



Kazimierz Konieczny*
Przemysław Knap**

WŁAŚCIWOŚCI I OCENA ZAMOCOWAŃ ŁĄCZNIKAMI TWORZYWOWO-METALOWYMI

1. Wprowadzenie

Większość z nowoczesnych łączników dla budownictwa jest dziś powszechnie dostępna i stosowana przy realizacji nowych obiektów, jak i w pracach remontowych. Dostępne są również informatory z podstawowymi parametrami technicznymi łączników wraz z instrukcją ich instalacji. Dla części z tych łączników wydano także krajowe lub Europejskie Aprobaty Techniczne.

W myśl obowiązujących przepisów za wyrób dopuszczony do obrotu i powszechnego stosowania uważa się taki, na który producent wydał deklarację zgodności lub posiada on certyfikat zgodności wydany przez uprawnioną jednostkę na zgodność z Polską Normą lub Aprobata Techniczną. Takie podejście ma zapewnić spełnienie przez obiekt budowlany wymagań podstawowych, a w tym bezpieczeństwa konstrukcji i jej trwałości. Jedną z grup łączników rozporowych – bodaj tę najbardziej rozpowszechnioną – stanowią łączniki tworzywowo-metalowe.

2. Charakterystyka łączników tworzywowo-metalowych

Łączniki te, potocznie zwane kołkami rozporowymi, składają się z tworzywowej tulei rozporowej oraz z elementu rozporowego (metalowego lub tworzywowego). Tuleja tworzywowa i element rozporowy stanowią jedną całość i zazwyczaj posiadają tę samą długość.

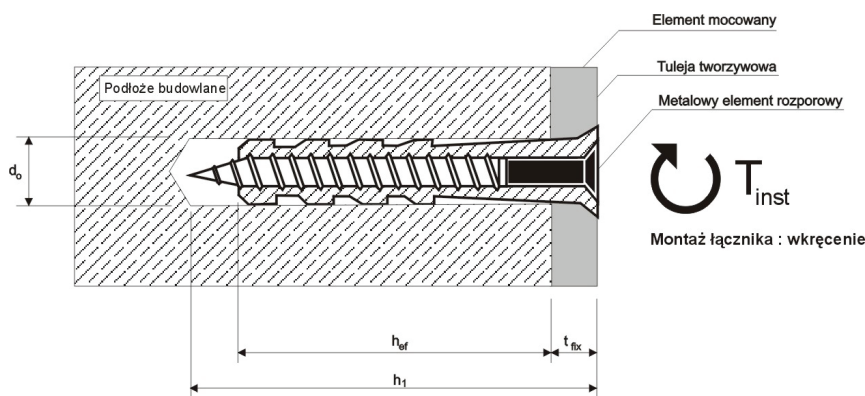
Tworzywowa tuleja łącznika jest rozprężana poprzez wprowadzenie elementu rozporowego do wewnętrznego otworu w tulejce. Uzyskuje się efekt silnego docięnięcia tulejki do ścianki wywierconego w podłożu otworu.

W zależności od sposobu realizacji zamocowania rozróżnia się dwa typy łączników tworzywowo-metalowych:

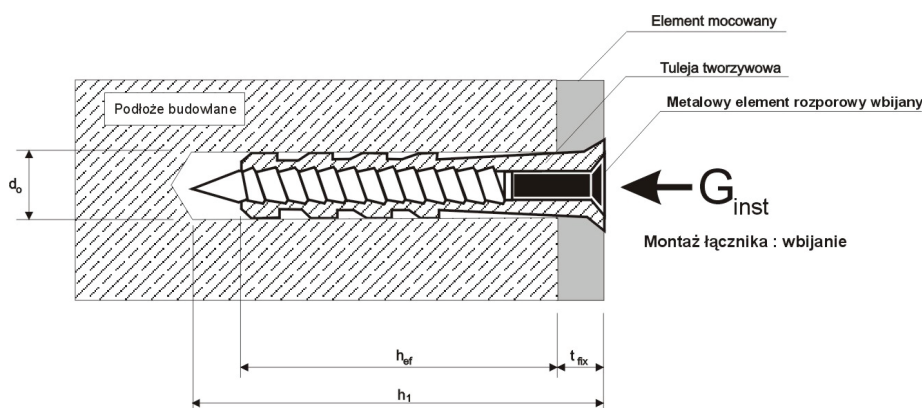
- łączniki z metalowym wkrętem (sposób montażu: wkręcanie) – rys. 1,
- łączniki z trzpieniem wbijanym (sposób montażu: wbicie trzpienia młotkiem) – rys. 2.

* dr inż. – Instytut Techniki Budowlanej

** mgr inż. – Instytut Techniki Budowlanej



Rys. 1 Tworzywowo-metalowy łącznik rozporowy z wkręcany elementem rozporowym



Rys. 2 Tworzywowo-metalowy łącznik rozporowy z trzpieniem rozporowym wbijanym

Tworzywowa tuleja łącznika może być wykonana z następujących materiałów polimerowych:

- Poliamid (PA6),
- Polietylen (PE),
- Polipropylen (PP),
- Polichlorekwinylu (PCV).

W Polsce tuleje łączników tworzywowo-metalowych najczęściej produkuje się z polipropylenu (PP), rzadziej z poliamidu (PA6). Ostatnio obserwuje się wyraźną tendencję do coraz powszechniejszego stosowania poliamidów (zwłaszcza przez uznanych krajowych i zagranicznych producentów).

3. Zakres stosowania łączników tworzywowo-metalowych

Tworzywowe łączniki rozporowe z metalowym elementem rozporowym służą do mocowania do podłoża budowlanego lekkich i zazwyczaj mniej odpowiedzialnych elementów konstrukcji i wyposażenia, wykonanych ze stali, drewna lub tworzyw sztucznych. Mocowanie wykonuje się w pełnych podłożach budowlanych takich jak: beton, cegła ceramiczna i wapienno-silikatowa, bloczki z betonu komórkowego itp. Łączniki z długą tuleją rozporową ulegające złożonej deformacji w trakcie rozprężania mogą być używane także do wykonywania zamocowań w elementach z otworami, takich jak np. cegły kratówki i dziurawki.

