

ỨNG DỤNG MẶT CONG HÌNH HỌC HYPERBOLIC PARABOLOID TRONG THIẾT KẾ ĐỒ ÁN KIẾN TRÚC

THS PHAN THỊ HOÀNG YẾN | KHOA KIẾN TRÚC - QUY HOẠCH, TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG HÀ NỘI

Tóm tắt

Bài viết này tập trung nghiên cứu mặt Hyperbolic Paraboloid (mặt yên ngựa) – một dạng mặt cong bậc hai có thể được hình thành từ các đường thẳng, nhờ đó vừa dễ gia công thi công, vừa dễ ứng dụng trong thiết kế. Mục tiêu của nghiên cứu là làm rõ đặc điểm hình học, phương pháp biểu diễn và các cách ứng dụng mặt Hyperbolic Paraboloid trong thiết kế đồ án kiến trúc.

Abstract

This paper focuses on the study of the Hyperbolic Paraboloid surface (saddle surface) – a type of second-degree curved surface that can be formed from straight lines, making it both easy to fabricate and construct, as well as highly applicable in design. The aim of the research is to clarify the geometric characteristics, methods of representation, and various applications of the Hyperbolic Paraboloid surface in architectural design projects.

MỞ ĐẦU

Trong kiến trúc, các yếu tố hình học nói chung hay các mặt cong hình học nói riêng đóng vai trò quan trọng trong việc định hình không gian và biểu đạt ngôn ngữ hình thức. Một trong những hình dạng mặt cong nổi bật và có tính ứng dụng cao trong kiến trúc là mặt Hyperbolic Paraboloid, hay còn được gọi là mặt yên ngựa bởi hình dạng cong đặc trưng của nó giống với chiếc yên ngựa. Điểm độc đáo của mặt cong này là mỗi điểm của mặt đều có 2 đường thẳng thuộc mặt đi qua, nhờ vào tính chất này mà có thể dễ dàng tạo ra mặt Hyperbolic Paraboloid.

KHÁI NIỆM VÀ BIỂU DIỄN MẶT HYPERBOLIC PARABOLOID

Mặt Hyperbolic Paraboloid là mặt tạo thành bởi một đường thẳng chuyển động tựa trên hai đường thẳng chéo nhau (hai đường chuẩn) và song song với một mặt phẳng (gọi là mặt phẳng chuẩn hoặc mặt phẳng định hướng song song).

Hình 2 trình bày hình biểu diễn mặt Hyperbolic Paraboloid bằng hình chiếu thẳng góc và hình minh họa không gian.

Mặt Hyperbolic Paraboloid có hai đường chuẩn là AB, CD và mặt phẳng chuẩn (P); ta cũng có thể lấy hai đường chuẩn là AD, BC và mặt phẳng chuẩn là mặt phẳng (P') để tạo ra mặt này. Điều này cho thấy: qua mỗi điểm của mặt có hai đường sinh và mặt này có hai họ đường sinh. Các đường sinh của cùng một họ đều chéo nhau và mỗi đường sinh của họ này cắt tất cả các đường sinh của họ kia.

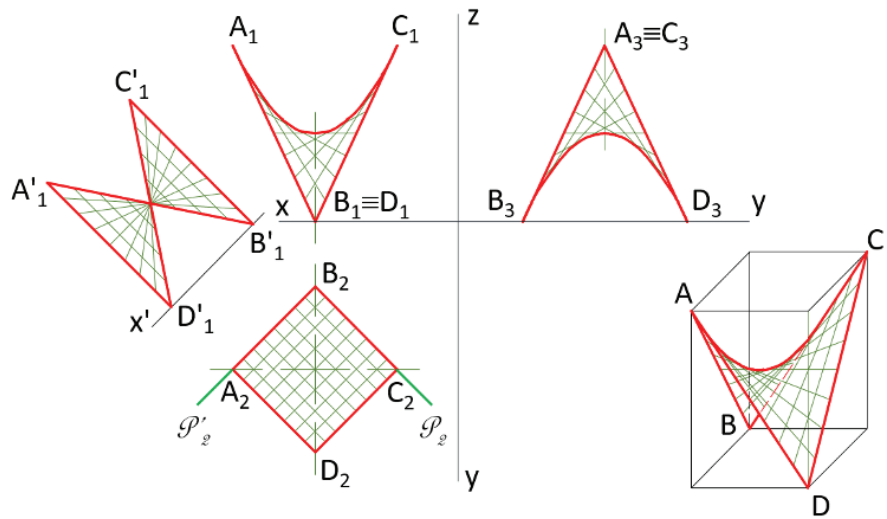
Mặt Hyperbolic Paraboloid là mặt cong bậc hai và có thể được tạo ra bằng cách tịnh tiến một parabol cong hướng xuống dọc theo một parabol cong hướng lên hoặc ngược lại. Hình 3 trình bày mặt

