Initially, the gel formed in concrete is the potassium silicate of very low K:Si ratio and low water content. This gel has a high viscosity and is capable of swelling (6). Yet, if at the early stage sodium is included, the gel has lower viscosity and moves through the microcracks system

Rys. 1. Przebieg ekspansji betonu w czasie reakcji alkalia-krzemionka.

cji oraz od szybkości ich migracji od ziaren kruszywa do zaczynu cementowego.

Produkty reakcji, będące żelami krzemianów sodowo-potasowych, są bardzo higroskopijne i absorbują duże ilości wody z otoczenia (6).

Do właściwości fizycznych żelu decydujących o rozszerzalności betonu należy jego lepkość i wielkość wytwarzanego ciśnienia. Lepkość żelu krzemianów sodowo-potasowych zależy od ich składu, zawartości wody i temperatury. Także rodzaj kationu ma wpływ na lepkość żelu; żele krzemianu sodowego mają mniejszą lepkość niż krzemian potasu i przechodzą w sol przy znacznie mniejszej zawartości wody. Duży wpływ na lep-



Rys. 2. Żel krzemianu potasowo-sodowego otaczający ziarno kruszywa i wypełniający mikropęknięcia i pustki powietrzne w zaczynie cementowym.

Fig. 2. Sodium-potassium silicate gel surrounding an aggregate grain and filling the microcracks and air voids in the cement paste.

kość żelu ma stosunek zawartości sodu do krzemu, a najmniejszą lepkość wykazują żele o stosunku Na:Si około 1.

Początkowo powstający w betonie żel jest krzemianem potasu o bardzo małym stosunku K:Si i o małej zawartości wody. Żel ten ma dużą lepkość i ma właściwości pęczniące (6). Jednak, gdy już we wczesnym etapie procesu żel zawiera sól, ma on mniejszą lepkość i przemieszcza się łatwo przez system mikropęknięć od miejsca reakcji (rysunek 2).

Duży wpływ na przebieg reakcji alkaliów z krzemionką ma zawartość wody w betonie (3). Przy wystarczająco dużej zawartości wody żel przechodzi w zól o znacznie mniejszej lepkości i może migrować z miejsc reakcji nie powodując powstawania mikropęknięć w betonie. W przypadku masywnych elementów betonowych etap początkowy ujawnia się w postaci niewielkich zarysowań warstw powierzchniowych betonu.

2.2. Etap szybkiej ekspansji

Przebiegowi reakcji alkaliów z krzemionką towarzyszy powstawanie rosnących ilości żelu. W miarę postępu reakcji skład żelu ule-

