



DOTACJE NA INNOWACJE

INNOWACYJNE SPOIWA CEMENTOWE I BETONY Z WYKORZYSTANIEM POPIOŁU LOTNEGO WAPIENNEGO

WPŁYW POPIOŁÓW LOTNYCH WAPIENNYCH NA TEMPERATURĘ BETONU PODCZAS TWARDNIENIA W ELEMENTACH MASYWNYCH

G. Knor M.A. Glinicki J. Holnicki-Szulc A. Ossowski Z. Ranachowski
e-mail: gknor@ippt.pan.pl



Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk
ul. Pawińskiego 5B; 02-106 Warszawa, Polska



**Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego
Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka**
Konferencja Przedstawicieli Nauki i Przemysłu, Bronisławów, 23-24 maja 2013 r.



Plan prezentacji

- 1. Wprowadzenie*
- 2. Opis badań doświadczalnych*
 - Materiały do badań*
 - Metody badań*
- 3. Wyniki badań i ich analiza*
- 4. Wnioski*



Wprowadzenie

- istnieje potrzeba stosowania cementów o odpowiednio małym cieple hydratacji aby minimalizować ryzyko spękań termicznych w początkowym okresie dojrzewania
- ciepło hydratacji zmniejsza się wraz ze wzrostem zawartości pozaklinkierowych składników głównych w cemencie
- wykorzystanie popiołów lotnych krzemionkowych i żużla wielkopieczowego jest znanym sposobem obniżenia temperatury twardniejących masywnych elementów betonowych

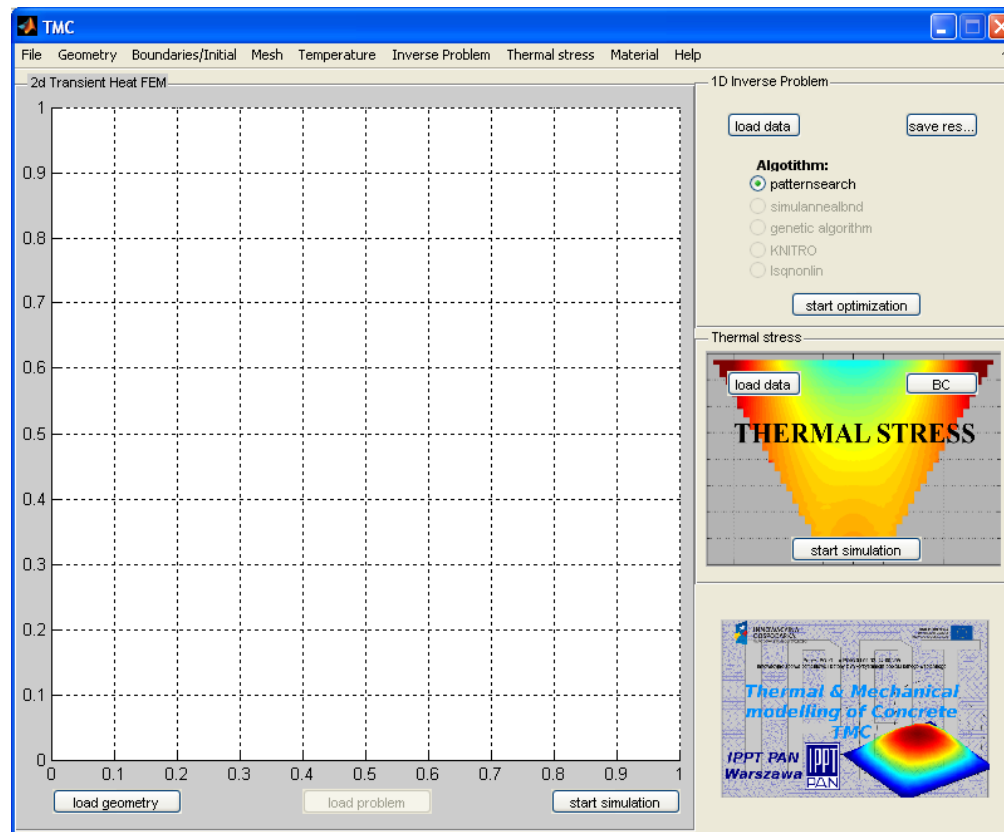


Wprowadzenie

- w literaturze znane są pozytywne efekty stosowania greckich popiołów W w mieszankach betonowych przeznaczonych do budowy masywnych zapór betonowych
- tylko nieliczne prace naukowe dotyczące popiołów W obejmują właściwości termiczne
- badania normowe nie są wystarczające do pełnego oszacowania zjawiska samoociepiania się betonu