Hyperbolic Paraboloid được tạo ra bằng cách cho parabol AOB di chuyển song song với mặt phẳng (xOz), trục của parabol song song với Oz còn đỉnh của parabol chạy trên parabol COD nằm trong mặt phẳng (yOz). Trong hình 3, trục của mặt Hyperbolic Paraboloid là Oz, các mặt phẳng đối xứng là (xOz) và (yOz).

CÁC DẠNG GIAO TUYẾN CỦA MẶT PHẪNG VỚI MẶT HYPERBOLIC PARABOLOID

Giao tuyến của mặt phẳng với mặt Hyperbolic Paraboloid có các dạng sau:

Giao tuyến là hai đường sinh nếu mặt



Hình 2: Biểu diễn mặt Hyperbolic Paraboloid bằng hình chiếu thẳng góc và hình minh họa không gian



Hình 1: Hình ảnh một số công trình kiến trúc nổi tiếng có ứng dụng mặt Hyperbolic Paraboloid - Từ trái qua: Gian hàng Philips (Nguồn: <https://monoskop.org>), Nhà ga Warszawa Ochota (Nguồn: Radek Kolakowski), Công viên hải dương học L'OceanoGràfic (Nguồn: <https://www.linkedin.com>), Nhà thờ Saint Mary of the Assumption (Nguồn: <https://en.wikipedia.org>), Đấu trường Scotiabank Saddledome (Nguồn: Bernard Spragg)

cắt là mặt phẳng tiếp xúc với mặt Hyperbolic Paraboloid.

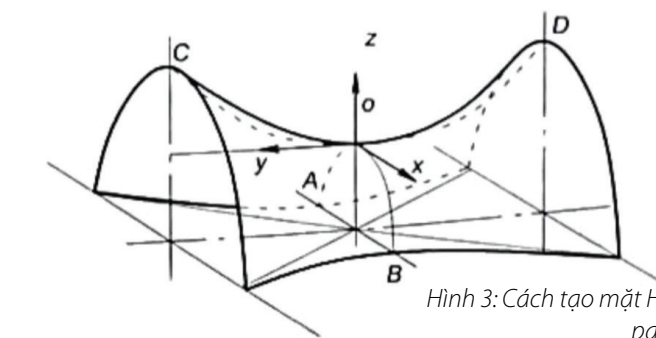
Giao tuyến là một parabol nếu mặt cắt đi qua hay song song với trục của mặt Hyperbolic Paraboloid.

Giao tuyến là một hyperbol nếu mặt cắt không song song với trục của mặt Hyperbolic Paraboloid.

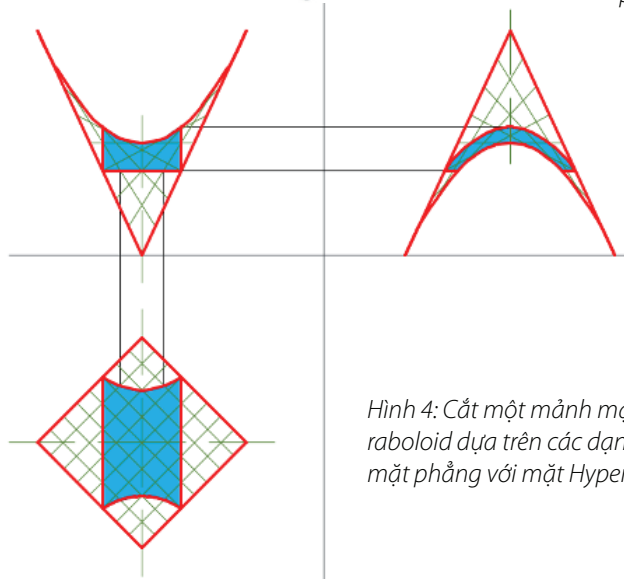
ỨNG DỤNG MẶT HYPERBOLIC PARABOLOID TRONG CÁC CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC TRÊN THẾ GIỚI

