

Đánh giá các cốt liệu dùng cho bê tông cản xạ ở Mỹ (Các phương pháp kiểm tra thạch học của các cốt liệu có độ đặc cao và chứa bo)

Bê tông cản xạ (RSC) được dùng trong các nhà máy điện hạt nhân, trong các cơ sở y tế để chữa bệnh bằng phóng xạ, trong các cơ sở nghiên cứu hạt nhân, và làm các thiết bị chứa lưu trữ và vận chuyển chất thải phóng xạ. Trong các hỗn hợp RSC, các cốt liệu độ đặc cao được sử dụng để làm yếu các tia gamma và các cốt liệu có khối lượng nguyên tử nhẹ được dùng để hút các neutron, bởi vậy các tính chất của chúng và tỷ lệ cấp phối của chúng sẽ ảnh hưởng tới các tính chất cản xạ của hỗn hợp.

Các cốt liệu phổ biến nhất có nguồn gốc thiên nhiên thường dùng trong RSC được sản xuất từ quặng gồm các khoáng có độ đặc cao như hermatite, ilmenite, magnetite và barite. Các cốt liệu khác dùng trong RSC gồm các cốt liệu chứa nước liên kết; được chế tạo từ quặng sắt ngâm nước, serpentine, hay bauxite, và các cốt liệu có chứa bo, được sản xuất từ quặng bo thiên nhiên.

Tiêu chuẩn ASTM C637-09 “Tiêu chuẩn phân loại cốt liệu dùng cho bê tông cản xạ (RSC)”, có liên quan tới tiêu chuẩn ASTM C33/C33M-11a “Tiêu chuẩn phân loại cốt liệu”, cung cấp hướng dẫn chung về những yêu cầu và những vấn đề cần chú ý đối với cốt liệu dùng cho RSC, bao gồm thành phần khoáng; độ đặc; cấp cốt liệu; các chất có hại; chất lượng tốt (soundness); tạp chất hữu cơ; độ kháng mài mòn; và phụ thuộc vào loại cốt liệu, lượng nước liên kết và vật chất tan trong nước. Trong khi các phân loại theo ASTM bao gồm những yêu cầu đối với các thử nghiệm vật lý và hoá học đối với cốt liệu dùng trong RSC, chưa thấy có qui định nào hiện nay về kiểm tra thạch học dành riêng cho các cốt liệu loại này.

ASTM C294-12 “Tiêu chuẩn danh mục các thành phần của cốt liệu bê tông”, và ASTM C295/C295M-12 “Tiêu chuẩn hướng dẫn kiểm tra thạch học của các cốt liệu bê tông”, được sử dụng để kiểm tra thạch học các cốt liệu áp dụng chung cho bê tông”. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn này không giải thích hay mô tả riêng các cốt liệu quặng sắt hay cốt liệu quặng bo dùng cho RSC. Bài viết này mô tả các phương pháp kiểm tra thạch học có thể áp dụng để đánh giá các cốt liệu dùng cho RSC.

Các tiêu chuẩn phân loại và tiêu chuẩn công nghiệp

Các cốt liệu dùng cho RSC được phân loại trong ASTM C637, ASTM C638-09 “Tiêu chuẩn danh mục các thành phần của cốt liệu dùng cho bê tông cản xạ (RSC)” được áp dụng thay cho ASTM C637 cung cấp những mô tả riêng của một số thành phần quan trọng gặp trong thiên nhiên hay tổng hợp được của các cốt liệu dùng cho RSC. Những hướng dẫn bổ sung cho việc đo, trộn, vận chuyển, và đổ bê tông độ đặc cao dùng cho bê tông cản xạ có thể tìm thấy trong tiêu chuẩn ACI 221R-96, ACI 304R-00, và ACI 304.3R-96.

