

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN ..... :20xx**

Xuất bản lần 1

**BÊ TÔNG KHỐI LỚN – THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU**

**Mass concrete - Execution and acceptance**

**(Dự thảo)**

**HÀ NỘI – 20xx**

## **Lời nói đầu**

TCVN ..... :20xx do Hội Kết cấu và Công nghệ xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Mục lục

- 1 Phạm vi áp dụng
- 2 Tài liệu viện dẫn
- 3 Thuật ngữ và định nghĩa
- 4 Quy định về bê tông khối lớn
- 5 Yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông khối lớn
  - 5.1 Giới hạn chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ [ $\Delta T$ ]
  - 5.2 Giới hạn nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ [T]
  - 5.3 Giới hạn nhiệt độ cao nhất hỗn hợp bê tông khi đổ [ $T_{hb}$ ]
- 6 Thi công bê tông khối lớn
  - 6.1 Yêu cầu chung
  - 6.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt
  - 6.3 Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo
  - 6.4 Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông
  - 6.5 Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ và biện pháp kiểm soát
  - 6.6 Nhiệt độ cao nhất trong bê tông khối đổ và biện pháp kiểm soát
  - 6.7 Chênh lệch nhiệt độ cao nhất trong bê tông khối đổ và biện pháp kiểm soát
  - 6.8 Quan trắc nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ
  - 6.9 Bảo dưỡng bê tông
  - 6.10 Bọc vật liệu cách nhiệt
  - 6.11 Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt
  - 6.12. Công tác kiểm tra
- 7 Công tác nghiệm thu
  - 7.1 Nội dung nghiệm thu
  - 7.2 Xử lý bê tông nứt hoặc có nhiệt độ cao nhất vượt giới hạn
  - 7.3 Biên bản và hồ sơ nghiệm thu

## Bê tông khối lớn – Thi công và nghiệm thu

*Mass concrete - Execution and acceptance*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho thi công và nghiệm thu các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khối lớn làm bằng bê tông nặng cấp cường độ B20 tới B70 theo TCVN 5574:2018 thuộc các công trình dân dụng, công nghiệp, giao thông, hạ tầng kỹ thuật và thủy lợi.

Tiêu chuẩn này không áp dụng đối với đập bê tông đầm lăn.

GHI CHÚ: Khi dùng mẫu trụ thì cường độ bê tông chuyển đổi về mẫu lập phương theo TCVN 3118:2022.

### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 5574:2018, Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép

TCVN 4453:1995, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu

TCVN 2682:2020, Xi măng pooc lăng – Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 6069:2007, Xi măng pooc lăng ít tỏa nhiệt

TCVN 6067:2018, Xi măng pooc lăng bền sulfat

TCVN 6260:2020, Xi măng pooc lăng hỗn hợp – Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 7712:2013, Xi măng pooc lăng hỗn hợp ít tỏa nhiệt

TCVN 4316:2007, Xi măng pooc lăng xỉ lò cao

TCVN 10302:2014, Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa và xi măng

TCVN 11586:2016, Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa

TCVN 8827:2011, Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silicafume và tro trấu nghiền mịn.

TCVN 8826:2011, Phụ gia hóa học cho bê tông

TCVN 12300:2018, Phụ gia cuốn khí cho bê tông

TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 9205:2012, Cát nghiền cho bê tông và vữa

TCVN 8828:2011, Bê tông - Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên

TCVN 6070:2005, Phương pháp xác định nhiệt thủy hóa xi măng

TCVN 6016:2011 (ISO 679:2009), Xi măng – Phương pháp thử xác định cường độ

TCVN 3118:2022, Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ chịu nén.

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

#### 3.1

##### **Khối đổ (Placement)**

Khối bê tông kết cấu được hoàn thành trong một đợt đổ bê tông liên tục. Khối đổ có thể là một phần hoặc toàn bộ kết cấu.

#### 3.2

##### **Chênh lệch nhiệt độ cao nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ (Maximum temperature between center and surface of placement)**

Mức chênh lệch nhiệt độ cao nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ, ký hiệu  $\Delta T_{max}$ , đơn vị tính là độ celsius ( $^{\circ}C$ ).

