



DOI: 10.21005/pif.2019.37.B-03

STRUCTURAL FORM AS A MATERIAL FOR SHAPING AN ARCHITECTURAL WORK

FORMA STRUKTURALNA JAKO TWORZYWO DLA KSZTAŁTOWANIA DZIEŁA ARCHITEKTONICZNEGO

Maciej Piekarski

dr inż.

ORCID: 0000-0002-9788-1099

Politechnika Rzeszowska
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Zakład Projektowania Architektonicznego i Grafiki Inżynierskiej

ABSTRACT

The article disambiguates the content of the expression of *structural form* on the basis of meanings attributed to the words forming it and the context of the use in the literature in the field of aesthetics and architecture. Based on the analysis made, it was deduced that the set of features characterizing the *structural form* authorizes to treat it as a component able to influence the aesthetic value of an *architectural work*. On the examples of structural forms determined by the *reciprocity* of structural elements, the profits resulting from the adaptability of their geometries to search for the right architectural form are proved.

Key words: architectural form, architectural work, structural form.

STRESZCZENIE

Artykuł ujednoznacza treść wyrażenia *forma strukturalna* na podstawie znaczeń przypisywanych tworzącym je wyrazom oraz kontekstu stosowania w literaturze z zakresu estetyki oraz teorii architektury. W oparciu o dokonaną analizę uznano, że zbiór wyznaczników *formy strukturalnej* określa ją jako komponent wpływający na wartość estetyczną *dzieła architektonicznego*. Na przykładach form strukturalnych determinowanych *zwrotną zależnością* elementów konstrukcyjnych ujawniono korzyści wynikające z adaptowalności ich postaci geometrycznych dla poszukiwania optymalnych form architektonicznych.

Słowa kluczowe: forma architektoniczna, forma strukturalna, dzieło architektoniczne.

1. INTRODUCTION

The expression *structural form* has been present in architectural discourse for several decades. In the circle of interested researchers it is accompanied by well-established reputation, despite the fact that the semantic interpretation of the concept is not clear or unambiguous. The differences result from the ambiguity of the second part of the expression. In English, the word *structure* refers to both the part of the architectural object that is responsible for the load transfer, as well as the conglomerate of the elements forming together a larger wholeness. The consequence of the hegemony of English in the modern world is the transfer of the problem into national languages.

Regardless of the differences in the interpretation of the essence of the expression structural form, its broad application convinces that there is a set of features characterizing an architectural object that describe a certain property, related to form, but differing by an intuitively perceptible specificity. Their identification requires the analysis of the meanings of related concepts, such as form and structure, on the base of their definitions in the literature from the fields of aesthetics and theory of architecture, given explicitly or resulting from the context. Since the structural form refers to the properties of an architectural object, being the subject of aesthetic valuation, and has a positive connotation, the author tried to answer the question of what features of the structural form decide about it and to demonstrate the benefits of the design of architectural objects based on structural forms.

2. CONCEPTS OF FORM, STRUCTURE AND STRUCTURAL FORM

Vitruvius, claiming that an architectural object combines durability, usability and beauty [24], has established the view that the value of an architectural object results from the structure, function and form qualities. They are correlated because they organize the same space. The structure is a set of material components arranged in it. The function is performed in places not filled by the structure. The form is the outline of the spaces occupied by the structure and forming the place for the function of the architectural object.

Form understood as the outer shape of the building is called the *architectural form*. Andrew Charleson explains that this expression means the boundary form [5], in which he is consistent with Francis Ching, according to whom the architectural form is a collection of points in which "*the mass meets the space*" [6]. Ching points out that the concept of form has many meanings, including it also defines the way of arranging and coordinating elements, which refers to the external appearance of the object and its internal structure.

Władysław Tatarkiewicz revealed many meanings of the word *form*, considered in the context of aesthetics. The *form A*, defined as a system of parts and the *form C* understood as the outline of an object, deserve attention [22]. Tatarkiewicz analysed the meaning of the term *form A*, which for a long time oscillated between defining unordered systems and the ones characterized by harmony and regularity. For them, he introduced an auxiliary category of the *form A1*. He drew attention to form-related term *structure*, which "means non-random forms, formed 'from inside', thanks to internal forces". He concluded that in most dictionaries, the word *form* is explained in the meaning of *form C*, i.e. the shape of the object, but it is a new tendency, while from the historical perspective, the primacy belongs to the *form A*. He mentioned that each of the meanings can describe the layout and contour proper to any object, or only the one harmoniously built.

The view of the concept of form, close to the definition of the form A described by Tatarkiewicz, was expressed by Juliusz Żórawski, writing: "*Form is always somehow formed of parts*" [25]. He distinguished a *cohesive form*, in which the removal of an element

would affect the mutilation of the whole and a free form in which the inclusion, addition or shift of the component does not affect the perception of the whole. Consistency and freedom are the features of the internal tie of the form. Żórawski believed that free forms are just as valid in architecture as cohesive forms, but architects usually choose cohesive forms.

Żórawski isolated in the form: the *mother-form* and the *part-forms*, assigning to both of them responsibility for the whole. In his opinion, forming consists in combining, grouping and composing parts according to the discipline that constitutes the value of the mother-form. If a certain formal discipline has been chosen within a certain concept, a number of parts have been used for the solution of the spatial task. The introduction of a new element cannot be arbitrary. Maintaining the adopted formal assumptions and the construction concept allows the designer to set parts only in a strictly disciplined manner. On the basis of this reasoning, Żórawski redefined the concept of a *coherent form* as a form which "with its force of submission forces us to submit to it and submit to its formal discipline". He concluded that it is not more complicated than the *free form*, on the contrary, cohesive formation aims at simplicity, i.e. the highest level of unambiguity, so the shape most precise, unmistakable and not having different interpretations.

The coherence and freedom of the form do not have to oppose each other. The form can be coherent and free at the same time. Romuald Tarczewski called such a form a *stable form*. He based the considerations of the stability of forms on the assumption that the spatial configuration of objects can be considered on four levels of geometric representation: topological, projection, affine and metric [21]. Their order corresponds to the number of invariant properties needed to describe the objects. At the level of the topological representation, the number of elements and relationships of incidence and adhesion are considered. At the projection level, additionally the properties retained in the central projection. The affine level refers to the preservation of properties such as, for example, parallelism, and the metric level, to the metrical relations, i.e. distances and measures of angles. According to Tarczewski, a form can be considered stable if there is an open environment that contains only the equivalent objects at the lower level of representation.

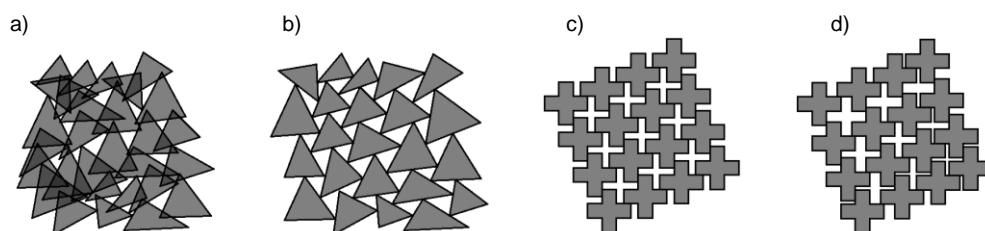


Fig. 1. Types of forms: a) free form, b) coherent form, c) structural form, d) stable form (Source: the author).

Ryc. 1. Rodzaje form: a) forma swobodna, b) forma spoiŝta, c) forma strukturalna, d) forma stabilna (Źródło: autor).