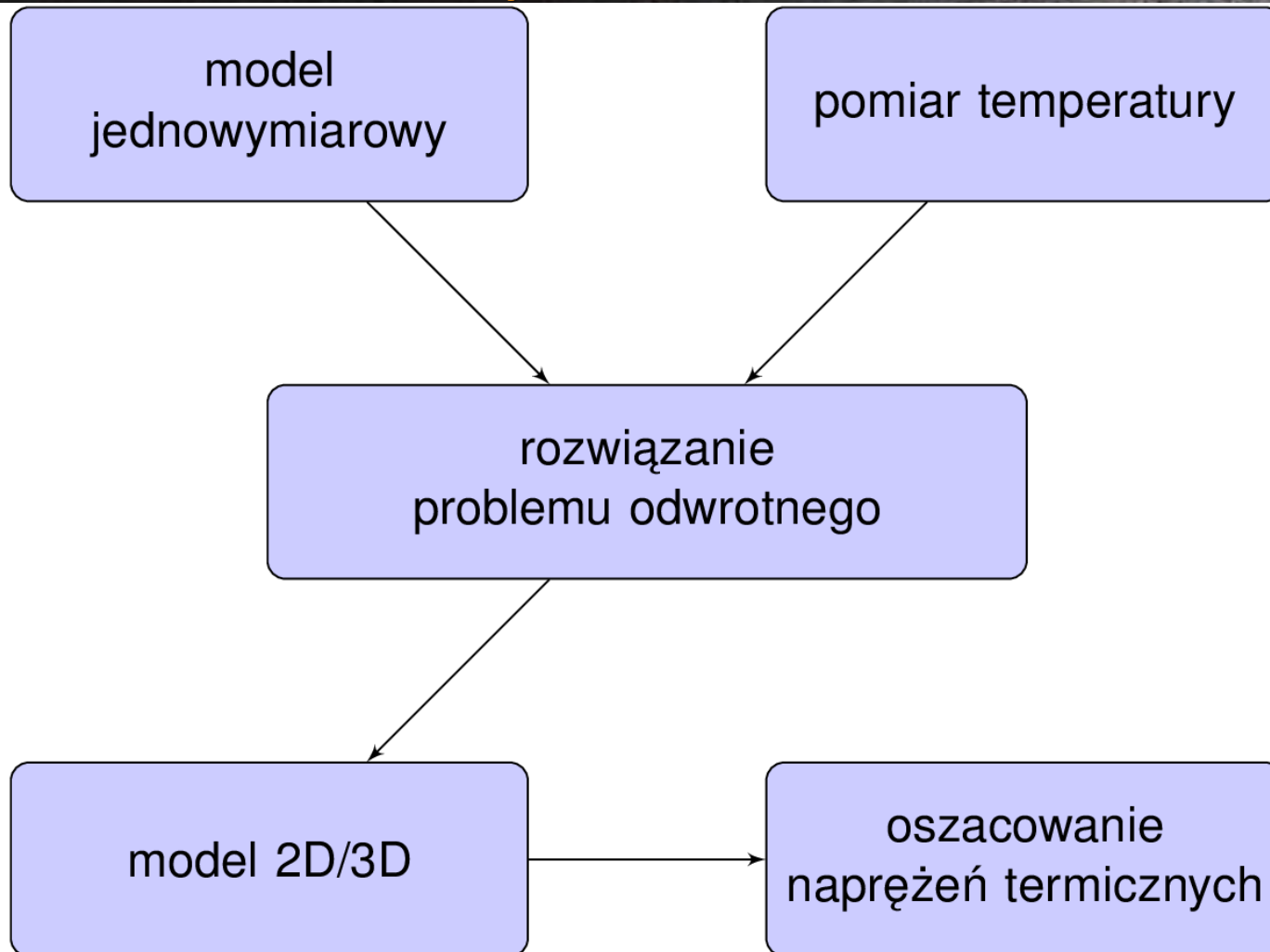
Wprowadzenie Program TMC



Knor G., Glinicki M.A., Holnicki-Szulc J., *Determination of thermal parameters of hardening concrete by means of inverse problem solution*, Roads and Bridges – Drogi i Mosty, **11**, 4, 281-294, 2012



Wprowadzenie





Opis badań doświadczalnych – materiały do badań

- badania doświadczalne przeprowadzono w przypadku 76 mieszanek pomiarowych
- część cementu portlandzkiego została zastąpiona przez popiół W (odpowiednio 0%, 15%, 30%, 60% i 100%)
- użyto kruszywa granodiorytowego, wapiennego i amfibolitowego (frakcja 2 – 16mm)



Opis badań doświadczalnych – materiały do badań

Składniki mieszanki betonowej	Zawartość składników [kg/m ³] w mieszance o oznaczeniu					
	P50 0	P50 30 Ws	P50 60 Ws	P50 30 Wm	P50 60 Wm	PP50 0
Cement CEM I 42,5R Górażdże	400	280	160	280	160	800
Popiół lotny wapienny – Elektrownia Bełchatów	0	120 ^{*)}	240 ^{*)}	120 ^{**)}	240 ^{**)}	0
Piasek 0-2mm	580	564	547	564	547	290
Kruszywo grube 2–8mm – grys granodiorytowy	625	625	625	625	625	305
Kruszywo grube 8-16mm – grys granodiorytowy	615	615	615	615	615	295
Woda	200	200	200	200	200	400
Domieszka upłynniająca Glenium SKY 59	0	1,4	6	0	1,1	0

* popiół III nieuzdatniony: gęstość 2,64 g/cm³, powierzchnia właściwa wg. Blaine'a 1900 cm²/g (ozn.Ws)

** popiół III przemielony: gęstość 2,71 g/cm³, powierzchnia właściwa wg. Blaine'a 4060 cm²/g (ozn.Wm)



Opis badań doświadczalnych – materiały do badań

Składniki mieszanki betonowej		Zawartość składników w [kg/m ³] w mieszance o oznaczeniu					
		T50_I	T50 IIA(W)	T50 IIB(W)	T50 IIB(V-W)	T50 IIB(S-W)	T50 VA(S-W)
Cement	zawartość	400	400	400	400	400	400
	rodzaj	CEM I	CEM II/ A-W	CEM II/ B-W	CEM II/ B-M (V-W)	CEM II/ B-M (S-W)	„CEM V/ A(S-W)”
Piasek o uziarnieniu 0 – 2mm		580	580	580	580	580	580
Grys granodiorytowy o uziarnieniu 2 – 8mm		625	625	625	625	625	625
Grys granodiorytowy o uziarnieniu 8 – 16mm		615	615	615	615	615	615
Woda		200	200	200	200	200	200