Các nhóm cốt liệu

ASTM C638 chia thành 2 nhóm cốt liệu dùng trong RSC: Nhóm 1 (cản tia gamma) và Nhóm 2 (cản neutron). Nhóm 1 gồm các khoáng và đá có tỷ trọng cao, Nhóm 2 gồm các khoáng và đá có hiệu quả đặc biệt trong việc hấp thụ các neutron mà không sinh ra các tia gamma đâm xuyên cao - các khoáng có chứa chất bo. Các loại phổ biến nhất của nhóm 1 và 2 được mô tả trong bảng 1 và 2 tương ứng.

Bảng 1: Cốt liệu thiên nhiên nhóm 1 nói chung dùng để cản tia gamma (trên cơ sở ASTM C638)

Tên gọi	Nguồn gốc chính	Đặc điểm
Hematite	Nam Mỹ, châu Phi	Các mỏ quặng hematite lớn nhất có nguồn gốc từ những dải trầm tích biến tính và đôi khi do dung nham núi lửa kết tủa. Các dải hình thành có thể chứa sắt trong đá cacbonat hay silicat. Những tạp chất lẫn trong hematite gồm có đá gốc phi quặng và các khoáng gangue. Các nguồn thay đổi (giữa và trong các mỏ) theo độ cứng, độ chặt, lượng tạp chất, mức độ phong hoá và độ ổn định đối với việc sử dụng làm cốt liệu bê tông.
Ilmenite	Quebec	Các mỏ quặng Ilmenite có thể gồm các tinh thể lớn, khối lớn, những loại đá cứng. Nhiều mỏ có chứa Ilmenite phổ biến trong đá so với khoáng hình thành đá chính. Các tạp chất chủ yếu gồm các thành phần của đá gabro onorthositic. Các nguồn biến động (ở giữa và trong các mỏ) phụ thuộc vào thành phần, độ cứng và mức độ tiện dụng làm cốt liệu bê tông.
Goethite	Utah, Michigan	Goethite gặp ở dạng trầm tích hoặc dạng khoáng nguyên sinh trong các mỏ thủy nhiệt. Các mỏ thay đổi từ đá cứng, thô, khối lớn tới mềm, đất dẻo; sự biến đổi đó thường gặp trong phạm vi các mảnh cỡ 1 inch.
Limonite	Utah, Michigan	Limonite là tên khởi nguồn của các oxide sắt ngậm nước chưa rõ thành phần; thường goethite và có thể là các hỗn hợp của goethite và hematite, limonite có thành phần sắt cao cũng được gọi là quặng sắt nâu. Thường chúng chứa cát, keo silic, đất sét và các tạp chất khác.
Magnetite	Nevada, Wyoming,	Các mỏ quặng magnetite xen kẽ với các loại đá biến chất, núi lửa hay trầm tích, cũng xen kẽ với hematite

	Montana	và ilmenite. Các mỏ có thể ở dạng đặc, thô, thường là đá hạt to. Các tạp chất kèm theo với magnetite có thể gồm chủng loại rộng khoáng tạo thành đá và các khoáng khác.
Barite	Nevada, Tennessee	Barite cũng được biết đến như borite, gặp ở ven tiếp giáp của nhiều loại đá, tập trung trong đá trầm tích, và thường có hòn nhỏ lẫn trong đất sét hình thành do hoà tan của các đá trầm tích.

Bảng 2: Các cốt liệu nhóm 2 nói chung để cản neutron(trên cơ sở ASTM C638)

Tên gọi	Nguồn gốc chính	Đặc điểm
Colemanite	California	Tìm thấy ở các mỏ bốc hơi của các môi trường kiềm lacustrine. Thường là các khoáng xen kẽ gồm khoáng ulexite và các khoáng bo khác, thạch cao, calcite và celestrine.
Borocalcite	Thổ nhĩ kỳ	Borocalcite thuộc về các mỏ quặng bo ở Thổ nhĩ kỳ, có thể là ulexite hay colemanite hay hỗn hợp của cả hai(ASTM C638). Ulexite tìm thấy trong các mỏ bốc hơi ở các vùng khô; chúng thường lẫn với colemanite và các khoáng bo khác, glauberite, trona, mirabikite, calcite, thạch cao và halite.

