

RESEARCH PROBLEMS THAT OCCUR DURING THE ANALYSIS OF THE WORK OF FRP-STRENGTHENED TIMBER BEAMS UNDER SUSTAINED LOADS

Abstract

This paper deals with the issues relating to the study of FRP-strengthened timber beams subjected to sustained loads. A special focus was given to the variation in deformability characteristics of these materials and to the resulting processes that occur in the work of the strengthened beams. Aims and objectives of these studies were also presented together with the issues resulting from the requirement to maintain appropriate test conditions. The paper is a theoretical analysis of the problem, conducted prior to the start of preliminary studies.

Keywords: timber, FRP (Fibre Reinforced Polymers/Plastics), sustained loads, timber beam strengthening, creep

1. Introduction

Timber is a unique material, which in many aspects outperforms other construction materials. It is the oldest building material used by man. Its high attractiveness is associated with its structure providing advantages unmatched by other materials. These include a very high strength-to-weight ratio, anisotropy, low heat conduction and easy handling. The limitations due to its biological origin include high hygroscopic property leading to shrinkage phenomena, swelling and cracking. Humidity variations cause changes in mechanical properties of the timber and its rheological properties contribute to creep even at room temperature. Nevertheless, timber is a renewable material and a number of materials can be used to strengthen it and improve the strength and stiffness of structures made of timber elements [1, 2].

In recent years there has been considerable research into the use of modern fibre reinforced composites, that is, plastics reinforced with various fibres. The most frequently used composites include:

- CFRP – Carbon Fibre Reinforced Plastic,
- GFRP – Glass Fibre Reinforced Plastic,
- AFRP – Aramid Fibre Reinforced Plastic [3, 4].

The growing interest in these composites results primarily from their good elastic and strength parameters and light weight. The elastic properties

of the FRP (Fibre Reinforced Polymer/Plastic) are comparable to those of steel but their strength is several times higher.

They have high fatigue strength, a very high tensile strength (both short- and long term tensile strength), a very high value of ultimate strains, resilience to corrosion, electromagnetic neutrality and they are easy to assemble [5]. Unlike steel, the composites do not have a plastic range of their response to loads – the state preceding the failure is not signalled, with rupture taking place rapidly upon exceeding the ultimate strain value. In addition, the composite with fibres are sensitive to temperature.

Timber elements are reinforced with FRPs in the form of strips or mats made with carbon, glass or aramid fibres adhered to the surfaces under the highest stress [6]. Other timber beam reinforcement methods include adhering the strips in-between individual lamellae of glulam timber or placing them in the grooves cut in the solid timber beams. Fibre plastic composites for timber strengthening are selected to account for securing worn out elements, increasing the load carrying capacity and limiting deflections as well as reinforcing the damaged parts of the beams. To ensure the desirable behaviour of the timber element, proper composites are chosen depending on the type of damage and its localization.

2. Problems encountered while analysing the work of FRP-strengthened timber beams under sustained loads

The investigations of the possible application of fibre plastic composites to strengthening timber structures started at late sixties and early seventies [7-12]. In Poland, the studies and testing were carried out in several research centres: Silesian, Szczecin, Wrocław, Poznań and Kielce universities of technology [13-16]. The result from the tests indicated a considerable increase in the load carrying capacity and stiffness of the CFRP-strengthened timber elements, with deflection values and stress levels significantly reduced. The laboratory tests [14] of the CFRP-strengthened timber beams under bending showed a 15-28% increase in load carrying capacity relative to the non-strengthened beams. The conclusions reported in [15] suggest that the strengthening of timber ceilings/floors with carbon fibre strips has a beneficial effect on the decrease in deflection. The result report 20% higher load carrying capacity when strips of lower modulus of elasticity were used and about 45% higher load carrying capacity when strips of higher modulus of elasticity ($E = 300$ GPa) were applied.

Testing and investigations have contributed to increased application of fibre plastic composites to timber reinforcement both at the production stage and for renovation and repairs. The literature reporting the behaviour of reinforced timber structures under sustained load or under different temperature and moisture conditions is scarce. The so far reported studies relate primarily to FRP-strengthened timber elements subjected to short-term loads. Therefore the benefits of investigating the behaviour of the strengthened timber elements under sustained loads should be analysed and the encountered problems should be taken into account.