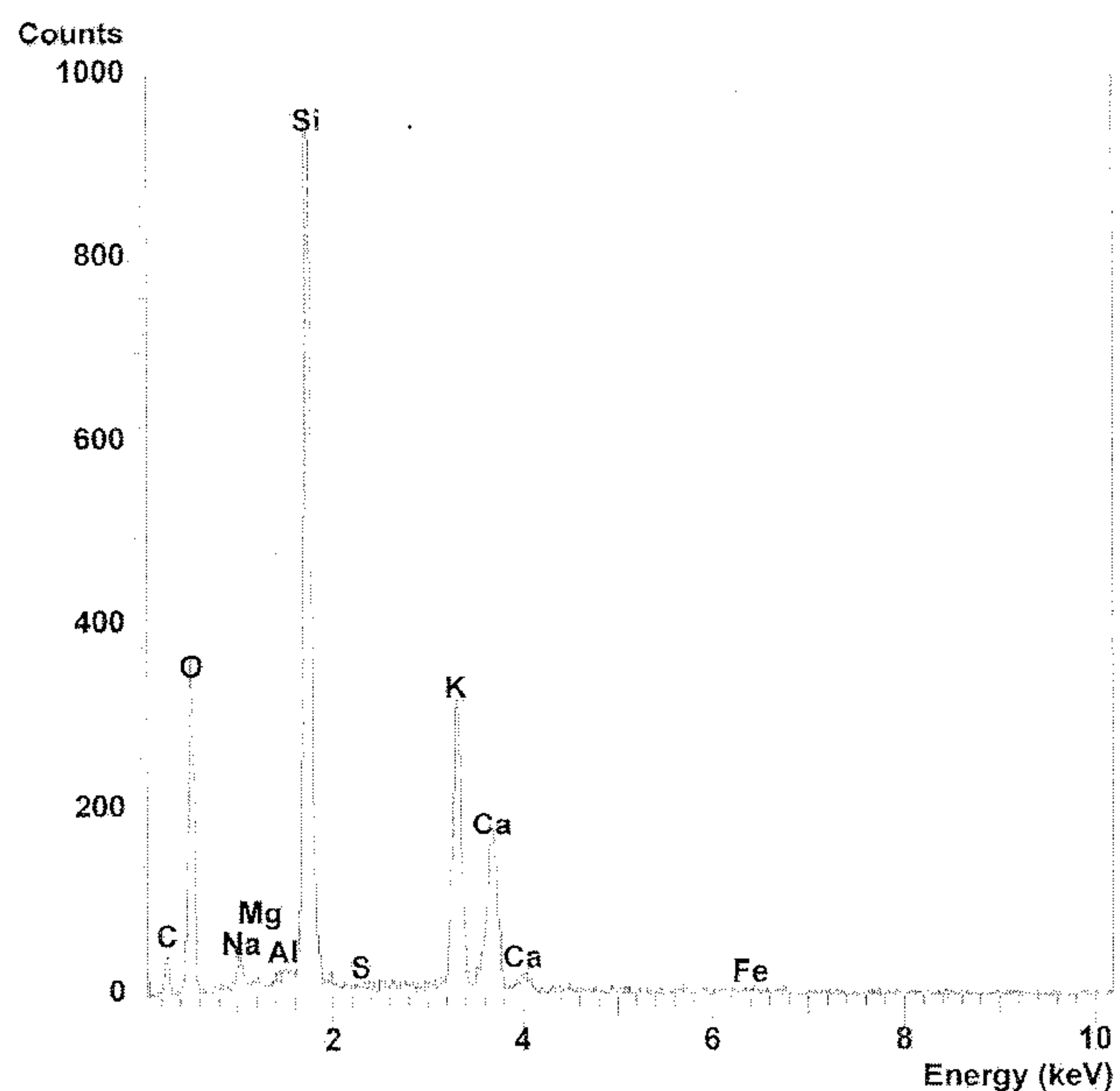
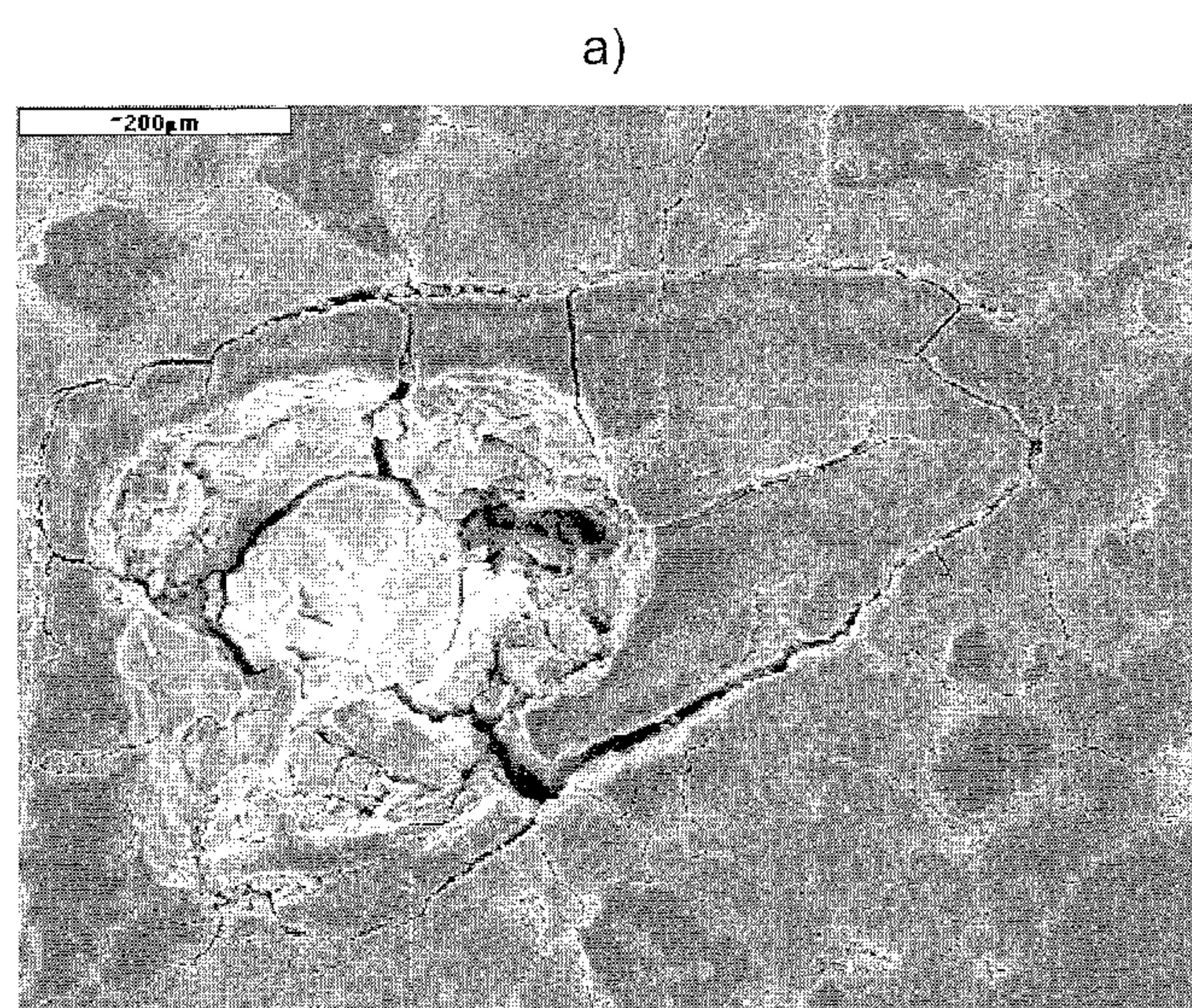
away from the reaction site (Fig. 2).

In the alkali-silica reaction, a significant role is played by the presence of water in concrete (3). At the sufficient water content, the gel transfers into sol of considerably lower viscosity and can migrate from reaction sites, without inducing the deterioration of the concrete structure. In the case of massive concrete elements, the preliminary stage is manifested through small microcracks in surface layers of the concrete.