Cấu trúc Hyperbolic Paraboloid xuất hiện từ thời kỳ hậu chiến ở châu Âu những năm 1950. Nhiều kiến trúc sư nổi tiếng trong thời kỳ này, như Le Corbusier, Oscar Niemeyer, Felix Candela và Eduardo Catalano, đã sử dụng mặt Hyperbolic Paraboloid với hình dáng uốn lượn mềm mại đã tạo nên những công trình ấn tượng, mang tính nghệ thuật và hiện đại. Hình dáng cong có thể gợi liên tưởng đến hình ảnh cánh bướm, mái lều hay những cấu trúc tự nhiên, đem lại cảm giác sinh động và thoáng đạt. Cấu trúc Hyperbolic Paraboloid có khả năng chịu lực rất tốt, phân tán tải trọng đồng đều, giúp giảm lượng vật liệu sử dụng đặc biệt là trong kết cấu vỏ mỏng. Với hình thức linh hoạt, Hyperbolic Paraboloid dễ dàng kết hợp mở rộng không gian, tạo vùng thông gió tự nhiên và tận dụng ánh sáng hiệu quả. Ứng dụng phổ biến nhất của mặt Hyperbolic Paraboloid trong kiến trúc là làm mái che cho các công trình như sân vận động, nhà hát ngoài trời, trạm xe buýt, trung tâm thương mại, nhà thờ... điển hình là mái của gian hàng triển lãm Philips (1958) do Le Corbusier và Iannis Xenakis thiết kế - một trong những ứng dụng đầu tiên và nổi bật của dạng mái này.

Với đặc tính thẩm mỹ và khả năng tạo ra không gian mở lớn, hình thức của mặt Hyperbolic Paraboloid phù hợp với các công trình văn hóa, bảo tàng, trung tâm triển lãm, nhà hát... Các công trình tiêu biểu có hình dạng mặt Hyperbolic Paraboloid phải kể đến như: Nhà hàng Los Manantiales (Mexico), Gian hàng Philips (Bỉ), Nhà ga Warszawa Ochota (Ba Lan), Nhà thờ St. Mary (Tokyo), Nhà thờ Saint Mary of the Assumption (San Francisco), Đấu trường Scotiabank Saddledome (Canada), Công viên hải dương học L'Océanogràfic (Tây Ban Nha), Trạm xăng Markham Moor (Anh), Đấu trường Scandinavium (Thụy



Hình 3: Cách tạo mặt Hyperbolic Paraboloid từ 2 parabol hướng ngược nhau



Hình 4: Cắt một mảnh mặt Hyperbolic Paraboloid dựa trên các dạng giao tuyến của mặt phẳng với mặt Hyperbolic Paraboloid



Hình 5: Đấu trường Scotiabank Saddledome, Canada (Nguồn: Bernard Spragg)

Điển), Trung tâm đạp xe Lee Valley VeloPark (Anh), Đấu trường Dorton (Carolina), Nhà nguyện Church Army (Anh), Nhà nguyện ngoài trời Palmira (Mexico)... Những mái che nhỏ, công trình cảnh quan trong công viên, resort, quán cà phê sân vườn... cũng hoàn toàn có thể sử dụng mặt Hyperbolic Paraboloid để có tạo hình nhẹ nhàng, mát mẻ và thu hút.

ỨNG DỤNG MẶT HYPERBOLIC PARABOLOID TRONG THIẾT KẾ ĐỒ ÁN KIẾN TRÚC

Kiến trúc có thể cấu thành từ một hình dáng hình học, cũng có thể cấu thành từ một tổ hợp một số hình dáng hình học khác nhau, hoặc tổ hợp những hình hình học tương tự. Để ứng dụng mặt Hyperbolic

Paraboloid trong tạo hình kiến trúc, ta có thể dùng mặt ở dạng nguyên bản hoặc sử dụng các phương pháp tạo hình để tạo ra các hình thức kiến trúc đa dạng hơn. Các phương pháp tạo hình sử dụng trong kiến trúc: phép cộng, gia công phần ngoài, trừ đi, tương tự và trùng hợp, hòa nhập, cắt gọt, xoay, kéo dài, cắt đứt, kéo lệch, phóng sinh, biến đổi hình học, đơn giản hóa.

