

ERSD 2018

KỶ YẾU

**HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

Hà Nội, 07 - 12 - 2018

NHỮNG TIẾN BỘ TRONG XÂY DỰNG



Nhà xuất bản giao thông vận tải

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2018)**

BAN TỔ CHỨC

| | | |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Trưởng ban: | PGS.TS Lê Hải An | |
| Phó trưởng ban: | GS.TS Trần Thanh Hải | |
| | GS.TS Bùi Xuân Nam | |
| Ủy viên: | GS.TS Nhữ Văn Bách | PGS.TS Nguyễn Như Trung |
| | GS.TS Võ Trọng Hùng | TS Đào Duy Anh |
| | GS.TS Võ Chí Mỹ | TS Nguyễn Xuân Anh |
| | GS.TS Trần Văn Trị | ThS Phạm Văn Chinh |
| | PGS.TS Đoàn Văn Cảnh | ThS Phạm Chân Chính |
| | PGS.TS Đỗ Cảnh Dương | TS Trần Quốc Cường |
| | PGS.TS Phùng Mạnh Đắc | TS Nguyễn Đại Đồng |
| | PGS.TS Nguyễn Quang Minh | TS Trịnh Hải Sơn |
| | PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo | TS Lê Ái Thụ |
| | PGS.TS Tạ Đức Thịnh | TS Phạm Quốc Tuấn |

BAN BIÊN TẬP

| | | |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Trưởng ban: | GS.TS Trần Thanh Hải | |
| Phó trưởng ban: | PGS.TS Nguyễn Quang Minh | |
| Ủy viên: | PGS.TS Vũ Đình Hiếu | TS Lê Quang Duyên |
| | PGS.TSKH Hà Minh Hòa | TS Bùi Văn Đức |
| | PGS.TS Lê Văn Hưng | TS Nguyễn Hoàng |
| | PGS.TS Nguyễn Quang Luật | TS Phùng Quốc Huy |
| | PGS.TS Phạm Xuân Núi | TS Nguyễn Thạc Khánh |
| | PGS.TS Khổng Cao Phong | TS Nguyễn Quốc Phi |
| | PGS.TS Nguyễn Hoàng Sơn | TS Vũ Minh Ngạn |
| | PGS.TS Lê Công Thành | TS Phí Trường Thành |
| | PGS.TS Ngô Xuân Thành | TS Dương Thành Trung |
| | TS Lê Hồng Anh | |

LỜI NÓI ĐẦU

Được phép của Bộ Giáo dục và Đào tạo và sự ủng hộ rộng rãi của các tổ chức khoa học và công nghệ trên toàn quốc, Hội nghị Toàn quốc “Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERSD 2018” được tổ chức tại Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG) với sự tham gia và phối hợp tổ chức của nhiều đơn vị quản lý, nghiên cứu khoa học, đào tạo và sản xuất có uy tín gồm Trường Đại học Mở - Địa chất, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Hội Cơ học đá Việt Nam, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam, Hội Kỹ thuật Nô mìn Việt Nam, Hội Công nghệ khoan - Khai thác Việt Nam, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam, Viện Địa chất thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Địa chất và Địa vật lý biển thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - VINACOMIN, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, và Viện Vật lý địa cầu thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam. Hội nghị nhằm tạo một diễn đàn để các nhà khoa học, chuyên gia và các nhà quản lý giới thiệu những kết quả nghiên cứu khoa học mới, trao đổi thông tin, thảo luận và đề xuất các ý tưởng, hướng nghiên cứu mới, nhằm nâng cao chất lượng công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, hướng tới hội nhập quốc tế và phát triển bền vững đối với Khoa học Trái đất và Tài nguyên thiên nhiên và nhiều lĩnh vực khoa học khác có liên quan như Cơ - Điện, Công nghệ Thông tin, Xây dựng,...

Trong quá trình tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức Hội nghị đã nhận được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học, nhà quản lý trong và ngoài nước, trong đó có hơn 300 báo cáo và tóm tắt báo cáo khoa học được gửi tới Ban biên tập. Trên cơ sở đó, Ban Biên tập đã tuyển chọn được 234 báo cáo có chất lượng, phản ánh những kết quả nghiên cứu khoa học công nghệ mới nhất thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau liên quan tới các chủ đề của Hội nghị. Các thông tin khoa học mới được trình bày tại Hội nghị được đăng trong Tuyển tập tóm tắt các báo cáo và Tuyển tập các báo cáo toàn văn của Hội nghị, trong đó toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được ghi trong đĩa CD. Riêng tuyển tập báo cáo toàn văn được in thành 16 tập, mỗi tập ứng với một chủ đề khoa học sau:

1. Địa chất và Tài nguyên địa chất
2. Địa chất công trình - Địa chất thủy văn
3. Công nghệ kỹ thuật mới trong xử lý môi trường
4. Quản lý Tài nguyên và Môi trường
5. Sinh thái môi trường và Phát triển bền vững
6. Những tiến bộ trong Khai thác mỏ
7. Những tiến bộ trong Tuyển khoáng
8. Những tiến bộ trong Xây dựng công trình ngầm
9. Những tiến bộ trong Vật liệu và Kết cấu xây dựng
10. Kỹ thuật Dầu khí tích hợp
11. Trắc địa cao cấp và Quan trắc địa động lực
12. Công nghệ viễn thám và dữ liệu không gian
13. Công nghệ thông tin và ứng dụng
14. Kỹ thuật Điện và Điện tử
15. Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa
16. Kỹ thuật Cơ khí và Động lực

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai và chủ trì Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác và góp phần quan trọng vào sự thành công của Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học đã đóng góp các công trình khoa học cho Hội nghị và đặc biệt là các chuyên gia đã tham gia biên tập để nâng cao chất lượng của báo cáo khoa học.

Mặc dù đã cố gắng biên tập để đảm bảo chất lượng của các báo cáo khoa học nhưng không thể tránh khỏi các lỗi kỹ thuật trong các báo cáo, rất mong nhận được sự cảm thông của tác giả báo cáo và bạn đọc. Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc tổ chức và biên tập, xuất bản các kết quả khoa học của Hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo và góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của các hoạt động nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan

THAY MẶT BAN TỔ CHỨC

MỤC LỤC

TIỂU BAN NHỮNG TIẾN BỘ TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM

| | |
|---|----|
| Nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước tấm đệm neo đến sự phân bố ứng suất và biến dạng trong tấm đệm <i>Đào Việt Đoàn</i> | 1 |
| Về vấn đề khai thác xuống sâu và những thách thức của ngành than Việt Nam <i>Đào Việt Đoàn</i> | 7 |
| Estimating the Radial Displacement on the Tunnel boundary within Efficient Working Area of Rock Tunnelling Quality Index (Q-system) <i>Van Diep Dinh, Ngoc Anh Do, Amund Bruland</i> | 14 |
| Nghiên cứu đề xuất tiêu chuẩn kiểm định kết cấu chống linh hoạt bằng thép áp dụng trong các mỏ hầm lò vùng than Quảng Ninh <i>Khiếu Thị Hà, Đào Việt Đoàn</i> | 21 |
| Lựa chọn công nghệ thi công phù hợp nâng cao tốc độ đào lò đá cho công ty than Nam Mẫu - TKV <i>Ngô Doãn Hào</i> | 28 |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng và chiều dày lớp đá xung quanh thành giếng đứng đến độ ổn định của vỏ chống cố định bằng bê tông liên khối <i>Đặng Văn Kiên, Daniel Dias, Đỗ Ngọc Anh</i> | 34 |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống giếng đứng tại các mỏ lò Việt Nam <i>Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh, Khuất Mạnh Thắng, Đỗ Thế Anh</i> | 40 |
| Áp dụng kết cấu neo chống giữ đường lò dọc vỉa than Công ty cổ phần than Núi Béo -Vinacomin <i>Nghiêm Xuân La, Đào Việt Đoàn</i> | 46 |
| Tính toán vỏ hầm áp lực hai lớp, tiết diện tròn, lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy <i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Duyên Phong</i> | 53 |
| Ảnh hưởng của áp lực nổ mìn đến tính ổn định của vỏ hầm chính khi mở rộng đường hầm phụ dự án hầm Hải Vân <i>Trần Tuấn Minh, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Quang Huy, V.I.Golik</i> | 58 |
| Ảnh hưởng của áp lực nổ mìn đến tính ổn định của vỏ hầm chính khi mở rộng đường hầm phụ dự án hầm Hải Vân <i>Phạm Thị Nhàn</i> | 64 |
| Nghiên cứu quy luật biến dạng phá hủy khối đá xung quanh đường lò trong quá trình khai đào dưới sâu <i>Phạm Thị Nhàn, Ngô Đức Quyền, Nguyễn Tiến Mạnh</i> | 70 |
| A Back Analysis for a Blow-out Case Study in Hochiminh Metro Line 1 <i>Vũ Minh Ngạn</i> | 76 |
| Comprehensive assessment of excavation damaged zone (EDZ) based on analysis of geophysical method in rock mass <i>Hoang Dinh Phuc, Bui Anh Thang</i> | 82 |

| | |
|--|-----|
| Nghiên cứu trạng thái ứng suất và biến dạng của khối đất đá xung quanh đường hầm khi đào qua lớp sét <i>Nguyễn Văn Quang, Lê Hoàng Anh</i> | 90 |
| Đề xuất giải pháp nâng cao khả năng chịu tải của neo trong than <i>Vũ Đức Quyết, Trần Thanh Hùng</i> | 95 |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của động đất đến đường hầm tàu điện ngầm tiết diện ngang hình vuông tại Hà Nội <i>Nguyễn Chí Thành, Phạm Quang Nam</i> | 101 |
| Một số kiến nghị, đề xuất nâng cao hiệu quả thiết kế, thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ <i>Đặng Trung Thành</i> | 106 |
| Đánh giá ảnh hưởng của việc xây dựng công trình ngầm tới công trình trên bề mặt <i>Nguyễn Tài Tiến, Nguyễn Văn Quang</i> | 111 |