Juxtapositions of meanings of the concept of form, appropriate for the cohesive form or mother-form and the idea of a stable form, with dictionary definitions of the term structure, according to which it means internal formation, system and a set of relations between components, as well as a wholeness, which is made up of individual elements, makes us aware that the concepts of form and structure are almost synonymous. The term structural form is intended to differentiate a form that is at the same time a structure, but because of the subtlety that distinguishes the essence of the designatum, its definition is difficult. Figure 1 explains the concepts of a free form (Fig. 1a), a coherent form (Fig. 1b), a structural form (Fig. 1c) and a stable form (Fig. 1d) as schemes composed of flat figures. Their features can be considered also as proper in relation to spatial structures.

In the Polish literature, the notion of structural form has been present since the publication of Curt Siegiel's book "Structure and Form in Modern Architecture" [19]. It is rarely

used, and the authors do not always explain its meaning. Tarczewski used in the monograph "Topology of structural forms" a subtitle: "Natural and human-made prototypes of constructional forms in architecture", accepting the synonymity of the terms *structural form* and *constructional form*. The dual understanding of the term structural form has been confirmed in the words: "so far it has been understood as a transparent way of transferring loads and structural efficiency of elements, but also as a kind of symbiosis of architectural form and structural system".

The term structural form was also used by Wiesław Rokicki, who attributed it to the form integrated with the structure, or even to the structure shaping the form, and he indicated that the unification and standardization of the elements has an essential meaning for the structural form [19]. Rokicki and Anna Nowak stated that "the structural form is associated with a geometric model defining the shape of an architectural object" and they pointed to the synergy achieved during joint design of the form and the structure of the building [14].

Autonomously from the raised context, the structural adjective functions in the names of regular spatial trusses used as roof constructions and referred to as structural covers. According to Jan Bródka and Andrzej Czechowski, a structural cover is a regular bar structure, the smallest dimension of which differs by at least one order of magnitude from other dimensions [4]. In this light, the structurality consists in the regular arrangement of small elements in the space and their integration into a system with dimensions significantly larger than the dimensions of the component parts.

The views expressed in the field of the so-called *structural morphology*, the discipline on the borderline of architecture and structural design, may help in determining the essence of the adjective: *structural*. Ture Wester has drawn attention to its ambiguity, advocating the its use to define anything that is characterized by a specific order [23]. Rene Motro defined the structure as "the way according to which the components of the whole are arranged" [13]. The concept of the structural form was also used by Lorenz Lachauer and Toni Kotnik, without explaining its meaning, treating it as obvious [9].

According to the quoted views, the structural form is considered as a special kind of architectural form or as an arrangement of components constituting the structure of an architectural object. In both cases, the condition for acceptance of the form as a structural one is its discontinuous character and construction according to rules, which if rejected, deprives, in an intuitive sense, the form of the structurality. Aleksandra Prokopska, as the definition of the elementary component of the architectural form, without which the form does not constitute a whole, introduced the concept of *morpheme* [18]. It can be concluded that a form composed from morphemes is also a structural form.

The determination of the essence of the structural form, requires a view on the problem of shape correlation with the distribution of the internal forces from dominant loads. The subordination of the shape of the structural system to optimize the internal forces is perceived by some researchers as the main criterion for its acceptance as a structural form. Rowland Mainstone has drawn attention to this aspect by stating that the structural form expresses the external geometric configuration of the structural system and its intended role in the ability to transfer loads and resist deformation [10].

3. CONCEPT OF ARCHITECTURAL WORK

Piotr Biegański wrote that generally "what is really established in shape and serves a given purpose is considered as a work of architecture" [2]. According to the logic of the reasoning conducted, the structural form does not meet the mentioned conditions. It abstracts from the building function, and as a relation between the structural system and the architectural form, it does not require materialization for the assessment of quality. Its geometric form is not strictly defined, but only expressed by topological relations be-

tween the elements. Proving the thesis contained in the article's title requires determining the essence of qualifications as a work of architecture, as well as demonstrating that materiality and usefulness are not a necessity, and the geometrical form of the work of architecture does not have to be stable to express its identity. It must be proved that the quintessence of the architectural work bases on something else than imagined before.

There is consensus that the architectural work is not identical to an architectural object. Roman Ingarden wrote that the building does not constitute the work itself, but only its living basis, while the work of architecture is an independent creation embodied in the material basis of being. The justification was based on examples of the reconstructions of architectural objects, which were rebuilt from a new material after the destruction, but remained the same architectural works, considered as works of art [7]. Also, the phenomenon of spatial individuality is not, according to Ingarden, relevant to an architectural work, i.e. the multiplicity of buildings built according to one design does not multiply the number of architectural works, but only the number of performances.

Biegański was also the follower of the redefinition of the concept of architectural work, in which he distinguished three figures: concept, design and work realized and wrote that "it would be a great misunderstanding if only the final effect was considered an architectural work". He attributed a great role to this stage of the creative process, which generates the "imagination of the aesthetic expression" of the future work, believing that satisfying the user's aesthetic needs is as important as satisfying his material needs. According to him, "architecture is an appropriate selection of the proportions of shapes and the logic of their binding according to specific needs and rules" [2].

Małgorzata Mizia states that "the use of an 'architecture' term only for naming utility buildings has gone down in history, and the word 'architecture' refers to a very wide range of issues concerning both real and non-existent things". This view also exempts the obligation to attribute functions and materiality to the work of architecture. Mizia writes that "the virtual being of architecture is the most important for a man in its overall image as the art of erecting a building" [12]. Mizia calls buildings and structures the material architecture. In addition, she introduces the concepts of *architecture-art* and *art-architecture*. The first one refers to the material architecture with unique artistic values, the second to architectural creativity that includes projects that are not realized in material reality. The duality of the architectural object, being the complexity of the material and non-material substance, was noticed much earlier. Leon Battista Alberti wrote about the building as a body composed of shape and matter, attributing the origin of matter to nature, and of shape, to ingenuity of a man who only if he has the artist's skilful hand can give the matter the right shape [1]. So what is the work of architecture? What features determine its essence?

Ingarden considered the structural unity to be the main feature of the architectural work. A work cannot be an accidental patchwork of shapes. He wrote: "it must have an internal and qualitative oneness in its spatial shape and structural properties. If we have to deal with the work of architecture, the spatial shape embodied in it must be such that it imposes itself by the perception that the individual parts of the whole belong to each other, that they complement one another, above all shape-spatial, what's more that they demand each other. It is only where this <internal logic> is present, that qualitative unity of spatial shape and structural properties, that we can deal with an architectural work" [8].

Ingarden saw the rationality of solving static problems as one of the values of an architectural work. Because he used a specific language to describe technical issues, his views have been quoted directly: "The shapes that appear in architecture are concretizations of regular abstract geometric creations, selected so that their distribution in their occurrence in real heavy masses, as the spatial qualification of these masses, kept the laws of rigid body stiffness. (...) One should not suppose that the structure of the architectural work is pure geometry, applied only to heavy and rigid masses. In the architectural work

the selection of geometrical objects is limited by other considerations, on one hand, it is a consideration for the utility character of the building, on the other hand the regard to its 'artistry', that it is supposed to be a 'work of art'. The utility destiny of the building modifies the purely geometrical-static structure of the work, affects its adaptation to the requirements set by the layout of the interiors, but does not decide about it."

Recognizing the autonomy of the architectural work, Ingarden suggested the usefulness of the visualization of an architectural work without its materialization in a way that would ensure the same conditions of perceiving. Thus, he predicted the so-called virtual reality: "If in the real space it would be possible with the help of some technical means, but without the help of real physical bodies, to induce a special illusion of all those properties and components that build an architectural work, so that we would not know about this illusion, bodily disclosure of the architectural work would not play any role. These illusory technical means would have to be such as to enable the viewer to see an architectural work not only from outside, but also from within, otherwise the work would not be manifested in all its properties" [8].

