

Skurcz betonu jest zjawiskiem samoistnym spowodowanym odkształceniami niewynikającymi z obciążeń mechanicznych. Zachodzi w materiałach o strukturze porowatej, w wyniku utraty wody na skutek osuszania lub zachodzących reakcji fizyko-chemicznych, stąd nazywany jest kontrakcją (zmianą objętości). Na całkowity skurcz betonu składają się zmiany objętości wynikające z procesów wiązania i twardnienia zaczynu cementowego (skurcz chemiczny i autogeniczny) oraz odkształcenia wywołane utratą wody z powierzchni betonu (początkowo skurcz plastyczny, a po stwardnieniu skurcz od wysychania), co obrazują rys. 1 i 2.

Skurcz chemiczny

- wynikający ze zmniejszenia objętości produktów reakcji hydratacji cementu w porównaniu do objętości substratów (cementu, dodatku, domieszek, wody)
- skala zależy od składu mineralnego cementu
- odkształcenia znacznie mniejsze niż odkształcenia od skurczu plastycznego
- ograniczenie zmian skurczowych umożliwia właściwą pielęgnacja betonu (wg PN-EN 13670)

Skurcz plastyczny

- zachodzi, gdy beton jest w stanie plastycznym
- następuje wskutek odparowania wody z powierzchni lub zasysania wody przez chłonne podłoże
- gdy ilość wody odparowującej jest większa niż ilość wody doprowadzonej na powierzchnię betonu mogą powstać rysy i spękania
- rysy od skurczu plastycznego są równoległe, mogą mieć znaczną głębokość i nie rozciągają się do wolnych krawędzi betonu
- szczególnie wrażliwe są powierzchnie płaskie (posadzki)