Khi muốn ứng dụng mặt ở dạng nguyên bản, người thiết kế có thể dùng mặt Hyperbolic Paraboloid để che phủ các diện tích có dạng hình vuông, chữ nhật, tứ giác... Hình 6 biểu diễn cách tạo mặt Hyperbolic Paraboloid che phủ một diện tích hình tứ giác bất kì theo các bước làm như sau:

Bước 1: Xác định diện tích cần che phủ có hình chiếu bằng $A_2B_2C_2D_2$.

Bước 2: Xác định độ cao của các điểm A, B, C, D tùy theo ý đồ thiết kế.

Bước 3: Vẽ tứ giác ghềnh ABCD.

Bước 4: Chia cặp cạnh AD, BC thành các phần bằng nhau.

Bước 5: Nối các điểm chia theo thứ tự ta được các đường sinh của mặt Hyperbolic Paraboloid.

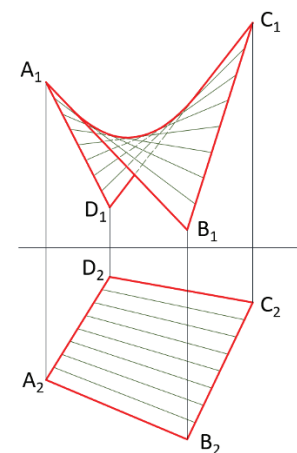
Trong trường hợp muốn tạo mặt Hyperbolic Paraboloid với 2 họ đường sinh, ta tiếp tục chia cặp cạnh còn lại là AB, DC và làm như bước 5.

Hình 7 biểu diễn cách tạo mặt Hyperbolic Paraboloid che phủ một diện tích có hình dạng elip theo các bước làm như sau:

Bước 1: Xác định hình chiếu bằng của diện tích cần che phủ là elip (e_2).

Bước 2: Vẽ hình chữ nhật/ tứ giác/ hình bình hành $A_2B_2C_2D_2$ ngoại tiếp elip (e_2).

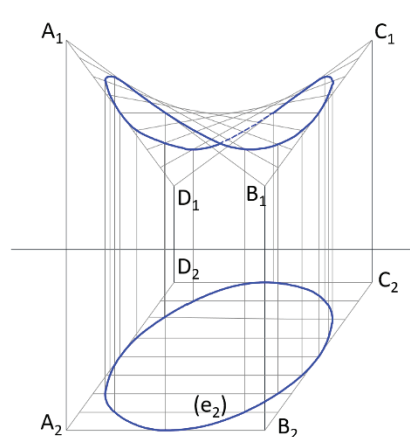
Bước 3: Tạo mặt Hyperbolic Paraboloid từ tứ giác ghềnh ABCD như cách làm ở Hình 6.



Hình 6: Tạo mặt Hyperbolic Paraboloid che phủ một diện tích hình tứ giác

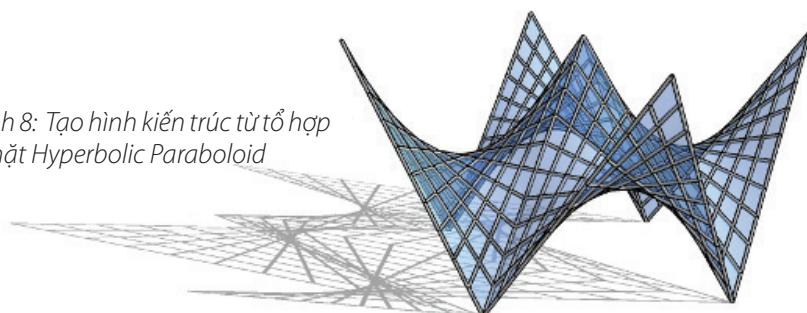
Bước 4: Vẽ giao của mặt trụ chiếu bằng có đường chuẩn là elip (e_2) với mặt Hyperbolic Paraboloid vừa dựng: hình chiếu bằng của giao suy biến trùng với (e_2), suy ra hình chiếu đứng của giao bằng bài toán liên thuộc, gán các điểm của giao tuyến vào các đường sinh của mặt Hyperbolic Paraboloid. Giao tuyến tìm được là đường bao mảnh mặt Hyperbolic Paraboloid che phủ diện tích hình elip đã cho.

