

THÔNG TIN VỀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tên luận án : Phát triển phương pháp biên nhúng kết hợp phương pháp Proper Generalized Decomposition cho bài toán dòng chảy nhớt không nén được qua vật thể biên cứng và biên đàn hồi

Chuyên ngành : Cơ kỹ thuật Mã số: 9520101
Họ & tên NCS : Lê Quốc Cường Khóa: 2012-2015
Người hướng dẫn chính : PGS. TS. Nguyễn Hoài Sơn
Người hướng dẫn phụ : TS. Phan Đức Huỳnh
Cơ sở đào tạo : Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

1. Tóm tắt nội dung luận án

Luận án đã phát triển phương pháp biên nhúng (Immersed boundary – IB) kết hợp với phương pháp tách biến Proper Generalized Decomposition (PGD) để giải các bài toán tương tác rắn-lỏng (Fluid structure interaction – FSI). Mục tiêu chính của luận án là phát triển một phương pháp hiệu quả để giải quyết các bài toán FSI. Trước tiên, phương pháp đã đề xuất sử dụng phương pháp IB để xử lý sự hiện diện của vật cản trong miền lưu chất bằng cách thay thế ảnh hưởng của vật cản bằng một thành phần lực cưỡng bức tác động lên miền lưu chất, khi đó miền tính toán xem như chỉ còn một miền lưu chất đơn nhất. Vì vậy, quá trình chia lưới sẽ đơn giản đi rất nhiều và không cần phải thực hiện lại sau mỗi bước thời gian đối với các bài toán vật cản có biên di chuyển trong miền lưu chất. Bên cạnh đó, để gia tốc cho quá trình tính toán và tiết kiệm bộ nhớ chương trình, phương pháp PGD được đề xuất để giải các phương trình vi phân đạo hàm riêng. Phương pháp PGD giải quyết các bài toán trên không gian đa chiều dựa trên nguyên lý đưa các phương trình vi phân đạo hàm riêng đa chiều về việc giải các phương trình vi phân một chiều.

Luận án đã đề xuất áp dụng phương pháp PGD để giải các phương trình vi phân đạo hàm riêng trong không gian hai chiều và ba chiều. Tiếp theo, phương pháp PGD được đề xuất áp dụng vào các bài toán dòng chảy nhớt không nén ở các điều kiện biên khác nhau. Sau cùng, luận án đã đề xuất việc kết hợp phương pháp IB kết hợp với phương pháp PGD để giải quyết các bài toán dòng chảy nhớt không nén được qua vật thể biên cứng và biên

đàn hồi. Các kết quả tính toán từ phương pháp đề xuất đã cho thấy sự hiệu quả và một hướng đi đầy hứa hẹn trong việc giải các bài toán về tương tác rắn lỏng.

2. Tóm tắt những đóng góp mới về lý luận và học thuật của luận án:

Phát triển phương pháp PGD với phương pháp sai phân hữu hạn để giải quyết các bài toán phương trình vi phân đạo hàm riêng bậc cao (phương trình Biharmonic, phương trình Poisson) trong không gian hai chiều và ba chiều.

Ứng dụng phương pháp PGD kết hợp với phương pháp chiếu để giải các bài toán dòng chảy nhớt không nén với các điều kiện biên khác nhau.

Phát triển IBM cổ điển cho bài toán dòng chảy nhớt không nén qua vật thể biên cứng di chuyển.

Phát triển IBM kết hợp với phương pháp tách biến PGD mô phỏng bài toán dòng chảy nhớt không nén qua vật thể biên cứng đứng yên và di chuyển.

Phát triển IBM kết hợp với phương pháp tách biến PGD mô phỏng bài toán dòng chảy nhớt không nén qua vật thể biên đàn hồi.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 9 năm 2019

Nghiên cứu sinh

(Ký và ghi rõ họ tên)

INFORMATION OF RESEARCH RESULTS

Dissertation title : Developing immersed boundary method combined with Proper Generalized Decomposition method for problems of incompressible viscous flow past rigid body and elastic body objects.
Major : Engineering Mechanics Major code: 9520101
PhD candidate : Le Quoc Cuong Course: 2012-2015
Supervisor one : Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hoai Son
Supervisor two : Dr. Phan Duc Huynh
Training facilities : HCMC University of Technology and Education

1. Thesis summary

The thesis has developed the immersed boundary method (IBM) combined with the separation method of Proper Generalized Decomposition (PGD) to solve fluid-structure interaction problems. The primary goal of the thesis is to develop an effective method to solve the problem of incompressible viscous flow past rigid and elastic obstacles. Firstly, the method has proposed using IBM to handle the effect of obstacles in the fluid domain by replacing the effect of obstacles by a forced force component acting on the fluid domain, when that computational domain is considered as a single fluid domain. Therefore, the meshing process is much simpler and do not need to be repeated after every time step for problems with boundary movement in the fluid domain. Besides, to accelerate the computational process and save the program memory, PGD method is proposed to solve the partial differential equations. The PGD method which solves multi-dimensional spatial problems is based on the principle that transforms multi-dimensional partial differential equations into one-way differential equations.

The thesis has proposed the application of PGD method to solve partial differential equations in two-dimensional and three-dimensional space. Next, the PGD method has been proposed to apply to incompressible viscous fluid flow problems at different boundary conditions. Finally, the thesis has proposed to combine the IBM with PGD method to solve the incompressible viscous flow problems past rigid and elastic

obstacles. The calculated results from the proposed method have shown the effectiveness and promising direction in solving problems of fluid-structure interaction.

2. Summary of theoretical and academic contribution of the dissertation:

Developing PGD method coupled with finite difference method to solve higher order partial differential equations (Biharmonic equation, Poisson equation) in two-dimensional and three-dimensional space.

Applying PGD method combined with projection method to solve incompressible viscous fluid flow problems with different boundary conditions.

Developing classic IBM solve the problems of incompressible viscous fluid flow past moving rigid bodies.

Developing IBM in conjunction with the PGD variable separation method simulates the problem of incompressible viscous flow past moving rigid bodies.

Developing IBM combined with the PGD variable separation method to simulate the problem of incompressible viscous flow past elastic boundary objects.

Ho Chi Minh City, September 30, 2019

PhD candidate

(Sign and name)