#### 3.3

##### **Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ (Maximum temperature in concrete after placement)**

Nhiệt độ tại điểm có giá trị cao nhất trong khối bê tông sau khi đổ, ký hiệu  $T_{max}$ , đơn vị tính là độ celsius, ( $^{\circ}C$ ).

#### 3.4

##### **Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ (Fresh concrete placing temperature)**

Nhiệt độ hỗn hợp bê tông tại thời điểm đổ vào ván khuôn, ký hiệu  $T_{hb}$ , đơn vị tính là độ celsius ( $^{\circ}C$ ).

#### 3.5

##### **Mức nâng nhiệt độ đoạn nhiệt (Adiabatic temperature rise)**

Mức nâng nhiệt độ khối bê tông được cách nhiệt tuyệt đối, toàn bộ nhiệt lượng từ thủy hóa xi măng được tích tụ, làm nóng bê tông mà không thoát ra ngoài, ký hiệu  $\Delta T_{đn}$ , đơn vị tính là độ celsius ( $^{\circ}C$ ).

### 4 Quy định về bê tông khối lớn

## **TCVN .....:20xx**

**4.1** Bê tông khối lớn là khối bê tông bất kỳ có kích thước đủ lớn, mà nếu không có biện pháp phòng ngừa thích hợp thì sự tích tụ nhiệt từ thủy hóa xi măng và các thay đổi thể tích kèm theo có thể gây nứt bê tông.

**4.2** Trong điều kiện khí hậu Việt Nam, khối bê tông dạng tấm có kích thước nhỏ nhất  $\geq 0,8\text{m}$  và các dạng còn lại có kích thước nhỏ nhất  $\geq 1,2\text{m}$  có thể được xem là khối lớn.

Đối với trường hợp kết cấu có dạng, hình khối đặc biệt, kết cấu không chấp nhận nứt thì có thể lấy nhỏ hơn kích thước trên, do người thiết kế xem xét quyết định trong chỉ dẫn kỹ thuật thi công.

## **5 Yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông khối lớn**

**5.1** Giới hạn chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ  $[\Delta T], ^\circ\text{C}$

$[\Delta T] \leq 20^\circ\text{C}$  đối với bê tông cấp cường độ B20 ở tuổi (1÷2) ngày và được cộng thêm:

- $1^\circ\text{C}$  cho mỗi cấp cường độ bê tông tăng thêm 1 mức (10 MPa);
- 2, 3 và  $4^\circ\text{C}$  khi bê tông ở các tuổi tương ứng 3, 5 và 7 ngày;
- $2^\circ\text{C}$  khi bê tông sử dụng cốt liệu đá vôi.

GHI CHÚ: Ví dụ giới hạn chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối bê tông cấp cường độ B40 dùng cốt liệu đá vôi và ở tuổi 7 ngày bằng  $[\Delta T] \leq (20 + 2 + 2 + 4) = 28^\circ\text{C}$ .

**5.2** Giới hạn nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ  $[T], ^\circ\text{C}$

**5.2.1**  $[T] \leq 85^\circ\text{C}$  khi sử dụng xi măng hoặc chất kết dính (CKD) dưới đây:

- a) Xi măng pooc lăng hỗn hợp ít tỏa nhiệt theo TCVN 7712:2013;
- b) Xi măng pooc lăng xỉ lò cao theo TCVN 4316:2007;
- c) Xi măng pooc lăng hỗn hợp theo TCVN 6260:2020 mà trong bản thân xi măng đã có phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo % khối lượng xi măng) không nhỏ hơn:
  - 35% xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) theo TCVN 11586:2016;
  - 25% tro bay loại F (FA - F) theo TCVN 10302:2014;
  - 5% silicafume (SF) theo TCVN 8827:2011 + 25% GGBFS theo TCVN 11586:2016;
  - 5% SF theo TCVN 8827:2011 + 20% FA - F theo TCVN 10302:2014.
- d) Chất kết dính (CKD) làm từ xi măng pooc lăng theo TCVN 2682:2020 pha thêm phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo % khối lượng CKD) như 5.2.1.c;
- e) Chất kết dính làm từ xi măng pooc lăng ít tỏa nhiệt theo TCVN 6069:2007 hoặc xi măng pooc lăng bền sulfat theo TCVN 6067:2018 pha thêm phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo % khối lượng CKD) như 5.2.1.c.