The analysis of the reinforced timber beams subjected to sustained loads aims at developing the method for preventing the effects of creep deflection, considering how it affects the performance and aesthetics of the structure [7]. Observation of the changes in deflection during the tests is essential and should include determining the time after which the deflection stabilizes. Also the differences between the deformation characteristics of both materials should be paid attention to. The result of combining two different materials into one compatible composite depends on the similarity of their physical and mechanical parameters and comparability of their deformation characteristics. These characteristics include:

- creep coefficient φ ,
- Poisson's ratio ν ,
- modulus of elasticity E ,
- shear modulus G ,
- moisture related deformability α_w ,
- thermal expansion coefficient α_t .

Large differences in these parameters for the timber and fibre plastic composites may lead to undesirable distribution of internal forces in the resultant structure when under short-term load, and their redistribution when under sustained load. Additional stress associated with temperature-moisture related deformation can also occur. Another serious problem lies in the fact that the deformation parameters of timber and fibre composites as anisotropic materials are varied depending on the fibre direction. For example, the elasticity modulus of carbon or glass mats and strips are 6 to 25 times higher than those of timber along the fibres and 200 – 600 times higher in transverse direction. The creep ratios of timber and composites are comparable along the fibres and about 4 – 10 times different in value in transverse direction [6]. The analysis of creep in FRP-strengthened timber beams is the key element of sustainable load testing.

Creep is the time-dependent deflection of the material subjected to sustained load. For example, FRP rods show a considerable susceptibility to creep, and the intensity of this process increases with the level of long-term load, high temperatures, and UV radiation or humidity variations. Carbon fibres are most resistant to creep effect, with moderate resistance of aramid fibres and very low resistance of glass fibres. According to the result reported in [17], stresses in CFRP, AFRP and GFRP rods subjected to long-term loads (the tests results extrapolated for the period of 500 000 h), at the moment of failure were 93, 47 and 23% their short-term tensile strength, respectively [18].

Timber is a material with complex rheological properties. For that reason, the selection of the proper rheological model for describing the behaviour of the reinforced element under plastic deformation is a very important issue. The authors of [7] draw attention to possible occurrence of local redistribution of stresses in the cross-section, especially at the points where composite beams are joined. Stress relaxation and globally growing deformation levels are a major problem here. Also, under long-term loads applied to elements in bending, the stresses between the adherents will redistribute. The effect of the adhesive-bonded joint creep on the deformation of the composite beam

should be considered as well. Literature-reported functions of increasing strain over time (creep laws) for adhesive-bonded joints, which quantitatively define the size of the deformation, are based on the assumption of a uniform stress status, which in this case is an unacceptable simplification [19].

Testing time is another problem. The tests of the FRP-strengthened beams under sustained loads are time-consuming. To investigate the creep phenomenon, the temperature and moisture conditions have to be maintained at the same level, which is hardly possible. The investigations conducted by J. Jasięko indicate that a minor moisture effect manifested itself in irregular deflection rates [20]. The tests for the strengthened beams under sustained loads should be carried out concurrently for different reinforcement systems and FRP materials. Conducting tests one after another varying the reinforcement methods and using different FRP mats or strips makes the test results incomparable due to the differences in temperature and moisture conditions.

3. Conclusion

Reinforcing timber structures with FRP materials is undoubtedly an effective method for improving the strength and stiffness of the timber and decreasing rheological deflection rate. Acknowledging the strengthening possibilities offered by the composites, the focus should be put on the specificity of timber-composite interaction, especially under sustained loads, and on variable moisture conditions. Analysis of basic rheological processes is the key point in studying multi-material beam working under long-term loads. Positive results of laboratory tests, even when the same temperature and moisture conditions are maintained, have to be carefully verified before practical application of the FRP-strengthened timber, as the knowledge of their in-service behaviour is still insufficient.