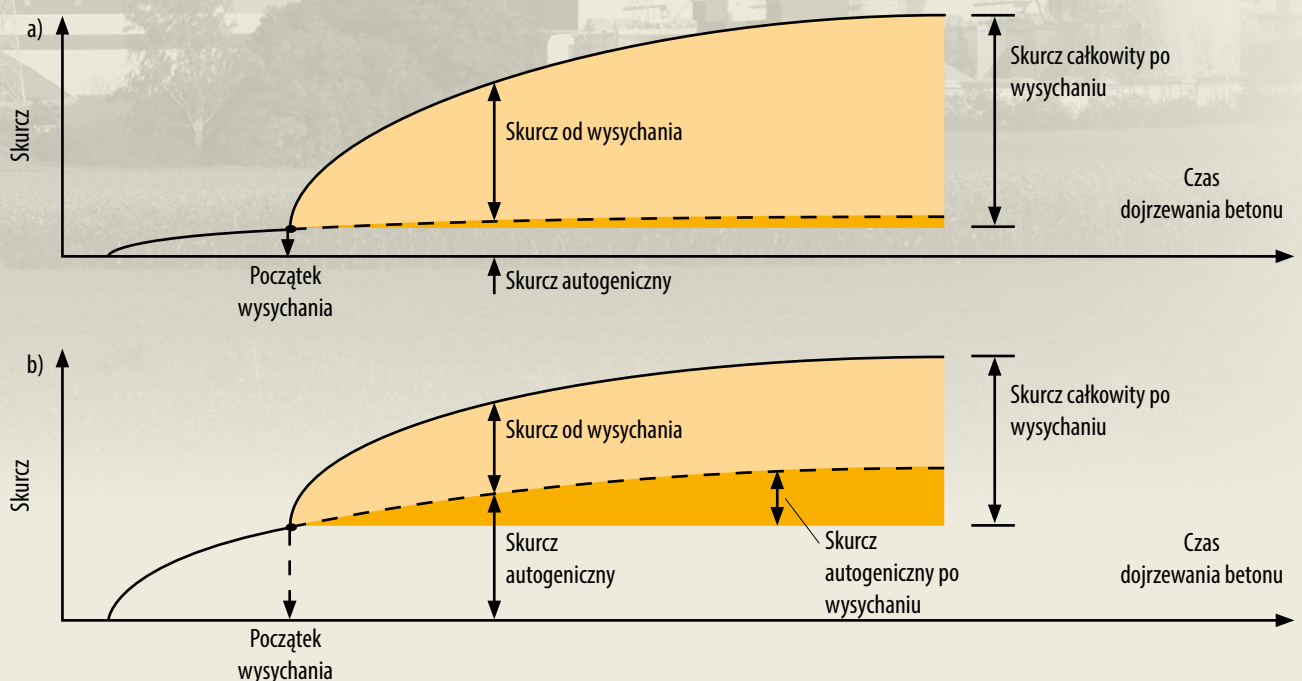
Skurcz autogeniczny

- zachodzi wskutek odciągania wody z porów kapilarnych przez niezhydratyzowane jeszcze ziarna cementu, tzw. samoosuszenie betonu
- odkształcenia znacznie mniejsze niż odkształcenia od skurczu od wysychania
- szczególnie wrażliwe są betony o bardzo niskim współczynniku w/c
- zachodzi w betonach masywnych i betonach wysokich klas wytrzymałości (rys. 2)
- możliwe jest ograniczenie poprzez stosowanie cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy lub popiół lotny

Skurcz przy wysychaniu

- spowodowany odparowaniem wody z betonu do otoczenia nienasyconego parą wodną
- ma największe znaczenie, ponieważ nie można go całkowicie wyeliminować, a jedynie ograniczyć negatywne skutki
- skutkuje największymi odkształceniami w stosunku do pozostałych rodzajów skurczu
- związany z charakterystyką porowatości betonu

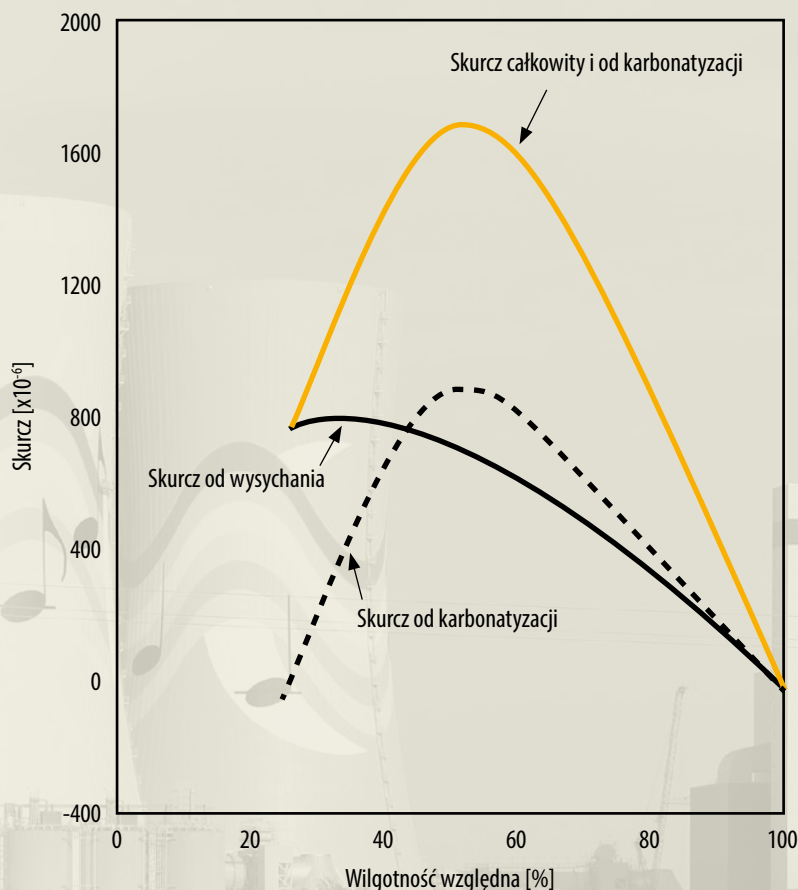
Rys. 1. Rodzaje skurczu



Rys. 2. Odkształcenia skurczowe a) w betonie zwykłym b) w betonie wysokiej wytrzymałości