**5.2.2**  $[T] \leq 70^\circ\text{C}$  khi sử dụng xi măng pooc lăng theo TCVN 2682:2020 hoặc xi măng (chất kết dính) khác các loại ghi ở 5.2.1.(a÷e).

### 5.3 Giới hạn nhiệt độ cao nhất của hỗn hợp bê tông khi đổ [ $T_{hb}$ ], °C)

[ $T_{hb}$ ] không được lớn hơn 32°C.

Đối với các trường hợp kết cấu có dạng, hình khối đặc biệt, kết cấu không chấp nhận nứt thì các giới hạn [ $\Delta T$ ], [ $T$ ] và [ $T_{hb}$ ] nêu tại 5.1 ÷ 5.3 có thể lấy ở mức nhỏ hơn, do người thiết kế xem xét quyết định trong trong chỉ dẫn kỹ thuật thi công.

## 6 Thi công bê tông khối lớn

### 6.1 Yêu cầu chung

**6.1.1** Thi công bê tông khối lớn cần đảm bảo bê tông tạo hình trong khuôn đặc chắc, đồng nhất, đạt các tính chất cơ lý theo quy định của thiết kế và yêu cầu đối với bê tông khối lớn theo Điều 5 tiêu chuẩn này.

**6.1.2** Trước khi thi công, nhà thầu thi công cần lập và trình duyệt biện pháp thi công kết cấu bê tông khối lớn, bao gồm biện pháp thi công kết cấu bê tông thông thường theo chỉ dẫn của TCVN 4453:1995 và biện pháp kiểm soát nhiệt theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn này.

### 6.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt

**6.2.1** Biện pháp kiểm soát nhiệt cần lập cho từng khối đổ (hoặc nhóm khối đổ có kích thước và tính chất tương đồng). Biện pháp kiểm soát nhiệt gồm các nội dung sau:

- a) Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo dự kiến sử dụng;
- b) Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông theo tính toán hoặc thí nghiệm;
- c) Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ lựa chọn áp dụng và các giải pháp kiểm soát;
- d) Nhiệt độ cao nhất tính toán trong bê tông sau khi đổ dựa trên các điều kiện dự kiến tại thời điểm đổ bê tông. Các thiết bị và giải pháp cụ thể cần áp dụng để kiểm soát và đảm bảo nhiệt độ cao nhất trong khối đổ không vượt quá giới hạn quy định;
- e) Chênh lệch nhiệt độ cao nhất tính toán trong khối đổ dựa trên các điều kiện dự kiến tại thời điểm đổ bê tông. Các thiết bị và giải pháp cụ thể cần áp dụng để kiểm soát và đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và mặt ngoài khối đổ không vượt quá giới hạn quy định;
- f) Thiết bị và quy trình quan trắc, ghi chép nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ. Bản vẽ vị trí đầu đo nhiệt độ trong khối đổ. Biểu mẫu, tần suất cung cấp số liệu nhiệt độ cho đại diện chủ đầu tư;
- g) Quy trình bảo dưỡng bê tông;
- h) Bọc vật liệu cách nhiệt khối đổ. Giải pháp giảm nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ quá mức giới hạn, nếu xảy ra;
- i) Quy trình tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt để đảm bảo chênh lệch nhiệt độ tại các bề mặt phơi lộ không vượt quá giới hạn quy định.

**6.2.2** Biện pháp kiểm soát nhiệt cần đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông khối lớn nêu tại Điều 5 tiêu chuẩn này, phù hợp điều kiện thi công và có chi phí hợp lý. Biện pháp kiểm soát nhiệt cần được kiểm chứng trên khối đổ thí nghiệm hoặc cấu kiện nếu thiết kế yêu cầu.

**6.2.3** Biện pháp kiểm soát nhiệt cần được điều chỉnh khi tiến độ thi công kéo dài hơn tiến độ đã được phê duyệt, do thay đổi điều kiện thời tiết hoặc khi thay đổi thành phần bê tông.