Các cốt liệu dùng cho RSC

Các cốt liệu dùng cho RSC cần phải tương đối sạch, không chứa các chất độc hại, và trơ về hoá học. Việc định dạng chính xác và đánh giá các chất độc hại này thường chiếm phần quan trọng nhất trong việc kiểm tra thạch học. Phân loại chung các chất tương đối độc hại trong cốt liệu (dựa trên ASTM C33, ASTM C294, ASTM C295, và tài liệu tham khảo 5) gồm có:

- Các hạt đá có xu hướng vỡ nở ra khi tiếp xúc với nước, như các tảng đất sét và đá vôi chứa đất sét nở;
- Các thành phần chứa silic của cốt liệu được biết sẽ kết hợp với chất hoạt tính kiềm-silic (ASR) tương đối độc hại;
- Đá chứa sulfate và các khoáng, gồm thạch cao và anhydrite, có thể tham gia phản ứng sulfate độc hại trong bê tông;

- Các hạt đá có xu hướng vỡ thành những mảnh nhỏ hơn do sự yếu sẵn có của chính bản thân các hạt đó, gồm các cục đất sét, phiến sét liên kết kém và cát kết mềm;

- Các tạp chất hữu cơ như than đá, lignite, gỗ.

Nếu các hạt cốt liệu có lớp vỏ bọc, thì các vỏ cần được đánh giá về lượng chất độc hại trong đó như các muối hoà tan, các chất hữu cơ, opal hay thạch cao. Liên kết của các vỏ với các hạt cũng cần được đánh giá phân loại. Bảng 3 tổng hợp các chất độc hại nói chung có lẫn trong các cốt liệu sử dụng trong bê tông cần xạ RSC.

Định dạng các pha kim loại

Các cốt liệu tỷ trọng cao được sử dụng trong bê tông RSC được sản xuất từ các mỏ có chứa các pha kim loại mờ đục tạo ra các tính chất cản cho RSC. Các cốt liệu cũng chứa những lượng khác nhau của các pha phi kim loại, mà có thể chứa cả các khoáng đá gốc phi kim loại/các khoáng gangue và các chất độc hại.

Như đã trình bày trong đoạn 7.5 của ACI 221R “Trong phần lớn các trường hợp, thành phần hoá chính xác của các cốt liệu nặng không thực sự cần thiết bằng việc xác định tỷ trọng yêu cầu của nó”. Tuy nhiên, nếu cần thì các pha kim loại đục được định dạng và phân loại bằng cách kết hợp phương pháp hoá học và thạch học: Chiếu ánh sáng lên kính hiển vi điện tử, kính hiển vi điện tử quét/quang phổ kế tia X năng lượng phân tán (SEM/EDX), huỳnh quang tia X (XRF), và nhiễu xạ tia X (XRD). Các tạp chất hay chất độc hại được định dạng tốt nhất bằng kính hiển vi điện tử truyền ánh sáng.

Bảng 3: Các chất khá độc hại trong cốt liệu bê tông cần xạ RSC

Các chất độc hại	Các mỏ khoáng	Ảnh hưởng
Đất sét	Các barite và borate khô thường chứa đất sét. Goethite và limonite có thể chứa đất sét và cũng có thể trở thành dễ vỡ vụn, bởi vậy chúng có thể tạo ra một lượng đáng kể hạt nhỏ mịn. Một số cốt liệu quặng sắt trầm tích có thể chứa đất sét.	Đất sét làm tăng lượng nước cần thiết để tạo ra khả năng công tác theo yêu cầu.
Thạch cao, anhydrite và các muối sulfate khác	Barite có thể xen lẫn với anhydrite hay thạch cao, thạch cao và các muối sulfate phát hiện thấy trong	Cũng như thạch cao hay anhydrite với một lượng dư thừa có thể sinh ra đông cứng giả trong hỗn hợp bê tông tươi. Đồng thời các sulfate có thể

