

# PARAMETRYCZNA OCENA TRWAŁOŚCI WIELKOPŁYTOWEJ WARSTWY FAKTUROWEJ PO ZASTOSOWANIU ZAKOTWIEŃ WKLEJANYCH W ŚWIETLE BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

## PARAMETRIC EVALUATION OF THE DURABILITY OF A LARGE SLAB TEXTURED LAYER AFTER APPLICATION OF ANCHORS BONDED IN THE LIGHT OF EXPERIMENTAL RESEARCH

Mgr inż. Dariusz TOMASZEWICZ

Wydział Techniczny, Wyższa Szkoła Agrobiznesu, ul. Studencka 19, 18-402 Łomża

E-mail: [dariusz.tomaszewicz@poczta.wsa.edu.pl](mailto:dariusz.tomaszewicz@poczta.wsa.edu.pl) lub [dariusz-tomaszewicz@wp.pl](mailto:dariusz-tomaszewicz@wp.pl)

\*Artykuł recenzowany

### Streszczenie

Z uwagi na zagrożenie odspojeniem warstwy fakturowej w budynkach wielkopłytowych, podejmowane są działania mające na celu zapobieganie temu zjawisku. Stopień zniszczenia oprócz jakości wykonania i oddziaływania czynników zewnętrznych, zależy przede wszystkim od lokalizacji obiektu (np. tereny górnicze). Na trwałość mocowania warstwy fakturowej mają wpływ: parametry żywicy (wytrzymałość na ściskanie, zginanie, rozciąganie oraz odporność termiczna), klasa betonu (stopień jego degradacji w konstrukcji) oraz gatunek i jakość stali (zwykła lub nierdzewna). W artykule zostaną przedstawione poprzez plan eksperymentalny parametry określające trwałość elewacyjnej warstwy fakturowej.

**Słowa kluczowe:** trwałość, ściana trójwarstwowa, warstwa fakturowa, budynki wielkopłytowe, badania eksperymentalne

### Abstract

With attention to the disconnection threat of the textured layer in the buildings of large slab, actions are taken to prevent this phenomenon. The degree of destruction apart from the quality of performance and the influence of external factors depends primarily on the location of the facility (e.g. mining areas). The stability of fixing of the texture layer is influenced by: the characteristics of the resin (compressive strength, bending, stretching, and heat resistance), concrete class (the degree of degradation of the structure) and the species and quality of the steel (ordinary or stainless steel). In the article will be presented through the experimental plan parameters determining the durability of the texture layer façade.

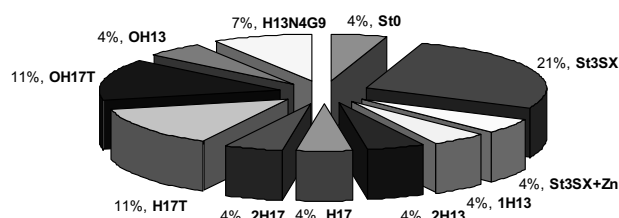
**Key words:** durability, three-layer wall, texture layer, buildings of large slab, experimental research