References

- [1] Krzysik F.: *Nauka o drewnie (Wood Science)*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa, 1978.
- [2] Łapka M.: *Wpływ efektu skali na mechanikę zniszczenia drewna konstrukcyjnego*, Rozprawa doktorska (*The impact of scale on mechanics of construction wood damage*), Doctoral dissertation. Politechnika Opolska, 2013.
- [3] Jasięko J., Pietraszek P., Nowak T.: *Taśmy CFRP we wzmacnianiu elementów konstrukcyjnych drewna (CFRP tapes in the reinforcement of structural wood elements)*. VI Scientific Conf.: Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych, Międzyzdroje 2004, pp. 309-322.
- [4] Broł J.: *Wzmacnianie elementów drewnianych taśmami lub matami z włókien (The reinforcement of wood elements with fibre tapes or mats)*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Budownictwo, z.93, Gliwice 2001.
- [5] Derkowski W., Zych T.: *Nowoczesne materiały kompozytowe do wzmacniania konstrukcji budowlanych (Modern composites for building construction reinforcement)*. Czasopismo Techniczne, 14-B (2004), Kraków 2004, pp. 15-25.
- [6] Mielczarek Z., Orłowicz R.: *Uwagi do stosowania kompozytów włóknistych w konstrukcjach drewnianych (Remarks to the use of fibre composites in wood constructions)*. VI Scientific Conf.: Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych, Międzyzdroje 2004, pp. 333-344.
- [7] Jasięko J.: *Połączenia klejowe i inżynierskie w naprawie, konserwacji i wzmacnianiu zabytkowych konstrukcji drewnianych (Adhesive and engineer joints in reconstruction and preservation of wooden heritage structure)*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2003.
- [8] Lis Z., Rapp P.: *Badania belek drewnianych wzmocnionych taśmami w włókien węglowych (Tests on timber beams reinforced with carbon fibre tapes)*. Inżynieria i Budownictwo, R.58, 7 (2002), pp. 390-392.
- [9] Kulisz W.J., Nakaszidze B.W.: *Stan naprężeń klejonych belek drewnianych zbrojonych taśmami z włókien szklanych (State of stress of GFRP reinforced glued timber beams)*. Zeszyty naukowe „Stiekloplastobetonnyje konstrukcji”. ISiA, Mińsk 1972.
- [10] Luggin W.F., Bergmeister K.: *Vorspannung mit karbonfaserverstärkten kunststoffen in konstruktiven Holzbau*. Bautechnik, 8 (2001), pp. 556-570.
- [11] Mielczarek Z., Belczyński I.: *Zastosowanie laminatu poliestrowo-szklanego do wzmocnienia belek ze sklejk (Application of polyester-glass laminates to glulam beams strenghtening)*. Prace naukowe Politechniki Szczecińskiej, 27, 1974.
- [12] Mielczarek Z., Mickiewicz D.: *Wzmacnianie belek drewnianych nakładkami poliestrowymi zbrojonymi włóknem szklanym (Reinforcing timber beams using GFRP plater)*. Inżynieria i Budownictwo, 12, 1973.
- [13] Broł J.: *Analiza doświadczalno-teoretyczna wzmacniania konstrukcji drewnianych kompozytami polimerowo-węglowymi (Experimental – theoretical analysis: construction reinforcement with polymer-carbon composites)*. Doctoral dissertation, Gliwice 2005.
- [14] Broł J.: *Skuteczność wzmacniania belek drewnianych taśmami CFRP (Effectiveness of timber beams reinforcement with tapes)*. VII Scientific Conf.: Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych. Szczecin – Międzyzdroje, 12 – 13 maja 2006, pp. 91-98.
- [15] Broł J.: *Wzmacnianie stropów drewnianych taśmami z włókien węglowych (Wood ceiling reinforcement z włókien węglowych)* (*Wood ceiling reinforcement*

with carbon fibre tapes). VI Scientific Conf.: Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych. Szczecin –Międzyzdroje, 27 – 29 maja 2004, pp. 301-308.

- [16] Nowak T.: *Analiza pracy statycznej zginanych belek drewnianych wzmocnianych przy użyciu CFRP (The analysis of static work of CFRP reinforced timber beams in bending)*. Doctoral dissertation. Wrocław, 2007.
- [17] Yamaguchi T., Kato Y., Nishimura T., Uomoto T.: *Creep rupture of FRP rods made aramid, carbon and glass fibers*. Proceedings of the Third International Symposium on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for concrete structures (FRPFCS-3). Japan Concrete Institute, Tokyo, Vol. 2 (1997), pp. 179-186.
- [18] Szumigala M., Pawłowski D.: *Zastosowanie kompozytowych prętów zbrojeniowych w konstrukcjach*

budowlanych (Composite reinforcement rods for building structures). Przegląd Budowlany, 3 (2014), 3, pp. 47-50.