W literaturze można również znaleźć informacje o skurczu od karbonatyzacji, który ma miejsce, gdy beton wystawiony jest na działanie dwutlenku węgla. Skurcz od karbonatyzacji może być tak duży, jak skurcz spowodowany wysychaniem w temperaturze $20 \pm 1^\circ\text{C}$, przy 50% wilgotności względnej (rys. 3).

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o wielkości zmian skurczowych są warunki dojrzewania betonu, innymi słowy wilgotność względna otoczenia. W betonie dojrzewającym w wilgotności względnej wynoszącej 100 %, zjawisko skurczu nie występuje, natomiast można zaobserwować niewielkie pęcznienie. Zależność między skurczem betonu a wilgotnością otoczenia przedstawia rys. 3. Równie istotnym kryterium oceny zmian skurczowych jest czas, ponieważ szybkość skurczu znacząco maleje wraz z upływem czasu. W okresie początkowym, do 14 dni dojrzewania betonu, zachodzi $14 \div 34\%$ skurczu całkowitego ocenionego po 20 latach, w ciągu 3 miesięcy $40 \div 80\%$, a w ciągu jednego roku $66 \div 85\%$.



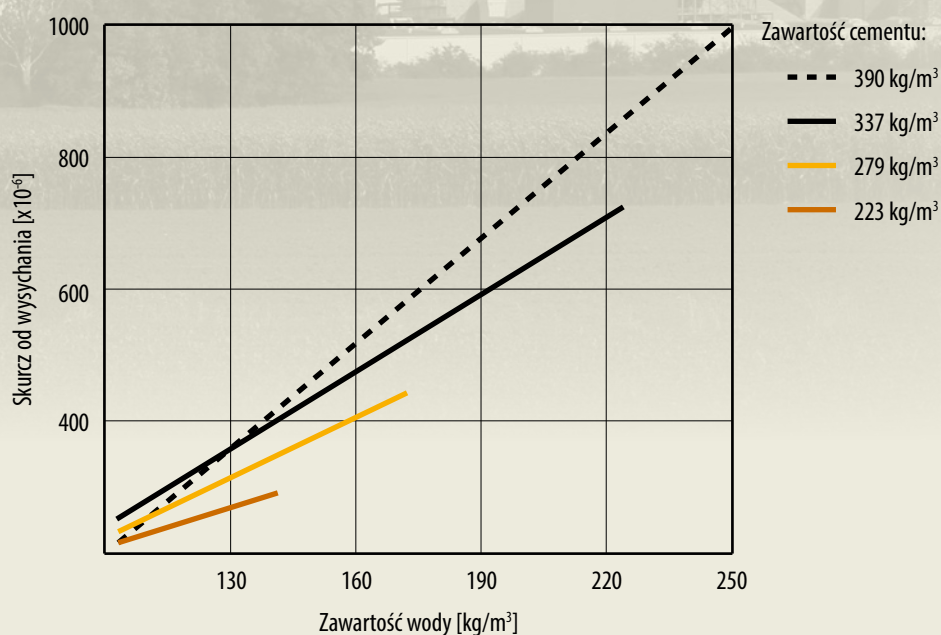
Rys. 3. Zależność między wilgotnością względną otoczenia a skurczem betonu

Wielkość odkształceń skurczowych, a w efekcie prawdopodobieństwo zarysowania betonu, zależy w dużym stopniu także od czynników materiałowych (skład betonu) oraz technologicznych (tabela 1), tj.:

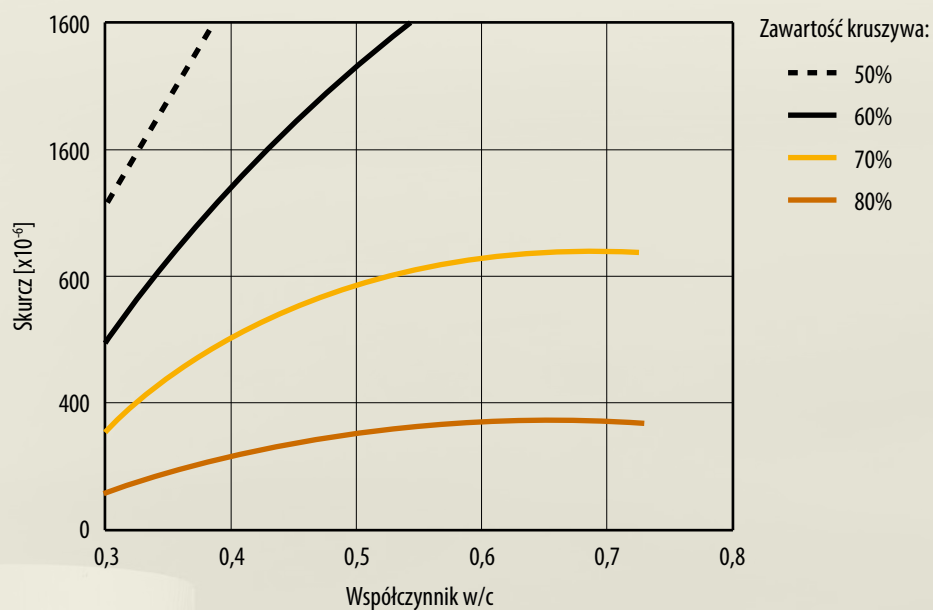
- współczynnika w/c (rys. 4, 5),
- ilości i uziarnienia kruszywa (rys. 5),
- ilości i rodzaju cementu (rys. 4, 6),
- rodzaju i ilości dodatku do betonu,
- warunków pielęgnacji.