TIỂU BAN

NHỮNG TIẾN BỘ TRONG VẬT LIỆU VÀ KẾT CẤU XÂY DỰNG

| | |
|--|-----|
| Mô hình tính toán mức độ thủy hóa các chất kết dính thành phần trong hồ xi măng <i>Nguyễn Trọng Dũng</i> | 119 |
| Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ số quá cố kết OCR đến sự hóa lỏng tinh của cát Fontainebleau <i>Đặng Quang Huy, Reiffsteck Philippe</i> | 125 |
| Numerical modeling of unreinforced and reinforced piled embankments. Part I: Numerical modeling sequence <i>Hung V. Pham</i> | 131 |
| Đánh giá khả năng xuất hiện vết nứt do ứng suất nhiệt trong móng bê tông khối lớn ở tuổi sớm <i>Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diễm, Ngô Xuân Hùng, Đặng Văn Phi, Boris Bulgakov</i> | 137 |
| Nghiên cứu mô phỏng quá trình sinh nhiệt và truyền nhiệt khi thủy hóa bê tông xi măng bằng phần mềm FLAC3D <i>Nguyễn Văn Mạnh</i> | 143 |
| Nghiên cứu xác định các thông số vật liệu và ứng xử của kết cấu dựa trên kết quả đo tại hiện trường <i>Đặng Văn Phi, Đinh Hải Nam, Tăng Văn Lâm</i> | 149 |
| Mô hình lưới Thủy – Cơ đánh giá độ thấm của bê tông cốt thép <i>Phạm Đức Thọ, Bùi Anh Thắng</i> | 155 |
| Application of controlled low strength materials (CLSM) in highway construction: experimental and numerical analysis <i>Thu Thi Do, Ngoc-Anh Do, Young-sang Kim, Hyeong-Ki Kim, Tan Manh Do</i> | 161 |

Nghiên cứu mô phỏng quá trình sinh nhiệt và truyền nhiệt khi thủy hóa bê tông xi măng bằng phần mềm FLAC3D

Nguyễn Văn Mạnh^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Trong quá trình bê tông đông cứng là quá trình thủy hóa xi măng trong bê tông. Phản ứng thủy hóa xi măng là loại phản ứng chậm dần và kéo dài rất lâu. Đây là loại phản ứng sinh nhiệt. Quá trình thủy hóa có thể được chia thành nhiều quá trình vật lý khác nhau, trong đó quá trình cơ và nhiệt được xem là phổ biến nhất. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự sinh nhiệt và truyền nhiệt trong quá trình thủy hóa xi măng bằng phần mềm FLAC3D. Kết quả mô phỏng có thể cho phép dự báo, kiểm soát lượng nhiệt sinh ra và sự phân bố của chúng trong kết cấu bê tông cũng như ảnh hưởng của ứng suất nhiệt sinh ra trong quá trình thủy hóa bê tông xi măng đến sự phát triển cường độ của bê tông.

Từ khóa: bê tông; thủy hóa; sinh nhiệt; truyền nhiệt

1. Đặt vấn đề

Quá trình thủy hóa xi măng trong bê tông là một quá trình phản ứng hóa học chậm dần và thường kéo dài rất lâu. Điều này cho thấy cường độ của bê tông tăng dần theo thời gian. Tuy nhiên, càng về sau, tốc độ tăng cường độ của bê tông càng chậm. Theo kết quả nghiên cứu của Phùng Văn Lự, 2006 cho thấy rằng hàm lượng xi măng trong bê tông chưa thủy hóa sau 28 ngày khoảng 20% hàm lượng toàn bộ hạt. Quá trình thủy hóa xi măng là loại phản ứng có sinh nhiệt (chủ yếu do thành phần C3A và C3S thủy hóa sinh ra).

Trong quá trình bê tông đông cứng, do sự thủy hoá của xi măng đã sinh ra lượng nhiệt rất lớn, làm cho nhiệt độ trong khối bê tông tăng cao, do tính chất dẫn nhiệt của bê tông kém nên nhiệt lượng sinh ra tập trung vào trong khối bê tông làm tăng nhiệt độ trong bê tông gây ra chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài khối bê tông. Nhiệt độ trong khối bê tông cao hơn nhiệt độ môi trường bên ngoài khối bê tông. Theo thời gian, nhiệt độ trong khối bê tông sẽ giảm dần tới mức ổn định. Quá trình phát sinh nhiệt khi thủy hóa xi măng gây ra ứng suất nhiệt là một trong những nguyên nhân gây ra các vết nứt trong kết cấu bê tông, làm giảm tuổi thọ công trình (Bùi Đức Vinh và nnk, 2005; Hồ Ngọc Khoa và Vũ Chí Công, 2012).