## 1. Wstęp

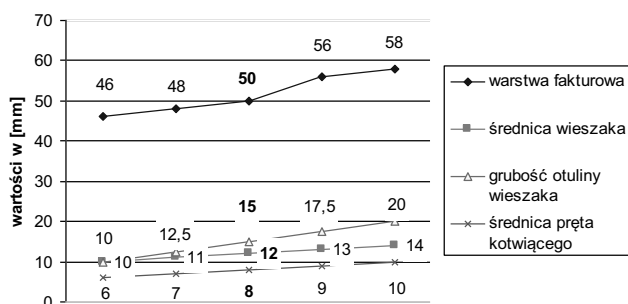
Wzmacnianie ścian trójwarstwowych nowymi łącznikami w budynkach wielkopłytowych jest powszechnie znanym zagadnieniem [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Na trwałość elewacyjnej warstwy fakturowej ma wpływ wiele czynników. Okres eksploatacji, korozja elementów zbrojenia czy też wpływ czynników środowiskowych wpływa destrukcyjnie na trwałość wielkopłytowej warstwy fakturowej. Parametry składowe, powodujące umowne wydłużenie trwałości i zmniejszenie ryzyka odspojenia warstwy fakturowej, można zawrzeć w dwóch grupach. Do pierwszej grupy należy zaliczyć: klasę betonu (wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie), gatunek i klasę stali (zwykła, nierdzewna) w zestawieniu ze stalą zastosowaną na nowe zakotwienia klejane, poprzez porównanie ich parametrów (granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie). Parametry porównawcze stali będą zestawione z gatunkiem najczęściej stosowanym na wieszaki w budownictwie wielkopłytowym, czyli stalą St3SX (S235JR) oraz stalą klasy A2-70 stosowaną przy wykonywaniu zakotwień klejanych.

## 2. Parametry decydujące o trwałości warstwy fakturowej

Największy wpływ na trwałość warstwy fakturowej ma oddziaływanie czynników zewnętrznych [7]. Do nich należy zaliczyć: oddziaływania termiczne i wpływ czynników atmosferycznych oraz obciążenie od oddziaływań wiatru.



**Rys. 2.1.** Gatunki stali używane do wykonania wieszaków  
*Źródło: ITB*



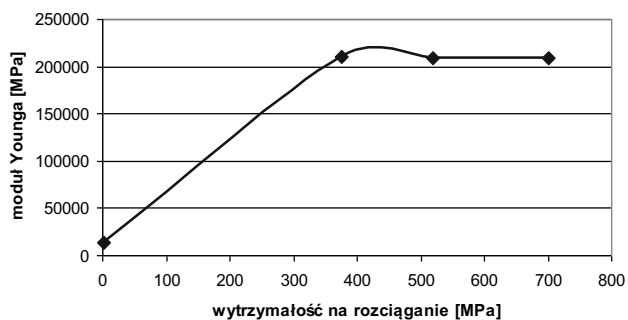
**Rys. 2.2.** Kształtowanie się wymiarów poszczególnych elementów składowych ścian trójwarstwowych w systemie OWT-67/N w mieście Łomża, województwo podlaskie [8]

W tabeli 1 dokonano zestawienia parametrów betonu i stali z jakich wykonywano zgodnie z wytycznymi i dokumentacją techniczną ściany trójwarstwowe oraz stal stosowano do wykonywania nowych wzmacniających zakotwień wklejanych.

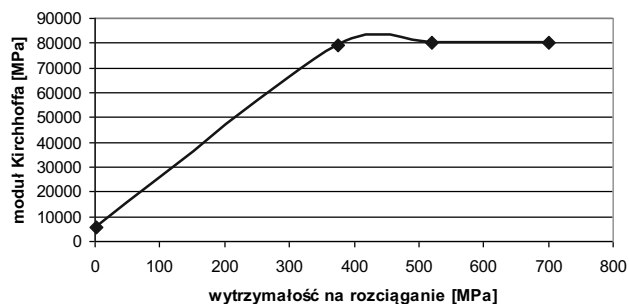
**Tab. 1.** Zestawienie wybranych parametrów betonu i stali

Parametry materiałowe	Klasa betonu	Klasa stali St3SX	Klasa stali A2-70	Klasa stali A4-70
	C 12/15			
wytrzymałość na rozciąganie	1,1	375	520	700
moduł Younga E	14000	210000	209000	209000
współczynnik Poissona	0,20	0,33	0,30	0,30
moduł Kirchhoffa ścinania G	5800	78947,37	80000	80000

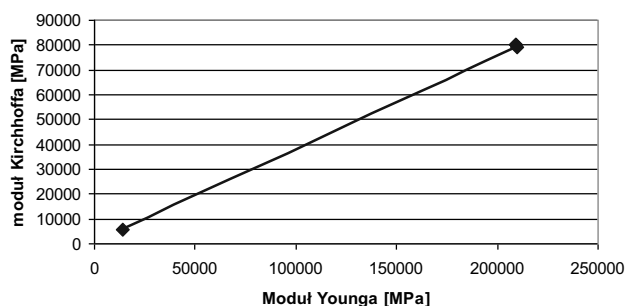
Według parametrów zebranych w tabeli 1 określono wzajemne zależności i wpływ ich na siebie w ścianie trójwarstwowej budynku wielkopłytowego.