Tabela 1. Czynniki mające wpływ na skurcz betonu

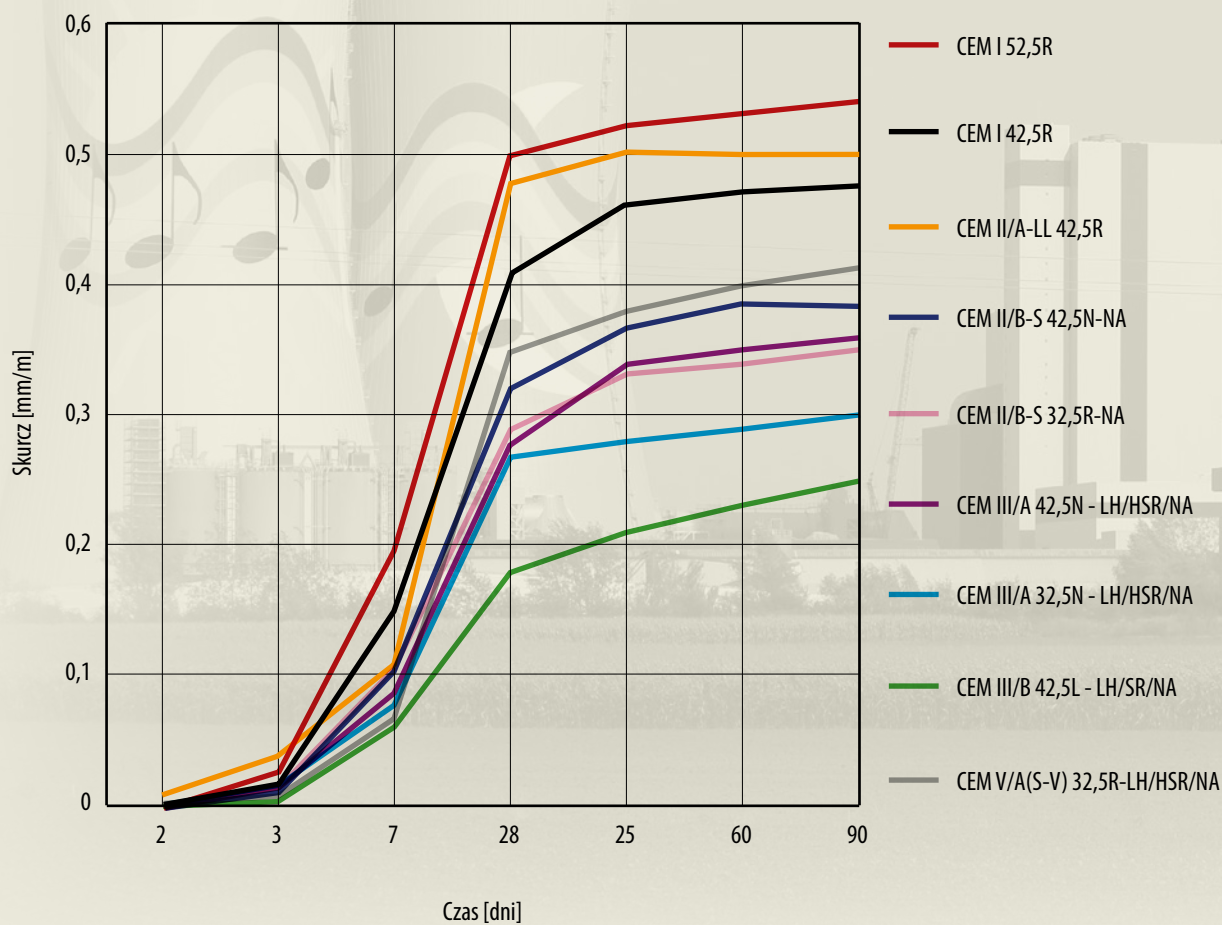
| Czynnik | Wpływ na zmiany skurczowe |
|---|---------------------------|
| Skurcz chemiczny | |
| Skład mineralny cementu, wysoka zawartość C_3A | ↑ |
| Wysoka powierzchnia właściwa cementu | ↑ |
| Duża wilgotność powierzchni betonu | ↓ |
| Skurcz plastyczny | |
| Odparowanie wody z powierzchni betonu | ↑ |
| Wysoka zawartość cementu | ↑ |
| Wyższy współczynnik wodno-cementowy (w/c) | ↓ |
| Skurcz autogeniczny | |
| Wzrost temperatury twardniejącego betonu | ↑ |
| Wysoka zawartość cementu | ↑ |
| Wysoka zawartość składników nieklinkierowych (żużel, popiół lotny) w cemencie | ↓ |
| Niższa wartość współczynnika wodno-cementowego (w/c) | ↑ |
| Skurcz przy wysychaniu | |
| Wysoka zawartość cementu | ↑ |
| Wyższy współczynnik wodno-cementowy (w/c) | ↑ |
| Duży udział zaczynu cementowego w objętości betonu | ↑ |
| Wysoki moduł sprężystości betonu | ↓ |