Opis badań doświadczalnych – metody badań

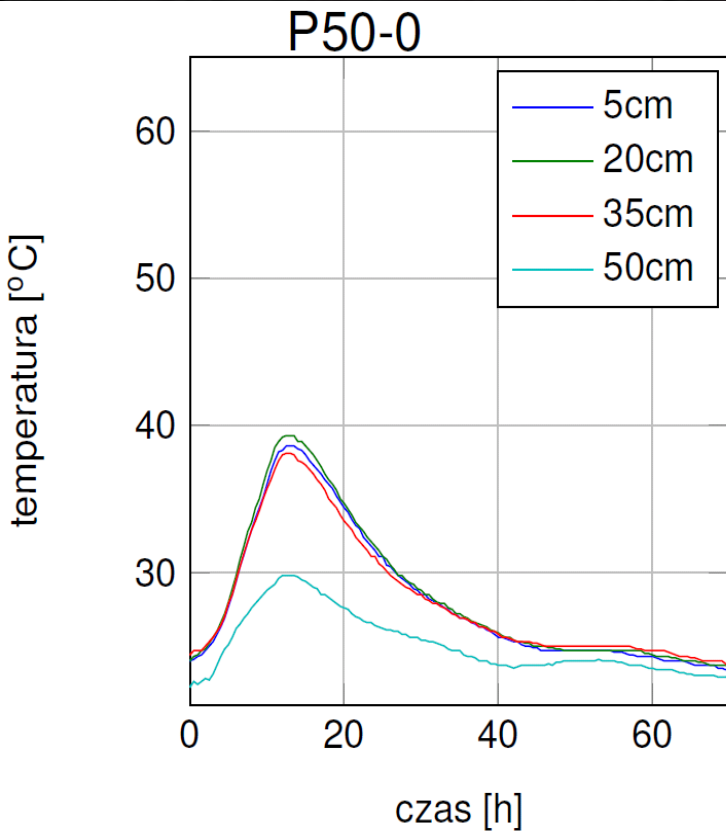
$$q_t = \sum_{n=0}^{4320} c_p \Delta t_n + V \frac{60 \cdot (51.5898 + 0.2394\theta_n)\theta_n}{1000m}$$

- q_t - ciepło twardnienia na kilogram betonu
- c_p - przyjętą dla betonu z literatury wartość ciepła właściwego wynosząca 1,13 kJ/kgK
- Δt_n - kolejne przyrosty temperatury próbki mierzone w minutowych odstępach czasu, w których temperatura wzrasta (przy ujemnych przyrostach temperatury wartość Δt_n wynosi 0)
- V - objętość używanej formy pomiarowej wynosząca 3500cm³
- θ_n - kolejne różnice temperatury próbki i temperatury otoczenia
- m - masa próbki w kilogramach

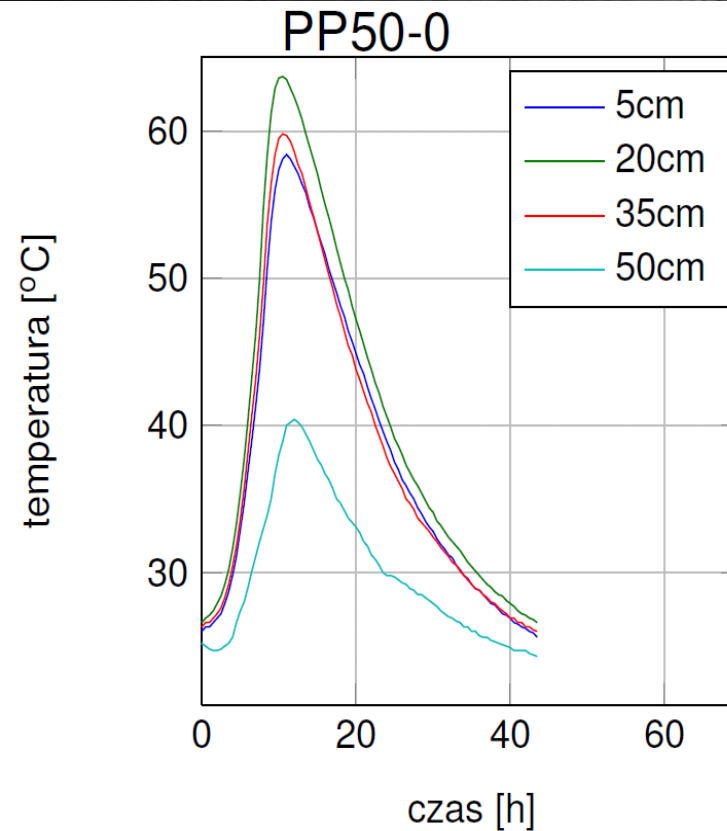
Występujące w powyższym wzorze współczynniki liczbowe określające własności termiczne formy zostały wyznaczone na podstawie pomiarów temperatury stygnącego w niej piasku