### **6.3 Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo**

**6.3.1** Thành phần bê tông dùng cho kết cấu bê tông khối lớn (sau đây gọi là thành phần bê tông khối lớn) cần thỏa mãn các yêu cầu về độ sụt hỗn hợp, cường độ và độ bền lâu như bê tông nặng thông thường, đồng thời cần thỏa mãn các yêu cầu về kiểm soát phát sinh nhiệt và gia tăng nhiệt độ do xi măng thủy hóa (gọi tắt là kiểm soát nhiệt).

Trong thành phần bê tông khối lớn, yêu cầu về độ sụt, cường độ và độ bền lâu thường được điều tiết bằng lượng nước trộn, tỷ lệ N/X (N/CKD), mác và loại xi măng (chất kết dính); yêu cầu về kiểm soát nhiệt thường được điều tiết thông qua sử dụng xi măng pha phụ gia khoáng và phụ gia hóa học.

**6.3.2** Xi măng (chất kết dính) cho bê tông khối lớn

**6.3.2.1** Loại xi măng (chất kết dính) nên dùng một trong các loại nêu ở 5.2.1.(a÷e), đồng thời đáp ứng mức nhiệt thủy hóa (ký hiệu  $q_{28}$ , kJ/kg, thử theo TCVN 6070:2005) theo thứ tự ưu tiên: **rất thấp** (ký hiệu VLH,  $q_{28} \leq 250$  kJ/kg); **thấp** (ký hiệu LH,  $q_{28} \leq 290$  kJ/kg); **trung bình** (ký hiệu MH,  $q_{28} \leq 335$  kJ/kg).

**6.3.2.2** Mác xi măng (chất kết dính) thử theo TCVN 6016:2011 nên dùng mác 40 cho B20 ÷ B40; mác 50 cho B40 ÷ B70.

**6.3.3** Phụ gia cho bê tông khối lớn

**6.3.3.1** Phụ gia khoáng trong xi măng (chất kết dính) nên dùng các loại sau:

- Xi lò cao nghiền mịn (GGBFS) theo TCVN 11586:2016;
- Tro bay loại F (FA - F) theo TCVN 10302:2014;
- Phụ gia khoáng hoạt tính cao (SF) theo TCVN 8827:2011 kết hợp GGBFS hoặc (FA – F).

GHI CHÚ: Không dùng một loại phụ gia SF mà phải phối hợp phụ gia khoáng khác.

**6.3.3.2** Phụ gia hóa học nên sử dụng loại giảm nước cao – chậm đông kết theo TCVN 8826:2011 (hoặc phụ gia này kết hợp phụ gia cuốn khí theo TCVN 12300:2018 cho bê tông bơm). Không dùng phụ gia đóng rắn nhanh.

GHI CHÚ: Khuyến cáo sử dụng phụ gia có khả năng giảm nước trộn bê tông (độ sụt  $\Delta S = 170 \div 190$  mm, cốt liệu lớn  $D_{max} = 20$ mm, cát  $M_{dl} \geq 2,2$ ) tới  $N \leq 160 \pm 5$  L/m<sup>3</sup> khi dùng cát tự nhiên,  $N \leq 170 \pm 5$  L/m<sup>3</sup> khi dùng cát nghiền,  $N \leq 165 \pm 5$  L/m<sup>3</sup> khi dùng cát hỗn hợp tự nhiên – nghiền và kéo dài đông kết theo nhu cầu thi công, nhưng không ít hơn 1 giờ.

**6.3.4** Cốt liệu cho bê tông khối lớn



**6.3.4.1** Cốt liệu lớn cần thỏa mãn TCVN 7570:2006, đường kính hạt lớn nhất ( $D_{max}$ ) ở mức cao nhất có thể (tùy thuộc kích thước kết cấu, khoảng cách cốt thép và công nghệ thi công), Nên dùng loại cốt liệu lớn có hệ số dẫn nở nhiệt thấp theo thứ tự đá vôi, gabro, bazan, granit.

**6.3.4.2** Cốt liệu nhỏ cát tự nhiên phù hợp TCVN 7570:2006, cát nghiền phù hợp TCVN 9205:2012 hoặc hỗn hợp cát tự nhiên – nghiền đáp ứng hai tiêu chuẩn trên. Nên dùng cát mô đun độ lớn  $M_{dl} \geq 2,2$  cho bê tông B20 ÷ B40,  $M_{dl} \geq 2,5$  và hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm dưới 10% cho bê tông B50 ÷ B70.