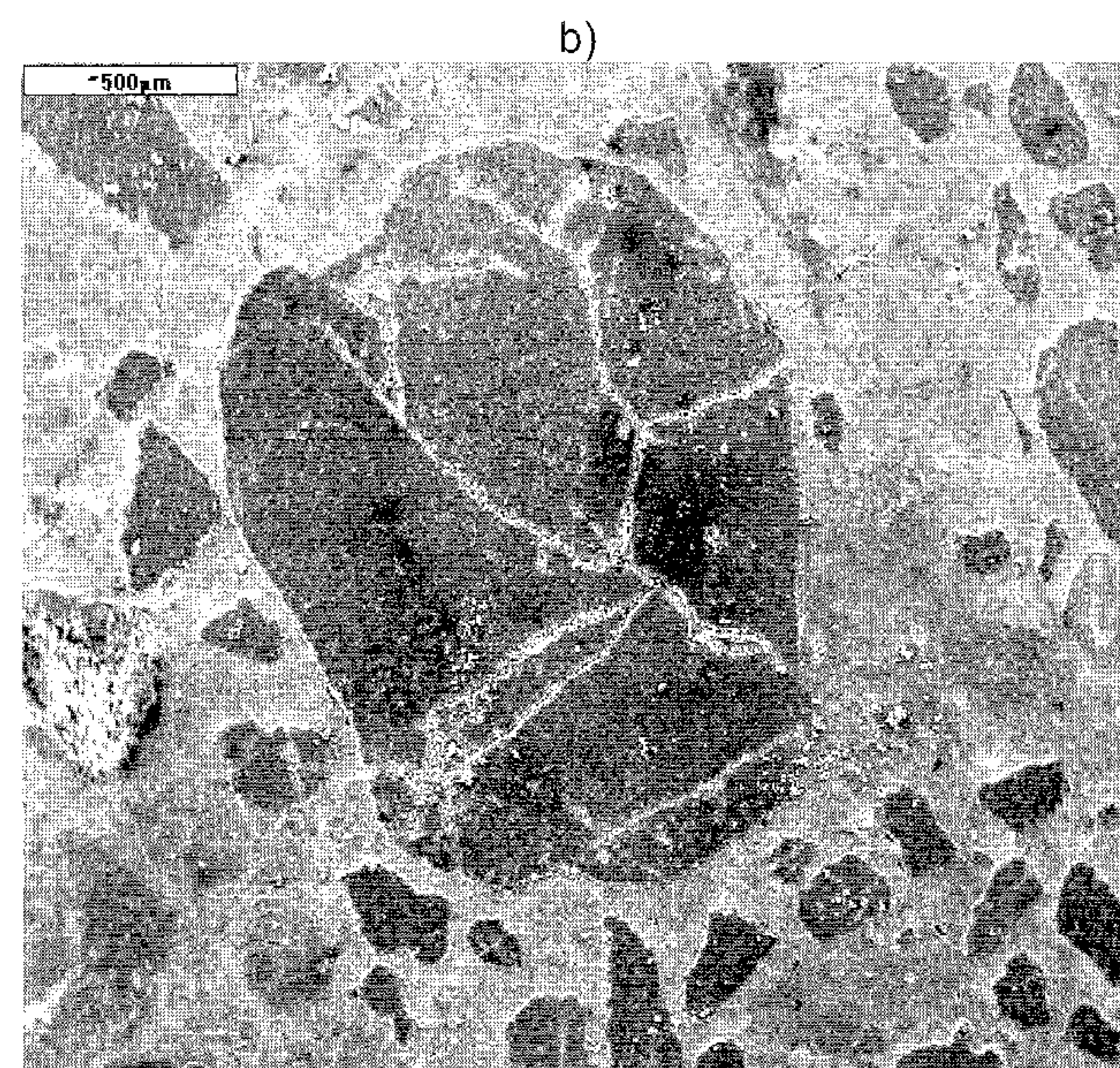
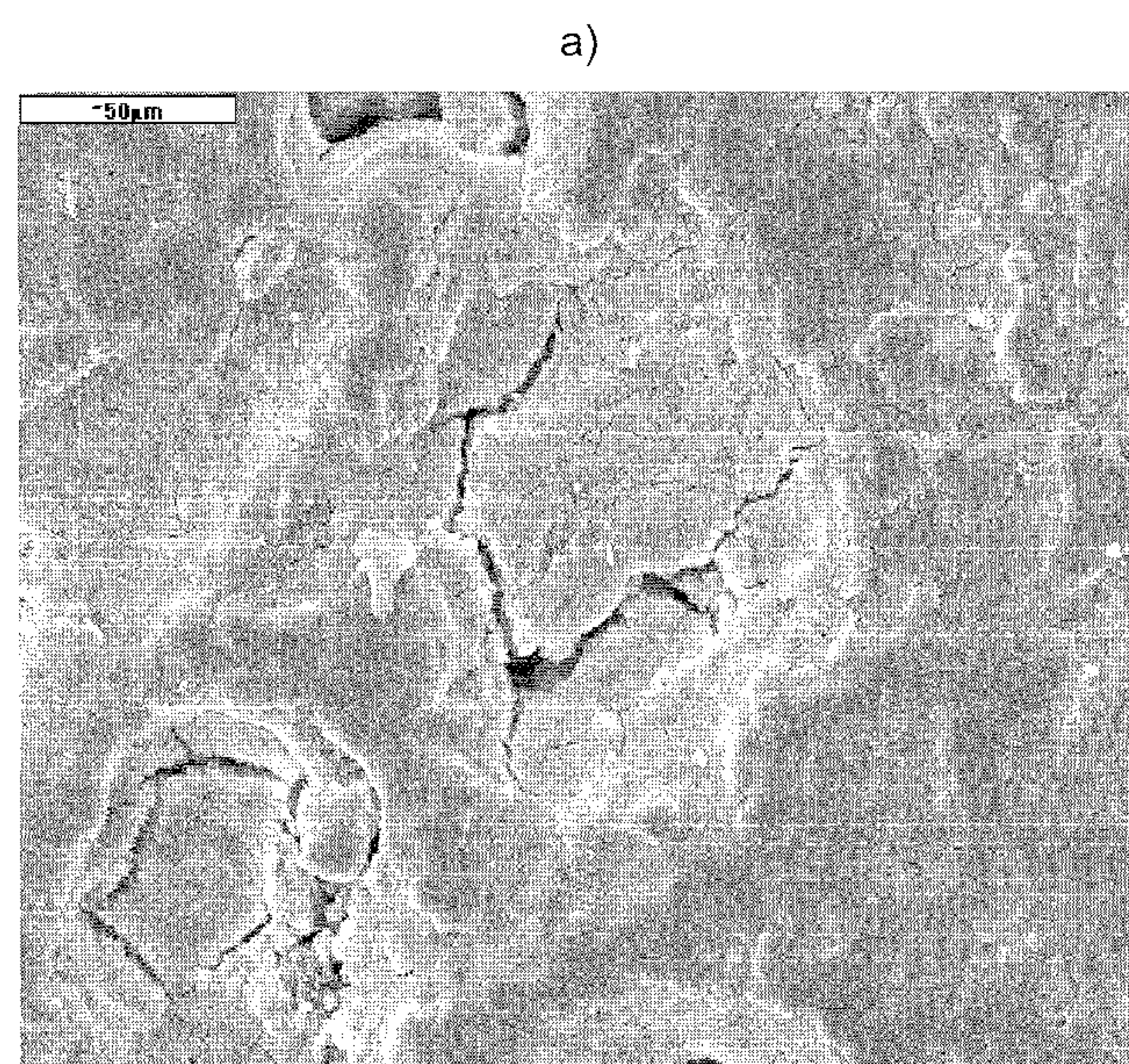
2.2. The Stage of Quick Expansion