**Rys. 2.3.** Zależności parametryczne betonu i stali w ścianach trójwarstwowych



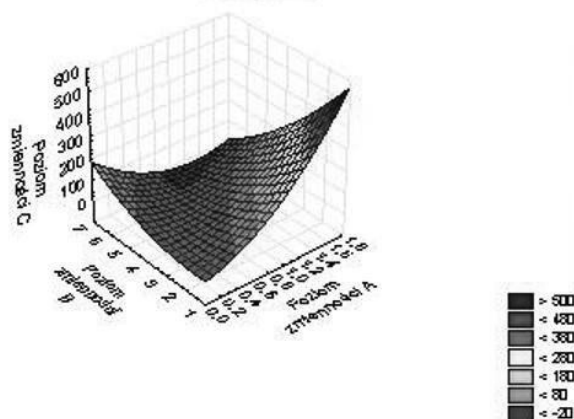
**Rys. 2.4.** Zależności parametryczne betonu i stali w ścianach trójwarstwowych



**Rys. 2.5.** Zależności parametryczne betonu i stali w ścianach trójwarstwowych

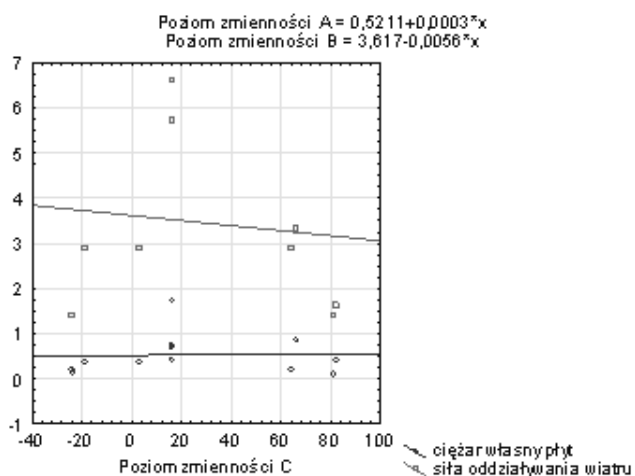
Dokonano również zestawienia oddziaływań na powierzchnię zewnętrzną warstwy fakturowej, którego rezultat w postaci modelu przedstawiono na rysunku 6.

$$Y = 22,8774 + 155,2896 * x - 20,1349 * y + 126,3599 * x * x - 68,5801 * x * y + 6,1686 * y * y$$

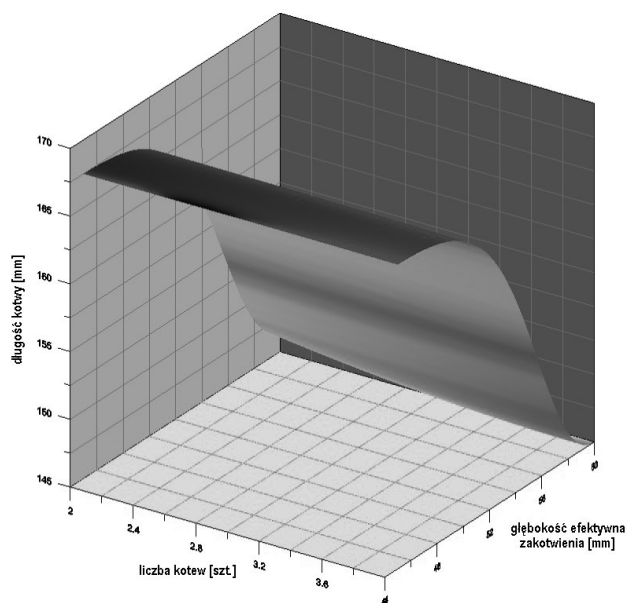


**Rys. 2.6.** Model wpływu zmiennego oddziaływania temperatury w odniesieniu do ciężaru własnego płyt oraz siły oddziaływania wiatru na powierzchnię warstwy fakturowej