An interesting outlook of Ingarden is the isolation in the architectural work: "optic views, through which the shape of the building is manifested and the three-dimensional shape of the building manifesting itself through optic views". In this way, the architectural work becomes cognate to the musical work, because it also takes place in time. If there is an infinite number of optic views in the architectural work, simultaneous perception of all of them is not possible. The spatial form of a work as well as its individual optic views can be subjected to an aesthetical evaluation. This view was questioned by Ingarden's student Janina Makota, who did not accept the concept of the optic views [11].

4. STRUCTURAL FORM AND ARCHITECTURAL WORK

The aim of the hitherto argumentation was to show that the structural form can be categorized as an architectural work, and this is not prevented by either the indeterminacy of the function or the lack of support in the material basis of being. The views quoted above show that for both concepts, it is converging to put in the foreground the geometric relations between the components and the whole structure, as well as the relationships between the spatial configuration of the structure and the form, understood as the external shape. In addition, the internal logic, qualitative coherence of the whole, and static rationality are also mentioned as the qualities of both the structural form and the architectonic work.

Indirectly, the argumentation shows that it is possible to recognize the structural form as a work of art, and so an object of an aesthetic valuation. According to Andrea Palladio, just the primacy of the relationship between the components and the whole, recognized as the distinguishing feature of the structural form, is the factor that determines the beauty of the architectural object [15]. Such a position is especially valid nowadays, when among the spatial arts, apart from architecture and sculpture, the *structural art* is located. Creator of the concept David Billington dates its beginning to the end of the eighteenth century, i.e. the time of expansion of new materials: iron and concrete, and then their modification: steel, reinforced concrete, prestressed concrete, etc., which influenced the change of spatial forms of erected buildings. In the same period, the professions of the architect and constructor were distanced, and more specifically, the profession of the constructor was isolated [3]. An assessment of the position of the structural form in the field of structural art is also valuable, especially since it is entitled by the similarity of both concepts to this.

A condition for the recognition of an architectural structure as a work of structural art is the realization of the ideals of efficiency, economy and elegance, which Billington attributes to Thomas Telford and dates to 1812. The realization of effectiveness consists in minimizing the mass of the structure, which reduces the cost of the material used, and

also makes it visually lighter. Saving manifests itself in the structural simplicity, and elegance is achieved through a distinct contrast with the natural environment [3]. In the work of structural art, the form should control the internal forces in the structure, and the function should not dominate the form but be subordinated to it. Structural art should be sought in such buildings, in which the structure inextricably unities with the architectural form. The last statement legitimates the structural form as a work of structural art the most.

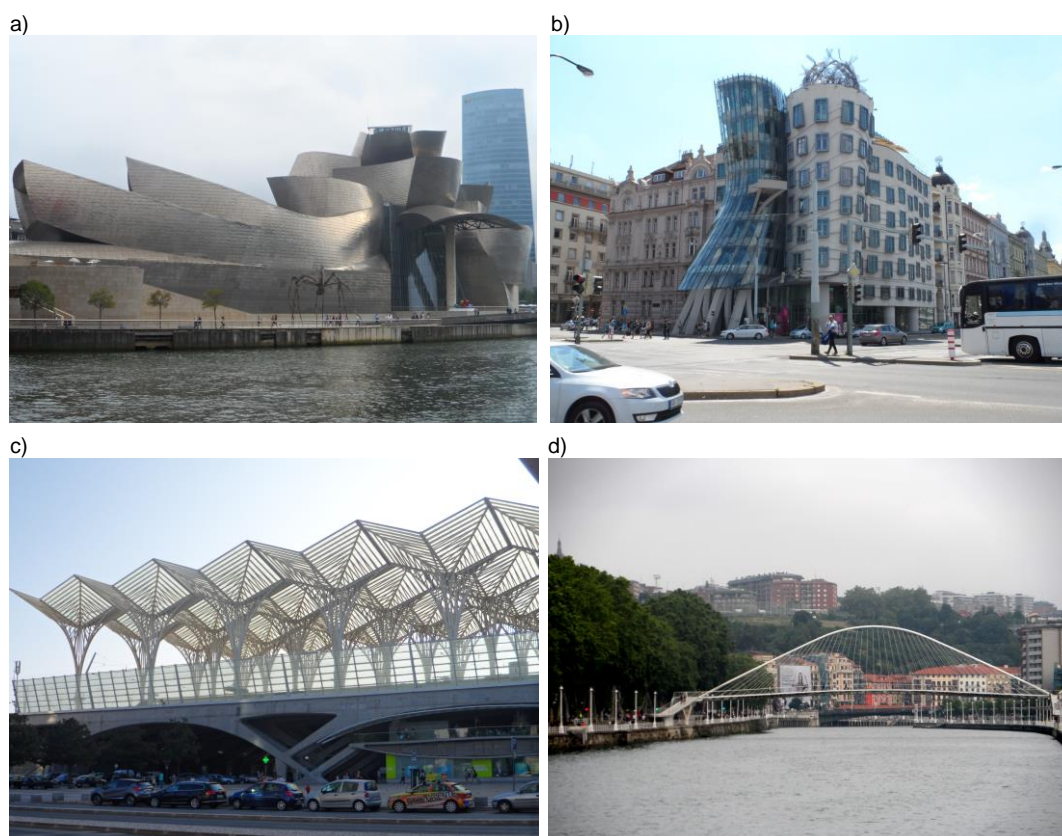


Fig. 2. Examples of objects with varying degrees of dependence between architectural form and structure: a) The Guggenheim Museum in Bilbao – designed by F. Gehry, b) The Dancing House in Prague – designed by F. Gehry, c) the roof over the platforms of the Oriente train station in Lisbon – designed by S. Calltrava, d) the footbridge over the Nervion River in Bilbao – designed by S. Calltrava (Source: the author)

Ryc. 2. Przykłady obiektów o różnym stopniu zależności pomiędzy formą architektoniczną a konstrukcją: a) Muzeum Guggenheima w Bilbao – projekt F. Gehry, b) Tańczący Dom w Pradze – projekt F. Gehry, c) dach nad peronami dworca kolejowego Oriente w Lizbonie – projekt S. Calltrava, d) kładka przez rzekę Nervion w Bilbao – projekt S. Calltrava (Źródło: autor)

The order of the relationship between the object's structure and its architectural form is explained in the examples presented in figure 2. This relationship, starting from the full expression of form (Fig. 2a), through expressing the structure as a component subordinated to the form (Fig. 2b) can reach the state balance as a structural form (Fig. 2c), which in certain cases emphatically exhausts all the hallmarks of the work of structural art (Fig. 2d), which have been formulated by Telford, and later by Billington.

5. STRUCTURAL FORM AS A FLEXIBLE MATERIAL FOR THE ARCHITECTURAL FORMS DESIGN

Fidelity to the assumption that the essence of the structural form results from the logic of joining structural elements, allows to recognize structural forms whose spatial structure

allows to change metric properties without losing the properties responsible for the qualitative coherence, as the ones particularly beneficial for a designer. These are structures corresponding to the concept of a stable form, which was explained earlier.

Connecting structural bars in such a way that the ends of one bar form a connection with the other bar, not at one of its ends, but at a point along the length of it is one of the ways of constructing stable structural form. The structure shaped in this way is characterised in that each of the structural elements supports at least one other element and is supported by at least one more other element. Each of the structural components is equally important for the structure consistency. A change of the location of any joint in the structural system built on the described principle, i.e. its movement along the length of the bar supporting the other bar attached in this joint, forces analogous changes in the whole structure due to the feedback relation of elements [17]. The result is a metrical reconfiguration of the system that does not violate topological relationships.