In the course of the alkali-silica reaction the increasing quantity of gel is formed. As the reaction continues, the composition of gel is changing and a part of potassium and sodium ions are replaced by calcium and the observed product is a potassium-calcium-sodium silicate (Figs 3a and 3b).

Surveys of the reaction mechanisms and the expansion linked with it have been presented by Diamond (8) and Vivian (9). It is



Rys. 3. a) żel otaczający spękaną ziarnko opalu, b) skład chemiczny żelu.
Fig. 3. a) Gel surrounding a cracked opal grain; b) Chemical composition of the gel.



Rys. 4. a) mikrostruktura beleczek zaprawy z kruszywem zawierającym chalcedon, b) żel wypełniający mikropęknięcia w ziarnie granitu.

Fig. 4. a) Microstructure of bars of mortar with aggregate containing chalcedony, b) Gel filling the cracks in a granite grain.

ga zmianom i część jonów potasu i sodu zostaje zastąpiona przez wapń, a obserwowany produkt reakcji staje się krzemianem potasowo-wapniowo-sodowym (rysunki 3a i 3b).

Przebieg mechanizmów reakcji i związanej z nią ekspansji został przedstawiony przez Diamonda (8) i Vivian (9).

Jedną z hipotez wyjaśniających pęcznienie żelu zakłada, że przyjmuje on znaczne ilości wody i w konsekwencji zwiększa swoją objętość. Ponieważ żel otoczony jest przez stwardniały zaczyn cementowy wytwarza się ciśnienie wewnętrzne, które powoduje pęcznienie, powstawanie mikropęknięć i niszczenie mikrostruktury betonu. Mikropęknięcia betonu mogą być także spowodowane przez ciśnienie osmotyczne. Uważa się, że tworzenie się pęczniącego żelu przebiega tylko w obecności jonów wapnia, stąd ograniczenie zawartości wodorotlenku wapnia jest jedną z metod uniknięcia w betonie szkodliwych zmian towarzyszących reakcji alkaliów z krzemionką (5). Żel krzemianu potasowo-sodowo-wapniowego rozmieszczony jest w mikropęknięciach często zgodnych z płaszczyznami łupliwości kruszywa, w porach kruszywa lub na powierzchni ziaren kruszywa, tworząc charakterystyczne, zmienne obszary w mikrostrukturze betonu (rysunki 4a i 4b). Równocześnie następuje osłabienie lub zniszczenie przyczepności między kruszywem a otaczającym go zaczynem cementowym.

Ekspansja i towarzyszący jej wzrost mikropęknięć przebiega w konstrukcji betonowej ze zwiększoną szybkością. Jest to związane z powstawaniem coraz liczniejszych mikropęknięć w betonie, w związku z czym woda może migrować szybko wnikając do pobliskich kapilar. W tym okresie mikropęknięcia w betonie ułatwiają także dopływ wody. O przebiegu niszczącej ekspansji decyduje szybkość procesów chemicznych oraz właściwości mechaniczne betonu, przede wszystkim wytrzymałość na rozrywanie, a także

assumed that the formation of the swelling gel occurs only in the presence of calcium ions, hence a limitation of calcium hydroxide content is one of the ways of avoiding the deleterious changes in concrete accompanying the alkali-silica reaction. The potassium-sodium-calcium silicate gel can fill the microcracks frequently following the cleavage in aggregate, and also in pores, thus forming a characteristic zone marked by microstructural changes in concrete (Figs 4a and 4b). Simultaneously, the weakening or destruction of adhesion between the aggregate and the surrounding cement paste takes place.