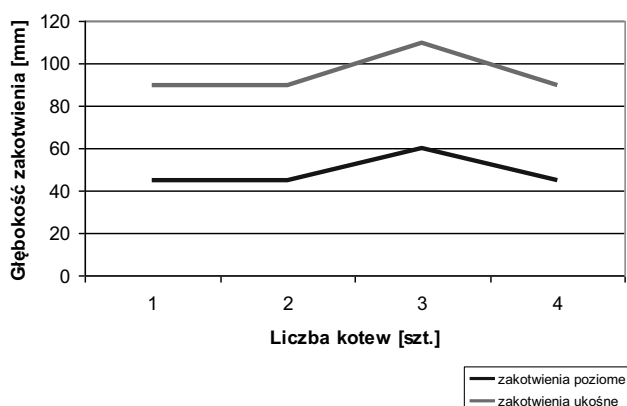
Kształtowanie czynników parametrycznych (temperatura, wiatr) w odniesieniu do ciężaru własnego płyt warstw fakturowych (tab. 2) przedstawiono na rysunku 7.



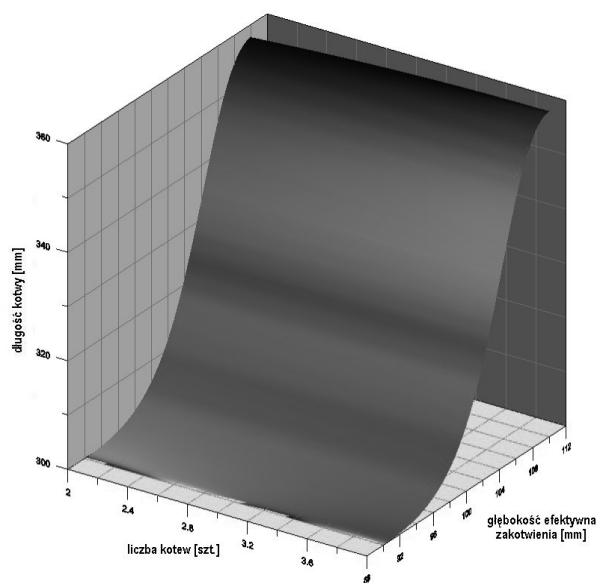
Rys. 2.7. Wykres rozrzutu zmienności ciężaru własnego płyt i siły oddziaływania wiatru względem obciążenia temperaturą (poziom zmienności C)



Rys. 2.9. Zależność liczby kotew poziomych w płycie od ich długości i średniej głębokości zakotwienia



Rys. 2.8. Zależność głębokości zakotwienia od liczby kotew i kąta nachylenia



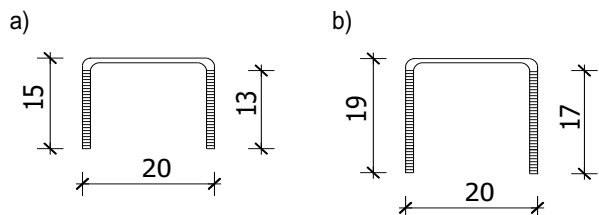
Rys. 2.10. Zależność liczby kotew ukośnych w płycie od ich długości i średniej głębokości zakotwienia

Tab. 2. Przykładowe ilości nowych zakotwień do wzmocnienia elementów ściennych budynku [8]

