

GEOMETRIJA SPIRALNIH POVRŠI PRIMENJENA NA HORIZONTALNE KOMUNIKACIJE U ARHITEKTURI

GEOMETRY OF TWISTED SURFACES APPLIED ON HORIZONTAL COMMUNICATIONS IN ARCHITECTURE



UDK: 514.181.4:72
Originalni naučni rad

Asist. dr Magdalena DRAGOVIĆ, dipl. inž. arh,
Prof. dr Aleksandar ČUČAKOVIĆ, dipl. inž. arh.

REZIME

Savremene tehnologije i materijali, u kontinuitetu postavljaju izazove pred projektante u smislu originalnosti primene raznovrsnih geometrijskih površi spiralne strukture (engl. „twisted structures“), danas aktuelne i brojne u gradnji izuzetno visokih objekata. Retki su primeri primene ovakvih površi na veznim elementima između objekata – horizontalnim komunikacijama. Autori rada su želeli da daju doprinos u domenu geometrije površi koja bi imala mogućnost ovakve primene u arhitekturi.

Pojam „uvrtanja“ je u ovom radu povezan sa pravoizvodnom površi – jednogranim eliptičkim hiperboloidom. Uvodeći u sisteme kružnih preseka eliptičkog hiperboloida pravline poligone (trougao i kvadrat) autori postupno prikazuju tako nastala dva varijeteta površi. 3D žičani i površinski modeli su kreirani u inženjerskom softveru Auto CAD.

Ključne reči: spiralna struktura, jednograni eliptički hiperboloid, horizontalna komunikacija, 3D model strukture.

SUMMARY

Contemporary technologies and materials continuously challenge structural designers, as well as architects, to achieve unique applications of various geometric surfaces. Twisted structures are actual and numerous in building of extremely tall towers. However, rare examples can be found as connecting elements of two buildings, i.e. horizontal communications. Authors' aim was to contribute in area of application such geometry in architecture.

Term „twist“ is here related to ruled surface – elliptic hyperboloid of one sheet. The insertion of regular polygons (triangle and square) in circular sections of elliptic hyperboloid made possible „step by step“ presentation of two varieties of twisted surfaces. 3D wireframe and surface models are created in engineering software Auto CAD.

Key words: twisted structure, elliptic hyperboloid of one sheet, horizontal communication, 3D model of structure.

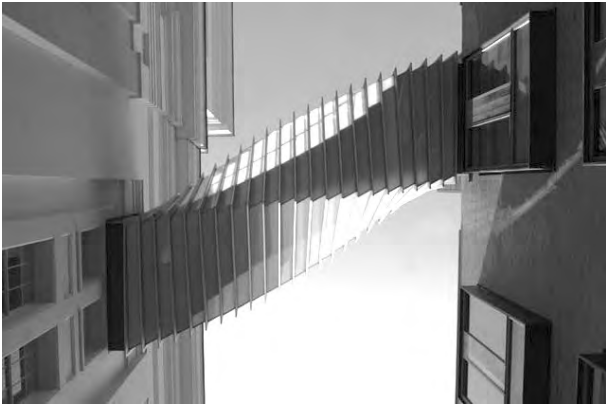
1. UVOD

Savremeni izazov za arhitekta, konstruktore i izvođače su oblici dobijeni „uvrtanjem“, bilo da se radi o horizontalnim komunikacijama (Davey, 2007), ili o izuzetno visokim objektima, koji se služe najsavremenijim konstruktivnim rešenjima i tehnologijama građenja. Simbolika ovakvih objekata posmatrača intuitivno navodi na ples. Tako je horizontalna komunikacija preko ulice – *Bridge of Aspiration*, koja povezuje dva objekta Kraljevske baletske škole i opere, nad ulicom *Floral str.*, u

Londonu – Engleska (Wilkinson Eyre Architects), osmišljena kao geometrijska površ dobijena uvrtanjem kvadratnog profila (23 profila sa uglom rotacije $3,91^\circ$) duž krivolinijske putanje (slika 1).