- [19] Godźmirski J.: *Wytrzymałość doraźna konstrukcyjnych połączeń klejowych (Temporary durability of structural adhesive joint)*. WNT, Warszawa 2002.
- [20] Jasieńko J.: *Połączenia klejowe w rehabilitacji i wzmocnianiu zginanych belek drewnianych (Adhesive joints in rehabilitation and reinforcement of wood beams in bending)*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [21] Kossakowski P.: *Influence of anisotropy on the energy release rate G_I for highly orthotropic materials*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 45, Issue 4 (2007), Warsaw 2007, pp. 739-752.

Ewa Stępień

Problemy badawcze występujące podczas analizy pracy belek drewnianych wzmocnionych materiałami kompozytowymi z tworzyw sztucznych zbrojonych różnego rodzaju włóknami w zakresie obciążeń długotrwałych

1. Wprowadzenie

Drewno pod wieloma względami przewyższa inne materiały konstrukcyjne. Jest to najstarszy materiał budowlany stosowany przez człowieka. Wysoka wartość drewna wiąże się z jego budową, z której wynikają zalety niespotykane w innych materiałach. Dzięki swojej budowie drewno ma dużą wytrzymałość przy niskim ciężarze właściwym. Drewno jest materiałem anizotropowym (ortotropowym). Odznacza się niskim przewodnictwem ciepła oraz jest łatwe w obróbkę. Niestety ze względu na biologiczne pochodzenie, drewno ma również wiele wad, między innymi wysoką higroskopijność, co powoduje rozwój zjawisk skurczu, pęcznienia i pęknięcia. Istotnym problemem jest zmiana właściwości mechanicznych, jakie zachodzą przy wahaniami wilgotności oraz wynikające z właściwości reologicznych pełzanie drewna, nawet w temperaturze pokojowej. Niemniej jednak drewno można produkować w sposób ciągły, a szereg materia-

łów występujących na rynku można zostać użytych do jego wzmocnienia i tym samym poprawienia wytrzymałości i sztywności konstrukcji wykonanych właśnie z elementów drewnianych [1, 2].

Jako materiał wzmocniający konstrukcje drewniane coraz częściej stosuje się nowoczesne materiały włóknokompozytowe. Najogólniej mówiąc są to tworzywa sztuczne zbrojone różnego rodzaju włóknami. Najczęściej stosowane kompozyty to:

- zbrojone włóknami węglowymi (CFRP – Carbon Fibre Reinforced Plastic),
- zbrojone włóknami szklanymi (GFRP – Glass Fibre Reinforced Plastic),
- zbrojone włóknami aramidowymi (AFRP – Aramid Fibre Reinforced Plastic) [3, 4].

Zainteresowanie kompozytami wynika przede wszystkim z ich dobrych parametrów sprężysto-wytrzymałościowych oraz niewielkiego ciężaru. Własności sprężyste kompozytów włóknistych FRP (Fibre Re-

inforced Polimers/Plastics) są porównywalne ze stałą, natomiast ich wytrzymałość jest kilkakrotnie wyższa.

Inne własności tych materiałów to: wysoka wytrzymałość zmęczeniowa, bardzo wysoka wytrzymałość na rozciąganie (zarówno doraźna jak i długotrwała), bardzo wysoka wartość odkształceń granicznych, odporność na korozję, obojętność elektromagnetyczna, łatwość montażu [5]. Zbrojenie elementu drewnianego kompozytami włóknistymi polega na przyklejeniu taśmy lub mat z włókien węglowych, szklanych czy aramidowych do najbardziej wyężonych powierzchni konstrukcji [6]. Innymi metodami zbrojenia belek drewnianych są np.: wklejanie taśm pomiędzy poszczególne lamele drewna klejonego warstwowo, czy też umieszczenie taśm w nacięciach belek z drewna litego. Wybierając kompozyty włókniste do wzmocnienia konstrukcji drewnianych ważne jest zarówno zabezpieczenie elementów wykazujących skutki zużycia, konieczność zwiększenia nośności i ograniczenia ugięć, a także wzmocnienie uszkodzonych części belek. W zależności od rodzaju uszkodzeń oraz miejsca ich wystąpienia można dobrać odpowiedni kompozyt włóknisty oraz sposób aplikacji, tak by zapewnić odpowiednią pracę elementu.