The expansion and accompanying increase of microcracks formation occurs in a concrete construction with increased velocity. This is due to the fact that through the concrete microcracks, in concrete, water can penetrate rapidly the nearby capillaries. At this stage formed, microcracks in the concrete facilitate also the access of water. The progress of the destructive expansion is determined by the rate of chemical processes, mechanical properties of the concrete (creep and tensile strength) and the presence of reinforcement in the concrete. The expansion at this stage increases proportionally with time and then stabilizes at a certain level. This is confirmed by the shape of expansion curves for concrete or mortar bars containing reactive silica aggregate (Figs 5a and 5b).

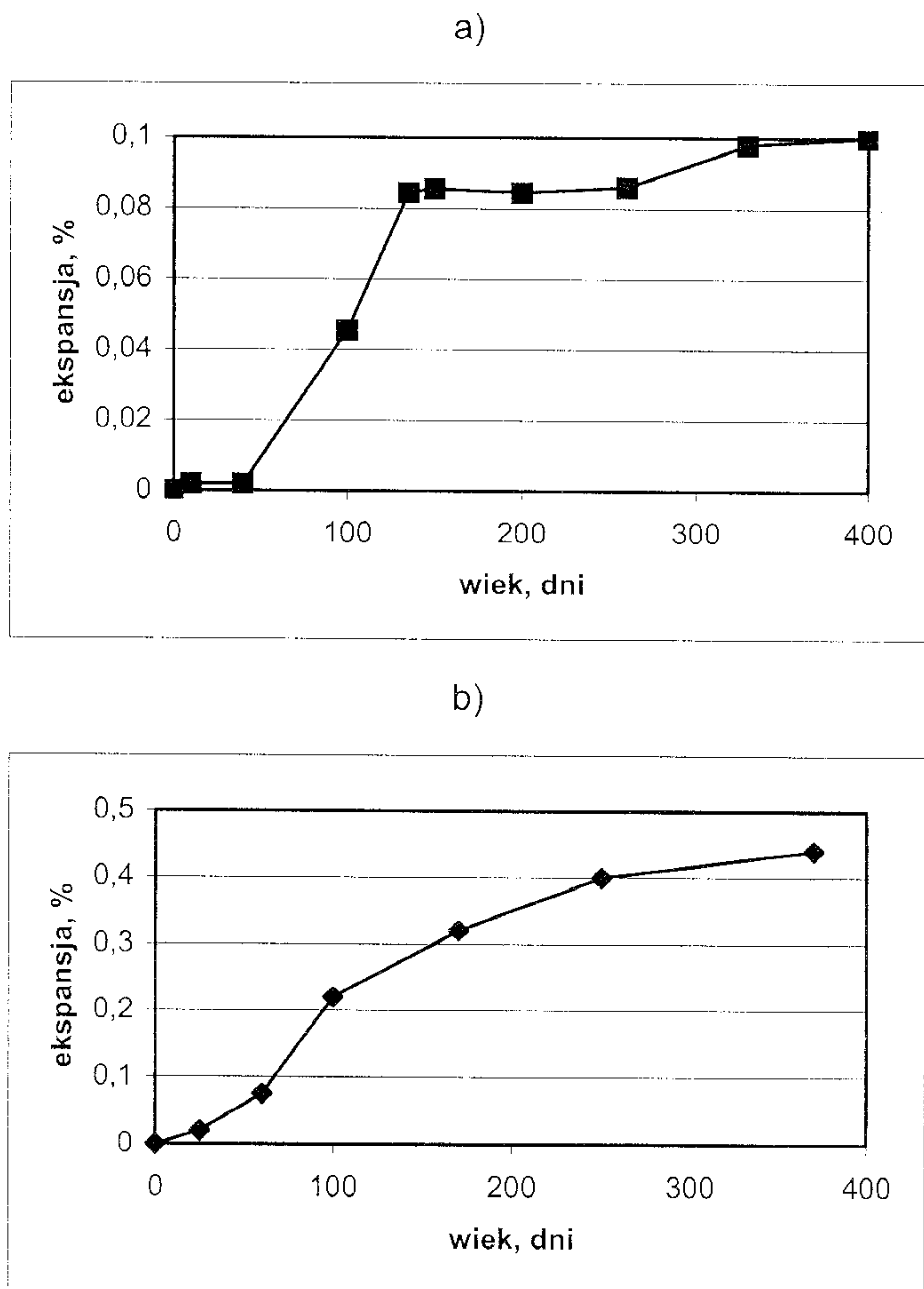
One of the hypothesis explaining gel expansion claims that it absorbs large amounts of water and consequently increases its volume. Since the gel is surrounded by the hardened cement paste, internal pressure is generated which induces swelling, formation of microcracks and disintegration of concrete structure. The swelling of concrete can also be due to osmotic pressure. The aggregate containing reactive silica can react in real constructions, by decades, depending on the content and reactivity of aggregate components, alkali content in the pores solution in concrete and water supply.

The alkali distribution in the pores solution in concrete is not homogeneous in the entire volume of the concrete element. Generally, a lower concentration is found in the external area. The alkali-silica reaction occurs in those areas of the concrete element where the alkali concentration exceeds the threshold value. In the course of the reaction, the compressive stresses are formed in the internal areas of the element and tensile stresses – close to the surface. Cracks appear on the element surface when the internal expansion reaches a certain level, and the stresses in the external area exceed the concrete tensile strength limit (10).