Sự hình thành và phân bố trường nhiệt trong bê tông phụ thuộc cơ bản vào các yếu tố như: số lượng hạt cốt liệu, hình dạng hạt cốt liệu, loại và hàm lượng xi măng, các tính chất về nhiệt của vật liệu, tốc độ tỏa nhiệt, hình dạng - kích thước kết cấu, cấp phối bê tông, phương pháp bảo dưỡng bê tông, môi trường xung quanh kết cấu ...v.v. Trong thi công các công trình dân dụng và công nghiệp hiện nay có nhiều kết cấu có khối lượng rất lớn như đầm chuyên, đài móng, móng máy, đập ...v.v. Với những kết cấu này lượng nhiệt thủy hóa xi măng là rất lớn.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu quá trình sinh nhiệt và truyền nhiệt khi thủy hóa bê tông xi măng bằng chương trình FLAC3D. Quá trình mô phỏng được thực hiện theo các bước: phát sinh nhiệt và truyền nhiệt bằng các mô hình nhiệt; quá trình đông cứng và phát triển cường độ bằng các mô hình cơ học. Phần mềm sử dụng mô hình thủy hóa được đề xuất bởi Onken và Rostasy, 1995 trong tính toán mô phỏng.

2. Lý thuyết về truyền nhiệt và ứng suất do hiệu ứng nhiệt

Tốc độ thủy hóa được định nghĩa là tỉ số giữa lượng nhiệt sinh ra tại thời điểm đang xét Q (J/m^3) và lượng nhiệt sinh ra lớn nhất của quá trình thủy hóa Q_{max} (J/m^3):

$$\alpha(t_e) = \frac{Q(t_e)}{Q_{max}} \quad (1)$$

trong đó:

t_e là tuổi của bê tông.

Thời gian thủy hóa phụ thuộc vào nhiệt độ của bê tông. Do vậy, độ dẫn nhiệt của vật liệu thủy hóa và nhiệt độ môi trường ban đầu có vai trò quan trọng trong quá trình truyền nhiệt. Nhiệt độ môi trường thấp hơn sẽ dẫn đến thời gian thủy hóa lâu hơn và nhiệt độ sinh ra nhỏ hơn. Ngược lại, khi nhiệt độ môi trường

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvanmanh@hmg.edu.vn

cao hơn, quá trình thủy hóa sẽ diễn ra nhanh hơn và nhiệt độ sinh ra sẽ lớn hơn. Khi đó tuổi bê tông được xác định như sau:

$$t_e = \int_0^t e^{\frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T_{Ref}} - \frac{1}{T} \right)} dt \quad (2)$$

trong đó:

R là hằng số khí ($R = 8,314 \text{ J/K/mol}$);

E_A là năng lượng hoạt động (J/mol);

T_{Ref} là nhiệt độ tham chiếu (K) được lấy bằng 20°C ;

T là nhiệt độ của vật liệu (K).

Lượng nhiệt sinh ra trong quá trình thủy hóa của xi măng trong bê tông được tính như sau:

$$Q(t_e) = C \cdot Q_{Ce}(t_e) \quad (3)$$

$$Q_{max} = C \cdot Q_{Ce,max} \quad (4)$$

trong đó:

C là hàm lượng vật liệu kết dính xi măng (kg/m^3);

Q_{Ce} là tổng lượng nhiệt do quá trình thủy hóa sinh ra đến thời điểm xét (J/kg);

$Q_{Ce,max}$ là tổng lượng nhiệt sinh ra cho đến khi quá trình thủy hóa kết thúc (J/kg).

Từ phương trình (3) và (4) và (1), nhiệt lượng giải phóng tại thời điểm xét là:

$$q(t_e) = Q(t_e) = \alpha \cdot C \cdot Q_{Ce,max} \quad (5)$$

Nếu không có bất kỳ điều kiện hạn chế nào thì quá trình thủy hóa sẽ xảy ra trong phạm vi $\alpha = [0, 1]$. Trong quá trình đó, nhiệt luôn luôn được sinh ra và tổng lượng nhiệt sinh ra khi quá trình kết thúc là Q_{max} . Tuy nhiên, quá trình này có thể bị hạn chế bởi những yếu tố về vật lý. Do đó, có hai điều kiện biên, một là phụ thuộc vào nhiệt độ, thứ hai là phụ thuộc vào tốc độ thủy hóa:

$$q(t_e) = \begin{cases} q(t_e) & T \leq T_{max,q} \\ 0 & T \geq T_{max,q} \end{cases} \quad (6)$$

$$q(t_e) = \begin{cases} q(t_e) & \alpha \leq \alpha_{max,q} \\ 0 & \alpha \geq \alpha_{max,q} \end{cases} \quad (7)$$

Mức độ thủy hóa còn phụ thuộc vào tuổi tương ứng của bê tông theo phương trình (2), đây là một hàm mũ với hai tham số vật liệu Jonasson b là t_1 như sau:

$$\alpha(t_e) = e^{-\left(\ln\left(1 + \frac{t_e}{t_1}\right)\right)^b} \quad (8)$$

Tuổi tương đương của bê tông được tính theo phương trình (2). Trong đó tham số vật liệu duy nhất là năng lượng hoạt động E_A . Năng lượng hoạt động E_A là một hàm số của nhiệt độ như sau (Onken và Rostasy, 1995):

$$E_A(T) = \begin{cases} E_{A,1} + dE_{A,T} \cdot (T_{0,EA} - T) & T \leq T_{0,EA} \\ E_{A,1} & T \geq T_{0,EA} \end{cases} \quad (9)$$

trong đó:

$E_{A,1} = 30 \text{ kJ/mol}$;

$dE_{A,T} = 1,47 \text{ kJ/mol/K}$;

$T_{0,EA} = 293^\circ\text{K}$.