Ovo je jedno u nizu originalnih rešenja, posle pešačkog mosta u Mančesteru – *Corporation Str. Bridge* (Arch. Hodder & Partners) u poslovnom delu grada, oblika jednogranog rotacionog hiperboloida. Rešetkasta struktura sačinjena sa dva sistema međusobno mimoilaznih izvodnica (slika 2) i nizom kružnih preseka premoštava zadato rastojanje. Zajednički imenilac za dva pomenuta objekta je „uvrtanje“. Moglo bi se reći da je geneza oblika rotacionog hiperboloida povezana sa uvrtanjem dva bazisa cilindra u suprotnim smerovima (Marciuš, 2012).

Adresa autora: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 11000 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I
E-mail: dim@grf.bg.ac.rs;
cucak@grf.bg.ac.rs



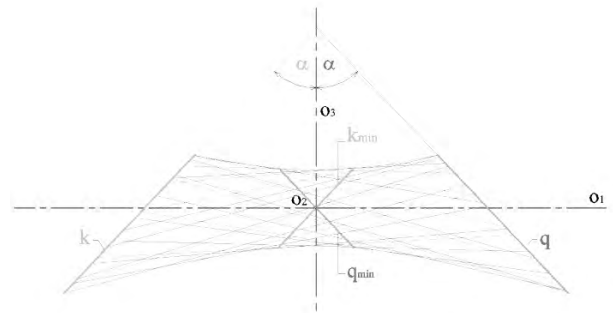
Slika 1. Bridge of Aspiration – London (2003), oblik dobijen vrtanjem kvadratnog profila



Slika 2. Hiperboloidni most u Mančesteru (1997), Arch. Hodder & Partners

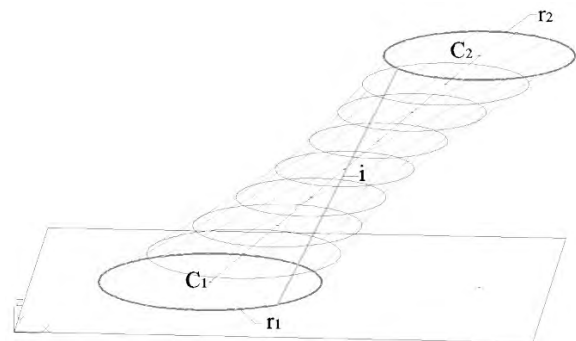
Ova ideja podseća na geometriju površi istog tipa – eliptički hiperboloid. Još je davne 1841. god. A. G. Walker dao geometrijsku konstrukciju (Walker, 1945.) koja omogućava da se u ugaoni prostor „ugradi“ žičani model eliptičkog hiperboloida (slika 3).

Kada se dva kružna preseka, istog ili različitog poluprečnika, povežu izvodnicama na odgovarajući način (Dragović, 2013), nastaje ova površ sa dva sistema kružnih preseka. Geometrijsko mesto centara ovih kružnica



Slika 3. Dva sistema kružnih preseka jednogranog eliptičkog hiperboloida

je spojnica centara C_1 , C_2 dva proizvoljno uzeta kružna preseka r_1 , r_2 , a kontura po kojoj klizaju karakteristične tačke kružnica je hiperbola (slika 4). Za potrebe generisanja površi eliptičkog hiperboloida kreirana je aplikacija za softver *Auto CAD* (Dragović, 2013).



Slika 4. Model površi sa dva različita kružna preseka

2. GEOMETRIJA POVRŠI SA FUNKCIJOM HORIZONTALNE KOMUNIKACIJE

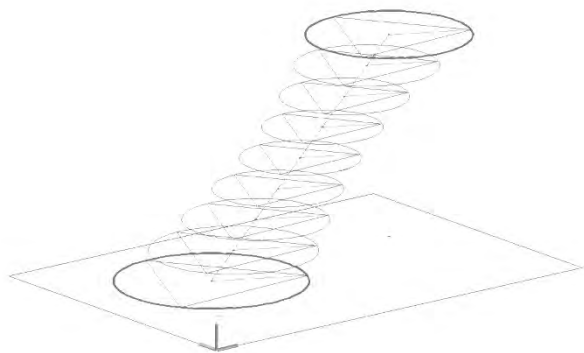
Polazni i presudni kvalitet površi jednogranog eliptičkog hiperboloida za funkciju povezivanja dva objekta je sistem paralelnih kružnih preseka koji se „raspoređuju“ duž rastojanja – pravog, ili kosog, između njih. To znači da dva polazna elementa – kruga (jednakog ili različitog prečnika) leže u ravni fasada objekata koji se povezuju.