	các mỏ borate.	phản ứng sau khi bê tông đã rắn chắc gây nên nở thể tích và nứt.
Các thành phần hoạt tính kiềm silica (ASR)	Các quặng sắt trầm tích có thể chứa chert, quartz hạt mịn/vi tinh thể, hay hỗn hợp của chúng. Một số quặng chứa sắt gốc núi lửa hay biến tính có thể chứa silic dạng hoạt tính.	ASR- phản ứng giữa silic không ổn định trong cốt liệu và kiềm hydroxyt(hydroxyt natri hay kali từ xi măng) trong hồ xi măng- có thể gây nở và nứt mạnh trong bê tông rắn chắc.
Các tạp chất hữu cơ	Nguồn gốc chính của các cốt liệu nặng khiến cho chúng chứa các tạp chất hữu cơ không giống nhau. Tuy nhiên, sự có mặt của bất kỳ tạp chất hữu cơ nào cũng đều cần phải kiểm tra.	Các tạp chất hữu cơ có thể ảnh hưởng tới các đặc tính đông cứng và rắn chắc của xi măng.

Định dạng các pha kim loại

Các cốt liệu tỷ trọng cao được sử dụng trong bê tông RSC được sản xuất từ các mỏ, chúng chứa các pha kim loại mờ đục tạo ra các tính chất cản cho RSC. Các cốt liệu cũng chứa những lượng khác nhau của các pha phi kim loại, mà có thể chứa cả các khoáng đá gốc phi kim loại/các khoáng gangue và các chất độc hại.

Như đã trình bày trong đoạn 7.5 của ACI 221R “Trong phần lớn các trường hợp, thành phần hoá chính xác của các cốt liệu nặng không thực sự cần thiết bằng việc xác định tỷ trọng yêu cầu của nó”. Tuy nhiên, nếu cần, thì các pha kim loại đục được định dạng và phân loại bằng cách kết hợp phương pháp hoá học và thạch học: chiếu ánh sáng lên kính hiển vi điện tử, kính hiển vi điện tử quét/quang phổ kế tia X năng lượng phân tán(SEM/EDX), huỳnh quang tia X (XRF), và nhiễu xạ tia X (XRD). Các tạp chất hay chất độc hại được định dạng tốt nhất bằng kính hiển vi điện tử truyền ánh sáng.

Đánh giá các tính chất vật lý

Các cốt liệu dùng cho RSC phải bền vững vật lý và tương đối sạch, không có các hạt mềm, yếu. Các hạt cốt liệu có biểu hiện không ổn cần phải phân loại thành nhóm và kiểm tra lại về cấu tạo thạch học(trên cơ sở ASTM C295):

- Các mảnh vụn được đập nhỏ hơn bằng búa nhẹ;
- Kiểm tra độ rỗng và độ hút bảm;
- Kiểm tra vi nứt, các vi mảnh hay bề mặt; và
- Kiểm tra biểu hiện màu sắc không bình thường do lão hoá về hoá hay cơ.

Đối với một số cốt liệu tỷ trọng cao, có các tính chất vật lý lý tưởng thì không cần phải kiểm tra. Một số cốt liệu như các quặng barite và quặng sắt giòn và có xu hướng bị vỡ thành các mảnh nhỏ hơn (bảng 4). Một số hạt cốt liệu barite có thể coi là “mềm” khi kiểm tra (độ cứng Mohs của barite bằng 2,5 – 3,5, ngang với calcite). Tuy nhiên, các yếu tố này không ảnh hưởng tới việc sử dụng chúng làm cốt liệu bê tông, các tính chất của bê tông vẫn đảm bảo mọi yêu cầu kỹ thuật. Đồng thời, các tính chất khác như độ kháng đóng băng-tan băng của cốt liệu có thể không đáng kể đối với RSC nếu các kết cấu bê tông này không làm việc trong môi trường đó.

Hình dạng và cấu trúc bề mặt của các hạt cốt liệu cần được đánh giá, bởi vì chúng có thể ảnh hưởng tới tính công tác của bê tông. Các cốt liệu kim loại phải không có các hạt kim loại mỏng, dẹt hay hình kim.