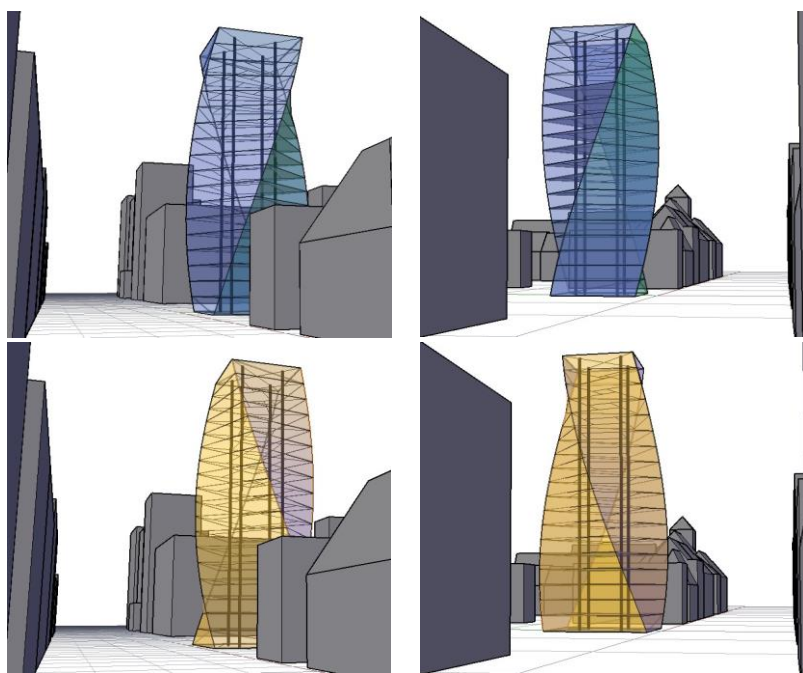


Fig. 3 An example of a structural form, the adaptability of which can be used to search for the architectural form of a building, which induces the slightest dissonance in the urban landscape (Source: the author)

Ryc. 3 Przykład formy strukturalnej, której adaptacyjność może być wykorzystana dla poszukiwania formy architektonicznej budynku, indukującej najmniejszy dysonans w krajobrazie miejskim (Źródło: autor)

The benefits that can be achieved as a result of using the reciprocity of structural elements in the structural forms are described in [16] and [17]. Figure 3 explains the benefits provided by the structural form of a multi-storey twisted building, which consists of vertical columns and reciprocal grillages, constituting the structures of individual floor slabs. The configuration of this form allows the freedom of rotation of individual grillages around the vertical axis of the building, as well as a slight modification of their dimensions, while maintaining the position of the columns unchanged. Because twisted buildings have a fundamentally different appearance from different sides, the adaptability can be used to look for an architectural form that induces the slightest dissonance in the urban landscape. Figure 4 shows structural forms made of beams and structural arches connected in a manner appropriate for reciprocal structures, which constitute structures of morphologically different roofs of the same width. In this case, each of the structures explicitly determines both the geometrical form of the structure of the architectural object, i.e. the set of elements involved in transferring the load to the subsoil, as well as the architectural form of the object. Reconfiguration of the arrangement of components, even without changing their typology, results in the simultaneous correction of both components, i.e. architectural form and structural system.

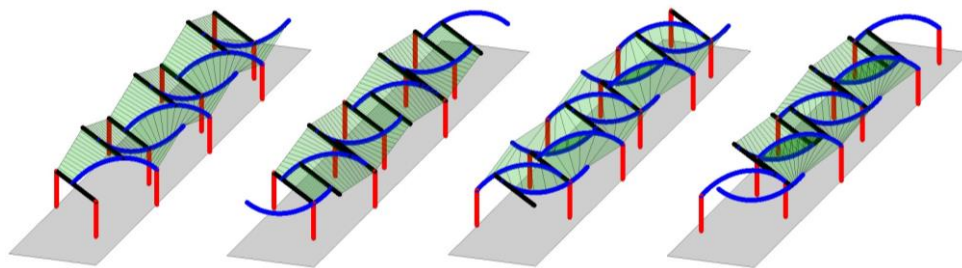


Fig. 4 The use of the same elements in morphologically different structural forms of roofs of equal width (Source: the author)

Ryc. 4 Zastosowanie tych samych elementów w formach strukturalnych morfologicznie różnych dachów o jednakowej szerokości (Źródło: autor)

The features identifying each of the structural forms presented in the above examples are not metric but topological relations between the elements. For this reason, they can be treated as a material for shaping architectural forms that will be able to meet, among others, aesthetic criteria. The presented ideas should be treated in a broader context, as an inspiration to look for other structural systems that could also be easily adaptable in order to search for a widely acceptable architectural form of the object.

6. CONCLUSION

The views presented by the recognized authorities in the field of aesthetics and architectural theory convince that the semantic content of the "structural form" expression has been for the long time the subject of considerations undertaken on the basis of both disciplines. The contemporary dissemination of the expression results from the development of technology, as a result of which the structures are more and more often revealed in the external appearance of buildings, is the reason why the subtle difference between the expressions: form and structure, gets blurred. The fusion of meanings does not take away the original connotation, so the structural form remains a concept in the field of aesthetics, and its specific feature is a certain adaptability of the spatial configuration.

FORMA STRUKTURALNA JAKO TWORZYWO DLA KSZTAŁTOWANIA DZIEŁA ARCHITEKTONICZNEGO

1. WPROWADZENIE

Wyrażenie forma strukturalna jest obecne w dyskursie architektonicznym od kilkudziesięciu lat. W kręgu zainteresowanych badaczy towarzyszy mu ugruntowana renoma, mimo tego, że interpretacja znaczeniowa pojęcia nie jest klarowna ani jednoznaczna. Różnice wynikają z dwuznaczności drugiego członu wyrażenia. W języku angielskim wyraz *structure* odnosi się zarówno do konstrukcji, rozumianej jako część obiektu architektonicznego, która jest odpowiedzialna za przenoszenie obciążeń, jak i struktury pojmowanej jako konglomerat części składowych. Konsekwencją hegemonii języka angielskiego we współczesnym świecie jest przeniesienie problemu na języki narodowe.

Bez względu na odmienności w interpretowaniu istoty wyrażenia forma strukturalna, jego szerokie stosowanie przekonuje o tym, że istnieje zbiór cech charakteryzujących obiekt architektoniczny, które opisują pewną jego właściwość, pokrewną w stosunku do formy,

lecz odznaczającą się intuicyjnie wyczuwalną specyfiką. W identyfikacji tych cech pomocna jest analiza znaczeń pojęć pokrewnych, takich jak forma i struktura, uwzględniająca ich definicje w literaturze z zakresu estetyki i teorii architektury podane wprost, lub wynikające z kontekstu. Ponieważ określenie forma strukturalna odnosi się do właściwości obiektu architektonicznego stanowiących przedmiot wartościowania estetycznego i ma pozytywną konotację, autor podjął próbę uzyskania odpowiedzi na pytanie jakie znamiona formy strukturalnej o tym decydują oraz wykazania korzyści możliwych do uzyskania w projektowaniu obiektów architektonicznych opartych na formach strukturalnych.

2. POJĘCIE FORMY, STRUKTURY I FORMY STRUKTURALNEJ

Witruwiusz, twierdzeniem, że obiekt architektoniczny łączy w sobie trwałość, użyteczność i piękno [24], utrwalił pogląd, że jego wartość wynika z jakości ukształtowania konstrukcji, funkcji i formy. Są one współzależne, ponieważ organizują tę samą przestrzeń. Konstrukcja jest zbiorem rozlokowanych w niej komponentów materialnych. Funkcja jest realizowana w miejscach niewypełnionych przez konstrukcję. Forma stanowi obrys przestrzeni zajętej przez konstrukcję oraz będącej areną dla funkcji obiektu architektonicznego.