2.1. Niz „skaliranih“ poligona – ramova upisanih u sistem kružnih preseka

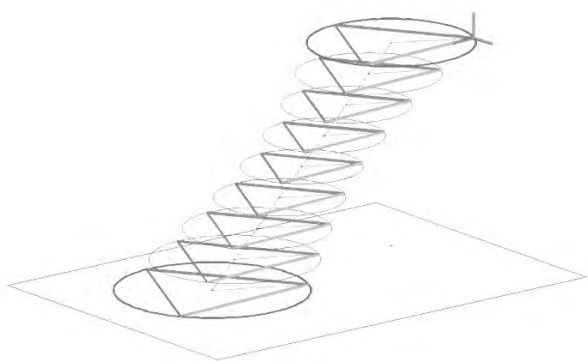
Pravilni poligoni, bez obzira na broj strana, su zahvalni za „zamenu kruga“. Tako je u svaki karakterističan kružni presek upisan pravilni poligon (u istraživanju – trougao, ili kvadrat), sa koincidentnim centrom odgovarajućeg kruga (slika 5).

Svakom od poligona je dodata dimenzionalnost „pretvaranjem“ u ram (slika 6). Između ramova je formirana površ i proporcionalno njenoj geometriji definisan nivo poda horizontalne komunikacije (slike 7a,b).

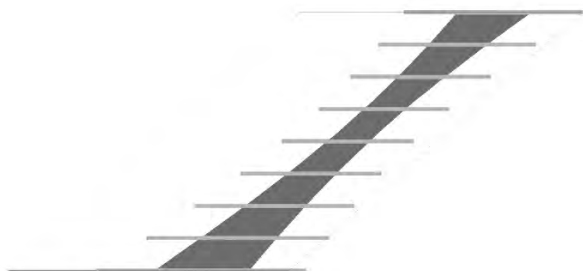
U daljem istraživanju je isti postupak skaliranja sproveden i za oblik poligona – kvadrat, čime je dobijena površ, tj. struktura, sličnih geometrijskih karakteristika



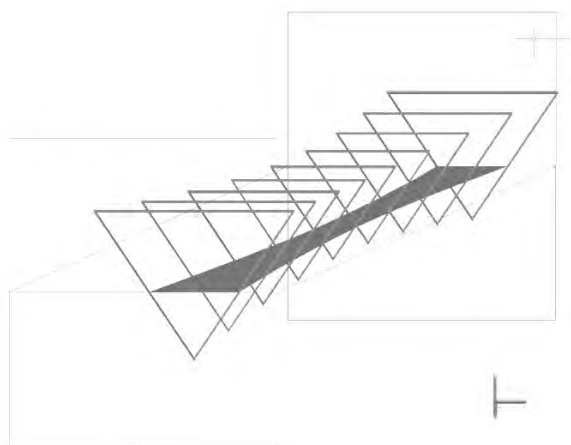
Slika 5. Sistem poligona upisanih u kružne preseke



Slika 6. Sistem trougaonih ramova

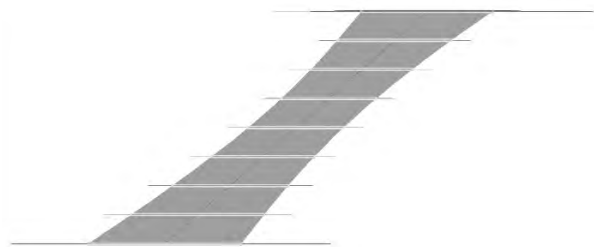


Slika 7a. Sistem ramova sa podnom površinom (odozgo)