Wg definicji Europejskiej Organizacji ds. Aprobatach Technicznych (EOTA) [2] tworzywowo-metalowe łączniki rozporowe w zamocowaniach mają przenosić obciążenia w taki sposób, aby nie doprowadzić do :

- (a) zniszczenia całości lub części obiektu,
- (b) znacznych odkształceń o niedopuszczalnej wielkości,
- (c) uszkodzenia innych części obiektu, połączeń bądź zainstalowanego wyposażenia na skutek znacznej deformacji konstrukcji nośnej,
- (d) uszkodzenia na skutek zdarzenia w stopniu nieproporcjonalnym do pierwotnej przyczyny.

Zamontowane w podłożu łączniki powinny przenosić zakładane obciążenia obliczeniowe, w postaci sił rozciągających, ścinających oraz łącznego rozciągania i ścinania, któremu są poddane w założonym okresie eksploatacji, pod warunkiem:

- zapewnienia ich odpowiedniej nośności i stateczności w stanie granicznym,
- ograniczenia ich przemieszczeń w stanie granicznym użytkowania.

Zakłada się także, iż funkcjonowanie łączników tworzywowo-metalowych, łącznie ze zdolnością do przenoszenia obciążeń obliczeniowych, z uwzględnieniem właściwego współczynnika bezpieczeństwa oraz przy ograniczeniu przemieszczeń, nie powinno podlegać szkodliwemu wpływowi temperatur otoczenia w przedziale od -40°C do $+40^{\circ}\text{C}$ (wyjątkowo $+80^{\circ}\text{C}$). Natomiast trwałość tworzywowych łączników rozporowych z metalowym elementem rozporowym powinna być co najmniej porównywalna z okresem eksploatacji elementu mocowanego. Szacunkowo okres ten może wynosić nawet 50 lat.

Zachowanie się tworzywowych łączników rozporowych w okresie ich eksploatacji zależy jednak od wielu czynników, a w tym od: konstrukcji, rodzaju i wytrzymałości podłoża, jakości instalacji, sposobu obciążenia itp. Indywidualny i łączny wpływ tych czynników na jakość wykonanych zamocowań nie jest obecnie znany w stopniu wystarczającym tak, aby jedynie za pomocą środków czysto teoretycznych określić ich zachowanie się pod działaniem obciążeń zewnętrznych. Dlatego niezbędnym jest wykonywanie dla nich całego szeregu badań mających za zadanie określenie ich parametrów technicznych. Badania takie prowadzone są w akredytowanym przez Polskie Centrum Akredytacji, Laboratorium Badań Elementów Złącznych Śląskiego Oddziału Instytutu Techniki Budowlanej. Wykonywane przez nas badania prowadzone są zgodnie z wymaganiami Europejskiej Organizacji Technicznej ds. Aprobata Technicznych.

Do chwili obecnej dla łączników tworzywowo-metalowych wydano ETAG 020 składający się z pięciu części i trzech załączników podanych w tabeli 1.

Tabela 1. Wytyczne EOTA dla tworzywowo-metalowych łączników budowlanych

Oznaczenie Wytycznych	Tytuły części i załączników do wytycznych	Data wydania	Data obowiązk. wprowadzenia
ETAG 020	Kołki tworzywowe do stosowania w betonie i w murach w wielopunktowych zamocowaniach niekonstrukcyjnych		kwiecień 2009
	Część I. Zagadnienia ogólne	2006	
	Część II. Kołki tworzywowe do stosowania w betonie	2006	
	Część III. Kotwy tworzywowe do konstrukcji murowych z pełnych elementów	2006	
	Część IV. Kołki tworzywowe do elementów z otworami	2006	
	Część V. Kołki tworzywowe do stosowania w autoklawizowanych betonach komórkowych	2006	
	Załącznik A. Szczegóły badań	2006	
	Załącznik B. Badania na dopuszczalne warunki użytkowania	2006	
	Załącznik C. Metody projektowania zamocowań	2006	

W Wytycznych EOTA zostały określone wymagania i kryteria dopuszczenia, jakie muszą spełniać łączniki tworzywowo-metalowe, jak również badania, którym powinny być poddane.

Celem badań jest ustalenie czy zachowanie się łączników w czasie użytkowania będzie bezpieczne i skuteczne, uwzględniając przy tym niekorzystne warunki z jakimi można mieć do czynienia zarówno w czasie ich montażu, jak i użytkowania. Badania te dotyczą oceny łączników w zakresie:

- przydatności,
- dopuszczalnych warunków użytkowania,
- trwałości,
- identyfikacji (materiał, kształt, wymiary).

4. Badania przydatności

Badania te mają podstawowe znaczenie przy ocenie łączników tworzywowo-metalowych. Obejmują one ocenę zachowania się łączników z uwagi na ich małą wrażliwość na nieprawidłowości jakie mogą wystąpić w trakcie montażu.

Zakres tego rodzaju badań obejmuje zachowanie się i ocenę łączników w zależności od:

- średnicy wiertła użytego do wykonania otworu w podłożu ($d_{cut,min}$ i $d_{cut,max}$),
- zachowania się w zarysowanym podłożu (rysa o rozwartości $\Delta = 0,35$ mm),
- warunków kondycjonowania (klimat suchy i mokry),
- temperatury eksploatacji (t_{min} , 0°C, 20°C, 40°C, 80°C),
- rodzaju obciążenia (obciążenia wielokrotne i długotrwałe),
- wpływu relaksacji tworzywa,
- wpływu wielkości momentu obrotowego (rozprężająco-dokręcającego).

5. Badania dopuszczalnych warunków użytkowania

Badania te mają za zadanie ustalenie charakterystyki technicznej łączników dla celów projektowych. Uwzględniają one takie czynniki jak:

- rodzaj łączników,
- właściwości łączników, w tym: rozmiar, zalecana głębokość ich osadzenia w podłożu, wytrzymałość materiału łącznika itp.,
- kierunki obciążenia łącznika (rozciąganie, ścinanie, zginanie),
- wytrzymałość i stan podłoża (beton zarysowany lub niezarysowany),
- rozmieszczenie łączników w podłożu (rozstaw, odległości łączników od krawędzi) itp.