Forma rozumiana jako zewnętrzny kształt budynku jest nazywana formą architektoniczną. Andrew Charleson wyjaśnia, że termin ten określa formę obwiedniową [5], w czym jest zgodny z Francisem Chingiem, wg którego forma architektoniczna to zbiór punktów, w których „masa spotyka się z przestrzenią” [6]. Ching zwraca uwagę na to, że pojęcie formy ma wiele znaczeń, m.in. dotyczy również sposobu ułożenia i koordynacji elementów, przez co odnosi się do wyglądu zewnętrznego obiektu jak i jego struktury wewnętrznej.

Władysław Tatarkiewicz ujawnił wiele znaczeń terminu forma, rozpatrywanych na gruncie estetyki. Na uwagę zasługują: forma A, określona jako układ części oraz forma C rozumiana jako kontur przedmiotu [22]. Tatarkiewicz przeanalizował znaczenia terminu forma A, oscylujące długo pomiędzy określeniami układów nieuporządkowanych oraz harmonijnych i regularnych. Dla tych ostatnich wprowadził pomocniczą kategorię formy A₁. Zwrócił uwagę na pokrewny do formy termin struktura, który „oznacza formy nieprzypadkowe, uformowane <od wewnątrz>, dzięki siłom wewnętrznym”. Skonstatował, że przeważnie wyraz forma jest wyjaśniany w znaczeniu formy C, tzn. konturu lub kształtu przedmiotu, ale że jest to tendencja nowa, podczas gdy w perspektywie historycznej prymat pierwszeństwa należy się formie A. Nadmieniał, że każde ze znaczeń może opisywać układ i kontur właściwe dowolnym przedmiotom, lub tylko harmonijnie zbudowanym.

Pogląd na pojęcie formy, bliski definicji formy A opisanej przez Tatarkiewicza, wyraził Juliusz Żórawski, pisząc: „Forma jest zawsze w jakiś sposób uformowana z części” [25]. Wyróżnił on formę spoistą, w której usunięcie jakiegoś elementu wpłynęłoby na okaleczenie całości oraz formę swobodną, w której ujęcie, dodanie lub przesunięcie elementu składowego nie wpływa na postrzeganie całości. Spoistość i swoboda są cechami spójni wewnętrznej formy. Żórawski uważał, że formy swobodne są równie słuszne w architekturze jak formy spoiste, lecz architekci wybierają na ogół formy spoiste.

Żórawski wyodrębnił w formie formę-matkę oraz formy-części, jednej i drugiej przypisując odpowiedzialność za całość. Formowanie polega, jego zdaniem, na łączeniu, grupowaniu i zestawianiu części według dyscypliny stanowiącej wartość formy-matki. Jeśli w ramach pewnej koncepcji została obrana jakaś dyscyplina formalna, to w zakresie przestrzennego rozwiązania zadania, zgrupowana została pewna liczba części. Wprowadzenie nowego elementu nie może być dowolne. Utrzymanie przyjętych założeń formalnych oraz koncepcji konstrukcyjnej, pozwala projektantowi na ustawienie części jedynie w sposób ściśle zdyscyplinowany. Na podstawie takiego rozumowania, Żórawski zdefiniował pojęcie formy spoistej, jako formy, która „swoją dobitnością zmusza do uległości względem niej i podporządkowania się jej dyscyplinie formalnej”. Uważał, że nie jest ona bardziej złożona od formy swobodnej, wręcz odwrotnie, spoiste uformowanie zmierza do prostoty, która

określa najwyższy szczebel jednoznaczności, czyli ukształtowanie najbardziej sprecyzowane, nienasuujące wątpliwości i niemające różnych interpretacji.

Spoistość i swoboda formy nie muszą się sobie przeciwstawiać. Forma może być spoista i swobodna zarazem. Taką formę Romuald Tarczewski nazwał formą stabilną. Rozważania na temat stabilności form oparł na założeniu, że konfiguracja przestrzenna obiektów może być rozpatrywana na czterech poziomach reprezentacji geometrycznej: topologicznym, projekcyjnym, afinicznym i metrycznym [21]. Ich kolejność odpowiada liczbie niezmienniczych właściwości, potrzebnych do opisu obiektów. Na poziomie topologicznym rozpatrywana jest liczba elementów oraz relacje incydencji i przylegania. Na poziomie projekcyjnym, dodatkowo właściwości zachowywane w przekształceniu przez rzut środkowy. Poziom afiniczny dotyczy zachowania takich właściwości jak np. równoległość. Na poziomie metrycznym, ponadto relacji miarowych, tzn. odległości i miar kątów. Według Tarczewskiego, formę można uznać za stabilną, jeżeli istnieje jej otwarte otoczenie, które zawiera na niższym poziomie reprezentacji tylko obiekty jej równoważne.

Zestawienie znaczeń pojęcia forma, właściwych dla koncepcji formy spoistej albo formy-matki oraz idei formy stabilnej, ze słownikowymi definicjami pojęcia struktura, według których oznacza ono budowę wewnętrzną, ustrój, rozmieszczenie części składowych i zespół relacji pomiędzy tymi częściami, a także całość zbudowaną z poszczególnych elementów, uświadamia, że pojęcia formy i struktury są prawie synonimiczne. Termin forma strukturalna ma na celu wyróżnienie formy będącej jednocześnie strukturą, chociaż określenie specyficznej istoty desygnatu jest trudne. Rycina 1 wyjaśnia pojęcia formy swobodnej (ryc. 1a), formy spoistej (ryc. 1b), formy strukturalnej (ryc. 1c) oraz formy stabilnej (ryc. 1d) w formie schematów złożonych z figur płaskich. Zawarte w nich idee mogą być rozpatrywane jako zasadne również w odniesieniu do struktur przestrzennych.

W polskiej literaturze przedmiotu pojęcie formy strukturalnej jest obecne od czasu ukazania się tłumaczenia książki Curta Siegla „Formy strukturalne w nowoczesnej architekturze” [20]. Bywa rzadko używane, a autorzy nie zawsze wyjaśniają jego znaczenie. Tarczewski zastosował w monografii „Topologia form strukturalnych” podtytuł: „Naturalne i tworzone przez człowieka prototypy form konstrukcyjnych w architekturze”, akceptując synonimiczność pojęć forma strukturalna oraz forma konstrukcyjna. Dwojakość rozumienia pojęcia forma strukturalna potwierdził w słowach: „dotychczas była rozumiana jako przejrzysty sposób przekazywania obciążeń i efektywność konstrukcyjna elementów, ale także jako swoista symbioza formy architektonicznej i systemu konstrukcyjnego”.

Termin forma strukturalna był stosowany również przez Wiesława Rokickiego, który chociaż nie wyjaśnił tego wprost, także przypisał go formie zintegrowanej z konstrukcją, a wręcz takiej konstrukcji, która kształtuje formę, sugerując zarazem, że istotna jest dla formy strukturalnej unifikacja i standaryzacja elementów [19]. Rokicki oraz Anna Nowak stwierdzili, że „forma strukturalna powiązana jest z modelem geometrycznym określającym kształt obiektu architektonicznego” oraz zwrócili uwagę na synergię osiąganą w procesie łącznego projektowania formy i konstrukcji budynku [14]. Formę strukturalną wiążą z kształtami swobodnymi i niepowtarzalnymi.