Rys. 4. Wpływ zawartości wody i cementu na skurcz betonu



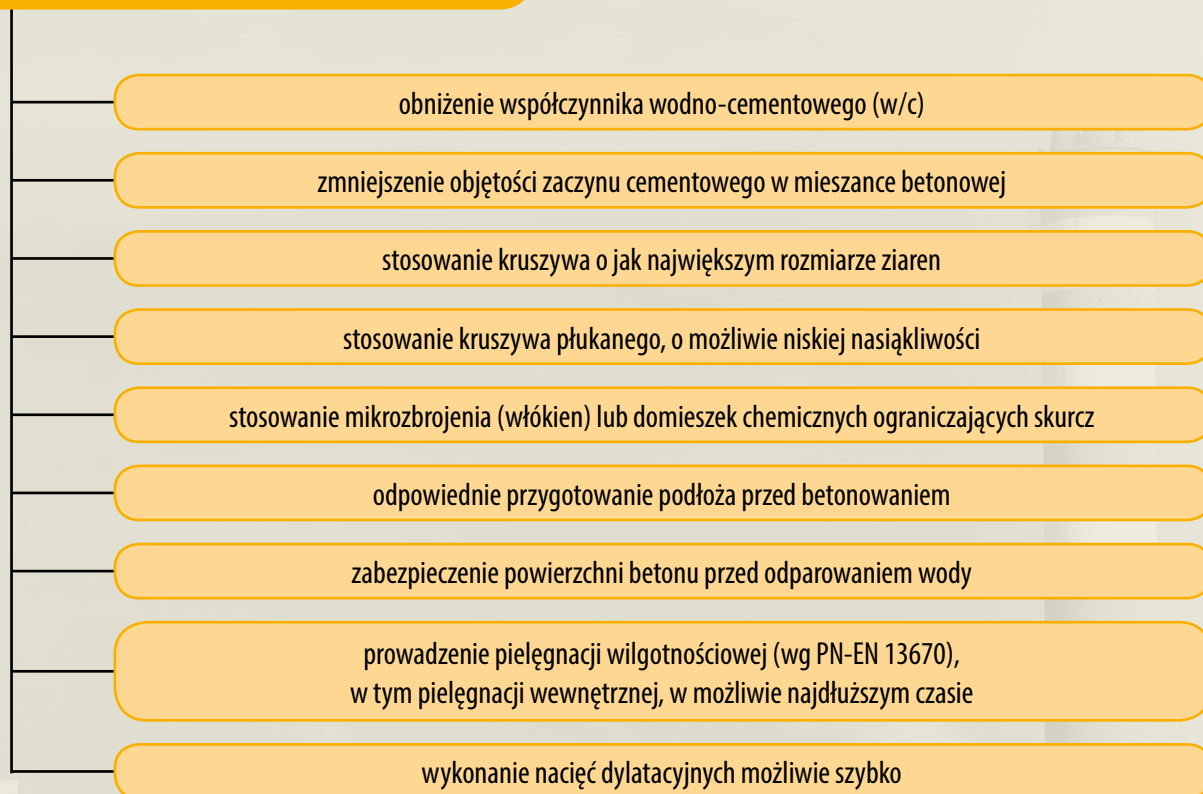
Rys. 5. Wpływ współczynnika w/c i zawartości kruszywa na skurcz betonu



Rys. 6. Wpływ rodzaju cementu na skurcz zaprawy normowej

Beton jako kompozyt o porowatej strukturze jest w praktyce narażony na zjawisko skurczu niezależnie od stosowanych zabiegów technologicznych. Całkowite wyeliminowanie skurczu nie jest możliwe, można jedynie ograniczać jego skalę (rys. 7). Skurcz może prowadzić do powstania mikropęknięć w strukturze stwardniałego betonu, a w skrajnych przypadkach do zarysowań/makropęknięć, a nawet niechcianych szczelin dylatacyjnych. Największy wpływ na zmiany skurczowe betonu mają zmiany objętości twardniejącego zaczynu cementowego.