W badaniach przydatności nie uwzględnia się natomiast tzw. „grubych” błędów, których należy bezwzględnie unikać poprzez prawidłowe szkolenie montażystów oraz właściwy nadzór na miejscu budowy. Błędy te nie obejmują np.: używania wiertła o złej średnicy, wpływu braku czyszczenia otworu, w przypadku gdy takie czyszczenie jest wymagane przez producenta.

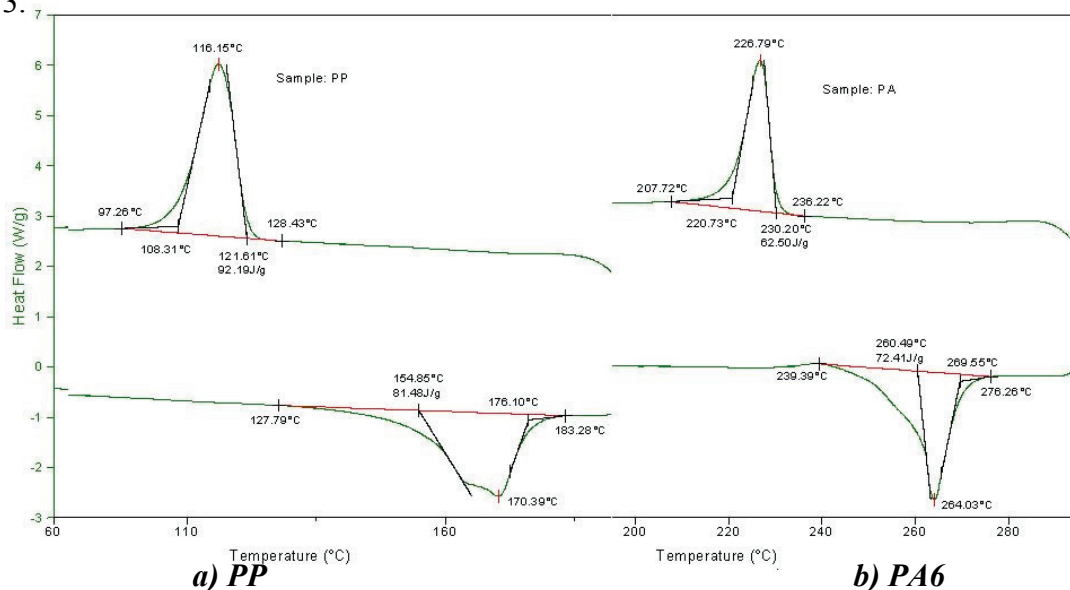
6. Ocena trwałości

Jeśli łącznik ma być użyty w szczególnie agresywnych warunkach, takich jak np. stałe lub okresowe zanurzenie w wodzie morskiej bądź w strefie rozbryzgów wody morskiej, atmosfera chlorku krytych basenów kąpielowych lub atmosfera o ekstremalnym zanieczyszczeniu chemicznym (np. w zakładach odsiarczania bądź w tunelach drogowych, gdzie używane są materiały odladzające), koniecznym jest sprawdzenie trwałości dla tulejki polimerowej na korozję chemiczną. Sprawdza się także, czy powłoka na stalowej części łącznika nie wpływa negatywnie na trwałość tulei polimerowej.

7. Identyfikacja

Łącznik, jak i materiały użyte do jego produkcji muszą być jednoznacznie zidentyfikowane. Częstość jednak taka interpretacja polega na odwołaniu się do norm lub deklaracji producenta tworzyw. Dla materiałów będących mieszaniną kilku składników jest to jednak niewystarczające. W takim przypadku zaleca się, aby budowa chemiczna i skład materiałów polimerowych, z których wykonana jest tuleja rozporowa były udokumentowane badaniami w oparciu o tzw. krzywą DSC (różnicowy kalorymetr skaningowy). W badaniach takich wyznacza się m.in. następujące wielkości: temperaturę początku przemiany, temperaturę pikę, temperaturę końca przemiany itp.

Przykładowe wyniki badań wyrobów z polipropylenu i poliamidów PA6 przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3 Krzywe DSC dla łączników z polipropylenu (PP) i poliamidu (PA6)

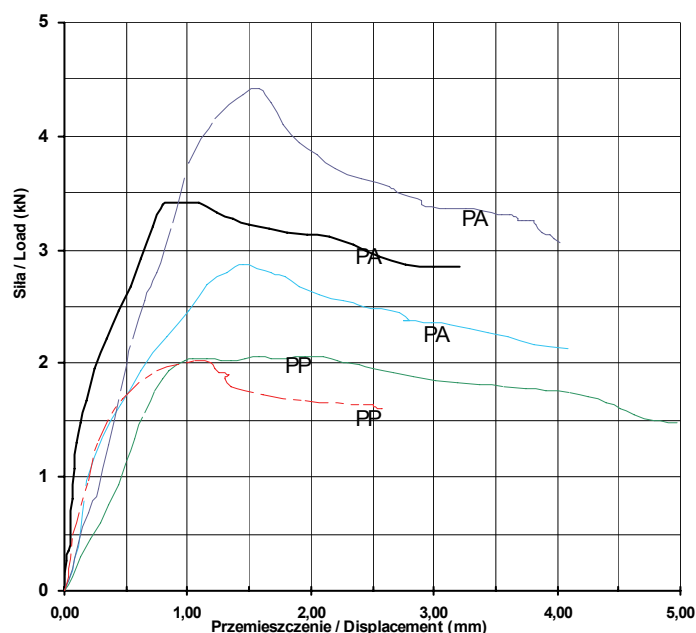
Z powyższych wyników badań (wykresów) można wyraźnie określić charakterystyczne temperatury przemiany tworzywa, m.in. topnienia i krzepnięcia. Wielkości te, jak to w dalszej części referatu zostanie udokumentowane, mają niebagatelny wpływ na zakres stosowania łączników tworzywowo-metalowych.