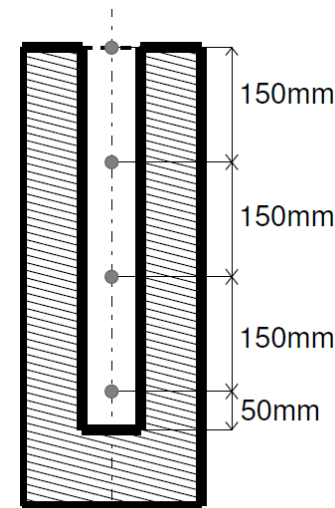
Wyniki badań i ich analiza



CEM I - 400 kg/m³



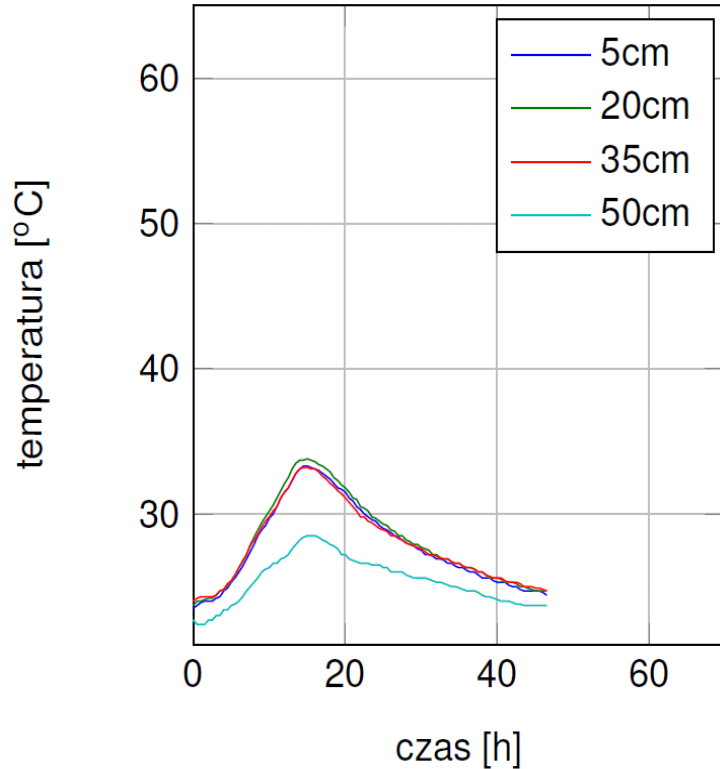
CEM I - 800 kg/m³





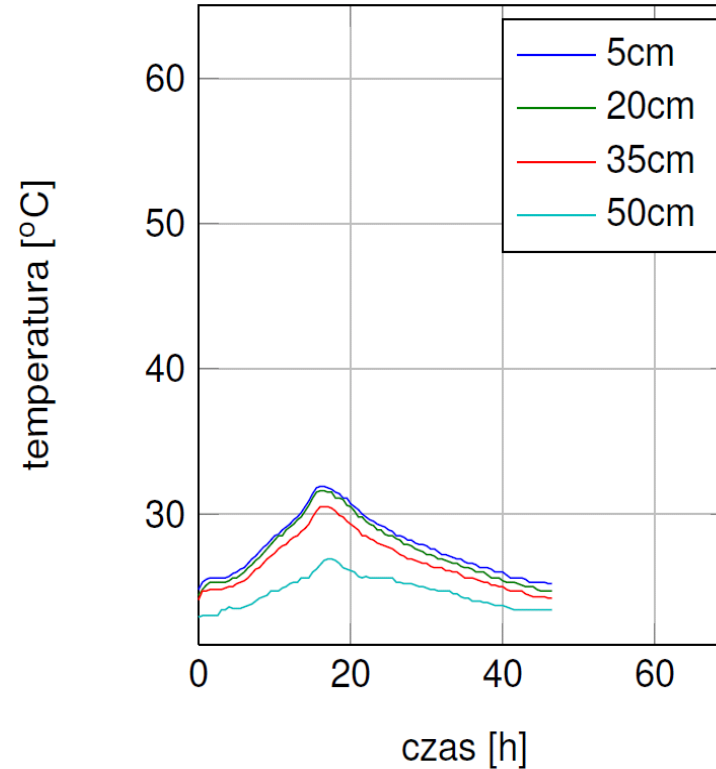
Wyniki badań i ich analiza

P50-30 Wn

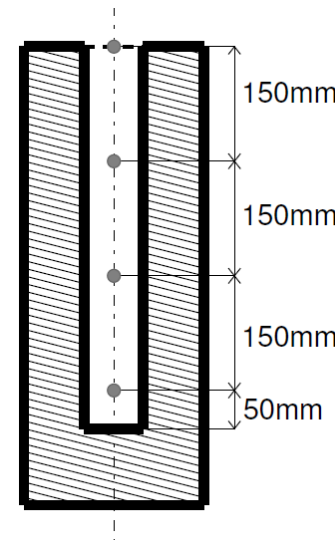


CEM I - 280 kg/m³