Quá trình truyền nhiệt được giả thiết là đẳng hướng và là hàm số của nhiệt dung riêng (c_p) và độ dẫn nhiệt (λ) như sau:

$$c_p = c_{p,1} \cdot (1 + dc_{p,\alpha} \cdot \alpha) (1 + dc_{p,T} \cdot T) \quad (10)$$

$$\lambda = \lambda_1 \cdot (1 + d\lambda_\alpha \cdot \alpha) (1 + d\lambda_T \cdot T) \quad (11)$$

3. Sử dụng mô hình Drucker-Prager để mô phỏng quá trình thủy hóa

Phần mềm FLAC3D sử dụng mô hình Drucker-Prager cải tiến để mô phỏng quá trình thủy hóa của xi măng. Trong đó tính chất đàn hồi và độ bền của bê tông phụ thuộc vào tốc độ thủy hóa (Hinze, 1987). Ở đây cần chú ý đến giá trị tốc độ thủy hóa tối thiểu α_0 - đây là giá trị thể hiện sự chuyển đổi giữa hai trạng thái huyền phù và rắn cứng. Khi tốc độ thủy hóa vượt quá giá trị α_0 , độ bền và độ cứng của bê tông không còn phụ thuộc tuyến tính vào tốc độ thủy hóa. Khi đó, mô đun đàn hồi E của bê tông trong quá trình thủy hóa được xác định như sau:

$$E(\alpha) = E_{cte} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right)^a \quad (12)$$

trong đó:

E_{cte} là mô đun đàn hồi của bê tông sau khi kết thúc quá trình thủy hóa (Pa);

a là số mũ lũy thừa.

Độ bền nén (σ_c) và độ bền kéo (σ_t) của bê tông được xác định như sau:

$$\sigma_c(\alpha) = 0,85 \cdot \left(\frac{f_{ctc}}{c} \cdot \frac{\alpha - \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right)^{3/2} \quad (13)$$

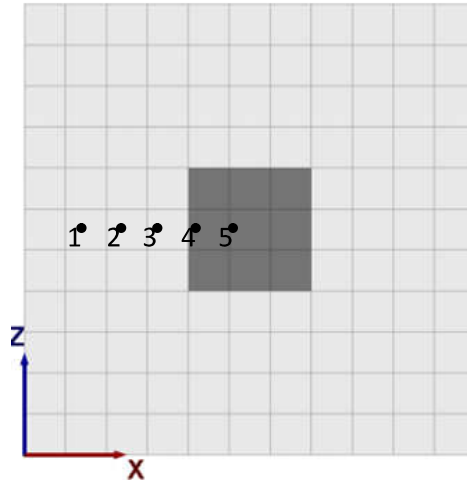
$$\sigma_t(\alpha) = f_{ctc} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_0}{1 - \alpha_0} \right) \quad (14)$$

trong đó:

f_{ctc} là độ bền nén của bê tông sau khi kết thúc quá trình thủy hóa;

c là tham số vật liệu.

Xét một khối bê tông có kích thước 3m x 1m x 3m được bao xung quanh bởi khối vật liệu đàn hồi, đẳng nhiệt có kích thước 11m x 1m x 11m như trên hình 1. Các thông số vật liệu bê tông như trong bảng 1. Các thông số vật liệu đàn hồi đẳng nhiệt được cho trong bảng 2.



Hình 1. Mô hình bài toán và các điểm khảo sát sự thay đổi nhiệt độ

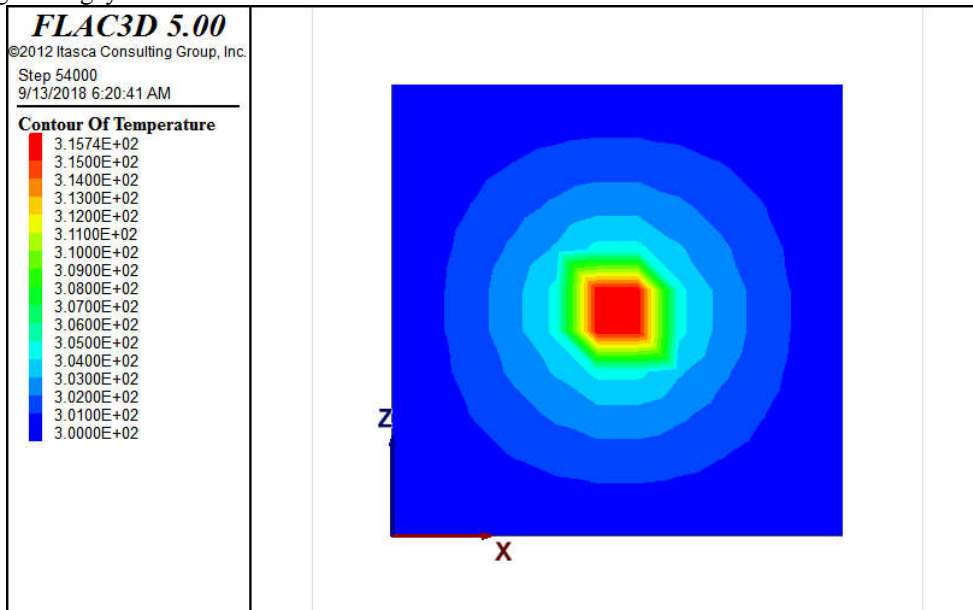
Bảng 1. Các tham số đặc trưng của vật liệu bao quanh khối bê tông