8. Wpływ czynników materiałowo-technologicznych na parametry połączeń

8.1. Materiał łącznika

Zgodnie z zaleceniami zamieszczonymi w Wytycznych tworzywowe części łączników rozporowych mogą być wytwarzane z poliamidów, polipropylenu lub z polietylenu.

Dotychczasowe badania prowadzone przez Laboratorium Elementów Złącznych ITB Oddziału Śląskiego potwierdzają dość powszechną tendencję do stosowania przy produkcji łączników materiałów o zaniżonych parametrach, a przez to odpowiednio tańszych. Przykładowo: zamiast deklarowanych materiałów pierwotnych gatunku PA6 dostarczany jest wyrób z dużą zawartością reglanulatów lub innego rodzaju dodatków. Dotyczy to też źle oznakowanych (a niekiedy i bez oznakowania) importowanych łączników tworzywowych i tworzywowo-metalowych (szczególnie z Chin). Na rys. 4 przedstawiono charakterystyczne wykresy: obciążenie rozciągające / przemieszczenie dla tworzywowych kołków rozporowych średnicy ϕ 8 mm, wykonywanych z poliamidu PA6 oraz z różnego rodzaju materiałów pobranych z naszego krajowego rynku.

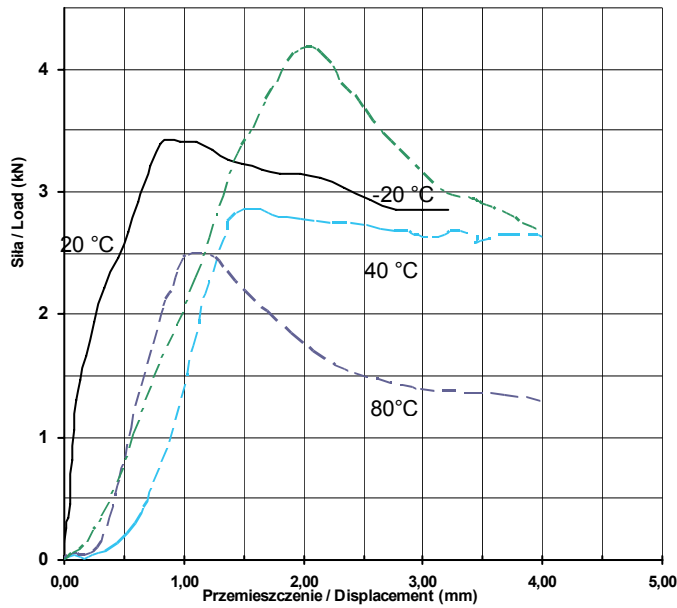


Rys. 4 Nośności tworzywowych łączników rozporowych $\phi 8$ mm z badań rynkowych

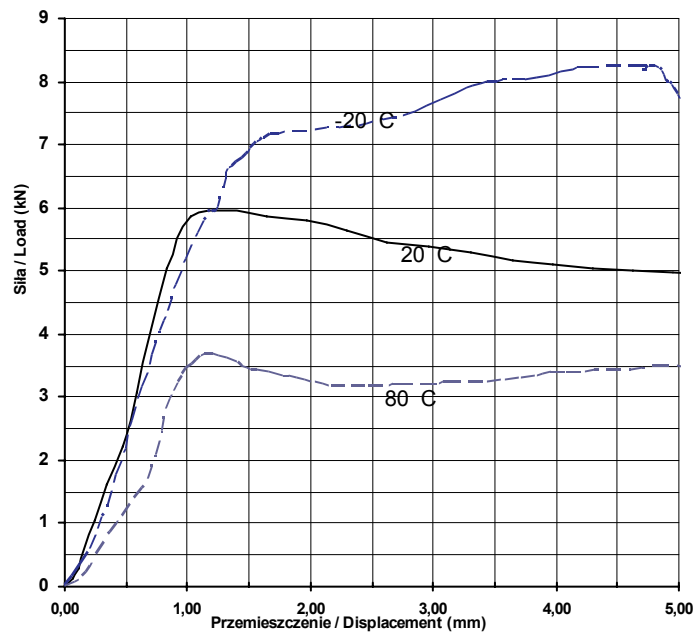
Na rysunku 4 nie zamieszczono wyników badań wytrzymałościowych specjalistycznych kołków rozporowych wykonanych przez uznanych zachodnich producentów, których nośność zbliża się do poziomu wytrzymałości stalowych wkrętów, jak i dość powszechnie spotykanych jeszcze w handlu kołków rozporowych niewiadomego pochodzenia, których nośność bliska jest zeru. Jednak czy każdy z nas na podstawie zewnętrznego wyglądu potrafi rozpoznać materiał z jakiego są wykonane części tworzywowe tych łączników?

8.2. Temperatura

Od łączników wymaga się takiego zachowania, aby oprócz zdolności do przenoszenia obciążeń obliczeniowych z uwzględnieniem właściwego współczynnika bezpieczeństwa oraz przy ograniczeniu przemieszczeń, nie podlegały niekorzystnemu wpływowi temperatur oddziałujących na powierzchnię podłoża w zakresie od -40°C do $+40^{\circ}\text{C}$ ($+80^{\circ}\text{C}$). Dla kołków tworzywowo-metalowych uwarunkowania te mają bardzo istotne znaczenie. Na rysunkach 5 i 6 pokazano wpływ temperatury na nośność łączników tworzywowo-metalowych $\phi 8$ mm i $\phi 12$ mm (z tuleją rozporową z poliamidu PA6 i polipropylenu), mocowanych w podłożu betonowym klasy C 16/20.