Popiół W - 120 kg/m³

P50-60 Wm

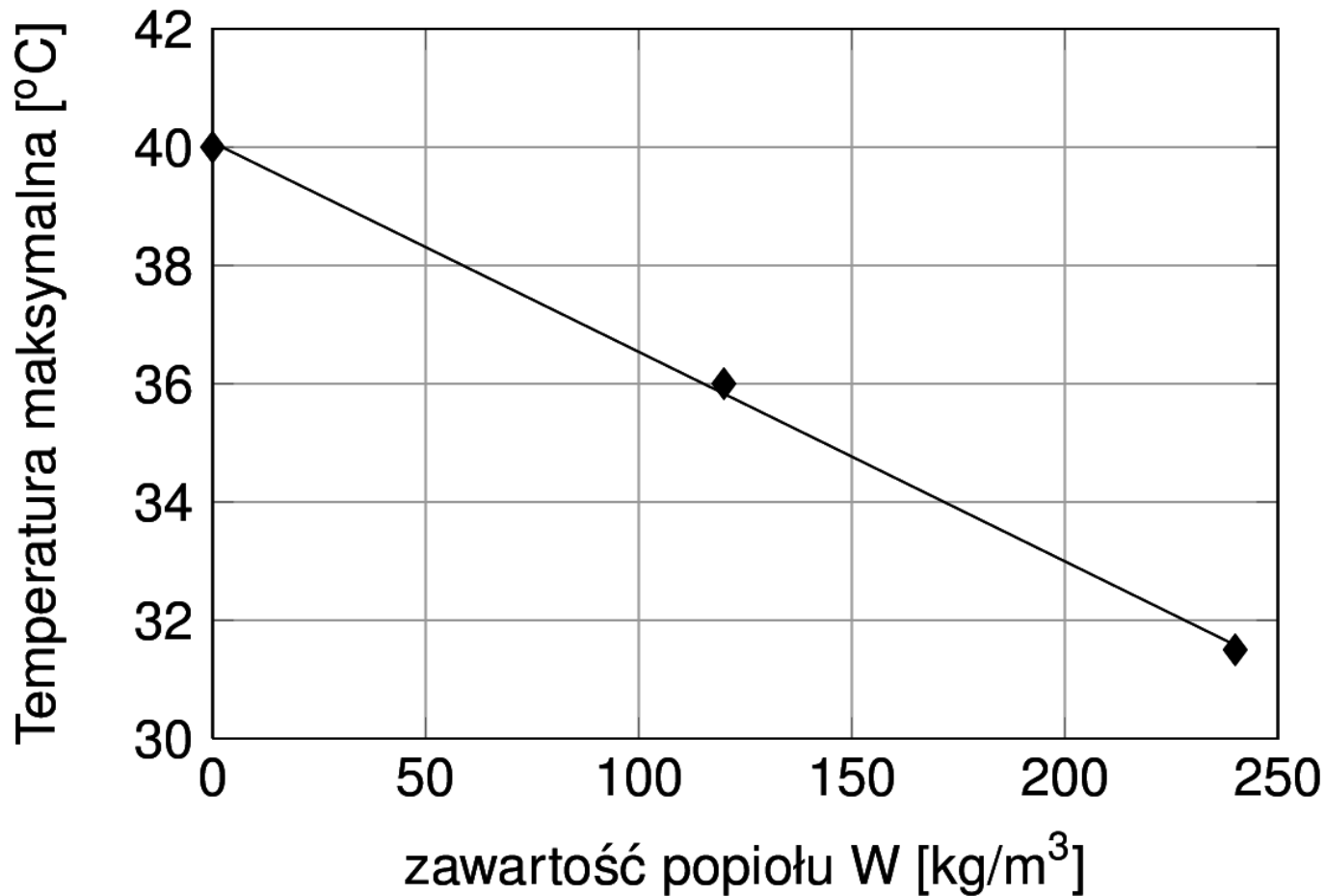


CEM I - 160 kg/m³
Popiół W - 240 kg/m³



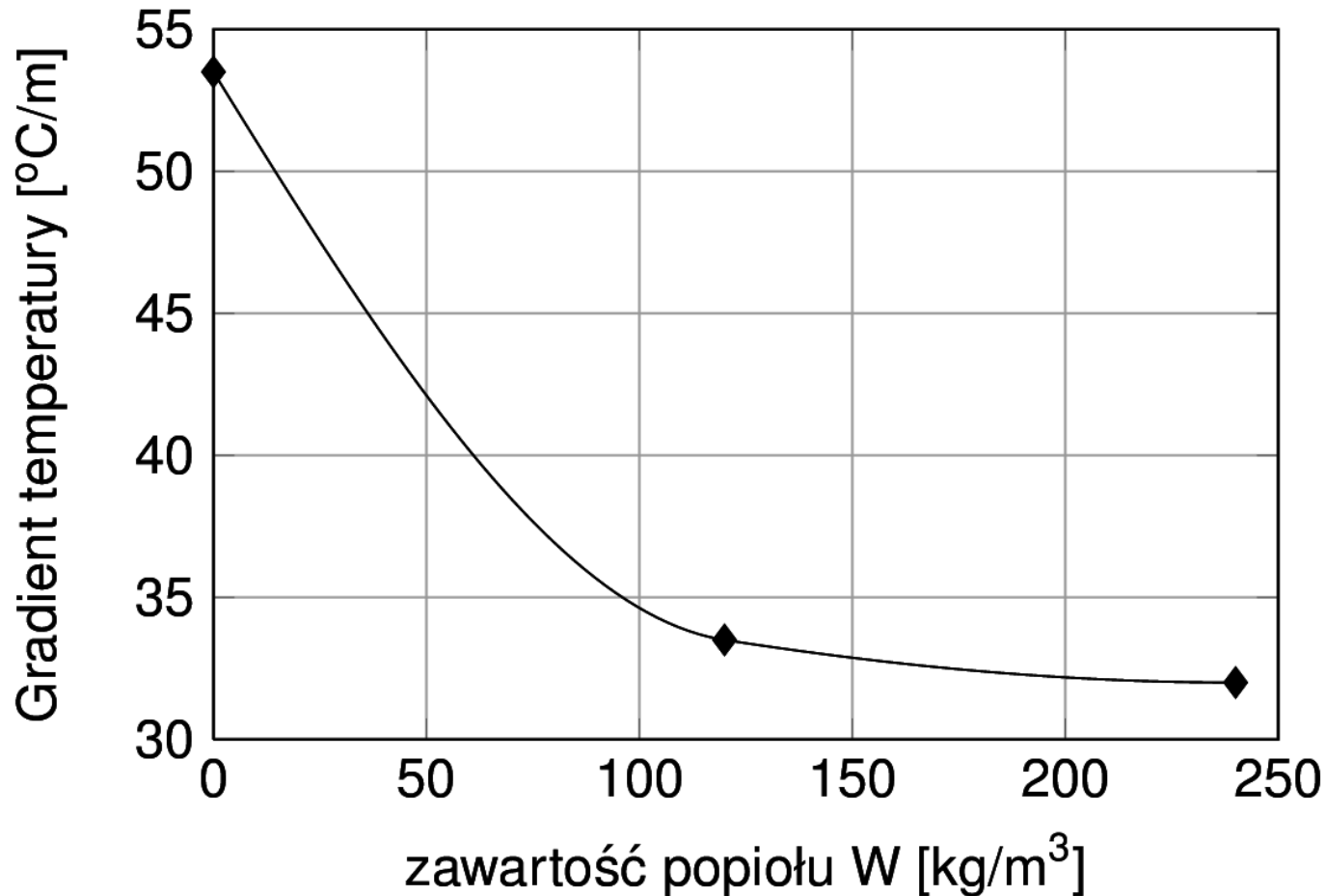


Wyniki badań i ich analiza





Wyniki badań i ich analiza





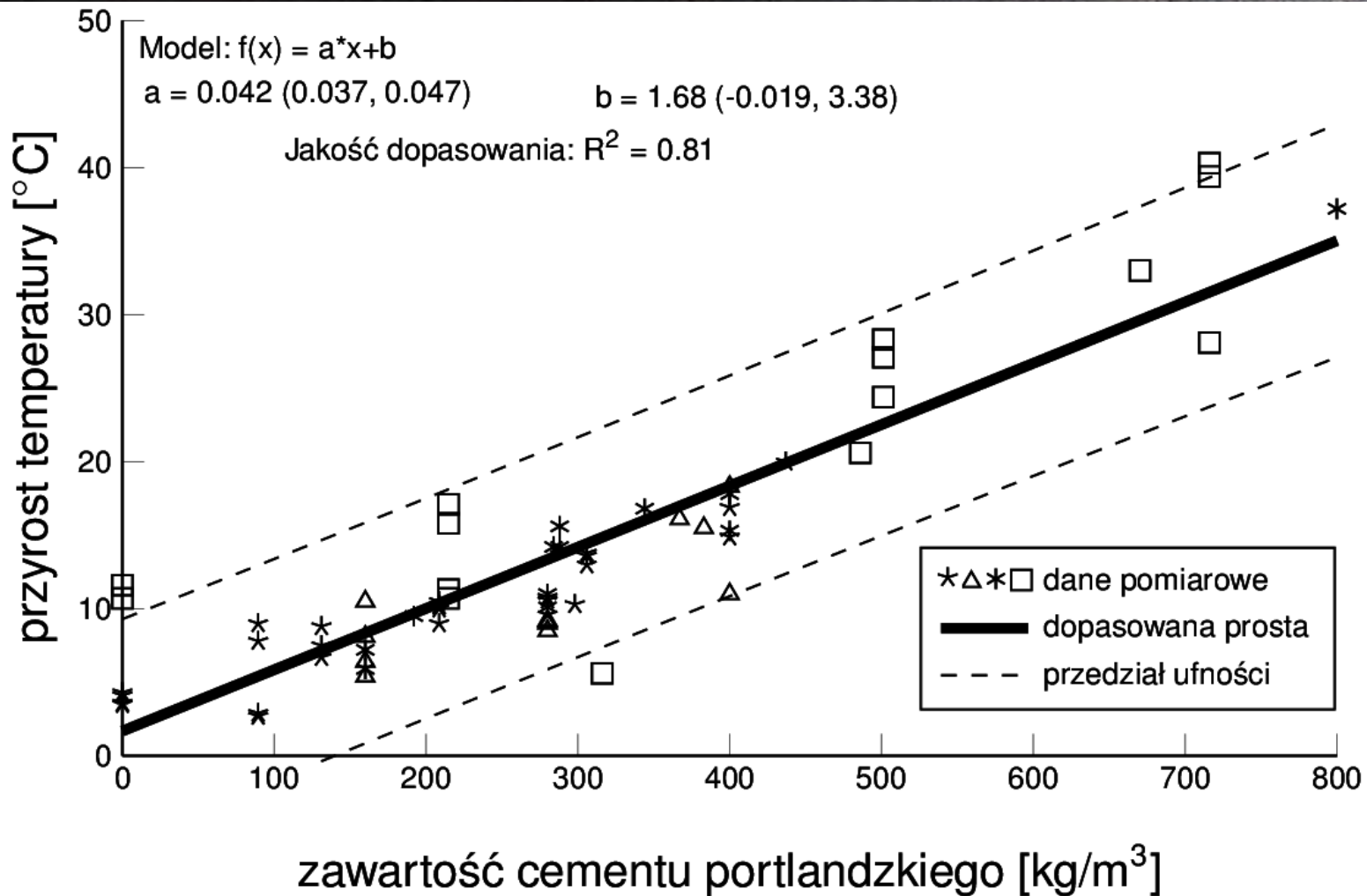
Wyniki badań i ich analiza

Parametr termiczny	Oznaczenie mieszanki betonowej (cementy z popiołem W)					
	T50_I	T50 IIA(W)	T50 IIB(W)	T50 IIB(V-W)	T50 IIB(S-W)	T50 VA(S-W)
t_{max} [h]	11	14,5	12,5	15	15	20,5
T_{max} [°C]	42,5	41	37,5	39	39,5	33
\dot{T}_{max} [°C/h]	2	1,5	1,6	1,3	1,2	0,5
∇T [°C/m]	23	22	13	20	20	13