| TT | Tham số | Đơn vị | Giá trị |
|----|---------------------------------|-------------------------|-----------|
| 1 | Mô đun đàn hồi khối, K | MPa | 1000 |
| 2 | Mô đun trượt, G | MPa | 700 |
| 3 | Nhiệt dung riêng, C_p | J/kg/K | 0,2 |
| 4 | Hệ số dẫn nhiệt, k | W/m/K | 20 |
| 5 | Hệ số giãn nở nhiệt, α_t | $^{\circ}\text{C}^{-1}$ | 10^{-4} |

Bảng 2. Các tham số đặc trưng của vật liệu bê tông

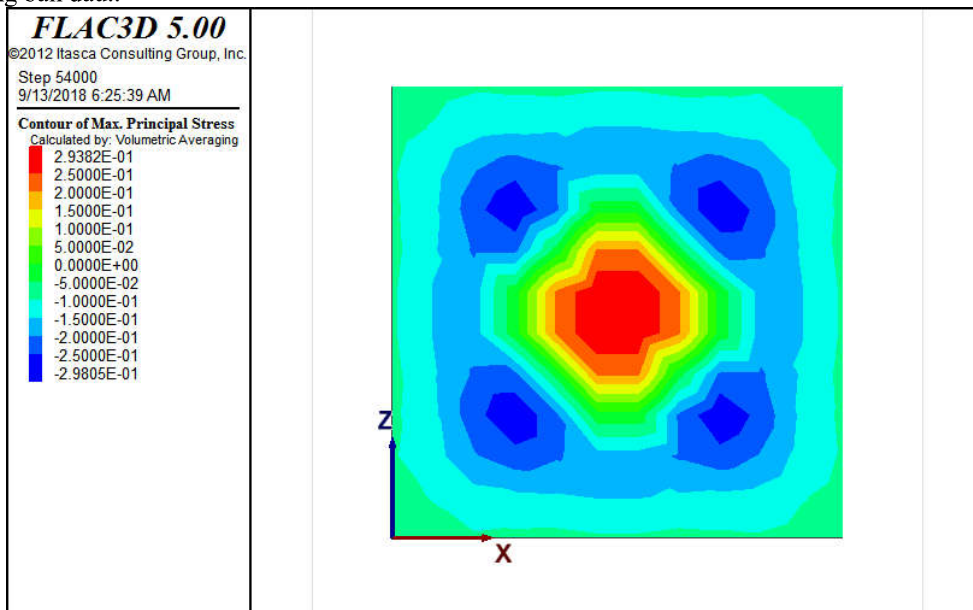
| TT | Tham số | Đơn vị | Giá trị |
|----|--|-------------------------|------------------|
| 1 | Lượng nhiệt tỏa ra lớn nhất, $Q_{Ce,max}$ | J/kg | 10^5 |
| 2 | Mật độ xi măng, C | Kg/m ³ | 330 |
| 3 | Tham số vật liệu, b | | -1,114 |
| 4 | Tham số vật liệu, t_1 | s | $7,2 \cdot 10^4$ |
| 5 | Hằng số khí, R | J/mol | 8,314 |
| 6 | Năng lượng hoạt động, $E_{A,1}$ | J/mol | 33,5 |
| 7 | Năng lượng hoạt động, $dE_{A,T}$ | kJ/mol/K | 1,47 |
| 8 | Nhiệt dung riêng, $C_{P,1}$ | J/kg/K | 0,2 |
| 9 | Hệ số dẫn nhiệt, λ_1 | W/m/K | 2 |
| 10 | Hệ số giãn nở nhiệt, α_t | $^{\circ}\text{C}^{-1}$ | 10^{-5} |
| 11 | Tốc độ thủy hóa tối thiểu của xi măng, α_0 | | 0,2 |
| 12 | Mô đun đàn hồi của bê tông sau thủy hóa, E_{ctc} | MPa | 1000 |
| 13 | Tham số vật liệu, c | | 0,4 |
| 14 | Tham số vật liệu, a | | 0,6 |
| 15 | Giá trị nhỏ nhất của $(\alpha - \alpha_0)$ | | 10^{-4} |

Sau khi xây dựng mô hình, tiến hành chạy chương trình với quá trình sinh nhiệt và truyền nhiệt trong thời gian 2 ngày.