2.3. Final Stage

In massive concrete structures, expansion may occasionally be manifested after several decades, and a long period of time may pass before the final stage of the process occurs. The stabilisation of the expansion at a certain limiting level may result from the exhausting of substrates capable to form an expansive gel as well as reactive aggregate grains. The formation of alkali-silica reaction products is due to both the reactive aggregate content in the concrete as well as the sodium and potassium ions concentration in the pores solution in concrete.

A potential possibility of destruction of concrete construction by reactive aggregate can be foreseen. Therefore the cores cut from a concrete construction were subjected to the accelerated test given by ASTM C1260. The test consists in the measurement of the expansion of concrete samples immersed in 1N solution of NaOH and stored at the temperature of 80°C. After 16 test days the expansion exceeding 0.1% shows the presence of reactive aggregate in the concrete, and – in case of a simultaneous suffi-



Rys. 5. a) ekspansja beleczek betonu, b) ekspansja beleczek zaprawy z reaktywnym kruszywem krzemionkowym.

obecność zbrojenia w konstrukcji. Ekspansja w tym okresie wzrasta liniowo z czasem, a następnie stabilizuje się na pewnym poziomie. Potwierdza to przebieg krzywych ekspansji beleczek betonu lub zaprawy (rysunki 5a i 5b) z reaktywnym kruszywem krzemionkowym.

Kruszywo zawierające aktywną krzemionkę może reagować w konstrukcjach betonowych przez wiele lat, zależnie od zawartości i reaktywności składników w kruszywie, zawartości alkaliów w roztworze w porach betonu oraz od dostępu wody.

Rozmieszczenie alkaliów w fazie ciekłej betonu nie jest jednolite w całej objętości elementu, mniejsze stężenie występuje zwykle w obszarach zewnętrznych. Reakcja alkaliów z krzemionką występuje w tych obszarach elementu, w których stężenie alkaliów przekracza stężenie graniczne. Podczas przebiegu reakcji powstają naprężenia ściskające w wewnętrznych obszarach elementu, a naprężenia rozciągające przy powierzchni. Na powierzchni elementu powstają mikrospeknięcia, gdy ekspansja osiągnie pewien poziom, a naprężenia w obszarze zewnętrznym przekroczą graniczną wytrzymałość na rozciąganie betonu (10).

2.3. Etap końcowy procesu

W przypadku masywnych konstrukcji betonowych ekspansja czasami ujawnia się dopiero po kilkudziesięciu latach i może upłynąć bardzo długi okres, zanim nastąpi zakończenie procesu. Stabilizacja ekspansji betonu na pewnym granicznym poziomie może wynikać z wyczerpania się substratów zdolnych do tworzenia ekspansyjnego żelu, alkaliów lub reaktywnych ziaren kruszywa. Jak wiadomo przebieg reakcji alkaliów z krzemionką uwarunkowany jest zarówno zawartością w betonie reaktywnego kruszywa jak i dostępnych jonów sodu i potasu w roztworze, w porach betonu.

Potencjalną możliwość zniszczenia konstrukcji betonowej przez reaktywne kruszywo można przewidzieć. W tym celu rdzenie wycięte z konstrukcji betonowej poddaje się badaniu z zastosowaniem szybkiej metody zalecanej przez normę amerykańską ASTM C 1260. Badanie polega na pomiarze odkształceń próbek betonowych zanurzonych w 1 N roztworze NaOH o temperaturze 80°C. Odkształcenia przekraczające 0,1% po 16 dniach wykazują, że beton zawiera kruszywo reaktywne, a jednocześnie w przypadku odpowiedniego stężenia wodorotlenków sodu i potasu w roztworze w porach betonu oraz odpowiedniej wilgotności może wystąpić niszcząca ekspansja.

Przeprowadzone przez autorkę obszerne badania składu fazy ciekłej w betonie w powiązaniu z przebiegiem reakcji wykazały, że alkalia obecne w roztworze w porach betonu, wprowadzane zarówno z cementem jak i z innymi składnikami (kruszywa, domieszki) pozostają w quasi-równowadze z żelem tworzącym się w wyniku reakcji z kruszywem. Jeżeli stężenie alkaliów aktywnych, zdolnych do reakcji z krzemionką, to jest alkaliów obecnych w roztworze w porach betonu, spadnie poniżej pewnego poziomu, to ekspansja nie występuje. Badania wykazały, że ten poziom jonów odpowiada stężeniu alkaliów wynoszącemu 0,35 mol/litr (7) lub 0,25 mol/litr (11). Żel powstający w procesie reakcji będzie wypełniał mikrospeknięcia w betonie nie powodując ekspansji. Trzeba uwzględnić także zmiany składu żelu krzemianu potasowo-sodowo-wapniowego polegające na wzbogacaniu w ten ostatni składnik, co ogranicza zdolności pęcznienia żelu. W okresie końcowym reakcji woda penetruje w głąb betonu przez rozwiniętą sieć mikrospekkań i jest absorbowana przez powstały żel. Sprzyja to wypływowi żelu na powierzchnię betonu i pomimo dalszego zachodze-

* Uważa się, że ilość sodu i potasu jako ekwiwalent sodowy powinna przekraczać 1,8 kg Na₂O_e w jednym metrze sześciennym betonu (6)