Lp.	Nazwa elementu	Liczba otworów		Wymiary [mm]				Wymiary [Ø]		
		poziome	ukośne	głębokość efektywna zakotwienia		długość kotwy		średnica kotwy	średnica tulejki	średnica otworu
1	płyta podokienna długa	3	3	45	90	190	300	12	15	18
2	płyta podokienna krótka	2	2	45	90	190	300			
3	płyta ściany szczytowej	4	4	60	110	190	360			
4	płyta klatki schodowej	2	4	45	90	190	300			
5.	płyta balkonowa	3	3	45	90	190	300			

### 3. Parametryczna ocena przyczepności

Parametryczna ocena przyczepności stanowi oszacowanie teoretyczne nośności zakotwień wklejanych na wyrwanie. Jest to określenie siły niszczącej i naprężenia przyczepności.



**Rys. 3.1.** Projekt tzw. „kotwy zszywającej” do montowania w ścianach osłonowych (z lewej) i ścianach szczytowych budynków wielkopłytowych



**Rys. 3.2.** Wzmocnienie pęknięcia warstwy fakturowej kotwą zszywającą

Z uwagi na to, że zakotwienie zszywające ma charakter pracy zespolonej podwójnej wklejanej kotwy poziomej, siłę przyczepności można wyznaczyć ze wzoru [9]:

$$P = u \int_0^{h_{ef}} 2 \cdot \tau_p \cdot dx \quad (1)$$

Największe naprężenie przyczepności zakotwienia wklejanego możemy określić ze wzoru [9]:

$$\tau_{p\text{śr}} = \int_0^{l_{ef}} \frac{P}{U \cdot 2 \cdot h_{ef}} \left[ \text{kN/m}^2 \right] \quad (2)$$

gdzie:

$h_{ef}$  – efektywna długość zakotwienia

$l_{ef}$  – długość ramienia zszywającego zakotwienia

$P$  – siła wyrywająca pręt z betonu

$U$  – obwód otworu jaki utworzyłby się po wyrwaniu pręta

### 4. Badanie eksperymentalne

W badaniu eksperymentalnym zróżnicowano czynniki składowe połączeń wklejanych w celu określania ich trwałości. Na potrzeby badania przyjęto trzy klasy betonu C12/15, C16/20 oraz C20/25 zróżnicowane wytrzymałość-

cią na rozciąganie z jednoczesnym uwzględnieniem granicy plastyczności stali kotew w interakcji łączącego ich parametru w postaci żywicy i jej parametrów: naprężenia przyczepności oraz wytrzymałości na rozciąganie. Plan eksperymentu wybrano z grupy planów statystycznych zdefiniowanych **PS/DS**, a właściwie **PS/DS-P**, czyli poliselekcyjnych ze względu na analizę wieloczynnikową. Jest to **plan Hartleya Ha4** (tab. 3) [10], który wymaga wykonania  $n = 17$  pomiarów wielkości wyjściowej (odpowiedzi) **Z**.

Czynniki występujące w badaniu to:

$x_1$  – wytrzymałość betonu na ściskanie

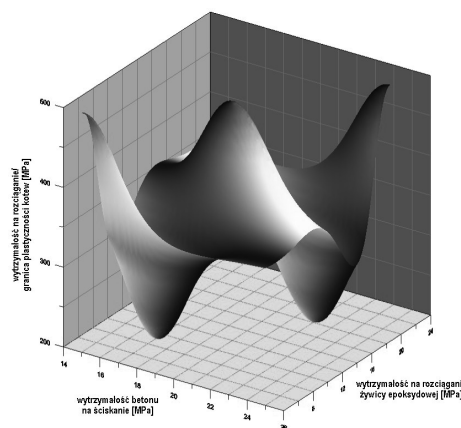
$x_2$  – naprężenie przyczepności

$x_3$  – wytrzymałość na rozciąganie żywicy epoksydowej 21 MPa

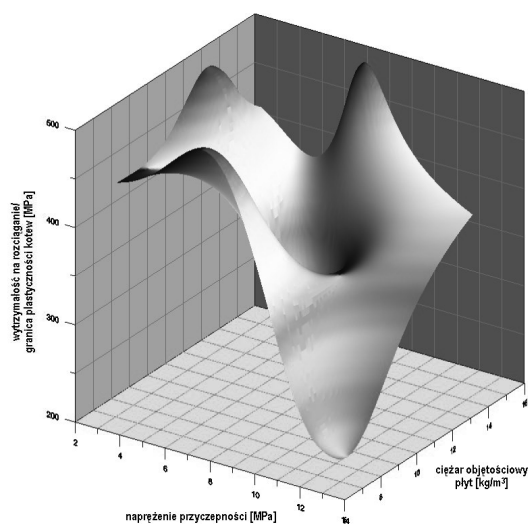
$x_4$  – wytrzymałość na rozciąganie/granica plastyczności stali kotew

**Tab. 3.** Zestawienie zmiennych występujących w badaniu

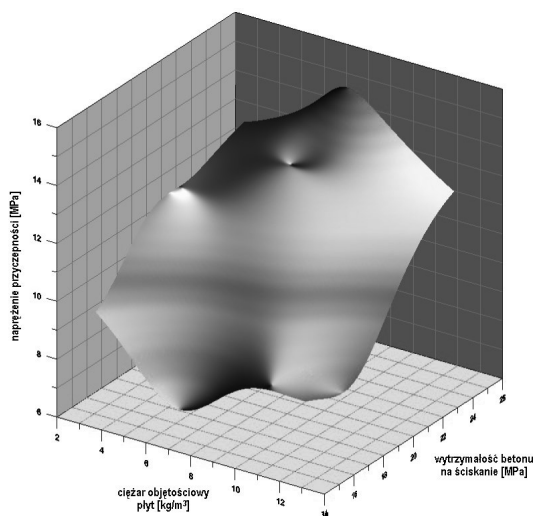
	Zmienne niezależne				Zmienne zależne	
	$x_1 =$	$x_2 =$	$x_3 =$	$x_4 =$	Objętość warstwy fakturowej [m <sup>3</sup> ]	Ciężar objętościowy płyt [kg/m <sup>3</sup> ]
1.	25	8	4	500	0,336	6,85
2.	15	12	12	500	0,184	12,50
3.	15	13	17	210	0,75	3,07
4.	25	15	8	210	0,334	6,89
5.	25	12	20	500	0,298	7,72
6.	15	8	21	210	0,336	6,85
7.	15	15	20	500	0,334	6,89
8.	25	13	12	210	0,184	12,50
9.	15	8	22	500	0,298	7,72
10.	25	12	17	500	0,75	3,07
11.	20	13	4	500	0,336	6,85
12.	20	15	12	210	0,184	12,50
13.	20	8	8	500	0,75	3,07
14.	20	12	4	210	0,334	6,89
15.	20	13	12	500	0,298	7,72
16.	20	15	17	210	0,336	6,85
17.	20	8	8	500	0,184	12,50



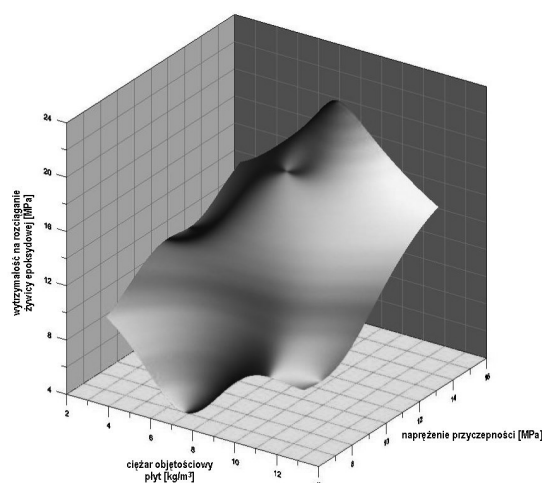
**Rys. 4.1.** Zależność pomiędzy wytrzymałością betonu na ściskanie warstwy fakturowej, a parametrami żywicy i stali kotwy



