

SỬ DỤNG MẠNG NÚT NỀ RỜI RẠC TRONG XÁC ĐỊNH PHÂN BỐ THẨM CHO MÔ HÌNH MÔ PHÒNG MÔ DẦU KHÍ

Nguyễn Văn Tuấn^{1*}, Nguyễn Văn Thái², Nguyễn Thế Đức²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

²Viện Dầu khí Việt Nam

TÓM TẮT

Hơn một nửa vỉa chứa dầu khí trên thế giới là vỉa nứt nẻ tự nhiên. Mô phỏng dòng chảy trong vỉa vỉa chứa này là thách thức do tính bất đồng nhất và tính bất đẳng hướng của phân bố độ thấm trong chúng. Bài báo trình bày một phương pháp xác định phân bố ten sơ độ thấm nứt nẻ cho vỉa vỉa nứt nẻ bằng kỹ thuật mô hình mạng nứt nẻ rời rạc. Phương pháp được áp dụng để thu được một phân bố độ thấm mới cho mô hình mô phỏng vỉa móng nứt nẻ của mỏ Bạch Hổ tại Việt Nam, với các tham số đầu vào như độ mờ, hình dạng, kích thước, hướng và độ thấm từ minh giải các đo đạc mẫu lõi, thử giếng và dữ liệu địa vật lý giếng khoan. Mô hình mô phỏng với phân bố độ thấm mới được đánh giá qua việc so sánh với mô hình mô phỏng ban đầu. Kết quả cho thấy phương pháp có khả năng cải thiện sự phù hợp giữa các kết quả mô phỏng với dữ liệu đo đạc thực tế.

Từ khóa: ten sơ độ thấm, vỉa vỉa nứt nẻ, mạng nứt nẻ rời rạc

MỞ ĐẦU

Ở Việt Nam, hầu hết sản lượng dầu khí khai thác là từ đối tượng đá móng nứt nẻ, chủ yếu ở bể Cửu Long với các mỏ khai thác chính như Bạch Hổ, Rồng Đông, Ruby, Sư Tử Đen, Sư Tử Vàng... Do đặc trưng nứt nẻ, việc xác định độ thấm của các vùng đá móng là rất phức tạp, khó khăn. Đối với các mỏ đá móng nứt nẻ tại Việt Nam, đã có nhiều các mô hình sử dụng để tính toán và dự báo phân bố thẩm. Tại xí nghiệp lọc dầu Vietsovpetro đã tiến hành hàng loạt các công tác nghiên cứu độ thấm của thân dầu trong móng (nghiên cứu tốc độ khoan, khoảng mất dung dịch, nghiên cứu mẫu lõi, thử vỉa,...) và đã đạt được một số kết quả nhất định. Tuy nhiên, do thân dầu trong đá móng nứt nẻ là một đối tượng địa chất khá mới, nên các kết quả xác định độ thấm theo mẫu lõi có ý nghĩa thực tế rất thấp. Những giá trị độ thấm này chưa đủ tin cậy và rất khó sử dụng trong các công tác nghiên cứu tiếp theo.

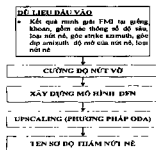
Một trong những kỹ thuật mô hình hóa phân bố thẩm được nghiên cứu phát triển cho đối tượng mỏ nứt nẻ trên thế giới là sử dụng mạng nứt nẻ rời rạc (Discrete Fracture Network – DFN). Việc tiếp cận ten sơ nứt nẻ

được sử dụng nhiều trong địa chất, môi trường và nhiều lĩnh vực kỹ thuật khác, đặc biệt trong việc đánh giá độ thấm hoặc độ dẫn dưới các vỉa vỉa [1]. Mô hình nứt nẻ rời rạc được xác định dựa trên các đặc tính nứt nẻ thống kê của các vỉa đá vỉa [3]. Mạng nứt nẻ rời rạc được tạo ra dựa trên các phân bố thực của các tham số về hướng, kích thước, cường độ, vị trí nứt nẻ.