### **6.3.5** Nước trộn

Nước trộn và bảo dưỡng bê tông cần phù hợp TCVN 4506:2012.

**6.3.6** Trong một khối đổ có thể sử dụng hai thành phần bê tông, một cho bê tông phần trong, một cho bê tông phần ngoài, hoặc theo chiều cao, một cho bê tông phần dưới, một cho bê tông phần trên. Khi đó, chiều dày phần ngoài lấy nhỏ hơn phần trong, chiều cao phần trên lấy thấp hơn phần dưới, đồng thời hàm lượng xi măng được tập trung nhiều hơn cho phần trên và phần ngoài. Thành phần bê tông và kích thước từng phần được tính toán trong biện pháp kiểm soát nhiệt áp dụng cho khối đổ cụ thể.

**6.3.7** Trường hợp sử dụng cấp cường độ bê tông tuổi 60 ngày, 90 ngày hoặc lâu hơn thì thành phần bê tông được chọn theo cấp cường độ tương ứng tuổi bê tông thiết kế và có hệ số quy đổi về cấp cường độ bê tông tuổi 28 ngày (B) để áp dụng tiêu chuẩn này. Trong thành phần bê tông tuổi dài ngày có thể xem xét sử dụng xi măng (chất kết dính) chứa các phụ gia khoáng FA, GGSFS ở tỷ lệ cao hơn các giá trị nêu ở 5.2.1.c.

## **6.4** Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt trong bê tông và các giải pháp kiểm soát

### **6.4.1** Xác định mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt $\Delta T_{dn}, ^\circ C$

Giá trị  $\Delta T_{dn}$  có thể xác định trên khối bê tông thí nghiệm hoặc bằng phương pháp tính toán.

GHI CHÚ: Có thể tính gần đúng:  $\Delta T_{dn} = q_\tau \cdot X / c_b \cdot \gamma_b$ , trong đó,  $q_\tau$  (kJ/kg) - nhiệt thủy hóa xi măng (TCVN 6070:2005) ở tuổi  $\tau$  ngày,  $X$  (kg/m<sup>3</sup>) – hàm lượng xi măng (chất kết dính) trong 1m<sup>3</sup> bê tông;  $c_b$  – nhiệt dung riêng của hỗn hợp bê tông, lấy bằng 1,05 kg/m<sup>3</sup>°C và  $\gamma_b$  - khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông, lấy bằng 2450 kg/m<sup>3</sup>. Ví dụ bê tông B40 dùng xi măng tỏa nhiệt trung bình (MH,  $q_{28} = 335$ kJ/kg) với  $X = 400$  kg/m<sup>3</sup> có  $\Delta T_{dn28} = 335 \cdot 400 / 1,05 \cdot 2450 = 52^\circ C$ .

### **6.4.2** Các giải pháp điều chỉnh giảm $\Delta T_{dn}$

**6.4.2.1** Chọn xi măng (chất kết dính) nhiệt thủy hóa thấp như ở 6.3.2.1;

**6.4.2.2** Giảm hàm lượng xi măng bằng các giải pháp nêu ở 6.3.2.2, 6.3.3.2, 6.3.4, 6.3.7.

Giảm  $\Delta T_{dn}$  là một trong các giải pháp hiệu quả để giảm  $T_{max}$  trong bê tông khối lớn. Khi điều chỉnh, cần cân nhắc hiệu quả của giải pháp này so với giải pháp giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ theo 6.5.

## 6.5 Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ và biện pháp kiểm soát

### 6.5.1 Xác định nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ $T_{hb}$ , °C

**6.5.1.1**  $T_{hb}$  là tổng của nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn (ký hiệu  $T_{tr}$ , °C) và mức thay đổi nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi vận chuyển ( $\Delta T_{vc}$ , °C):  $T_{hb} = T_{tr} + \Delta T_{vc}$

**6.5.1.2**  $T_{tr}$  được xác định trên cơ sở cân bằng nhiệt lượng vật liệu chế tạo bê tông và nhiệt lượng hỗn hợp bê tông trộn ra từ nó.