Tỷ trọng, cấp hạt, và tính chất vật lý như độ kháng mài mòn không có trong kiểm tra thạch học và do đó cần phải kiểm tra bổ sung thêm các tính chất vật lý này.

Bảng 4: Các tính chất của cốt liệu thiên nhiên nói chung dùng cho RSC

Tên gọi	Độ cứng Mohs của khoáng thuần túy	Các tính chất
Hematite	5,5 và 6,5	Các lý tính của đá có thể dao động đáng kể. Một số đá tương đối mềm và giòn và sinh ra bụi khi gia công vận chuyển. Một số đá hematite có xu hướng dễ bong thành mảnh.
Ilmenite	5,0 – 6,0	Các mỏ ilmenite khối lớn có thể tạo thành tinh thể lớn, đá khối nháp nhưng thay đổi từ mỏ này sang mỏ khác.
Goethite và ilmonite	5,0 – 5,5 (goethite) 4,0 – 5,5 (ilmonite)	Các mỏ dao động từ khối lớn cứng nháp tới đất kết tảng mềm
Magnetite	5,5 – 6,5	Các mỏ có thể gồm đá đặc nháp, thường hạt thô. Các hạt đá dăm có thể có góc cạnh hay nhọn.
Barite	2,5 – 3,5	Quặng chứa tỷ lệ lớn hạt barite tương đối mềm có thể chứa các vết nứt mở chẻ.

Đề xuất các qui trình kiểm tra

Kiểm tra thạch học là công cụ hữu hiệu để phát hiện ra các chất độc hại không đạt yêu cầu trong cốt liệu. Kiểm tra phải tiến hành theo qui trình chặt chẽ do các nhà thạch học có kinh nghiệm tiến hành.

- Việc lấy mẫu: Thành phần, độ kháng mài mòn và tỷ trọng của cốt liệu giám sát có thể dao động phụ thuộc vào vị trí trong mỏ. Các mẫu thử phải do đại diện của chủ đầu tư lấy, và việc lấy mẫu phải đáp ứng yêu cầu của ASTM C637. Các cốt liệu phải được lấy mẫu, vận chuyển tới phòng thí nghiệm theo cách hạn chế tới mức tối thiểu sự hao hụt mẫu, lẫn các tạp chất, vỡ cốt liệu, bị phân tầng.

- Phân loại mẫu: Mẫu cốt liệu được sàng theo ASTM C136 – 06 “Phương pháp tiêu chuẩn để sàng phân tích các cốt liệu lớn và nhỏ”. Các kết quả sàng phân tích sau đó được sử dụng để tính tỷ lệ phần trăm khối lượng của từng thành phần riêng các loại đá/khoáng theo mô tả của kiểm tra thạch học (ASTM C295). Mỗi cấp hạt trên sàng của mẫu cốt liệu được kiểm tra và các thành phần của nó được định dạng và phân loại thành ba loại sau đây (theo hình 3):

+ Loại 1: Các hạt gồm hầu hết pha chính hay pha đầu (các khoáng kim loại mờ hay khoáng bo đối với cốt liệu borate);

+ Loại 2: Các hạt cấu tạo từ hỗn hợp pha chính và các chất của pha phụ (pha phụ đá gốc, các khoáng gangue, các chất khá độc hại); và

+ Loại 3: Các hạt chứa hầu hết các chất phụ.

Việc chia thành 3 loại này có thể tiến hành bằng cách sử dụng kết quả kiểm tra vĩ mô (quan sát) và kính hiển vi lập thể có axit hydrochloric pha loãng, và bằng búa và dụng cụ trà xát.

Khi các hạt cốt liệu được phân thành những loại khác nhau, thì các hạt trong mỗi loại lại đòi hỏi những phương pháp khác nhau để kiểm tra. Các hạt loại 1 có thể phân thành nhóm áp dụng cách mô tả như “Các hạt kim loại mờ” hay “Các hạt kim loại chứa sắt”. Như đã lưu ý trước đây, việc định dạng và phân loại chính xác các pha khoáng mờ là không quan trọng. Nếu cần thiết, loại của các pha mờ tương đối có thể được mô tả dựa trên kính hiển vi phản quang; XRD, hay bằng cách kết hợp các phương pháp này.