Rys. 5 Wpływ temperatury na nośność łączników tworzywowo-metalowych ϕ 8 mm



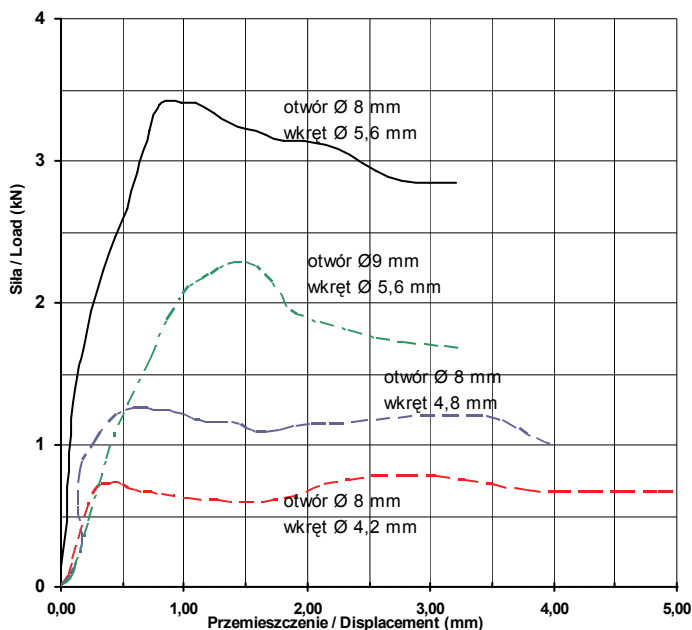
Rys. 6 Wpływ temperatury na nośność łączników tworzywowo-metalowych ϕ 12 mm

Wzrost temperatury podłoża do poziomu ok. $+80^{\circ}\text{C}$ powoduje obniżenie nośności połączenia wykonanego kołkami tworzywowo-metalowymi nawet o ok. 70%. Warto zaznaczyć, iż bardziej podatne na wpływ temperatury są łączniki wykonane z polipropylenu; poliamid okazał się materiałem bardziej odpornym na takie oddziaływania.

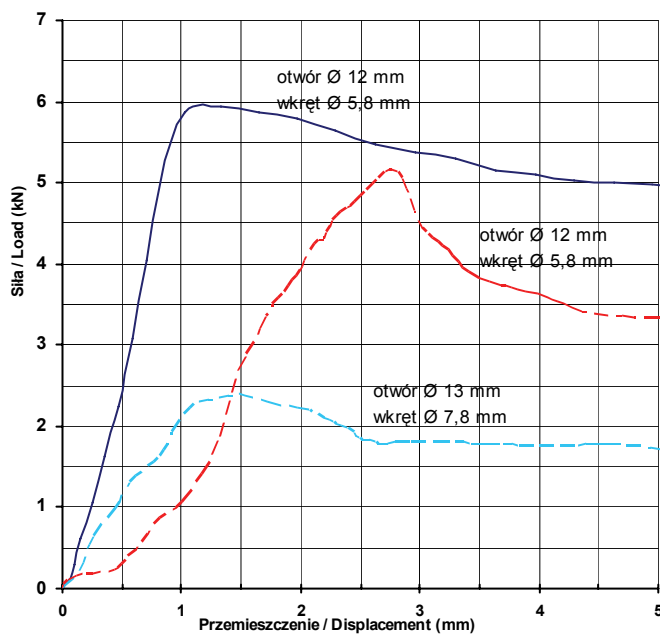
8.3. Wpływ średnicy i jakości otworu w podłożu

Prawidłowa średnica wykonanego (i odpowiednio przygotowanego) otworu w podłożu jest bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na nośność łączników tworzywowo-metalowych. Im mniejszy jest rozmiar łącznika, tym wpływ tych czynników będzie większy.

Na rys. 7 i 8 pokazano wpływ średnicy otworu w podłożu na nośność połączeń wykonanych przy użyciu tworzywowo-metalowych kołków rozporowych $\phi 8$ mm, mocowanych w podłożu betonowym klasy C 16/20. W badaniach tych przedstawiono również wpływ niewłaściwie dobranej średnicy wkrętów rozpierających tworzywową tuleję łączników na ocenianą nośność połączeń.



Rys. 7 Wpływ tolerancji wykonania otworu w podłożu i średnicy wkręta na nośność łączników $\phi 8$ mm



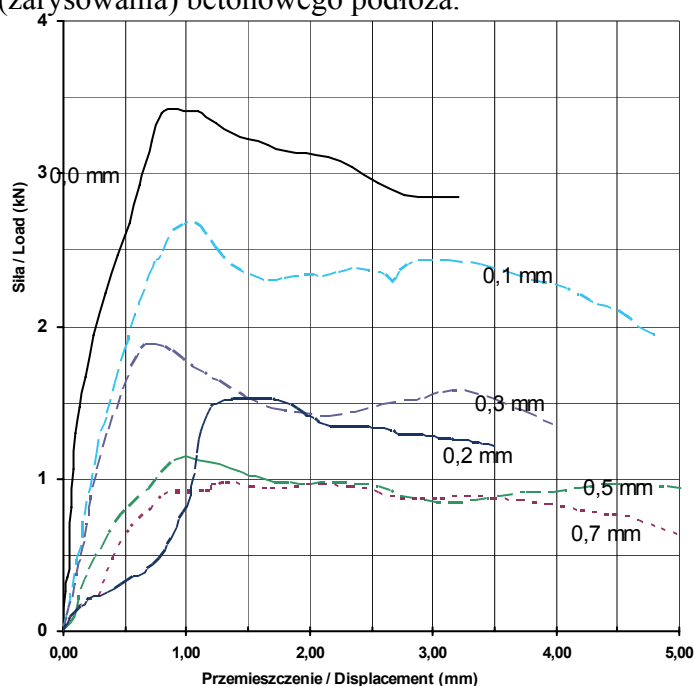
Rys. 8 Wpływ tolerancji wykonania otworu w podłożu i średnicy wkręta na nośność łączników $\phi 12$ mm

Również głębokość otworu w podłożu będzie wpływać na nośność wykonywanych połączeń. Pomijamy bezdyskusyjny obowiązek przestrzegania minimalnej głębokości osadzenia łączników w podłożu. W przypadku tworzywowo-metalowych kołków rozprężający wkręt musi mieć możliwość wysunięcia się poza końcową część tulei