GHI CHÚ: Trong điều kiện bình thường,  $T_{tr}$  thường giao động quanh nhiệt độ trung bình ngày không khí (ký hiệu  $T_{kk}$ , °C).  $T_{tr}$  tương đương hoặc cao hơn  $T_{kk}$  khoảng  $1 \div 2^\circ\text{C}$  khi cốt liệu được che nắng, bê tông được trộn đổ vào ban đêm.  $T_{tr}$  cao hơn  $T_{kk}$  khoảng  $3 \div 6^\circ\text{C}$  khi bê tông được trộn đổ vào ban ngày.

**6.5.1.3**  $\Delta T_{vc}$  được xác định cho toàn bộ thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông (bao gồm từ trạm trộn tới công trường và trong phạm vi công trường) hoặc tính toán gần đúng căn cứ chênh lệch  $T_{tr}$  với  $T_{kk}$  và thời gian vận chuyển.

GHI CHÚ. Trung bình,  $\Delta T_{vc}$  tăng (hoặc giảm)  $0,15^\circ\text{C}$  khi  $T_{kk}$  cao hơn (hoặc thấp hơn)  $T_{tr}$  khoảng  $1^\circ\text{C}$  trong thời gian vận chuyển bê tông 1h. Ví dụ, khi vận chuyển hỗn hợp bê tông  $T_{tr} = 20^\circ\text{C}$  ở  $T_{kk} = 30^\circ\text{C}$  trong 2h, nhiệt độ hỗn hợp sau vận chuyển tăng  $0,15 \cdot 2 \cdot (30 - 20) = 3^\circ\text{C}$ , tức  $T_{hb}$  khi đó thành  $23^\circ\text{C}$ .

**6.5.1.4** Khi lập biện pháp kiểm soát nhiệt, nên chọn  $T_{hb}$  ban đầu bằng nhiệt độ trung bình ngày không khí ( $T_{kk}$ , °C) kết hợp thành phần bê tông nêu ở 6.3 để tính toán xác định  $T_{max}$ ,  $\Delta T_{max}$  khối đổ. Nếu không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tại Điều 5 tiêu chuẩn này thì điều chỉnh giảm  $\Delta_{dn}$  của thành phần bê tông theo 6.4.2 hoặc  $T_{hb}$  theo 6.5.2 và 6.5.3.

### 6.5.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn

**6.5.2.1** Để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông trộn có thể áp dụng một hoặc kết hợp các giải pháp sau: hạ nhiệt độ cốt liệu, giảm nhiệt độ nước trộn, sử dụng đá băng (dạng bào, hạt, viên) thay thế một phần nước trộn, làm lạnh hỗn hợp bê tông bằng nitơ lỏng.

GHI CHÚ: Trung bình, để giảm  $1^\circ\text{C}$  nhiệt độ hỗn hợp bê tông trộn, cần giảm nhiệt độ hoặc cốt liệu  $1,5 \div 1,8^\circ\text{C}$ , hoặc xi măng  $8 \div 10^\circ\text{C}$ , hoặc nước trộn  $4,5 \div 5,5^\circ\text{C}$ , hoặc thay  $5,5 \div 6,5$  kg nước trộn bằng đá băng.

#### 6.5.2.2 Giải pháp giảm $T_{tr}$ bằng hạ nhiệt độ cốt liệu

a) Che nắng kho, bãi chứa cốt liệu

Che nắng bãi chứa hoặc giữ cát, đá trong kho có mái che để hạn chế tác động trực tiếp của mặt trời làm nóng cốt liệu. Cốt liệu nên được thổi mát thêm bằng không khí có nhiệt độ thấp hơn vào ban đêm và sáng sớm. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  tương đương  $T_{kk}$ .

b) Phun ướt đá dăm, sỏi và quạt cho nước bay hơi

Phun ướt bề mặt đá dăm, sỏi trong kho chứa theo chu kỳ, sau đó quạt cho nước bay hơi để làm giảm nhiệt độ cốt liệu. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng  $8^\circ\text{C}$ .

c) Làm lạnh cát bằng nước lạnh

Đưa nước lạnh từ máy làm lạnh chạy qua hộc chứa cát để hạ nhiệt độ cát. Nước đã chảy qua cát thu hồi về máy để làm lạnh lại. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 4°C.