2. Problemy badawcze podczas analizy pracy drewnianych belek wzmocnionych FRP poddanych obciążeniom długotrwałym

Badania nad możliwością zastosowania kompozytów w konstrukcjach drewnianych rozpoczęto (w tym i w Polsce) na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych [7-12]. Badania elementów zginanych, rozciąganych i ściskanych wzmocnionych włóknami węglowymi zostały zrealizowane m.in. w Politechnikach: Śląskiej, Szczecińskiej, Wrocławskiej, Poznańskiej i Świętokrzyskiej [13-16]. Wyniki szeregu przeprowadzonych badań wykazały znaczny wzrost nośności i sztywności elementów drewnianych wzmocnionych taśmami CFRP, natomiast wartości ugięcia belek i naprężeń w drewnie zostały poważnie zredukowane. Wykonane badania laboratoryjne [17] zginanych belek drewnianych, wzmocnionych taśmami CFRP wykazały wzrost nośności o 15-28% w stosunku do belek niewzmocnionych. Wnioski przedstawione w pracy [15] pokazują, iż wzmocnienie stropów drewnianych taśmami z włókien węglowych wpływa przede wszystkim korzystnie na redukcję ugięć. Uzyskano wyniki na poziomie 20% zwiększonej nośności, z uwagi na osiągnięcie stanu granicznego ugięć (dla taśmy o niższym module sprężystości). Natomiast przy zastosowaniu taśmy

o wyższym module sprężystości ($E = 300$ GPa) uzyskany wzrost nośności to około 45%.

Dzięki przeprowadzonym badaniom i uzyskanym wynikom, coraz częściej stosuje się kompozyty włókniste do zbrojenia drewna zarówno już na etapie produkcji, jak i w renowacji i remontach. Stosunkowo niewiele jest badań dotyczących zachowania się zbrojonych konstrukcji drewnianych pod obciążeniem długotrwałym, czy też w różnych warunkach temperaturowo-wilgotnościowych. Analiza badania belek wzmocnionych poddanych długotrwałemu obciążeniu ma na celu m.in. opracowanie sposobu zapobiegania skutkom narastania ugięć w czasie, biorąc pod uwagę ich wpływ na użytkowanie i estetykę konstrukcji [7]. Istotna jest obserwacja zmian ugięcia belek w trakcie badań, a także sprawdzenie po jakim okresie następuje stabilizacja ugięć elementów. W badaniach belek drewnianych wzmocnionych materiałami FRP poddanych długotrwałemu obciążeniu, należy zwrócić uwagę na zróżnicowanie cech odkształcalności obu tych materiałów. Efekt zespolenia różnorodnych materiałów w jedną kompatybilną całość zależy od podobieństwa ich parametrów fizycznych i mechanicznych. Aby połączenie materiału kompozytowego z drewnem było kompatybilne ważne jest by ich cechy odkształcalności były porównywalne. Do cech tych zaliczamy współczynnik pełzania ϕ , współczynnik Poissona ν , moduł sprężystości E , moduł odkształcenia postaciowego G , odkształcalność wilgotnościową α_w , współczynnik rozszerzalności termicznej α_t .

Duże zróżnicowanie powyższych parametrów dla drewna i kompozytów włóknistych może prowadzić do niekorzystnego rozkładu sił wewnętrznych w zespolonej konstrukcji pod obciążeniem doraźnym i ich redystrybucji pod obciążeniem długotrwałym. Mogą pojawić się również dodatkowe naprężenia, związane z odkształceniami temperaturowo-wilgotnościowymi. Istotnym problemem jest także fakt, iż parametry odkształcalności drewna i kompozytów włóknistych jako materiałów anizotropowych są zmienne, zależnie od kierunku włókien. Dla przykładu: moduły sprężystości mat i taśm węglowych lub szklanych są większe od modułów sprężystości drewna wzdłuż włókien o 6 – 25 razy, natomiast w poprzek włókien o 200 – 600 razy. Biorąc pod uwagę współczynniki pełzania kompozytów i drewna to wzdłuż włókien są one porównywalne, natomiast w poprzek włókien różnią się o 4 – 10 razy [6]. Analiza pełzania elementów drewnianych wzmocnionych FRP to istotny punkt badań w obciążeniu długotrwałym.

