

## HYPERBOLIC PARABOLOID (HP) PANTOGRAPHIC STRUCTURE WITH LINER SCISSORS

Arash OSMANI <sup>a\*</sup>, Mohammad Reza MATINI <sup>b</sup>, Yaser SHAHBAZI <sup>c</sup>, Hossein GOLABI <sup>d</sup>

<sup>a</sup> MA of Architectural Technology. Young Researchers and Elite Club, Boukan Branch, Islamic Azad University, Boukan, Iran

\*E-mail address: *Arasharch1366@gmail.com*

<sup>b</sup> Assistant Prof. of Architecture Engineering. Faculty of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Iran  
E-mail address: *m.r.matini@ut.ac.ir*

<sup>c</sup> Associate Prof. of Smart Structure and Architectural Technology. Architecture and Urbanism Department, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran  
E-mail address: *y.shahbazi@tabriziau.ac.ir*

<sup>d</sup> PhD student in Architecture; Islamic Azad University, Boukan Branch, Boukan, Iran  
E-mail address: *hosseingolabi55@gmail.com*

Received: 27.06.2017; Revised: 5.11.2017; Accepted: 1.12.2017

### Abstract

A pantograph is a foldable structure which consists of scissor link units. A unit consists of two bars elements which are capable of rotating about their intermediate pivot node. The pantographic structures are generally utilized in flat (like roof), cylindrical (like barrel), and spherical (like dome) deployable structure and they are not used in anticlastic structure like hyperbolic parabolic (HP) structure. The HP surface may form when a convex parabolic goes on the length of concave ones with the same curvature. On the other hand, the hyperbolic surface can be constructed using two families of mutually skew lines in which the lines in each family are parallel to a common plane, but not to each other. In this paper, the creation of HP surface with pantographic structure is presented. The creation of a HP pantographic structure is demonstrated with the use of three methods including: a) two border scissors; b) four border scissors; c) All-scissor HP Pantographic Structures. Finally, the proposed methods have been compared.

### Streszczenie

Pantograf jest konstrukcją składaną, która składa się z połączonych ze sobą ramion. Jednostka składa się z dwóch ramion, które mogą się obracać wokół swojego pośredniego węzła obrotowego. Struktury pantograficzne są na ogół stosowane w takich konstrukcjach struktur płaskich (np. dach), struktur cylindrycznych (np. zbiornik walcowy) i sferycznych (np. kopuła), w których możliwe jest przemieszczanie elementów struktury. Struktury pantograficzne nie są stosowane w konstrukcjach ukształtowanych z wykorzystaniem paraboloidy hiperbolicznej, których przemieszczenie elementów struktury wydaje się być niemożliwe. Hiperboloida paraboliczna może być ukształtowana poprzez przesunięcie paraboli po krzywej kierującej w postaci paraboli. Powierzchnia hiperboloidy parabolicznej może być również skonstruowana poprzez złożenie dwóch rodzin prostych skośnych równoległych do płaszczyzn kierujących tych rodzin. W artykule przedstawiono tworzenie powierzchni HP ze strukturą pantograficzną. Tworzenie struktury pantograficznej HP przedstawiono trzema metodami, takimi jak: a) metodą pary ramion skrajnych; b) metodą czterech ramion skrajnych; c) metodą wieloramiennej struktury pantograficznej. Na zakończenie porównano zaproponowane metody.

**Keywords:** Deployable Structure; Hyperbolic Paraboloid (HP) Surface; Liner Scissors; Pantographic; Scissor-like element (SLE).