Một số hạt loại 1 có thể chứa các dải nhỏ cục bộ những vật liệu phụ không đạt tiêu chuẩn (các khoáng đá chủ và khoáng gangue, có thể chứa các chất độc hại). Các vật liệu phụ này có thể nghiên cứu tốt nhất bằng phương pháp thạch học (truyền ánh sáng) trên kính hiển vi để mô tả về lượng sự phân bố toàn diện của chúng, tần số và thành phần cấu tạo. Các hạt loại 2 được đánh giá thạch học trên kính hiển vi để định dạng các hạt vật liệu phụ và đánh giá sự hiện diện của các chất độc hại. Các hạt cốt liệu trong loại này sau đó có thể phân tầng thành các nhóm độc hại dựa vào sự có hay không có các chất độc hại trong các tạp chất. Các hạt loại 3 được định dạng và báo cáo theo ASTM C294 và C295. Mỗi hạt trong loại này được kiểm tra và phân loại thành nhóm đá/khoáng. Các nhóm

có thành phần riêng rẽ cần phải được kiểm tra riêng để xác định sự khác nhau do điều kiện vật lý hình thành chúng.

Đối với cốt liệu nhỏ, các mặt cắt mỏng hay lượng bột phải được chuẩn bị sẵn trên kính thủy tinh để sàng trên sàng cỡ nhỏ hơn No. 30(600 μ m). Một kính hiển vi thạch học được sử dụng để định dạng và phân loại các thành phần, nhằm mục đích xác định sự có mặt các chất độc hại ngoài ý muốn.

XRF và XRD

Các phương pháp hoá học có tầm quan trọng lớn trên thực tế để đánh giá các cốt liệu cho RSC. Toàn bộ sự phân tích hoá học mẫu bằng XRF cung cấp thông tin hữu ích về độ sạch tổng thể của các cốt liệu quặng kim loại. Tương quan tỷ lệ của silic(Si), nhôm(Al), vôi(CaO), lưu huỳnh(S), bồ tát(K_2CO_3) và xô đa(Na_2CO_3) đều là những chỉ số quan trọng để định dạng và định lượng các chất phụ không đạt tiêu chuẩn có trong cốt liệu. XRD có thể ứng dụng kết hợp với XRF để trợ giúp định dạng và phân loại các khoáng có trong cốt liệu, bao gồm các pha kim loại chính và các tạp chất như đất sét. Để có báo cáo chính xác về thành phần, số liệu trình bày về nguyên tố hay các oxide của nó (thí dụ như Fe, FeO hay Fe_2O_3). Các tính toán xác định độ dày của các bê tông cần xạ đòi hỏi có số liệu chính xác về thành phần và định dạng các nguyên liệu của hỗn hợp bê tông.

Tuy nhiên, XRF/XRD có thể không thành công trong phân loại và định lượng tạp chất, bởi vì:

- Những lượng nhỏ có thể bị loãng trong phân tích khối lớn và có thể bị bỏ qua khi tỷ lệ phần trăm nằm dưới mức cho phép phát hiện của công cụ thí nghiệm;
- Trong khi XRD có thể giúp định dạng các pha, thì lại không thể định dạng vi cấu trúc(điều đó quan trọng vì đối với quartz hạt thô không thể sử dụng cho ASR, nhưng quartz tinh thể lại sử dụng được; và
- Các khoáng nhất định được bao bọc bởi các khoáng khác trong phân tích XRD khối lớn. Trên cơ sở những nguyên nhân đã nêu, việc kiểm tra thạch học có ý nghĩa thực tế quan trọng hay là công cụ để tư vấn để loại bỏ những khoáng hay các chất có hại trong cốt liệu dùng cho RSC.

Sang Y. Lee, Ann M. Daugherty, và Donald J. Broton

Nguồn: Tạp chí "Concrete International" N5/2013

ND: Đinh Bá Lô