Hình 2. Đường đồng mức nhiệt trong mô hình ($^{\circ}K$)

Hình 2 cho thấy, trong quá trình thủy hóa, nhiệt độ lớn nhất sinh ra trong khối bê tông, sau đó truyền sang khối vật liệu bao bên ngoài. Nhiệt độ trong khối bê tông tăng lên khoảng $15^{\circ}C$ so với nhiệt độ môi trường ban đầu..



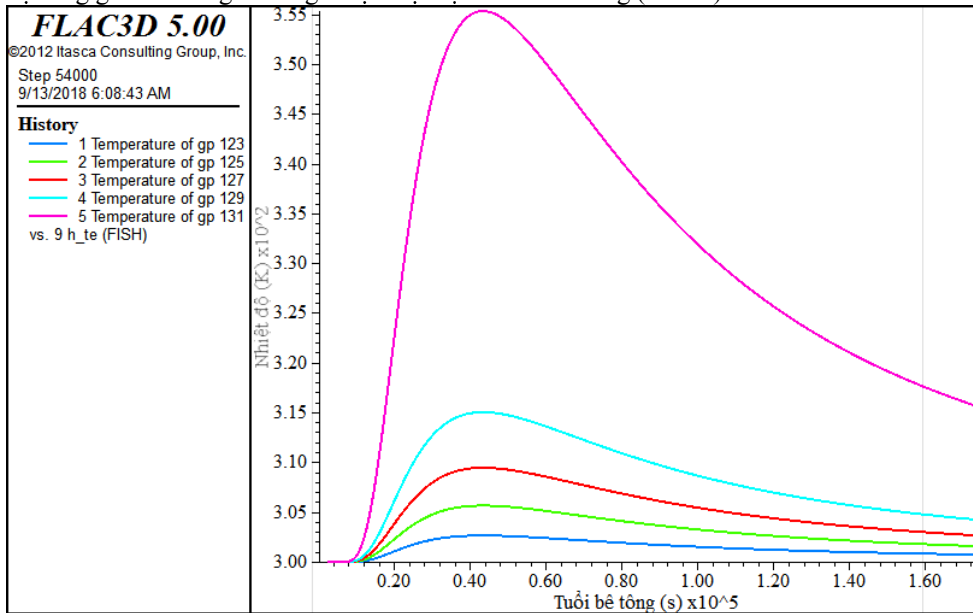
Hình 3. Đường đồng mức thành phần ứng suất chính do nhiệt

So sánh hình 2 với hình 3 cho thấy khi nhiệt độ trong khối bê tông tăng lên do quá trình thủy hóa sẽ sinh ra các ứng suất nhiệt. Vị trí có nhiệt độ càng cao thì ứng suất cũng càng lớn. Có thể quan sát thấy trong mẫu vừa xuất hiện ứng suất nén, vừa xuất hiện ứng suất kéo. Đây chính là nguyên nhân có thể gây nứt bê tông trong quá trình đông cứng.

Hình 4 là kết quả sự thay đổi nhiệt độ tại 5 vị trí khảo sát khác nhau có tọa độ lần lượt là 1(1,0,5); 2(2,0,5); 3(3,0,5); 4(4,0,5) và 5(5,0,5) theo tuổi của bê tông.

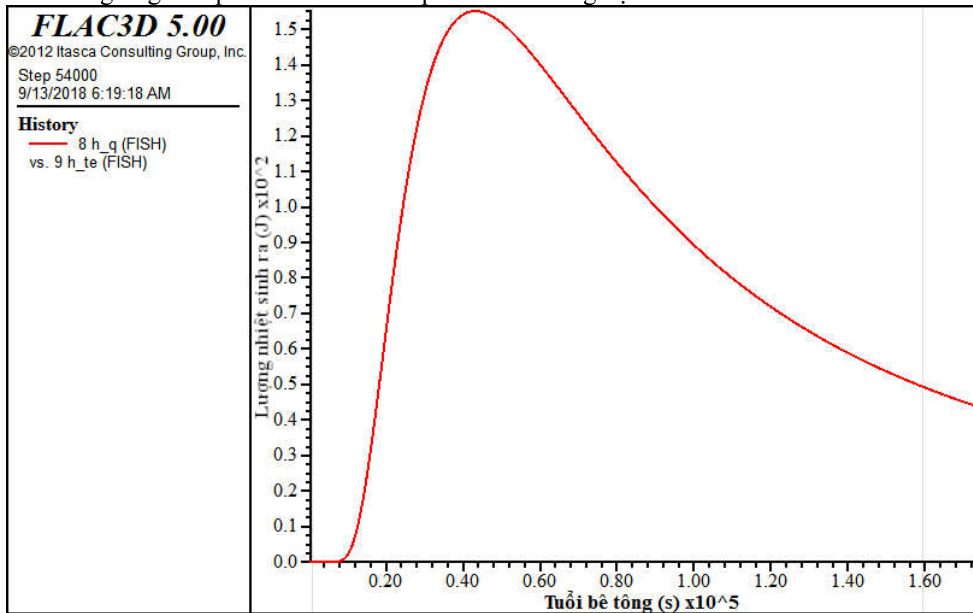
Nhiệt sinh ra do quá trình thủy hóa tăng nhanh trong khoảng từ 10 đến 12 giờ (thời điểm sau khi kết thúc quá trình ninh kết) và sau đó giảm dần (quá trình kết khối và phát triển cường độ). Nhiệt độ lớn nhất