Mô tả phương pháp và kết quả áp dụng thử nghiệm cho móng Bạch Hổ được trình bày trong các phần tiếp theo của bài báo

XÂY DỰNG MÔ HÌNH DFN

Mô hình mạng nứt nẻ rời rạc (DFN) cho các vỉa đá móng được xây dựng dựa trên cơ sở lấy thông tin từ dữ liệu nhận được của thiết bị thu ảnh góc thành giếng (FMI - Formation Micro-Imager). Mô hình DFN được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho việc xác định ten sơ độ thấm (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ khối xác định ten sơ độ thấm từ mạng DFN

* Tel 0912 526637, Email: nltuan@tmut.edu.vn

Các tham số đặc trưng được xác định từ hệ thống mạng nứt nề rời rạc bao gồm cường độ nứt vỡ, độ mở nứt vỡ, kích cỡ và hình dạng nứt vỡ, hướng nứt vỡ:

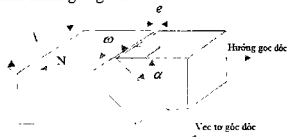
- Cường độ nứt vỡ (fracture intensity) được biểu diễn bằng các ký hiệu P_{10} , P_{21} và P_{32} . Trong đó, P_{10} đo cường độ nứt vỡ đường, là số nứt vỡ trên một đơn vị chiều dài. P_{21} đo cường độ nứt vỡ diện tích, là tỉ số giữa chiều dài nứt vỡ trên một đơn vị diện tích. P_{32} xác định cường độ nứt vỡ thể tích, được định nghĩa bằng tỉ số giữa diện tích bề mặt nứt vỡ trên một đơn vị thể tích. P_{32} thường được dùng trong các mô hình nứt nề rời rạc. Để đo được tham số này từ các vỉa thực tế là rất khó; việc xác định tham số này thường được tính qua hai giá trị (P_{10} , P_{21}) thông qua các mô phỏng ngẫu nhiên thống kê hoặc đánh giá phân tích.

- Độ mở nứt vỡ (fracture aperture) là giá trị trung bình khoảng cách giữa hai mặt của nứt vỡ. Độ mở nứt vỡ phụ thuộc vào các loại đá và độ dày của lớp đá. Các giá trị của khe hở nứt vỡ được tính toán dựa vào các dữ liệu đo đạc (địa chấn, dữ liệu hình ảnh FMI dọc giếng...).

- Kích cỡ và hình dạng của nứt vỡ là thông số hầu như ít được biết đến nhất bởi vì nó không thể đo đạc bằng bất kỳ các công cụ thiết bị nào. Việc xác định kích cỡ của nứt vỡ từ hình ảnh FMI dọc giếng là việc rất khó do thành giếng khoan chỉ cắt qua một phần của nứt vỡ. Kích cỡ, hình dạng của nứt vỡ vì vậy chủ yếu được xác định từ các phân tích mẫu lõi hoặc quan trắc tại mỏ lộ thiên. Các thông tin về hình dạng của các nứt vỡ cũng là rất giới hạn, thậm chí kể cả việc xác định từ các mỏ lộ thiên cũng không cung cấp đầy đủ các thông tin về hình dạng. Chính vì vậy nứt vỡ thường được giả sử có hình chữ nhật (có tỷ số chiều rộng trên chiều dài cố định) với các thông số kích cỡ như biểu diễn trên Hình 2.

- Hướng nứt vỡ ảnh hưởng trực tiếp đến hướng của dòng chảy chất lưu trong vỉa thông qua hướng của độ thấm. Hướng của nứt vỡ

thường được định nghĩa bằng góc dốc (độ) và góc phương vị (azimuth). Góc dốc thể hiện độ nghiêng của bề mặt nứt vỡ so với mặt phẳng ngang và góc phương vị biểu diễn độ lệch so với hướng bắc (Hình 2). Có nhiều cách để xác định hướng nứt vỡ từ mô hình (đo đạc tại các mỏ lộ thiên, xác định nứt vỡ từ các mẫu lõi...). Tuy nhiên cách xác định đơn giản nhất và được nhiều công ty địa chất sử dụng đó là xác định hướng từ những hình ảnh của thành giếng khoan.