Autonomicznie od poruszonego kontekstu, przymiotnik strukturalny funkcjonuje w nazwie regularnych kratownic przestrzennych stosowanych jako konstrukcje dachów i określanych jako przekrycia strukturalne. Zdaniem Jana Bródki i Andrzeja Czechowskiego, przekrycie strukturalne jest regularnym ustrojem prętowym, którego najmniejszy wymiar różni się przynajmniej o jeden rząd wielkości od innych wymiarów [4]. W tym świetle, strukturalność polega na regularnym rozmieszczeniu w przestrzeni niewielkich elementów oraz ich integracji w ustrój o wymiarach znacząco większych od wymiarów części składowych.

Pomocą w ustaleniu kwintesencji znaczeniowej przymiotnika *strukturalny* mogą być poglądy wyrażane na gruncie tzw. *structural morphology*, dyscypliny z pogranicza architektury i projektowania konstrukcyjnego. Na jego wieloznaczność zwrócił uwagę Ture Wester, optując za używaniem go dla określenia „czegokolwiek co charakteryzuje się okre-

ślonym porządkiem” [23]. Rene Motro zdefiniował strukturę jako „sposób, zgodnie z którym są złożone składniki całości” [13]. Pojęcia formy strukturalnej użyli również Lorenz Lachauer i Toni Kotnik, nie wyjaśniając jego znaczenia, traktując je jako oczywiste [9].

Wg cytowanych poglądów, forma strukturalna jest uważana za szczególną postać formy architektonicznej albo za rozmieszczenie komponentów, stanowiących konstrukcję obiektu architektonicznego. W obu przypadkach, warunkiem kwalifikacji formy jako strukturalnej, jest jej nieciągły charakter oraz budowa według reguł, od których odejście, pozbawia formę w intuicyjnym odczuciu strukturalności. Aleksandra Prokopska, dla określenia elementarnego składnika formy architektonicznej, bez którego forma nie stanowi całości, wprowadziła pojęcie morfemu [18]. Można uznać, że forma złożona z morfemów jest również formą strukturalną.

Dla określenia istoty formy strukturalnej ważnym aspektem jest problem korelacji kształtu z rozkładem sił wewnętrznych od dominujących obciążeń. Podporządkowanie kształtu ustroju konstrukcyjnego optymalizacji sił wewnętrznych, jest przez część badaczy postrzegane jako zasadnicze kryterium, decydujące o jego uznaniu za formę strukturalną. Na ten aspekt zwrócił uwagę Rowland Mainstone, który stwierdza, że wyraża ona zewnętrzną konfigurację geometryczną ustroju konstrukcyjnego oraz jego zamierzoną rolę w zakresie zdolności do przenoszenia obciążeń i przeciwstawiania się deformacjom [10].

3. POJĘCIE DZIEŁA ARCHITEKTONICZNEGO

Piotr Biegański napisał, że powszechnie „za dzieło architektury uważa się to co powstało realnie w swoim kształcie przestrzennym i służy określonej celowi” [2]. Forma strukturalna, zgodnie z logiką tego wywodu, nie spełnia w/w warunków. Abstrahuje od funkcji obiektu, a jako relacja pomiędzy ustrojem konstrukcyjnym i formą architektoniczną nie wymaga materializacji dla oceny jakości. Ponadto, jej postać geometryczna nie jest zdefiniowana jednoznacznie, lecz wyraża się przez związki topologiczne zachodzące pomiędzy komponentami składowymi. Udowodnienie tezy zawartej w tytule artykułu wymaga określenia istoty kwalifikacji bytu jako dzieła architektury, a także wykazania, że dla tej kwalifikacji zbędna jest materialność i użyteczność oraz, że postać geometryczna dzieła architektury nie musi być trwała, aby wyrażała jego tożsamość. Należy dowieść, że kwintesencja dzieła architektury zasadza się na podstawie innej, niż wyobrażana.

Istnieje zgoda co do tego, że dzieło architektoniczne nie jest tożsame z obiektem architektonicznym. Roman Ingarden pisał, że budynek nie stanowi samego dzieła, lecz tylko jego podstawę bytową, zaś dzieło architektury „jest tworem samoistnym, ucieleśnionym w materialnej podstawie bytowej”. Uzasadnienie oparł na przykładach rekonstrukcji obiektów architektonicznych, które po zniszczeniu zostały odbudowane z nowego materiału, jednak pozostały tymi samymi dziełami architektonicznymi, rozpatrywanymi jako dzieła sztuki [7]. Również zjawisko przestrzennej indywidualności nie jest zdaniem Ingardena istotne dla dzieła architektonicznego, tzn. wielość budynków zbudowanych według jednego projektu nie zwielokrotnia liczby dzieł architektonicznych, lecz tylko liczbę wykonanych.

Rzecznikiem redefinicji pojęcia dzieła architektonicznego był również Biegański, który wyodrębnił trzy jego postacie: koncepcję, projekt i dzieło zrealizowane oraz pisał, że „byłoby wielkim nieporozumieniem, gdyby tylko końcowy efekt uważany był za dzieło architektoniczne”. Dużą rolę przypisywał temu etapowi procesu twórczego, na którym rodzi się „wyobrażenie wyrazu estetycznego” przyszłego dzieła uważając, że zaspokojenie potrzeb estetycznych użytkownika jest tak samo istotne jak zaspokojenie jego potrzeb materialnych. Architektura, to według niego „odpowiedni dobór proporcji kształtów i logika ich wiązania według określonych potrzeb i reguł” [2].

Małgorzata Mizia stwierdza, że „nazywanie architekturą wyłącznie budynków użytkowych przeszło do historii, zaś słowo ‘architektura’ odnosi się do bardzo szerokiej gamy zagadnień dotyczących w równym stopniu rzeczy realnych, jak ulotnych” [12]. Taki pogląd rów-

niez zwalnia on obowiązku przypisywania dziełu architektury funkcji jak i materialności. Mizia pisze, że „byt wirtualny architektury jest najistotniejszy dla człowieka w całościowym jej wizerunku jako sztuki wznoszenia budowli”. Budynki i budowle Mizia wyróżnia jako architekturę materialną. Ponadto, wprowadza pojęcia architektury-sztuki oraz sztuki-architektury. Pierwsze z nich odnosi do architektury materialnej o unikatowych walorach artystycznych, drugie do twórczości architektonicznej obejmującej projekty niezrealizowane w rzeczywistości materialnej. Dwoistość obiektu architektury, stanowiącego złożoność substancji materialnej i niematerialnej była dostrzegana również wcześniej. Leon Battista Alberti pisał o budynku, jako o ciele złożonym z kształtu i materii, przypisując pochodzenie materii naturze, a kształtu - pomysłowości człowieka, który tylko wówczas, jeżeli dysponuje wprawną ręką artysty, może tej materii nadać właściwy kształt [1]. Czym jest zatem dzieło architektury? Jakie specyficzne cechy decydują o jego istocie?

Ingarden za istotę dzieła architektury uważał jego jedność strukturalną. Dzieło nie może być przypadkowym zlepkiem kształtów. Pisał: „Musi ono w swym kształcie przestrzennym i we właściwościach konstrukcyjnych odznaczać się wewnętrzną i jakościową jednością. Ażebyśmy mieli z dziełem architektury do czynienia, kształt przestrzenny w nim ucieleśniony musi być taki, żeby narzucało się przy percepcji iż poszczególne części całości przynależą do siebie, że się nawzajem, przede wszystkim kształtowo-przestrzennie, uzupełniają, co więcej, że się nawzajem domagają. Dopiero tam, gdzie występuje ta ‘wewnętrzna logika’, owa jakościowa jedność kształtu przestrzennego i konstrukcyjnych właściwości, możemy mieć z dziełem architektonicznym do czynienia” [8].