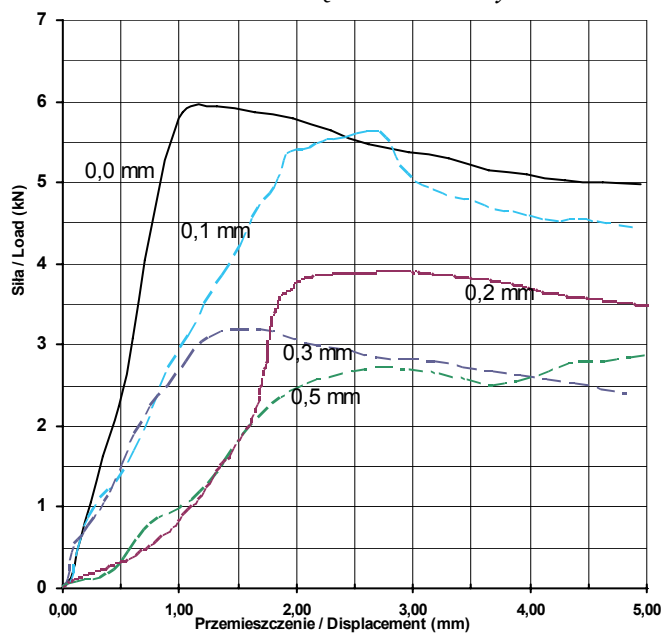
tworzywowej (min. o około $0,5 \div 1,0$ średnicy wkręta). W przeciwnym wypadku redukcji ulegnie siła docisku utrzymująca łącznik w podłożu. W skrajnym przypadku osadzany w tulejce łącznika zbyt długi wkręt będzie powodował „samoistne” wysuwanie się całego łącznika z otworu.

8.4. Stan podłoża

Na skutek zarysowania betonowego podłoża tarcie pomiędzy poboczną tworzywowej koszulki kołka rozporowego a betonem zmniejsza się. Zjawisko to jest związane ze wzrostem średnicy otworu w podłożu na skutek wystąpienia rys w betonie. Nośność takiego połączenia będzie ulegała redukcji. Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono w formie graficznej zachowanie się łączników tworzywowo-metalowych pod wpływem obciążeń rozciągających w zależności od stanu (zarysowania) betonowego podłoża.



Rys. 9 Wpływ zarysowania betonu na nośność łączników tworzywowo-metalowych $\phi 8$ mm



Rys. 10 Wpływ zarysowania betonu na nośność łączników tworzywowo-metalowych $\phi 12$ mm

9. Określenie nośności łączników tworzywowo-metalowych

Dla łączników tworzywowo-metalowych dążymy do tego, aby w przypadku nadmiernego poślizgu lub uszkodzenia jednego łącznika, obciążenie mogło być przenoszone na łączniki sąsiednie bez wyraźnego naruszenia wymagań dotyczących okresu użytkowania i stanów granicznych nośności. Dlatego projekt powinien określać zarówno liczbę punktów zamocowań n_1 jak i liczbę łączników przypadającą na punkt zamocowania n_2 .

Nośność łączników określa się na podstawie badań laboratoryjnych, w których uwzględnia się m.in. schemat obciążeń, rodzaj, wytrzymałość i stan podłoża (rysy), wpływ obciążeń długotrwałych i temperatury, tolerancji wykonanego otworu (jej średnicy) i jakości jego czyszczenia oraz dokładnie identyfikuje się parametry techniczne użytego do produkcji łączników materiałów (m.in. dla tworzywa sztucznego opracowuje się tzw. krzywą DSC) itp. Wpływ tych czynników na ostateczne określenie parametrów wytrzymałościowych łączników przedstawiono poniżej.

Nośność charakterystyczna dla łączników tworzywowo-metalowych określana jest w oparciu o następującą zależność:

$$N_{Rk} = N_{Rk,0} \cdot \min \alpha_1 \cdot \min \alpha_2 \quad (1)$$

gdzie:

- N_{Rk} - nośność charakterystyczna,
- $N_{Rk,0}$ - nośność charakterystyczna z badań na pojedynczych łącznikach mocowanych w betonie z rysami o rozwarości $W = 0,2$ mm,
- α_1 - współczynnik redukcji uwzględniający charakter krzywej z wykresu siła/przemieszczenie. Generalnie przyjmuje się wartość $\alpha = 1,0$, jeśli dla określonego testu w badaniach nie wystąpi poślizg do wartości siły równej $N_1 = 0,4 N_{Ru}$ (gdzie N_{Ru} jest maksymalną siłą w danym tekście). W przeciwnym wypadku określamy wartość tego współczynnika α_1 ze wzoru:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{req.\alpha} \quad (2)$$

gdzie:

- α - najniższy wskaźnik N_1/N_u w serii badań,
- N_1 – obciążenie, w którym występuje niekontrolowany poślizg,
- N_u – obciążenie niszczące w tym badaniu,
- $req \alpha = 0,4$
- α_2 - współczynnik redukcji wyznaczony w oparciu o testy przydatności, uwzględniający wpływ kondycjonowania, temperatury, średnicy wiertła, zarysowania podłoża, momentu instalacyjnego.

Największy wpływ na obniżenie nośności referencyjnej łączników tworzywowo-metalowych (a wielkości te są zamieszczone w Aprobatach Technicznych) mają zazwyczaj wyniki badań prowadzonych w warunkach podwyższonych temperatur, w badaniach, w których stosowano maksymalne średnice wiertel oraz w badaniach prowadzonych w podłożach z rysami.