Hình 2. Đồ thị thể hiện các tham số của nứt vỡ

XÂY DỰNG MẠNG NÚT NỀ RỜI RẠC VÀ XÁC ĐỊNH TÊN SỐ ĐỘ THẨM

Xây dựng mạng nứt nề rời rạc

Mạng nứt nề rời rạc được xây dựng bằng phương pháp ngẫu nhiên thống kê (stochastic modeling method) [7]. Các cụm nứt vỡ được tạo ra trên toàn bộ vùng nứt vỡ dựa trên mô tả ngẫu nhiên thống kê của phân bố tâm nứt vỡ, phân bố kích cỡ nứt vỡ và phân bố hướng nứt vỡ (góc dốc, góc phương vị). Trong nghiên cứu ở đây, chúng tôi sử dụng phân bố cường độ nứt vỡ (P_{32}) cho mật độ nứt vỡ, phân bố luật mũ cho kích cỡ nứt vỡ (chiều dài và tỷ số dài/rộng) [6] và phân bố von Mises-Fisher cho hướng nứt vỡ [2].

Phân bố luật mũ của chiều dài nứt vỡ x thể hiện qua hàm mật độ xác suất sau

$$P(x) = a - \frac{1}{x_{mn}} \left(\frac{x}{x_{mn}} \right)^a \quad (1)$$

trong đó: x_{mn} là chiều dài nhỏ nhất của nứt vỡ, a là hệ số hiệu chỉnh tỉ lệ.

Tỷ số dài/rộng được coi là một hằng số.

Hướng nứt vỡ được thể hiện qua hai góc (góc dốc, góc phương vị), hàm phân bố hướng được cho bởi hàm von Mises-Fisher:

$$f(\omega, \alpha) = \frac{\kappa \sin \alpha \times e^{\kappa \cos \omega}}{2\pi(e^\kappa - 1)} \quad (3)$$

trong đó: α, ω lần lượt là góc dốc và góc phương vị, κ là hệ số Kappa ($\kappa > 0$).

Phương pháp xác định ten sơ độ thấm

Một trong những phương pháp phổ biến cho tính toán ten sơ độ thấm trong hệ thống mạng nứt nẻ rời rạc được phát triển bởi Oda ([5]). Trong phương pháp của Oda, ten sơ độ thấm K_y được tính toán qua phương trình sau:

$$K_y = \frac{1}{12} (P_{kk} \delta_y - P_y) \quad (4)$$

trong đó:

δ_y là Kroenecker delta;

$$P_{kk} = P_{11} + P_{22} + P_{33};$$

P_y được gọi là ten sơ nứt vỡ và được tính toán theo công thức sau:

$$P_y = \frac{1}{V} \sum_{k=1}^N l^2 e^3 n_{yk} n_{yk} \quad (5)$$

với:

V là thể tích của ô lưới;

N là số các nứt vỡ;

l là chiều dài của nứt vỡ;

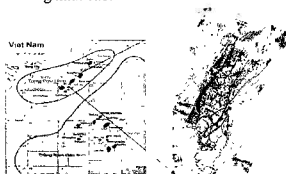
e là độ mở nứt vỡ; và

n_{yk} và n_{yk} là các thành phần của một pháp tuyến đơn vị trực giao với nứt vỡ k .

TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM

Dữ liệu thử nghiệm

Mỏ Bạch Hồ là mỏ dầu khí lớn nhất đã được đưa vào khai thác tại Việt Nam. Mỏ Bạch Hồ nằm ở trung tâm bể Cửu Long. Sơ đồ vị trí và cấu trúc đỉnh móng mỏ Bạch Hồ được trình bày trong Hình 3. Theo các số liệu khảo sát, thân dầu móng mỏ Bạch Hồ là loại đá chứa dầu nứt nẻ - hang hốc bao gồm các hệ thống nứt nẻ micro, macro và các hang hốc, có độ bất đồng nhất cao.

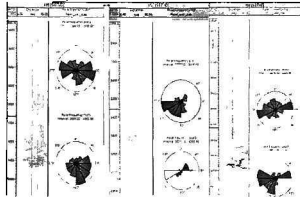


Hình 3. Vị trí và bản đồ cấu tạo nóc móng mỏ Bạch Hồ

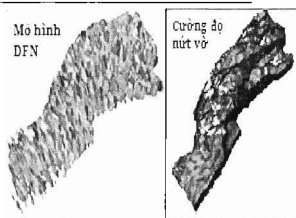
Dữ liệu đầu vào cho mô hình DFN bao gồm các kết quả minh giải FMI tại giếng khoan, bao gồm các thông số độ sâu, loại nứt nẻ, góc dốc và góc phương vị. Ví dụ trên Hình 4 là đồ thị hoa hồng biểu diễn dữ liệu góc dốc của một số giếng mỏ Bạch Hồ. Các dữ liệu này cùng với các dữ liệu phân tích từ mẫu lõi cho trong Bảng 1 [4] được sử dụng để xây dựng nên mô hình mạng nứt nẻ rời rạc (Hình 5).