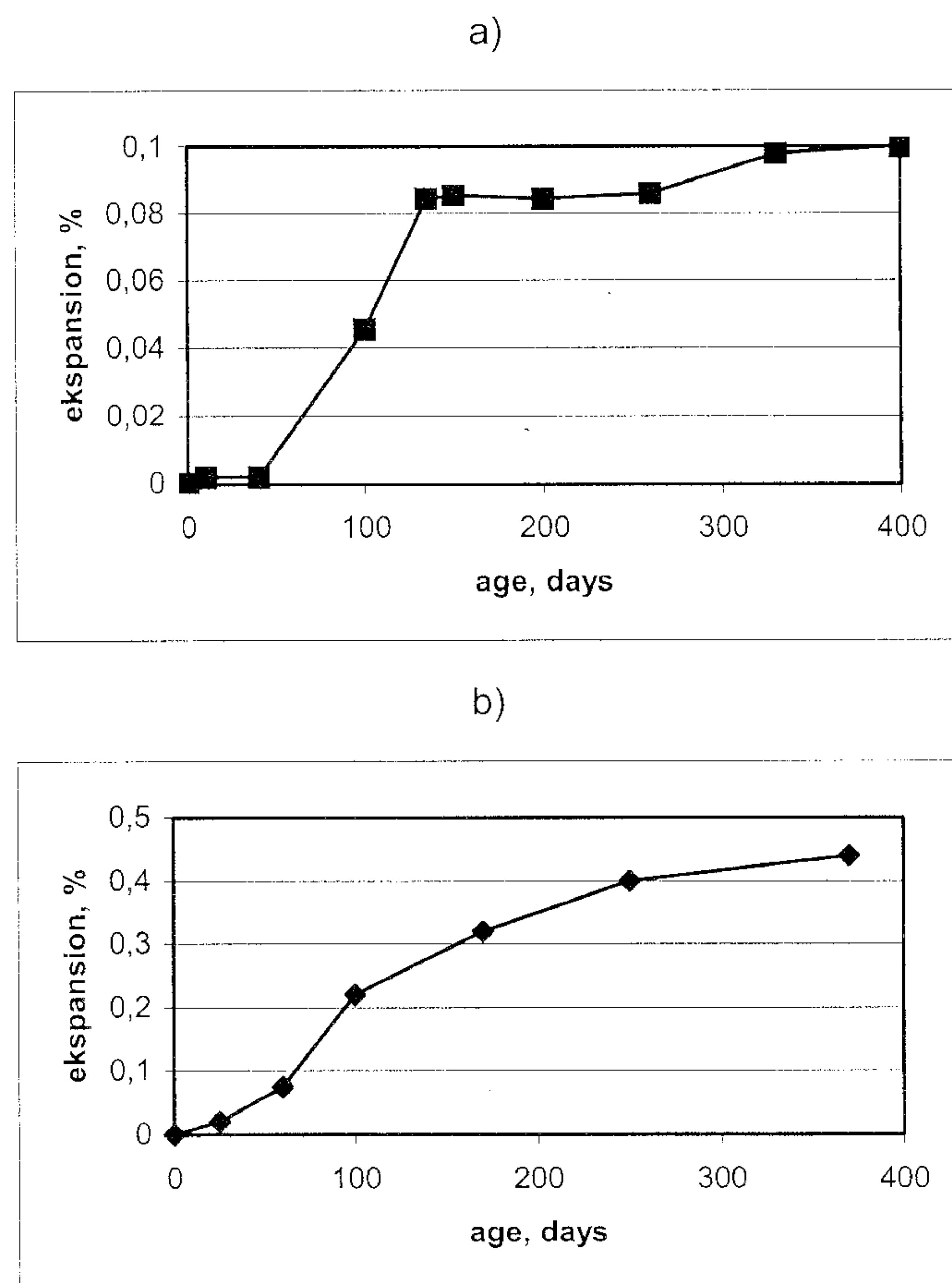


Fig. 5. a) Concrete bar expansion; b) Mortar expansion bars; both containing reactive silica aggregate.

ciently high concentration of sodium and potassium hydroxides in the pores solution in concrete pores* as well as appropriate humidity – the destructive expansion may occur.

The author's investigations of the liquid phase composition in concrete in connection with the course of the expansion have demonstrated that the alkali present in the pores solution in concrete, deriving both from the cement and other components (aggregate, admixtures), are in the quasi-equilibrium with gel formed in alkalis aggregate reaction. If the concentration of active alkalis, capable to react with silica, i.e. the alkalis present in the pores solution in concrete, falls down below a certain level, thus the expansion does not occur. The investigation has shown that this level of alkalis concentration corresponds below 0.35 mol/litre (7) or 0.25 mol/litre (11) in the pores solution in concrete. The gel which continues to form in the course of the reaction can fill the microcracks in concrete without causing expansion. Also, the changes of gel composition must be taken into account and further calcium incorporation by the potassium-sodium-calcium silicates gel restricts its swelling capacity. At the final stage of the reaction, water penetrates further into the concrete through a developed microcracks system and is absorbed by the formed gel. This is conducive to the gel migration onto the concrete surface and, despite the progress of the alkali-silica reaction, no concrete deterioration is to be observed.

* It is admitted that the quantity of sodium and potassium calculated as sodium equivalent must be lower than 1.8 kg Na₂O in one m³ of concrete (6)

nia reakcji alkaliów z krzemionką nie obserwuje się zniszczenia betonu.

3. Podsumowanie

Przyczynami zróżnicowanego poziomu zniszczeń betonu w wyniku reakcji alkaliów z kruszywem jest jednocześnie oddziaływanie wielu czynników, zarówno związanych z procesami chemicznymi jak i właściwościami fizycznymi betonu.