Pełzanie jest zjawiskiem polegającym na wzroście odkształceń materiału wraz z upływem czasu, poddanego stałemu obciążeniu. Dla przykładu pręty FRP wykazują znaczną podatność na proces pełzania. Wraz ze wzrostem poziomu długotrwałego obciążenia oraz występujących takich warunków środowiska jak wysoka temperatura, promieniowanie UV, wahania wilgotności, wzrasta intensywność zjawiska pełzania dla materiałów FRP. Włókna węglowe są najbardziej odporne na wpływ pełzania, podczas gdy włókna aramidowe wykazują umiarkowaną, a włókna szklane wysoką podatność na pełzanie. Zgodnie z rezultatami badań [18] naprężenia w prętach CFRP, AFRP i GFRP poddanych długotrwałemu obciążeniu (wyniki badań ekstrapolowane dla okresu czasu 500 000 h), w chwili zniszczenia stanowiły odpowiednio 93, 47 i 23% ich krótkotrwałej wytrzymałości na rozciąganie [19].

Drewno jest materiałem o złożonych właściwościach reologicznych. Istotny w tym zakresie jest wybór odpowiedniego modelu reologicznego w celu opisanego zachowania się wzmocnionego elementu w warunkach odkształceń plastycznych. W pracy [7] zwrócono szczególną uwagę na możliwość występowania lokalnych redystrybucji naprężeń w przekroju, zwłaszcza w miejscach połączeń belek kompozytowych. Istotnym problemem jest tu również relaksacja naprężeń i narastające globalnie deformacje. Należy także zwrócić uwagę na fakt, iż przy długotrwałym obciążeniu elementów zginanych dojdzie do przegrupowania naprężeń pomiędzy użytymi adherentami. Należy zwrócić również uwagę na wpływ pełzania spoiny klejowej na deformacje wzmocnionej belki. Prezentowane w literaturze funkcje narastania odkształcenia w czasie (w postaci praw pełzania) dla połączeń klejowych, określające ilościowo wielkość odkształcenia opierają się na założeniu jednolitego stanu naprężenia, co w tym przypadku jest niedopuszczalnym uproszczeniem [20].

Kolejnym problemem jest czas prowadzenia badań. Badania belek zbrojonych FRP poddanych działaniu obciążenia długotrwałego są czasochłonne. By zbadać zjawisko pełzania należy prowadzić je z zachowaniem możliwie stałych warunków cieplno-wilgotnościowych. Tu pojawia się problem, ponieważ trudno takie warunki uzyskać w wymaganym do przeprowadzenia badań okresie czasu. Z badań przeprowadzonych przez Jasieńko J. wynika, że nieznaczny wpływ wilgotności uwidocznił się w nieregularności przyrostów ugięć [21]. Badając wzmocnione belki pod kątem obciążenia długotrwałego, należałoby prowadzić

badania jednocześnie dla różnego schematu zbrojenia czy też zastosowania różnych materiałów FRP. Jest to trudne do zrealizowania, a wykonując badanie jedno po drugim dla różnych metod wzmocniania i przy użyciu różnych mat czy taśm FRP, uzyskane wyniki mogą być nieporównywalne ze względu na różnice w warunkach cieplnych i wilgotnościowych.

3. Wnioski

Wzmocnienie konstrukcji drewnianych za pomocą materiałów FRP jest niewątpliwie skutecznym sposobem poprawienia wytrzymałości i sztywności, a także zmniejszeniem reologicznych przyrostów ugięć. Nie negując możliwości technicznych kompozytów do wzmocnienia konstrukcji budowlanych, należy skupić się na badaniach uwzględniających specyfikę współpracy drewna z kompozytem, szczególnie przy obciążeniach długotrwałych, a także zmiennych warunkach wilgotnościowych. Analiza podstawowych procesów reologicznych jest istotnym punktem pracy nt. wielomateriałowych belek pracujących pod obciążeniem długotrwałym. Uzyskując pozytywne efekty w warunkach laboratoryjnych, nawet przy możliwie stałym zachowaniu warunków cieplno-wilgotnościowych, trzeba jednak być bardzo wnikliwym podczas praktycznego zastosowania drewna wzmocnionego kompozytami włóknistymi z uwagi na mało poznane zachowanie w realnych warunkach eksploatacyjnych.