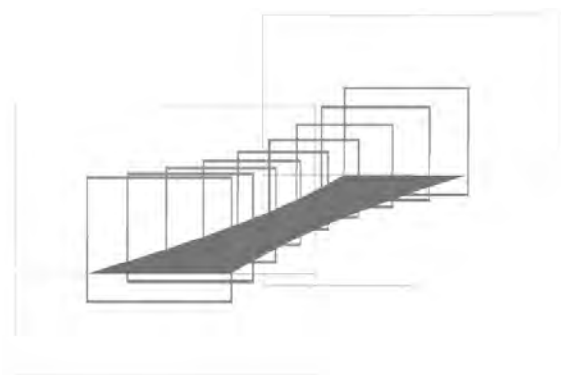


Slika 7b. Žičani 3D model horizontalne komunikacije

(slike 8a, b). Varijetet je kreiran u funkciji oblikovnog uklapanja – prilagođavanja različitim postojećim maticama neposrednog arhitektonskog okruženja.

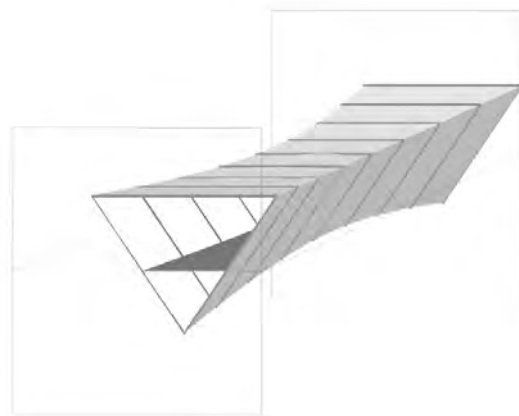


Slika 8a. Sistem ramova sa podnom površinom za oblik poligona – kvadrat (odozgo)



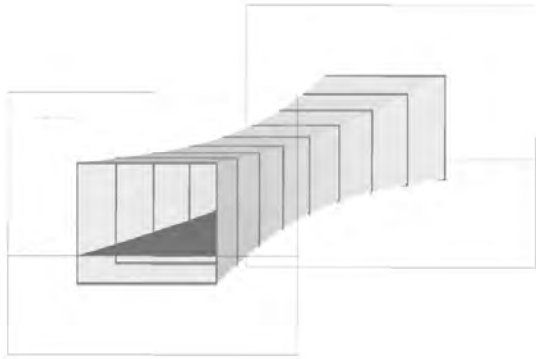
Slika 8b. Žičani 3D model horizontalne komunikacije za oblik poligona – kvadrat

Dobijena površ – struktura je dvostruko zakrivljena, sa ivičnim elementima hiperbolama. Vizuelno je interesantna sa aspekta dinamičnosti prostora, zbog kontinuiranog „skaliranja“ dimenzija konstruktivnog elementa – poligonalnog rama (slike 9 i 10). Kretanjem korisnika kroz komunikaciju dobija se utisak dinamike unutrašnjeg prostora.



Slika 9. Dvostruko zakrivljena površ trougaonog profila

Ivične krive podne površine su takođe hiperbole, što u estetskom smislu oplemenjuje i ublažava oštrinu uglova ramovskog profila.

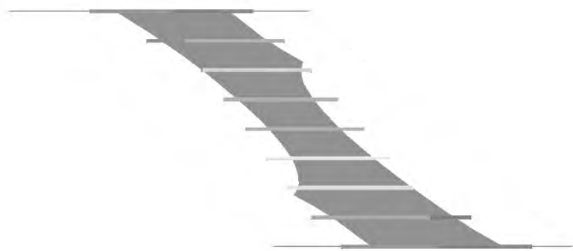


Slika 10. Dvostruko zakrivljena površ kvadratnog profila

2.2. Sekundarna rotacija poligona – ramova za zadati ugao

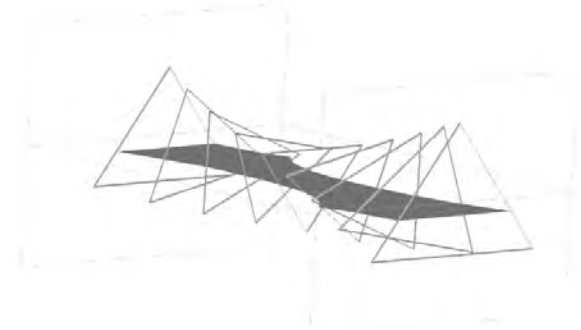
Rotacija poligonalnog rama, koji je ključni element veznog prostora između dva objekta – horizontalne komunikacije, je kao izazov pratila autore rada. Dodatna dinamičnost prostora, ili uvođenje simbolike, kao u posebnim projektnim zadacima (Davey, 2007) ostvarena je u ovom varijetetu istraživanja.