Parametry termiczne twardniejących betonów – pomiary laboratoryjne

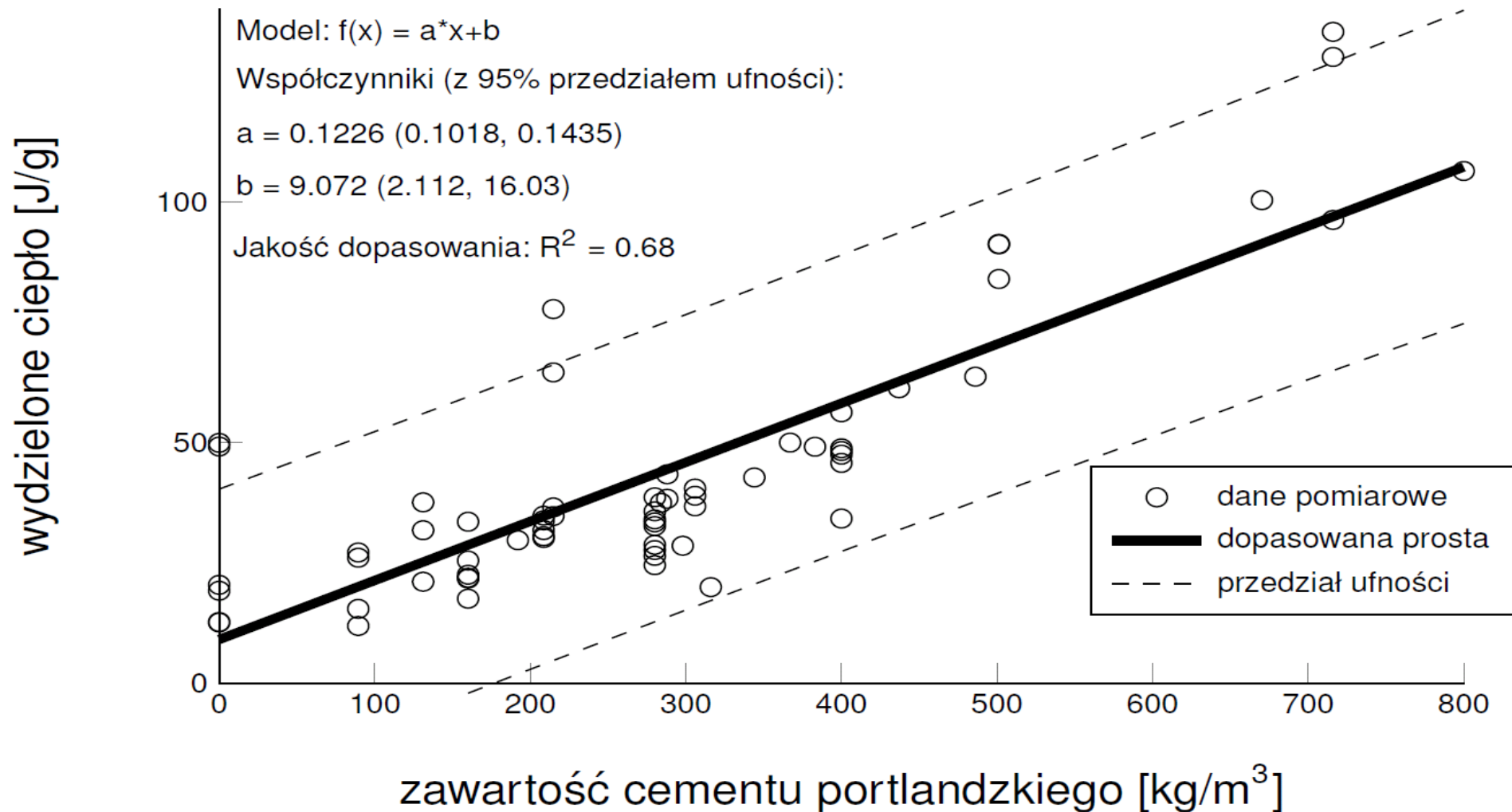


Wyniki badań i ich analiza





Wyniki badań i ich analiza





Wyniki badań bloków masywnych

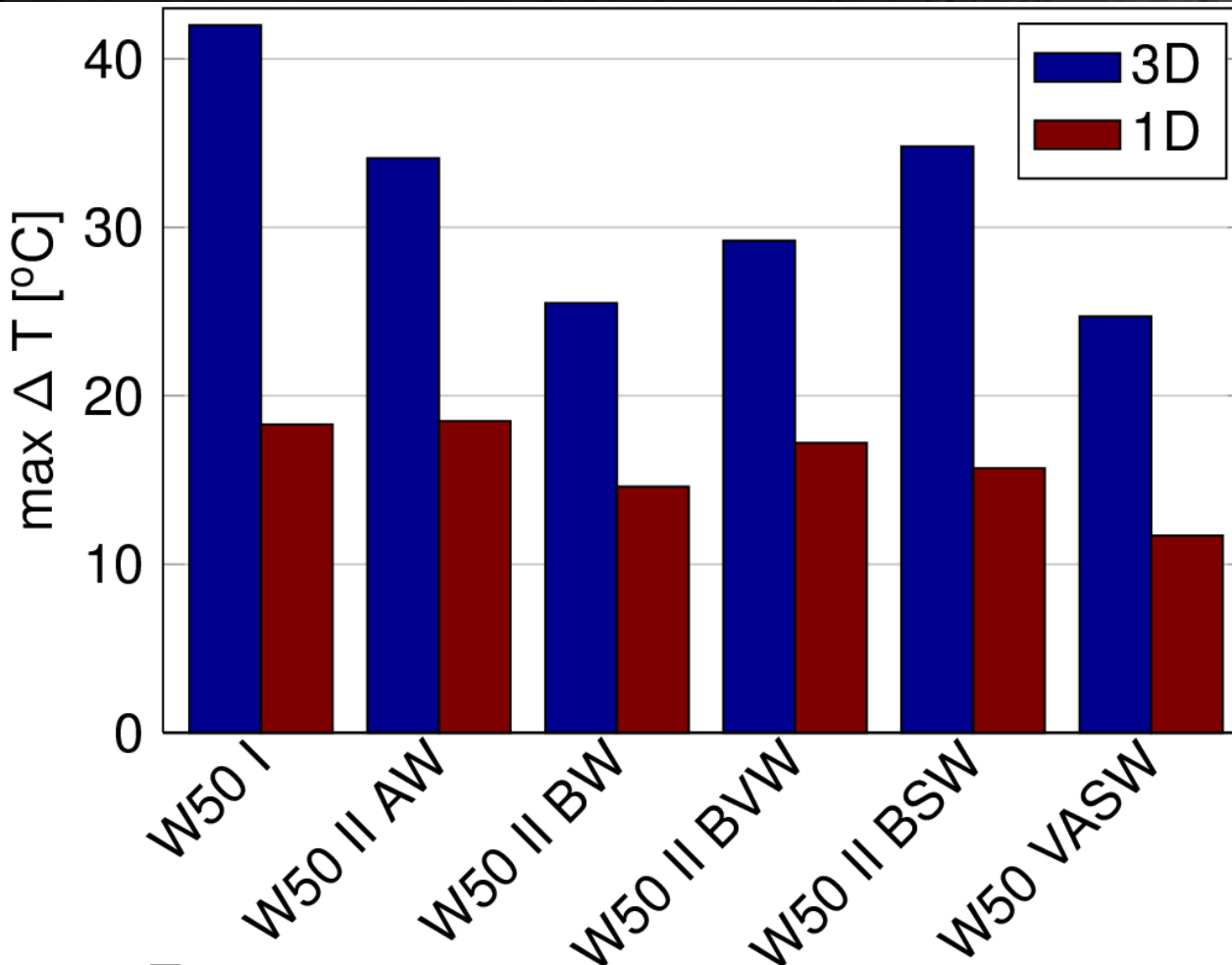
Parametr termiczny	Oznaczenie mieszanki betonowej					
	W50 I	W50 II AW	W50 II BW	W50 II BVW	W50 II BSW	W50 V ASW
t_{\max} [h]	39,0	39,8	42,0	35,0	45,8	50,5
T_{\max} [°C]	51,4	44,4	36,3	38,1	46,0	36,7
ΔT_{\max} [°C]	19,1	18,9	11,3	13,8	17,0	12,6
\dot{T}_{\max} [°C/h]	1,08	0,86	0,61	0,83	0,76	0,49
∇T_1 [°C/m]	14,86	4,86	17,71	12,86	9,43	7,14