W procesie ekspansji i destrukcji betonu, wynikającym z reakcji alkaliów z kruszywem, można wyróżnić trzy etapy ekspansji betonu zmiany te związane są przede wszystkim z właściwościami ekspansywnymi powstających produktów, dostępnością wody, z zawartością kruszywa reaktywnego, a także alkaliów w fazie ciekłej betonu. W etapie końcowym przebiegu procesu, żel krzemianu może wydostawać się na powierzchnię elementu przez system mikropęknięć, jednak nie powodując ekspansji betonu.

Równoczesna analiza ekspansji rdzeni betonowych w warunkach laboratoryjnych, z zastosowaniem przyspieszonej metody amerykańskiej, oraz oznaczenie stężenia wodorotlenku sodu i potasu w roztworze w porach betonu może służyć do przewidywania postępu reakcji w uszkodzonych konstrukcjach betonowych.

Rozpoznanie etapu przebiegu ekspansji betonu może być pomocne w planowaniu konserwacji uszkodzonej konstrukcji, a także w wyborze dostępnych technik naprawczych.

Literatura / References

1. J. Małolepszy, Materiały Konferencji „Beton na progu Nowego Milenium”, s. 333-359, Kraków, 9-10 listopad 2000.
2. A. M. Neville, Właściwości betonu. Wyd. Polski Cement, Kraków 2000.
3. R. N. Swamy, The Alkali-Silica reaction in Concrete. Blackie and Son Ltd, London 1992.
4. A. Nielsen, Proc. of the 11th ICAAR, Quebec, 2000, s. 1009-1018.
5. Z. Owsiak, Cement-Wapno-Beton 5, 259 (2003).
6. W. Kurdowski, Chemia cementu. PWN, Warszawa 1991.
7. T. N. Jones, Proc. of the 8th ICAAR, Kyoto, 1989, s. 135-140.
8. S. Diamond, Proc. of the 8th ICAAR, Kyoto, 1989, s. 83-94.
9. H. E. Vivian, Proc. the 9th ICAAR, London, 1992, s. 1085-1089.
10. K. Kobayashi, R. Shiraki, K. Kawai, Proc. of the 8th ICAAR, Kyoto, 1989, s. 641-646.
11. Z. Owsiak, Reakcje kruszyw krzemionkowych z alkaliami w betonie. „Ceramika. Polski Biuletyn Ceramiczny”, z. 72, Kraków, 2002.

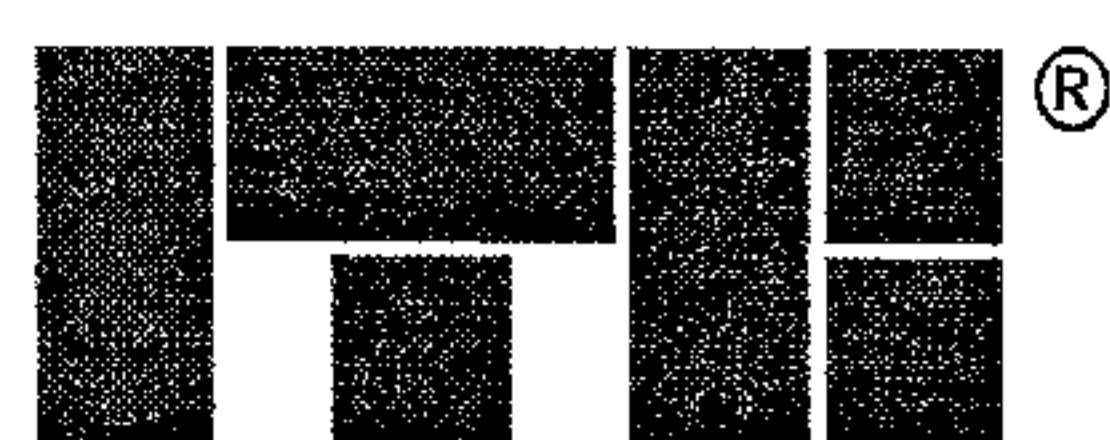
3. Conclusions

The reason for the varied concrete deterioration level, due to alkali-aggregate reactions, is the simultaneous influence of numerous factors related to the chemical process as well as the physical properties of concrete.

In the course of the expansion and destruction processes, resulting from the alkali-aggregate reactions, three stages of expansion can be distinguished. During the initial and the quick expansion stages, these changes are linked with the expansion capacity of the formed products, water availability, alkalis concentration in the pores solution in concrete as well as the reactive aggregate content. At the final stage, the silicate gel can migrate onto the element surface through the microcracks system, without causing the expansion of concrete.

A combined analysis of concrete cores expansion under laboratory conditions, in the accelerated test (ASTM C1260), as well as the sodium and potassium hydroxide concentration in the pores solution in concrete may be used for predicting the reaction progress in damaged concrete structures.

The stage determination of the expansion of concrete may be helpful for the planning of the damaged structure maintenance as well as the selection of available repair techniques.



INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ

60 lat  dla budownictwa
1945 - 2005

W dniu 10 marca w Rzymie na 51-szym posiedzeniu Komisji Koordynacyjnej Unii Europejskiej ds. Aprobatach Technicznych w Budownictwie – UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction) dyrektor Instytutu Techniki Budowlanej Stanisław M. Wierzbicki został wybrany na prezydenta UEAtc.

UEAtc została utworzona w 1960 roku jako organizacja zrzeszająca, na zasadach dobrowolności, europejskie instytuty badawcze budownictwa zajmujące się wydawaniem Aprobatach Technicznych na wyroby budowlane.

Założycielami UEAtc w 1960 r. były instytuty z Belgii, Francji, Hiszpanii, Holandii i Włoch.

Obecnie członkami UEAtc są instytuty z 18 krajów.