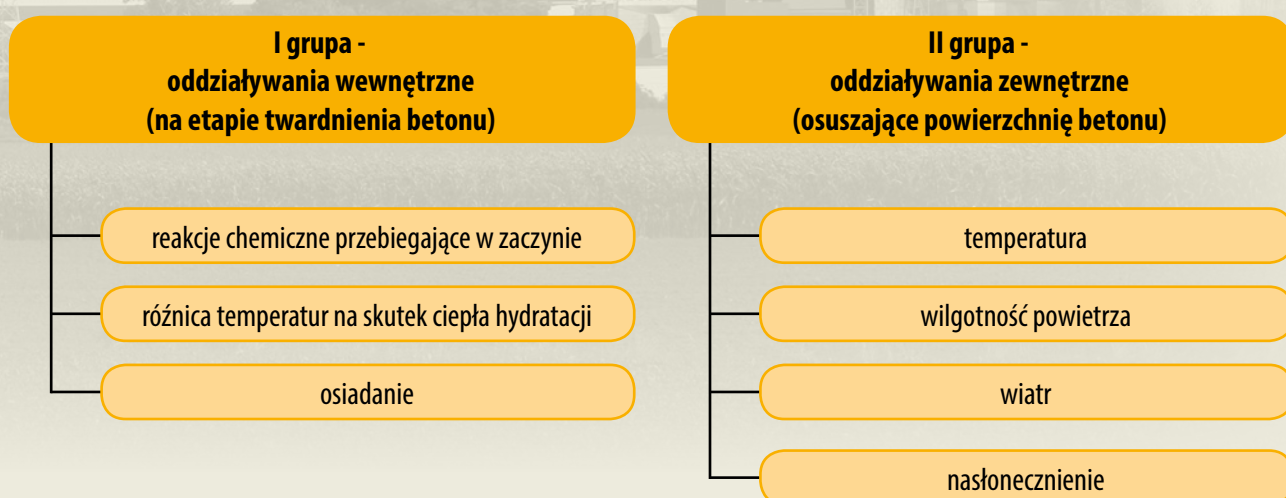
Możliwości ograniczenia skurczu betonu



Rys. 7. Możliwości ograniczania skurczu betonu

Zmiany skurczowe w betonie, mogą zachodzić od momentu połączenia cementu z wodą, nawet przez cały okres eksploatacji betonu, szczególnie jeżeli beton jest narażony na zmienne warunki wilgotnościowe (rys. 8). W betonie skurcz zaczynu cementowego jest w dużym stopniu ograniczony zawartością kruszywa.

Ze względu na środowisko pracy i cykl życia betonu największe znaczenie ma skurcz związany z osuszaniem, ponieważ ma wpływ na beton przez cały okres jego eksploatacji. Pozostałe zmiany skurczowe (skurcz chemiczny, plastyczny, autogeniczny) można znacząco ograniczyć poprzez właściwą pielęgnację wilgotnościową wg PN-EN 13670.



Rys. 8. Podział oddziaływań skurczowych

Głównym założeniem normy PN-EN 13670 w zakresie pielęgnacji i ochrony młodego betonu jest minimalizacja skurczu plastycznego. Metody pielęgnacji powinny być przy tym tak dobrane, aby chronić beton przed zbyt szybkim odparowaniem wody z powierzchni lub utrzymać powierzchnię betonu stale wilgotną. W tym celu norma PN-EN 13670 zaleca następujące techniki pielęgnacji:

- pozostawienie deskowania na miejscu,
- pokrycie powierzchni betonu paroszczelnymi powłokami, zabezpieczonymi przed wysychaniem przy krawędziach i złączach,
- układanie mokrych mat na powierzchni i zabezpieczenie ich przed wysychaniem,
- utrzymanie powierzchni betonu w stanie wilgotnym przez odpowiednie użycie wody,
- stosowanie preparatów pielęgnujących o ustalonej skuteczności.

Zaleca się przy tym, aby po zagęszczeniu i wykończeniu powierzchni betonu, powierzchnia ta została bezzwłocznie poddana pielęgnacji, a w razie konieczności ochrony swobodnej powierzchni przed powstaniem rys związanych ze skurczem plastycznym, przed wykończeniem powierzchni należy zastosować pielęgnację tymczasową.



Rys. 9. Rysy powierzchniowe nad zbrojeniem płyty stropowej wskutek skurczu plastycznego betonu



Rys. 10. Rysy na powierzchni betonu wskutek skurczu przy wysychaniu