Prześledźmy to na konkretnym przykładzie zaczerpniętym z badań prowadzonych w Oddziale Śląskim ITB. W badaniach tych stosowano ogólnie dostępne łączniki tworzywowo-metalowe z tulejką z poliamidu o średnicy $\phi 8$ mm i $\phi 12$ mm. Zamocowania wykonywane były w zarysowanym podłożu betonowym C20/25. Wyniki badań zestawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Nośności łączników tworzywowo-metalowych ϕ 8 mm w badaniach kontrolnych

L.p.	Warunki badania	Nośność średnia $N_{Ru,m}$; kN	Współczynnik redukcyjny α	Minimalne α
1	Kołek standard 8x40 mm z wkrętem nominalnym 5,6 mm	3,31		
2	Kołek standard w otworze bez czyszczenia	5,39	1,74	$\alpha_1 = 0,53$
3	Kołek standard otwór 13 mm $> d_{nom}$	2,16	0,74	
4	Kołek standard w temp 40°C	2,61	0,89	
5	Kołek standard w temp 80°C	2,31	0,53	
6	Kołek standard w temp -22°C	4,06	1,06	
7	Kołek standard w rysie 0,1 mm	2,74	0,54	
8	Kołek standard w rysie 0,3 mm	1,75	0,21	
9	Kołek standard w rysie 0,5 mm	1,08	0,23*	
10	Kołek standard w rysie 0,7 mm	0,57	0,04*	
11	Kołek standard z wkrętem 4,8 mm	1,25	0,17	
12	Kołek standard z wkrętem 4,2 mm	0,93	0,21	
13	Tuleja 1 (inny rodzaj tworzywa)	2,84		
14	Tuleja 2 (inny rodzaj tworzywa)	1,89		

* Badania poza wymaganiami EOTA

Tabela 3. Nośności łączników tworzywowo-metalowych ϕ 12 mm w badaniach kontrolnych

L.p.	Warunki badania	Nośność średnia $N_{Ru,m}$; kN	Współczynnik redukcyjny α	Minimalne α
1	Kołek standard 12x60 mm z wkrętem nominalnym 7,8 mm	5,54		
2	Kołek standard w otworze bez czyszczenia	5,27	1,17	$\alpha_1 = 0,53$
3	Kołek standard otwór 13 mm $> d_{nom}$	2,18	0,34	
4	Kołek standard w temp 40°C	2,61	0,89	
5	Kołek standard w temp 80°C	2,31	0,77	
6	Kołek standard w temp -22°C	4,06	0,55	
7	Kołek standard w rysie 0,1 mm	5,10	0,51	
8	Kołek standard w rysie 0,3 mm	3,04	0,61	
9	Kołek standard w rysie 0,5 mm	3,04	0,3*	
10	Kołek standard w rysie 0,7 mm	-	-	
11	Kołek standard z wkrętem 5,6 mm	4,71	0,7	

Analizując zapisy z tablic 2 i 3 zauważymy, iż średnie wielkości dla obciążeń niszczących mieszczą się w granicach $N_{Ru,m} = 3,31$ kN (dla łączników ϕ 8 x 40 mm) oraz $N_{Ru,m} = 5,54$ kN (dla łączników ϕ 12 x 60 mm). Odpowiednie wartości charakterystyczne dla obciążeń niszczących to 2,44 kN i 3,65 kN. Zapisane natomiast w Aprobatach Technicznych nośności charakterystyczne dla tych łączników, wyznaczone zgodnie z wymaganiami EOTA, wyniosą już tylko odpowiednio 0,3 kN i 1,0 kN.

10. Zasady projektowania połączeń łącznikami tworzywowo-metalowymi

Metoda projektowania połączeń zgodnie z wymaganiami EOTA [2] bazuje na stanach granicznych nośności i użytkowania. Łączniki mają przenosić obciążenia w taki sposób, aby nie doprowadzić do :

- zniszczenia całości lub części obiektu,
- znacznych odkształceń o niedopuszczalnej wielkości,
- uszkodzenia innych części obiektu, połączeń bądź zainstalowanego wyposażenia na skutek znacznej deformacji konstrukcji nośnej,
- powstania uszkodzenia konstrukcji na skutek zdarzenia w stopniu nieproporcjonalnym do pierwotnej przyczyny.

Sprawdzenie stanów granicznych polega na wykazaniu, iż siły wewnętrzne od obciążeń obliczeniowych S_d nie przekraczają obliczeniowej nośności połączenia na te siły R_d , a przemieszczenia łączników poddanych działaniu obciążeń rozciągających i ścinających nie przekraczają wartości podawanych w odnośnych Europejskich Aprobatach Technicznych (ETA).

$$S_d \leq R_d \quad (3)$$

gdzie:

S_d - jest siłą wewnętrzną wywołaną obciążeniami obliczeniowymi,

R_d - jest wartością obliczeniową odpowiedniej nośności wyznaczonej przy założeniu, iż wytrzymałość betonu w podłożu lub stalowa konstrukcja łącznika przeniosą wartości obliczeniowe.

Dla najprostszego przypadku obciążenia łączników (obciążenia stałe G_k i obciążenie zmienne Q_k działające w tym samym kierunku) można zapisać:

$$S_d \leq \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \quad (4)$$

gdzie:

G_k (Q_k) - charakterystyczna wielkość obciążeń stałych (zmiennych),

γ_G (γ_Q) - częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla obciążeń stałych (zmiennych)

Obliczeniową wielkość projektowanej wytrzymałości połączenia wyznaczamy ze wzoru:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (5)$$

gdzie:

R_k - oznacza wytrzymałość charakterystyczną pojedynczego łącznika lub grupy łączników,

γ_M - częściowy współczynnik bezpieczeństwa, którego wartości dla konkretnych rodzajów łączników i przewidywanych sposobów niszczenia połączeń podane są w odnośnych Aprobatach Technicznych

Wartość częściowego współczynnika bezpieczeństwa γ_M dla kołków tworzywowo-metalowych podawana jest w zależności od właściwości materiału łącznika, sposobu niszczenia połączenia oraz rodzaju podłoża. I tak:

a) w przypadku niszczenia polimerowego elementu rozporowego (rozprężającego)

$$\gamma_{Mpol} = 2,5$$

b) w przypadku niszczenia łącznika wykonanego z tworzywa sztucznego:

- stosowanego w betonie

$$\gamma_{Mc} = 1,8$$

- stosowanego w elementach murowych
 $\gamma_{Mm} = 2,5$
- stosowanego w autoklawizowanym betonie komórkowym
 $\gamma_{MAAC} = 2,0$

Wymagane sprawdzenia projektowanych połączeń w przypadku obciążeń rozciągających podaje tabela 3.