Bảng 1. Các tham số đầu vào xây dựng mạng nứt nẻ

Tham số	Dip	Amizuth	Chiều dài nứt nẻ (m)	Độ mở nứt nẻ (m)
Trung bình	60.62°	157.28°	77.025	6E-06
Độ lệch chuẩn	19.20°	82.27°	24.32	



Hình 4. Đồ thị hoa hồng biểu diễn góc dốc từ dữ liệu đo đạc thực tế tại một số giếng mỏ Bạch Hồ

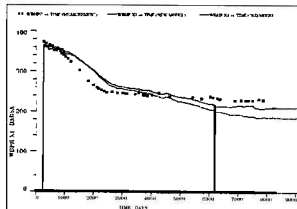


Hình 5. Mô hình DFN và cường độ nứt vỡ

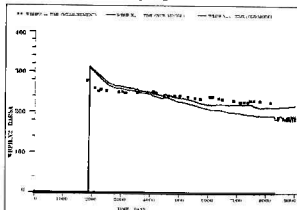
Kết quả tính toán

Sau khi xác định ten sơ độ thấm từ mô hình DFN, kết quả được tiến hành kiểm nghiệm trên trên cơ sở dữ liệu thực tế và các số liệu của mô hình một độ rỗng tại mỏ Bạch Hổ. So sánh được thực hiện giữa các kết quả tính toán của mô hình hiện dùng (OLD MODEL), kết quả tính toán của mô hình với phân bố độ thấm từ mô hình DFN xây dựng ở đây (NEW MODEL) và kết quả đo đạc thực tế (MEASUREMENT).

Kết quả so sánh về áp suất đáy giếng được biểu diễn trong Hình 6 và Hình 7 cho các giếng X1 và X2. Có thể thấy rằng, áp suất đáy giếng tính toán của cả hai mô hình đều cao hơn thực tế trong khoảng thời gian đầu khai thác. Tuy nhiên, mô hình mới (NEW MODEL) cho kết quả tính toán áp suất đáy giếng gần với dữ liệu đo đạc (MEASUREMENT) hơn so với kết quả tính của mô hình hiện dùng (OLD MODEL) trong giai đoạn cuối.

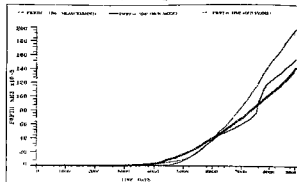


Hình 6. So sánh áp suất đáy đo đạc và tính toán cho giếng X1



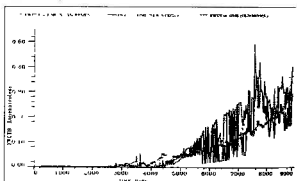
Hình 7. So sánh áp suất đáy đo đạc và tính toán cho giếng X2

Hình 8 biểu diễn so sánh tổng lưu lượng nước khai thác tích lũy tính toán bởi hai mô hình với dữ liệu đo đạc thực tế. Có thể thấy được mô hình mới tính toán tổng lưu lượng nước khai thác tích lũy gần với dữ liệu đo đạc hơn so với mô hình hiện dùng.

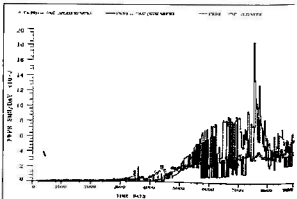


Hình 8. So sánh tổng lưu lượng nước khai thác tích lũy giữa đo đạc và tính toán cho toàn mỏ

Trong Hình 9 và Hình 10 biểu diễn kết quả so sánh độ ngập nước cho toàn mỏ và lưu lượng nước khai thác giữa đo đạc và tính toán của hai mô hình. Từ các hình này cùng đều có thể thấy về kết quả dự báo của mô hình mới gần với dữ liệu đo đạc nhiều hơn so với mô hình cũ.