U konceptualno razmatranim slučajevima strukture, za dva tipa poligonalnog rama, izvedena je rotacija profila, tako da je ukupni ugao rotacije jednak centralnom uglu poligona nad jednom ivicom: kod trougla – 120° , a kod kvadrata – 90° . Takav princip je usvojen da bi početni i završni položaj poligona bio isti (Wollers, 2001). Rotacija pojedinačnog profila (9 profila je izabrano za prostornu predstavu ukupne strukture) je uslovljena brojem ramova duž horizontalne komunikacije, koji će zavistiti od statičkih karakteristika, kao i dimenzija arhitektonskog elementa). Kao produkt rotacije – „uvrtanja“ dobijen je nepravilan oblik podne površine (ivične krive su reda višeg od 2), koji varira u zavisnosti od oblika poligona. Podna površina je postavljena paralelno sa jednom ivicom poligona. Žičani model strukture dobijen rotacijom trougaonog profila je prikazan na slikama 11a,b, a kvadratnog na slikama 12a,b.



Slika 11a. Niz rotiranih trougaonih ramova sa odgovarajućom podnom površinom (pogled odozgo)

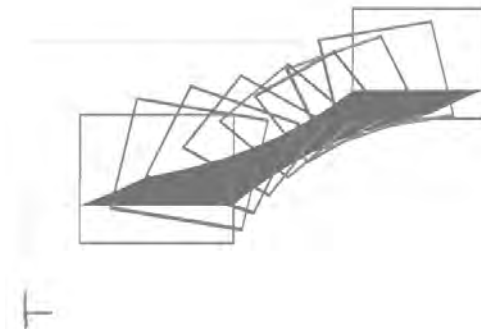
Dva nova tipa površi pripadaju tipu spiralnih (eng. twisted) i imaju veću zakrivljenost od struktura pret hodnog tipa (slike 9 i 10). Ivični elementi su sada delovi cilindrične zavojnice (slike 13 i 14). Zakrivljenost površine se smanjuje sa povećanjem broja ivica poligona, te u slučaju kvadratnog poligona model deluje „prirodnije“.



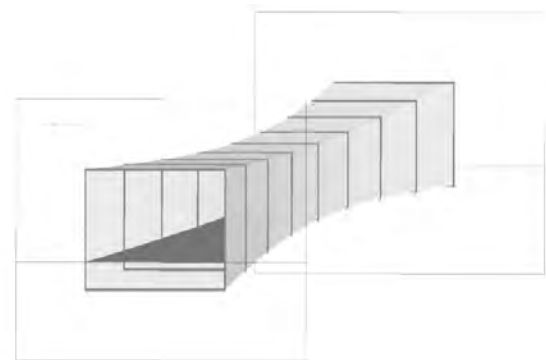
Slika 11b. Žičani 3D model horizontalne komunikacije za oblik poligona – trougao



Slika 12a. Niz rotiranih kvadratnih ramova sa odgovarajućom podnom površinom (odozgo)