Tabela 3. Połączenia przenoszące obciążenia rozciągające

	Łącznik pojedynczy	Grupa łączników	
metal Zniszczenie elementu rozporowego	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
	$N_{Sd} \leq N_{Rk,pol} / \gamma_{Mpol}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,pol} / \gamma_{Mpol}$	
polimer Zniszczenie przez wyrwanie	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mc}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mc}$	
Wyrwanie stożka betonowego	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$

W przypadku niszczenia się połączenia na skutek wyrwania stożka betonowego, nośność połączenia określa następująca zależność:

$$N_{Rk,c} = 7.2 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \quad (6)$$

$$\text{dla } \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1.0; f_{ck,cube} [N/mm^2]; h_{ef} [mm]$$

gdzie:

$$h_{ef}^{1.5} = \frac{N_{Rk,p}}{7.2 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}}} \quad (7)$$

$N_{Rk,p}$ - podana w ETA; $N_{Rk,p}$ [N]

c - odległość od krawędzi zewnętrznego łącznika w grupie

$c_{cr,N}$ - odległość łącznika od krawędzi, zapewniająca przeniesienie charakterystycznej nośności; podana w ETA

Podobny tok obliczeń obowiązuje także dla połączeń ścinających oraz obciążonych mimośrodowo.

11. Kontrola wykonywanych zamocowań

W zasadzie nie przewiduje się wykonywania kontroli zamocowań na miejscu budowy po instalacji łączników w związku z faktem, że wszelkie wcześniejsze badania laboratoryjne przydatności uwzględniały już drobne nieprawidłowości jakie mogły wystąpić w czasie instalacji. Należy jednak pamiętać, iż w badaniach tych nie uwzględniono poważniejszych

błędów, których należało unikać poprzez właściwe szkolenie monterów oraz nadzór na miejscu budowy. Jednak w przypadku wystąpienia zastrzeżeń odnośnie jakości wykonywanych zamocowań bądź też wystąpienia znacznej różnicy w warunkach wykonania zamocowania, jedyną możliwością będzie ich skontrolowanie na miejscu budowy. Liczba i usytuowanie kołków, które powinny być poddane badaniom są zawsze indywidualnie dostosowane do zakresu i charakteru wykonywanego obiektu budowlanego. Są to badania polegające na próbnym obciążeniu łączników. Liczba poddanych ocenie łączników nie powinna być mniejsza niż trzy łączniki z każdego rozmiaru. Próbę uznaje się za pozytywną, jeśli pod obciążeniem odpowiadającym $1,3 \div 1,5$ krotności nośności obliczeniowej nie wystąpi widoczny poślizg łączników. Jeśli łączniki w tych połączeniach nie spełnią warunków kontrolnych, sprawdzenia muszą być rozszerzone na dalsze łączniki występujące w danym elemencie budowlanym.

Za wykonanie i ocenę badań, jak również wydanie odpowiedniego raportu z badań oraz określenie obciążeń charakterystycznych, odpowiedzialne powinny być uprawnione i odpowiednio wyposażone laboratoria, posiadające doświadczenie w tego rodzaju pracach.

12. Podsumowanie

Przy użyciu nowoczesnych łączników wykonywane są coraz bardziej odpowiedzialne i wszechstronne zamocowania. Dlatego też tak ważnym jest zapewnienie odpowiedniej jakości zarówno samych łączników, projektu zamocowania, instalacji, jak i warunków późniejszej ich eksploatacji. Musimy bowiem zdawać sobie sprawę z tego, jak poszczególne czynniki mają ogromny wpływ na jakość wykonywanych, a później i eksploatowanych połączeń.

W wielu krajach Unii Europejskiej powszechnie obowiązują wymagania, aby prace związane z wykonywaniem odpowiedzialnych zamocowań były prowadzone przez odpowiednio do tego przygotowanych monterów, pod nadzorem kierownika budowy lub jego przedstawiciela oraz inspektora nadzoru. Przebieg prac montażowych i opis warunków ich wykonania jest zawsze dokumentowany odpowiednimi zapisami, które są przechowywane w archiwum przez min. 5 lat.

Przekazany materiał przybliżył tematykę związaną z właściwym stosowaniem bardzo popularnych w praktyce łączników, zarówno przy projektowaniu, wznoszeniu, jak i modernizacji oraz remontach obiektów budowlanych.

Piśmiennictwo

- [1] Eligenhausen R., Hofacker I., Lettow S. – Fastening technique – current status and future trends – International Symposium on Connections between steel and Concrete. Stuttgart Sept. 10.12.2001r.
- [2] ETAG-020/2006 Wytyczne dla Europejskich Aprobatach Technicznych. Łączniki tworzywowe do montażowych zamocowań wielopunktowych w betonie i elementach murowych. Części od pierwszej do szóstej oraz załączniki A, B i C. EOTA – Bruksela 2006
- [3] Runkiewicz L., Konieczny K. – O badaniach połączeń i zamocowań kołkami tworzywowo-metalowymi w konstrukcjach budowlanych. Inżynieria i Budownictwo 10/2003
- [4] ZUAT-15/I.15/2008 – Rozporządzenie łączniki tworzywowo-metalowe do mocowania w podłożu pełnym. Zalecenia Udzielania Aprobatach Technicznych, ITB Warszawa 2008

PROPERTIES AND EVALUATION OF PLASTIC ANCHORS FASTENINGS

Summary

The article presents the characteristics of plastic anchors. There are presented the required scope of research based on Guidelines EOTA-ETAG 020.

Based on its examination in the Branch Office of ITB in Katowice discussed an impact of material and technological factors for properties (parameters) of fastening this type of anchors. It also contains sample values (results) of tests to assess the capacity of plastic anchors to the supplies of Technical Approval. Course also presents the calculations for this type of fastening.