Hình 9. So sánh độ ngập nước giữa đo đạc và mô phỏng cho toàn mỏ



Hình 10. So sánh lưu lượng nước khai thác giữa đo đạc và mô phỏng cho toàn mỏ

KẾT LUẬN

Phương pháp xác định phân bố độ thấm bằng kỹ thuật mô hình mạng nứt nẻ rời rạc đã được thử nghiệm áp dụng cho để thu nhận một phân bố độ thấm mới cho mô hình mô phỏng vỉa móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ tại Việt Nam. Mô hình mô phỏng với phân bố độ thấm mới được đánh giá qua việc so sánh với mô hình mô phỏng hiện dùng. Kết quả cho thấy phương pháp xác định phân bố thấm bằng kỹ thuật mô hình mạng nứt nẻ rời rạc có khả năng cải thiện kết quả tính toán của mô hình theo hướng nhận được mức độ phù hợp cao hơn giữa tính toán và đo đạc thực tế.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Chương trình KC.09 và Ban chủ nhiệm đề tài KC.09.21/11-15 đã giúp đỡ và cho phép sử dụng kinh phí để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bluma, P., Mackay, R., Riley, M.S., Knight, J.L. (2005), "Performance assessment of a nuclear waste repository: Upscaling coupled hydro-

mechanical properties for far-field transport analysis", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 42, p.781-792, 2005.

2. Fisher, R.A. (1953), "Dispersion on a sphere". *Proceeding of the Royal Society of London. Series A*, 217: 295-305.

3. Lee, C.H., Chang, J.L., Hsu, K.T. (1996), "Investigation of hydraulic aperture at surfaceexposed rock fractures in situ". *Geotechnique* 46, 343-349

4. Mai Văn Bình, Phạm Xuân Sơn (2002). "Định các khoảng triển vọng trong móng nứt nẻ Bạch Hổ, Ròng từ phân tích sóng âm học Stoneley", *Tuyển tập Hội nghị khoa học-kỹ thuật kỉ niệm 20 năm thành lập Vietsovpetro và khai thác tấn dầu thứ 100 triệu*, Tập I, Tr. 162-168.

5. Oda, M (1985), "Permeability tensor for discontinuous rock masses". *Geotechnique*, 35(4), p 483-495.

6. Schlumberger (2010), *Fracture Modeling*, Schlumberger Information Solutions, 5599 San Felipe Suite 1700, Houston, TX 77056-2722.

7. Xionan Wang, Ahmad Ghassemi (2011), "A Three-Dimensional Stochastic Fracture Network Model For Geothermal Reservoir Stimulation", *Department of Petroleum Engineering, Texas A&M University*.

SUMMARY

DETERMINATION CRACK PERMEABILITY TENSOR FROM FRACTURE DISCRETE NETWORK MODEL APPLICATION FOR BASEMENT RESERVOIR FRACTURE IN VIETNAM

Nguyen Van Tuan^{1*}, Nguyen Van Thai², Nguyen The Duc²

¹Thai Nguyen University of Technology - TNU

²Vietnam Petroleum Institute

More than half of all oil-gas reservoirs in the world are Naturally Fractured Reservoirs. Modelling of fluid flow in these types of reservoirs is challenging due to heterogeneity and anisotropy of their permeability distributions.

This paper presents a method of determining distribution of fracture permeability tensor of fractured reservoir from maps of natural fractures by Discrete Fracture Network modelling technique. The method has been applied to obtain a new permeability distribution for simulation model of fractured basement reservoir of Bach Ho field in Vietnam, with the input parameters as aperture, shape, size, direction and permeability from interpretation of core measurements, well tests and well log data. The simulation model with new permeability distribution is evaluated by comparing with the initial simulation model. The result shows that the methodology is very promising in improving the agreement between simulated results and measured field data.

Keyword: Permeability tensor, Fractured reservoir, Discrete fracture network

Ngày nhận bài: 30/10/2015; Ngày phản biện: 26/11/2015; Ngày duyệt đăng: 15/3/2016

Phản biện khoa học: PGS.TS Vũ Ngọc Pi – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp -ĐHTN

* Tel: 0912 526637, Email: nltuan@tntu.edu.vn