Ingarden dostrzegł racjonalność rozwiązania problemów statycznych, jako jedną z wartości dzieła architektury. Ponieważ używał specyficznego języka do opisu zagadnień technicznych, jego poglądy zostały zacytowane wprost: „Kształty, które pojawiają się w architekturze są konkretyzacjami regularnych abstrakcyjnych tworów geometrycznych, tak dobranych, żeby ich rozmieszczenie przy ich występowaniu w realnych ciężkich masach, jako przestrzenna kwalifikacja tych mas, zachowywało prawa statyki ciężkich ciał sztywnych. (...) Nie należy przypuszczać, że ustrój kształtu dzieła architektury jest czystą geometrią, zastosowaną jedynie do mas ciężkich i sztywnych. Dobór tworów geometrycznych jest bowiem w dziele architektury ograniczony jeszcze innymi względami, z jednej strony, jest to wzgląd na przeznaczenie użytkowe budynku, z drugiej wzgląd na jego ‘artystyczność’, na to, że ma być ‘dziełem sztuki’. Przeznaczenie użytkowe budynku modyfikuje czysto geometryczno-statyczną konstrukcję dzieła, wpływa na dostosowanie jej do wymogów wyznaczonych przez rozmieszczenie wnętrza, ale nie rozstrzyga o niej”.

Uznając autonomię dzieła architektonicznego, Ingarden zasugerował użyteczność wizualizacji dzieła architektonicznego bez jego materializacji, w sposób zapewniający takie same warunki percypowania. Tym samym, przewidział tzw. rzeczywistość wirtualną: „Gdyby w realnej przestrzeni udało się przy pomocy jakichś środków technicznych, ale bez pomocy realnych brył fizycznych wywołać jakąś szczególną iluzję, taką iżbyśmy o tej iluzji nie wiedzieli, wszystkich tych własności i składników, które budują dzieło architektoniczne, to dla jego konkretnego, cielesnego ujawnienia się nie odgrywałoby to żadnej roli. Owe iluzyjne środki techniczne musiałyby być takie, iżby umożliwiały widzowi oglądanie dzieła architektonicznego nie tylko z zewnątrz, ale także od wewnątrz, inaczej bowiem dane dzieło nie przejawiałoby się we wszystkich swoich właściwościach” [8].

Interesującym poglądem Ingardena jest wyodrębnienie w dziele architektonicznym: „wyglądów wzrokowych, poprzez które przejawia się spostrzeżeniowo kształt budynku oraz trójwymiarowego kształtu budynku, przejawiającego się przez wyglądy” [8]. W ten sposób dzieło architektoniczne staje się pokrewne do dzieła muzyki, ponieważ rozgrywa się w czasie. Jeżeli w dziele architektury istnieje nieskończenie wiele wyglądów, jednoczesne percypowanie wszystkich nie jest możliwe. Wartościować estetycznie można przestrzenną postać dzieła oraz jego poszczególne wyglądy. Pogląd ten został zakwestionowany przez Janinę Makotę, która zanegowała warstwę wyglądów [11].

4. FORMA STRUKTURALNA A DZIEŁO ARCHITEKTONICZNE

Celem dotychczasowej argumentacji było wykazanie, że forma strukturalna może być kategoryzowana jako dzieło architektoniczne i nie stoi temu na przeszkodzie ani nieokreśloność funkcji, ani brak oparcia w materialnej podstawie bytowej. Przytoczone poglądy wykazują, że dla obu pojęć zbieżne jest wysunięcie na pierwszy plan relacji geometrycznych pomiędzy komponentami a całością struktury oraz związków pomiędzy konfiguracją przestrzenną konstrukcji a formą, rozumianą jako kształt zewnętrzny. Ponadto, również wewnętrzna logika, jakościowa spójność całości oraz statyczna racjonalność wymieniane są jako przymioty zarówno formy strukturalnej jak i dzieła architektonicznego.

Pośrednio, powyższa argumentacja wykazuje, że możliwe jest uznanie formy strukturalnej jako dzieła sztuki, a więc obiektu podlegającemu wartościowaniu estetycznemu. Prymat relacji pomiędzy komponentami a całością, uznany za wyróżnik formy strukturalnej, jest czynnikiem, który według Andrea Palladio decyduje o pięknie obiektu architektonicznego [15]. Takie stanowisko jest uprawnione zwłaszcza współcześnie, kiedy wśród sztuk przestrzennych, oprócz architektury i rzeźby, wyróżnia się tzw. sztukę strukturalną. Twórca pojęcia David Billington datuje jej początek na koniec XVIII wieku, tj. czas ekspansji nowych materiałów: żelaza i betonu, a następnie ich modyfikacji: stali, żelbetu, betonu sprężonego itp., które wpłynęły na zmianę form przestrzennych wznoszonych budowli. W tym samym okresie oddaliły się profesje architekta i konstruktora, a ściślej, wyodrębniony został zawód konstruktora [3]. Ocena pozycji formy strukturalnej na polu sztuki strukturalnej jest istotna, zwłaszcza, że uprawnia do niej podobieństwo obu pojęć.

Warunkiem uznania pewnej struktury architektonicznej za dzieło sztuki strukturalnej jest urzeczywistnienie przez nią ideałów efektywności, oszczędności i elegancji, których sformułowanie Billington przypisuje Thomasowi Telfordowi i datuje na rok 1812. Urzeczywistnienie efektywności polega na minimalizacji masy konstrukcji, co obniża koszt zużytego materiału, a ponadto czyni ją wizualnie lżejszą. Oszczędność przejawia się w strukturalnej prostocie, a elegancja jest uzyskiwana poprzez wyrazisty kontrast ze środowiskiem naturalnym [3]. W dziele sztuki strukturalnej forma powinna kontrolować siły wewnętrzne w konstrukcji, zaś funkcja nie powinna dominować nad formą lecz być jej podporządkowana. Sztuki strukturalnej należy poszukiwać w takich budowlach, w których konstrukcja nierozzerwalnie jednoczy się z formą obiektu. Ostatnie stwierdzenie stanowi najważniejszą legitymację do rozpatrywania formy strukturalnej jako dzieła sztuki strukturalnej.

Uszeregowanie relacji pomiędzy konstrukcją obiektu a jego formą architektoniczną zostało wyjaśnione na przykładach przedstawionych na rycinie 2. Relacja ta, począwszy od pełnej ekspresji formy (ryc. 2a), poprzez ekspresję konstrukcji, jako komponentu podporządkowanego formie (ryc. 2b) może osiągać stan równowagi w postaci formy strukturalnej (ryc. 2c), która w pewnych przypadkach dobitnie wyczerpuje wszystkie znamiona dzieła sztuki strukturalnej (ryc. 2d) sformułowane przez Telforda, a za nim przez Billingtona.

5. FORMA STRUKTURALNA JAKO ELASTYCZNE TWORZYWO DO PROJEKTOWANIA FORM ARCHITEKTONICZNYCH

Wierność założeniu, że istota formy strukturalnej wynika z logiki łączenia elementów konstrukcyjnych, pozwala uznać formy strukturalne, których struktura przestrzenna umożliwia zmianę właściwości metrycznych bez utraty właściwości odpowiedzialnych za jakościową spójność, jako szczególnie korzystne dla projektanta. Są to struktury odpowiadające koncepcyjnie formie stabilnej, której pojęcie zostało przytoczone wcześniej.