Trong trường hợp diện tích cần che phủ là các hình dạng khác, ta có thể áp dụng cách làm tương tự Hình 7 để tạo mặt che phủ có hình dạng là mặt cong Hyperbolic Paraboloid. Ta cũng có thể kết hợp nhiều mặt Hyperbolic Paraboloid hay kết hợp cùng các mặt hình học khác để tạo ra các hình thức kiến trúc đa dạng hơn. Hình 8 biểu diễn một phương án tạo hình kiến trúc được tổ hợp từ 4 mặt Hyperbolic Paraboloid giống nhau. Ngoài ra, còn nhiều cách ứng dụng khác tùy thuộc vào khả năng sáng tạo của người thiết kế. Việc nắm chắc khái niệm, cách tạo mặt và phương pháp biểu diễn mặt Hyperbolic Paraboloid sẽ giúp người thiết kế không ngại ứng dụng mặt hình học này trong các đồ án thiết kế của mình và có thể tạo ra một bộ hồ sơ bản vẽ hoàn chỉnh, chặt chẽ.



Hình 7: Tạo mặt Hyperbolic Paraboloid che phủ một diện tích hình elip

Hình 8: Tạo hình kiến trúc từ tổ hợp 4 mặt Hyperbolic Paraboloid



KẾT LUẬN

Hình học có vai trò vô cùng quan trọng trong kiến trúc từ xưa đến nay. Hình học là nền tảng để tạo ra hình khối kiến trúc từ đơn giản đến phức tạp. Kiến trúc sư dùng hình học để tạo nhịp điệu, cân bằng và tỷ lệ - những yếu tố quan trọng giúp công trình trở nên hài hòa và đẹp mắt. Hình học được dùng để tối ưu công năng sử dụng, phân chia không gian. Hình học giúp tạo nên những kết cấu hợp lý.

Trong bối cảnh kiến trúc hiện đại, mặt Hyperbolic Paraboloid đã chứng minh vai trò thiết thực trong việc kết nối giữa nghệ thuật tạo hình và tính khả thi về mặt kỹ thuật. Không chỉ mang lại hiệu quả về mặt thẩm mỹ với hình dáng uốn cong mềm mại và sinh động, mặt Hyperbolic Paraboloid còn cho phép thi công tiết kiệm vật liệu và thời gian nhờ vào khả năng tạo hình bằng các thanh thẳng đơn giản.

Đối với sinh viên hay người làm nghề kiến trúc, việc nghiên cứu mặt Hyperbolic Paraboloid không chỉ giúp nâng cao tư duy hình học và kỹ năng biểu diễn không gian, mà còn góp phần thúc đẩy sáng tạo trong thiết kế đồ án.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài "Nghiên cứu ứng dụng mặt Hyperbolic Paraboloid trong thiết kế kiến trúc tại Việt Nam, áp dụng trong thiết kế đồ án kiến trúc sinh viên" mã số 03-2025/KHXD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Mạnh Dũng, Nguyễn Văn Điềm (2009): *Hình học họa hình Tập 1*, NXB Giáo dục Việt Nam, Thái Nguyên.
2. Đoàn Như Kim (2005): *Một số khái niệm về hình học trong kiến trúc*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
3. Joshua A. Schultz, Viktoria Henriksson (2021): *Structural assessment of St. Charles hyperbolic paraboloid roof. Curved and Layered Structures*. <https://doi.org/10.1515/cls-2021-0015>
4. A. Domingo, C. Lázaro, P. Sema (2004): *Construction of Jchypar, a steel fiber reinforced concrete thin shell structure*. 6th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC), Italy
5. Nguyễn Đình Điện, Đỗ Mạnh Môn (2008): *Hình học họa hình Tập 1*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
6. La Văn Ái, Triệu Quang Diệu (2004): *Ngôn ngữ hình thức kiến trúc Tập 2*, NXB Xây dựng
7. Nguồn internet: <https://en.wikipedia.org>
8. <https://www.linkedin.com>, <https://monoskop.org>