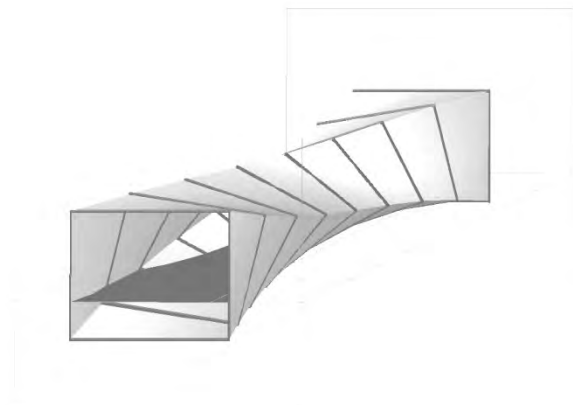


Slika 12b. Žičani 3D model horizontalne komunikacije za oblik poligona – kvadrat

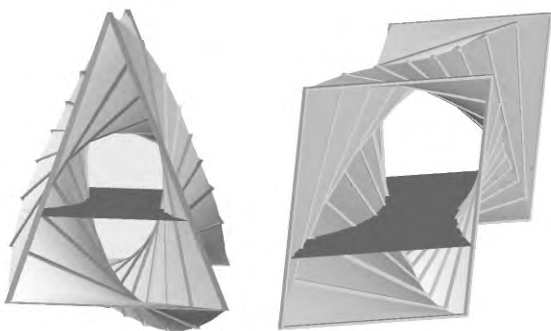


Slika 13. Spiralna struktura – trougaoni profil

Dinamičnost unutrašnjeg prostora je dodatno naglašena rotacijom – „uvrtanjem“ i doprinosi atraktivnosti forme u oba kreirana modela (slika 15).



Slika 14. Spiralna struktura – kvadratni profil



Slika 15. Dinamika unutrašnjeg prostora oba modela

3. ZAKLJUČAK

Sprovedeno istraživanje je formulisano u pravcu mogućnosti primene geometrije površi (ili njenih elemenata) koja koristi nekoliko vrsta prostornih transformacija: translaciju, rotaciju i „skaliranje“ (linearno ili po kvadratnoj krivoj) sa funkcijom veznog elementa između dve građevine – horizontalne komunikacije.

Polazne pretpostavke za ovakvo istraživanje su imale ideju da iskoriste geometrijske osobine površi jednogranog eliptičkog hiperboloida, kao i specifičan „poredak“ njegovih kružnih preseka. U njih su potom upisani poligonalni ramovi-profilu zamišljene prostorne strukture.

Geometrija kosog hiperboloida je omogućila da se horizontalna komunikacija sa ovako koncipiranim modelom geometrije ostvari po kosoj putanji (a ne i najkraćoj) za šta često i postoji potreba u graditeljskoj praksi.

Ispitana su dva koncepta: prvi – koji koristi translaciju i skaliranje elemenata strukture (poligonalnih ramova) i drugi – koji dodatno koristi rotaciju, tj. uvrtanje.

U oba slučaja horizontalna komunikacija ostvaruje dinamičnost i atraktivnost prostorne geometrijske forme, sa specifičnostima koje determinišu geometrija preseka dobijene strukture (površi).

Imajući na umu da je „geometrijski eksperiment“ uvek lakše izvesti ukoliko postoji aplikacija sa definisanim parametrima (npr. dužina komunikacije, ugao prema objektima koji se povezuju, broj stranica upisanog poligona itd.), ovakav geometrijski koncept je potrebno i poželjno digitalizovati, kako bi se pružila mogućnost projektantima i dizajnerima da kreiraju i ispituju varijete modela u različitim zadatim uslovima.

Zahvalnost

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, koje je podržalo projekat br. TP 36008 pod imenom: *Razvoj i primena naučnih metoda u projektovanju i građenju visokoekonomičnih konstruktivnih sistema primenom novih tehnologija*, u okviru koga je ovaj naučni rad urađen.

LITERATURA

- [1] Davey P., Forster K., *Exploring Boundaries – The Architecture of Wilkinson Eyre*, chapter – *Bridge of Aspiration* London UK 2003 pp. 103-107, Springer, 2005.
- [2] Dragović M., *Konstruktivni postupci u prostornim transformacijama površi jednogranog eliptičkog hiperboloida*, Doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2013.
- [3] Marcuiš I. i drugi, *On Geometric Form Genesis Directed by Building's Efficiency – Canton Tower Case Study*, 1st Int. Conf. on Architecture & Urban Design Proc. pp.171-176, 2012.
- [4] Walker, A. G., *A model of a hyperboloid of one sheet and its asymptotic cone*, Edinburgh Math. Notes, 35, pp. 20–23, 1945.
- [5] Wollers, K., *Twist and Build – Creating non-orthogonal architecture*, 010 Publishers, Rotterdam, 2001.

Izvori korišćeni za fotografije

Slika 1 – <http://www.wilkinsoneyre.com/projects/royal-ballet-school-bridge-of-aspiration.aspx?category=small>

Slika 2 – <http://www.mathematik.uni-bielefeld.de/~scr/>