Jednym ze sposobów konstruowania stabilnych form strukturalnych jest łączenie prętów konstrukcyjnych w ten sposób, aby końce jednego pręta tworzyły połączenie z drugim prętem, nie w jednym z jego końców, ale w punkcie położonym wzdłuż długości. W tak ukształtowanej konstrukcji każdy z elementów konstrukcyjnych podpira przynajmniej

jeden inny element i sam przez przynajmniej jeden jeszcze inny element jest podpierany. Każdy z komponentów struktury jest dla jej spójności jednakowo ważny. W ustroju konstrukcyjnym, zbudowanym w oparciu o opisaną zasadę (ang. *reciprocal structure*), ze względu na tzw. zwrotną zależność elementów [16], zmiana miejsca geometrycznego któregośkolwiek węzła, polegająca na przesunięciu go wzdłuż długości pręta stanowiącego podparcie dla innego pręta dołączonego w tym węźle, wymusza analogiczne zmiany w całej strukturze. Skutkiem jest metryczna rekonfiguracja ustroju nienaruszająca związków topologicznych.

Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wykorzystania w formach strukturalnych zwrotnej zależności elementów, zostały opisane w pracach [16] i [17]. Rycina 3 wyjaśnia korzyści jakich dostarcza forma strukturalna budynku wielokondygnacyjnego o formie skręconej, złożona z pionowych słupów oraz rusztów z belek zwrotnie zależnych, tworzących konstrukcje stropów poszczególnych kondygnacji. Konfiguracja tej formy zezwala na swobodę obrotu poszczególnych rusztów wokół pionowej osi budynku oraz nieznaczne modyfikowanie ich wymiarów przy zachowaniu niezmiennego położenia słupów. Ponieważ budynki skręcone charakteryzują się odmiennymi wyglądami z różnych stron, zdolność do adaptacji może być wykorzystana dla poszukiwania formy architektonicznej, indukującej najmniejszy dysonans w krajobrazie miejskim. Rycina 4 przedstawia formy strukturalne zbudowane z belek i łuków konstrukcyjnych połączonych w sposób właściwy dla struktur z elementów zwrotnie zależnych, stanowiące konstrukcje morfologicznie różnych dachów o takiej samej szerokości. W tym przypadku każda ze struktur ustala wprost zarówno postać geometryczną konstrukcji obiektu architektonicznego, tj. zespołu elementów uczestniczących w przekazywaniu obciążeń na podłoże gruntowe, jak i jego formę. Rekonfiguracja rozmieszczenia komponentów, nawet bez zmiany ich typologii, skutkuje jednoczesną korektą obu składowych, tj. formy architektonicznej i konstrukcji.

Cechami identyfikującymi każdą z form strukturalnych przedstawionych w powyższych przykładach nie są relacje metryczne lecz związki topologiczne pomiędzy elementami. Z tego powodu mogą być one traktowane jako tworzywo form architektonicznych, które będą w stanie sprostać m.in. kryteriom estetycznym. Przedstawione pomysły należy traktować w szerszym kontekście, jako inspirację do poszukiwania innych systemów konstrukcyjnych, które dawałyby się również łatwo modyfikować w celu poszukiwania szeroko akceptowalnej formy architektonicznej obiektu.

6. PODSUMOWANIE

Przedstawione poglądy uznanych autorytetów z zakresu estetyki oraz teorii architektury przekonują, że treść znaczeniowa wyrażenia forma strukturalna była od dawna przedmiotem rozważań podejmowanych na gruncie obu tych dyscyplin. Współczesne upowszechnienie się wyrażenia wynika z rozwoju technologii, w wyniku którego coraz częściej konstrukcja budynków lub budowli zostaje uzewnętrzniona, przez co subtelna różnica pomiędzy treściami pojęć forma i struktura traktowanych odrębnie, ulega zatarciu. Kumulacja znaczeń nie odbiera pierwotnej konotacji, a więc forma strukturalna pozostaje pojęciem z zakresu estetyki, zaś jej rysem jest pewna adaptowalność postaci geometrycznej.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Alberti L. B., *Książ dziesięć o sztuce budowania* (przeł. I. Biegańska), Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1960.
- [2] Biegański P., *Architektura. Sztuka kształtowania przestrzeni*, Wydawnictwa Artystyczne i Filmowe, Warszawa 1974
- [3] Billington D., *The Tower and The Bridge. The New Art of Structural Engineering*, Basic Books Inc. Publishers, New York 1983.
- [4] Bródka J. (red.), *Przekrycia strukturalne*, Arkady, Warszawa 1985.

- [5] Charleson A., *Structure as Architecture*, Architectural Press, Oxford 2005.
- [6] Ching F., *Architecture: Form, Space & Order*, John Wiley & Sons, Hoboken 2007.
- [7] Ingarden R., *Studia z estetyki T.2.*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1958.
- [8] Ingarden R., *Wybór pism estetycznych* (opr. A. Tyszczyk), Universitas, Kraków 2005.
- [9] Lachauer L., Kotnik T., *Geometry of Structural Form*, [in:] *Advances in Architectural Geometry* (red. C. Ceccato, L. Hesselgren, M. Pauly, H. Pottmann, J. Wallner), Springer-Verlag., Wiedeń 2010, pp. 193-203.
- [10] Mainstone R. J., *Developments in Structural Form*, Allan Lane/Penguin Books, Harmondsworth 1983..
- [11] Makota J., *O klasyfikacji sztuk pięknych*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1964.
- [12] Mizia M., *Architektura w przestrzeni sztuk*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013..
- [13] Motro R., *An Approach to Structural Morphology*, [in:] *An Anthology of Structural Morphology* (red. R. Motro), World Scientific, Singapur 2009, pp. 15-32.
- [14] Nowak A., Rokicki W., *Formy strukturalne a elewacja w architekturze*. *Builder* 2/2016, pp. 17-19.
- [15] Palladio A., *Cztery księgi o architekturze* (przeł. M. Rzepińska), Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1955.
- [16] Piekarski M., Filipowski S.: *Flexible Shaping Architectural Forms Using Reciprocal Structures*. *Procedia Engineering* 161 (2016) s. 1452 – 1457
- [17] Piekarski M., *Formy strukturalne z komponentów zwrotnie zależnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2019.
- [18] Prokopska A., *Metodologia projektowania architektonicznego. Fazy wstępne procesu architektonicznego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2015.
- [19] Rokicki W., *Konstrukcja w aeurytmicznej architekturze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [20] Siegel C., *Formy strukturalne w nowoczesnej architekturze* (przeł. E. Piliszek), Arkady, Warszawa 1964.
- [21] Tarczewski R., *Topologia form strukturalnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.
- [22] Tatariewicz W., *Dzieje sześciu pojęć*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1976.
- [23] Wester T., *Structural Morphology. A New Challenge in Engineering and Architecture*, [in:] *Current and Emerging Technologies of Shell and Spatial Structures*. *Proceedings of the IASS Colloquium held 28-30 April 1997 in Madrid*, International Association for Shell and Spatial Structures, Madryt 1997, pp. 149-160.
- [24] Witruwiusz, *O architekturze ksiąg dziesięć* (przeł. K. Kumaniecki), Prószyński i S-ka, Warszawa 1999.
- [25] Żórawski J., *O budowie formy architektonicznej*, Arkady, Warszawa 1973.

O AUTORZE

Autor jest adiunktem w Zakładzie Projektowania Architektonicznego i Grafiki Inżynierskiej na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Jego aktualne zainteresowania naukowe koncentrują się wokół zagadnień morfologii konstrukcji budowlanych, w tym zwłaszcza kształtowania struktur z komponentów zwrotnie zależnych, a także tematyki przestrzeni publicznej, jako nośnika tożsamości miejskiej.

AUTHOR'S NOTE

The author is an assistant professor in the Department of Architectural Design and Engineering Graphics on the Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture of Rzeszow University of Technology. His current research interests are focused on issues of structural morphology, particularly shaping of reciprocal structures, as well as the topics of the public space as a medium of urban identity.

Kontakt | Contact: mgpiekar@prz.edu.pl.