**Rys. 4.2.** Zależność pomiędzy ciężarem objętościowym płyt warstwy fakturowej, a parametrami żywicy i stali kotwy



**Rys. 4.3.** Zależność pomiędzy ciężarem objętościowym płyt warstwy fakturowej, a parametrami żywicy i wytrzymałością betonu na ściskanie warstwy fakturowej



**Rys. 4.4.** Zależność pomiędzy ciężarem objętościowym płyt warstwy fakturowej, a parametrami żywicy

## 5. Wnioski

Na ocenę parametryczną trwałości wielkopłytovej warstwy fakturowej, a właściwie jej zespolenia z pozostałymi warstwami ściennymi mają wpływ przede wszystkim cztery główne składowe wymienione w artykule do których należy zaliczyć: klasa betonu warstwy fakturowej (wytrzymałość betonu na ściskanie), napężenie przyczepności żywicy epoksydowej jak również jej wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość na rozciąganie i granica plastyczności stali kotew.

Montaż nowych zakotwień bez wątplenia wydłuża okres trwałości mocowania warstwy fakturowej i był koniecznością z uwagi na termomodernizacyjne odnawianie osiedli wielkopłytowych. Istotą pojęcia „trwałość” jest ocena stanu istniejącego i możliwość oraz sposób jego naprawy. Ciekawym zagadnieniem dotyczącym wzmocnienia bądź naprawy elewacyjnej warstwy fakturowej może być zaproponowana przez autora tzw. „kotew zszywająca”, przypominająca swoim kształtem biurą zszywającą. Należy pamiętać jednak o tym, że jej montaż w ścianie wiąże się jednocześnie ze zmianą schematu statycznego pracy płyty.

## Bibliografia

1. Ligęza W. (2006). *Naprawa i wzmocnianie budynków z wielkiej płyty. Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych: konstrukcje żelbetowe*. XXI Ogólnopolska Konferencja: Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk, 8-11 marca 2006, s. 257-259
2. Dębowski J. (2015). *Analiza bezpieczeństwa zakotwienia warstwy fakturowej prefabrykatu wielkopłytowego po dociepleniu*, Przegląd Budowlany 6/2015, s. 12-17
3. Krentowski J., Tribińo R. (2008). *Usuwanie stanów zagrożenia zewnętrznych ścian warstwowych budynków mieszkalnych*, Przegląd Budowlany 2/2008, s. 34-39
4. Obolewicz J., Tomaszewicz D. (2016). *Problemy modernizacji budynków wielkopłytowych osiedli mieszkaniowych*, Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych 1/2016, s. 31-37
5. Tomaszewicz D. (2014). *Wzmocnianie ścian zewnętrznych w budynkach wielkopłytowych*, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, vol. 5, no. 3, s. 125-130
6. Mańka T. (2006). *Zabezpieczenie ścian trójwarstwowych w budownictwie wielkopłytowym stalowymi łącznikami typu EJOT® WSS*, Izolacje VII/VIII, s. 68-69
7. Tomaszewicz D. (2015), *Oddziaływanie obciążeń stałych i zmiennych w czasie na elewacyjną warstwę fakturową w systemie OWT-67/N*, Materiały Budowlane 1/2015, s.48-50
8. Orłowski Z., Orłowski M., Wasilewski A., Tomaszewicz D. (2011), *Ocena stanu technicznego wieszaków mocujących warstwę fakturową w budynkach LSM w Łomży*. Białystok, wrzesień 2011
9. Sokolski A. (1976). *Konstrukcje betonowe. Teoria betonu i żelbetu*. Wyższa Szkoła Inżynierska, Zielona Góra 1976
10. Korzyński M. (2013). *Metodyka eksperymentu. Planowanie, realizacja i statystyczne opracowanie wyników eksperymentów technologicznych*. Wydawnictwo Nauk Technicznych WNT, Warszawa 2013.