phát sinh trong khối bê tông, sau đó lan truyền ra khối vật liệu bao xung quanh, càng xa khối bê tông nhiệt độ càng giảm và về gần với giá trị nhiệt độ của môi trường (300°K).



Hình 4. Sự thay đổi nhiệt độ của 5 điểm khảo sát theo tuổi bê tông

Hình 5 biểu diễn kết quả sinh nhiệt trong quá trình thủy hóa theo tuổi của bê tông. Kết quả cho thấy lượng nhiệt sinh ra tăng dần cho đến khoảng 10 đến 12 giờ - là thời điểm kết thúc ninh kết - và sau đó giảm dần tương ứng với quá trình kết rắn và phát triển cường độ.



Hình 5. Quá trình sinh nhiệt theo tuổi bê tông

4. Kết luận

Bài báo trình bày ảnh hưởng của quá trình thủy hóa xi măng đến sự phát sinh nhiệt và truyền nhiệt trong khối bê tông. Nhiệt sinh ra trong quá trình thủy hóa gây ra các ứng suất nhiệt trong khối bê tông và có thể gây ra các vết nứt trong cấu trúc bê tông non tuổi, gây hư hỏng công trình. Sử dụng chương trình FLAC3D (phương pháp sai phân hữu hạn) để mô phỏng sự phát sinh nhiệt và truyền nhiệt trong quá trình thủy hóa xi măng cũng như sự hình thành ứng suất nhiệt gây hại cho chất lượng bê tông. Kết quả cho thấy lượng nhiệt sinh ra lớn nhất trong quá trình ninh kết bê tông, khi chuyển sang giai đoạn kết khối và phát triển cường độ thì nhiệt sinh ra giảm dần. Cường độ của bê tông bắt đầu phát triển sau khoảng thời gian 18h, và phát triển tương đối nhanh sau đó.

Từ kết quả phân tích mô phỏng có thể cho phép dự báo, kiểm soát lượng nhiệt sinh ra và sự phân bố của chúng trong kết cấu bê tông. Đồng thời đánh giá được mức độ nguy hiểm của các thành phần ứng

suất nhiệt và biến dạng nhiệt. Từ đó giúp cho người thiết kế có thể đưa ra một quy trình thi công, bảo dưỡng bê tông thích hợp để đạt được chất lượng bê tông tốt nhất theo thiết kế.

Tài liệu tham khảo

Bùi Đức Vinh, Nguyễn Văn Chánh, Chu Quốc Thắng, 2005. Phân tích phân bố nhiệt hydrat và ứng suất trong cấu trúc bê tông để kiểm soát sự gây nứt của công trình bê tông cốt thép. *Hội nghị khoa học “Sự cố và hư hỏng công trình xây dựng”*, Hà Nội 11/2005.

Hinze, D., 1987. *Zur Beurteilung des physikalischen nicht-linearen Betonverhaltens bei mehrachsigen Spannungszustand mit Hilfe differenzieller Stoffgesetze unter Anwendung der FEM*. Thesis, Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar.

Hồ Ngọc Khoa, Vũ Chí Công, 2012. Phân tích trường nhiệt độ và ứng suất nhiệt trong bê tông khối lớn bằng phương pháp phần tử hữu hạn. *Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng*, số 14/12-2012.

Onken, P., and F. Rostásy, 1995. Wirksame Betonzugfestigkeit im Bauwerk bei früh einsetzendem Temperaturzwang. *DA/Stb Heft 449*. Berlin: Beuth-Verlag.

Phùng Văn Lự, 2006. *Giáo trình Vật liệu xây dựng*. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.

ABSTRACT

A study on the hydration of Portland cement by using FLAC3D

Nguyen Van Manh¹

¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

The hydration of cement is an exothermic reaction. The analysis of temperature fields and thermal stresses in concrete structures is highly significant for preventing concrete from cracking. This paper presents the numerical solution (thermal model in FLAC3D program) for hydration process in the concrete structures which includes heat hydration generation, heat propagation, hardening and strength development of the concrete. Based on the numerical modeling, it can be predicted the development of the temperature field and thermal stress in concrete structures at the first stage of curing duration, which could be useful for the designers to propose appropriate solutions in preventing thermal cracks due to heat of hydration of cement.

Keywords: concrete; hydration; heat generation; heat transfer

ISBN: 978-604-76-1753-1



9 786047 617531