Parametry termiczne twardniejących betonów – pomiary polowe



Wyniki badań bloków masywnych

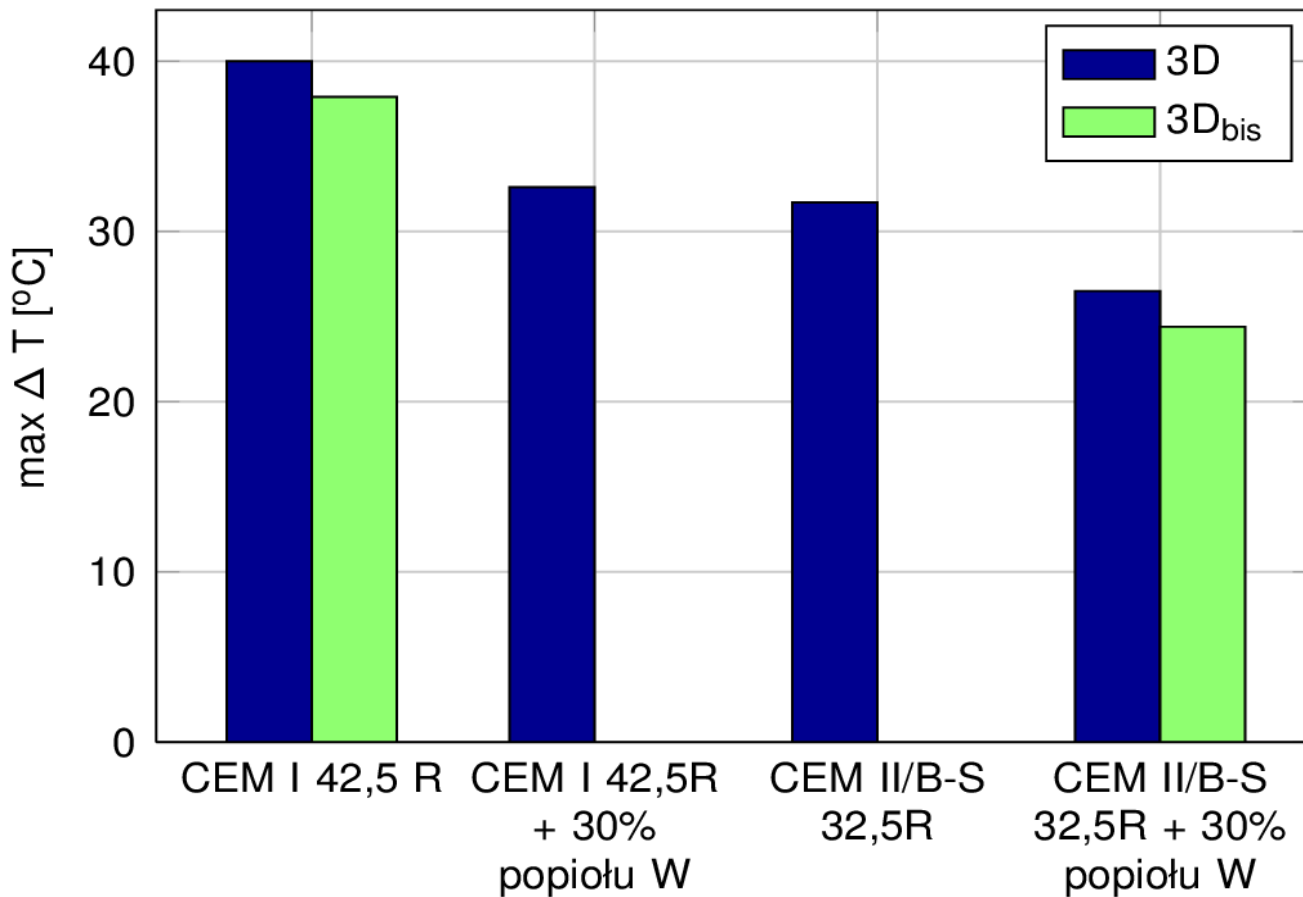


Wypełnianie formy 3D betonem

max ΔT - różnica między temperaturą początkową betonu i maksymalną osiągniętą temperaturą



Wyniki badań bloków masywnych



$\max \Delta T$ - różnica między temperaturą początkową betonu i maksymalną



Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Dodatek popiołu W nie powodował istotnych zmian jakościowych przebiegu temperatury twardniejącego betonu, ale znacząco wpływał na ilościowe parametry przebiegu temperatury.
2. Dodatek popiołu W spowodował:
 - obniżenie temperatury szczytowej T_{\max} o $2,1^{\circ}\text{C}$ na każde $50\text{kg}/\text{m}^3$ dodatku popiołu
 - opóźnienie czasu jej wystąpienia t_{\max} o $1,6\text{h}$ na każde $50\text{kg}/\text{m}^3$ dodatku popiołu
 - zmniejszenie maksymalnych pochodnych czasowych oraz gradientów temperatury



Wnioski

3. Uzyskano zbliżoną do liniowej zależność czasu wystąpienia temperatury maksymalnej od zawartości dodatku popiołu W do mieszanki betonowej, pomimo zróżnicowania składu chemicznego i właściwości fizycznych popiołów pobieranych pięciokrotnie z Elektrowni Bełchatów w okresie 18 miesięcy.
4. Wykorzystując opracowany system obliczeniowy na podstawie punktowych pomiarów temperatury można wyznaczyć rozkład temperatury w elementach masywnych o dowolnym kształcie.



Wnioski

Polowe pomiary temperatury twardniejącego betonu potwierdziły korzystne efekty zastosowania popiołu W:

1. Wskutek 30% zastąpienia cementu popiołem W:
 - maksymalny przyrost temperatury betonu obniżył się o 6 – 7°C,
 - czas wystąpienia temperatury szczytowej opóźnił się o około 8h
2. W przypadku cementów (15-30% popiołu W) maksymalny przyrost temperatury betonu obniżył się:
 - 8°C przy 15% zastąpienia cementu (opóźnienie 1h)
 - 16°C przy 30% zastąpienia cementu (opóźnienie 3h)



DOTACJE NA INNOWACJE

INNOWACYJNE SPOIWA CEMENTOWE I BETONY Z WYKORZYSTANIEM POPIOŁU LOTNEGO WAPIENNEGO

Projekt nr POIG 01.01.02.24-005/09

"Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego"

www.smconcrete.polsl.pl



Instytut Podstawowych
Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk



LIDER PROJEKTU



Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

***Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego
Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka***

Konferencja Przedstawicieli Nauki i Przemysłu, Bronisławów, 23-24 maja 2013 r.