d) Nhúng đá dăm, sỏi vào nước lạnh

Nhúng đá dăm, sỏi trong thùng chứa có đáy hoặc thành hờ vào nước lạnh với thời gian đủ cho độ lạnh thấm sâu vào hết hạt cốt liệu, sau đó đổ lên băng tải rung để loại bớt nước trước khi đưa vào máy trộn. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 12°C.

e) Phun nước lạnh lên cốt liệu

Phun nước làm lạnh đến 4°C lên cát hoặc đá dăm chạy trên băng chuyền trước khi vào máy trộn. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 7°C.

Tưới nước mát nhiều lần từ nước máy, nước giếng, nước sông hồ lên cốt liệu cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 1 – 2°C.

f) Làm lạnh bằng chân không

Hút chân không (tới 6mm thủy ngân) silô, thùng kín dung tích 100T đến 300T chứa cát hoặc đá. Nhờ chân không, nước bay hơi khỏi cốt liệu làm hạ nhiệt độ cốt liệu. Phương pháp này cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 18°C.

GHI CHÚ: 1. Tùy theo yêu cầu và điều kiện thi công cụ thể có thể áp dụng một hoặc một số giải pháp hạ nhiệt độ nêu trên; 2. Lượng nước cốt liệu hấp thụ qua xử lý làm lạnh phải được tính đến trong thành phần bê tông thi công.

#### **6.5.2.3 Các giải pháp giảm $T_{tr}$ bằng hạ nhiệt độ nước trộn**

Giải pháp này đơn giản, hiệu quả nhất để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông. Cách làm như sau:

a) Sử dụng nước từ máy lạnh nhiệt độ 2 ÷ 3°C (đường ống, bình chứa nước lạnh cần được bảo ôn) làm nước trộn bê tông.. Giải pháp này cho phép giảm  $T_{tr}$  khoảng 3 ÷ 4°C.

b) Pha nước lạnh 2 ÷ 3°C với nước thường làm nước trộn bê tông. Giải pháp này cho phép giảm  $T_{tr}$  khoảng 1 ÷ 3°C.

#### **6.5.2.4 Giải pháp giảm $T_{tr}$ bằng sử dụng đá băng thay một phần nước trộn**

Bào hoặc đập nhỏ đá băng tới kích thước viên đặc 2 cm hoặc viên rỗng 3 cm và bảo quản trong thùng chứa riêng (thùng chứa và các bộ phận tiếp xúc đá băng cần được bảo ôn; đá viên, đá bào không được kết dính). Từ đây, đá băng được định lượng trực tiếp vào máy trộn. Tùy theo yêu cầu giảm  $T_{tr}$ , đá băng có thể thay một phần hay toàn bộ nước trộn. Thời gian trộn cần đủ để đá băng tan chảy hết và hỗn hợp bê tông đạt độ đồng nhất. Sử dụng đá băng cho phép hạ  $T_{tr}$  khoảng 12°C.

#### **6.5.2.5 Làm lạnh hỗn hợp bê tông bằng nitơ lỏng**

Bơm nito lỏng - chất lỏng trợ đông lạnh ở nhiệt độ âm 190°C từ thùng chứa qua ống kim trực tiếp vào hỗn hợp bê tông đã trộn để hạ  $T_{hb}$  tới nhiệt độ yêu cầu, nhưng trên nhiệt độ đóng băng. Phương pháp này cho phép hạ nhiệt độ hỗn hợp bê tông xuống tới 2 ÷ 3°C, tuy nhiên chỉ nên áp dụng trong trường hợp thực sự cần thiết.

### 6.5.3 Giải pháp giảm tổn thất nhiệt độ hỗn hợp bê tông lạnh khi vận chuyển

Để giảm tổn thất lạnh khi vận chuyển, có thể áp dụng một hoặc kết hợp các giải pháp sau:

**6.5.3.1** Giảm thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông từ trạm trộn tới công trường và trong phạm vi công trường (thời gian bơm, cầu, băng chuyền, máng đổ).

**6.5.3.2** Sử dụng xe thùng trộn sơn màu sáng. Che nắng bằng chướng ngại vật vận chuyển hỗn hợp bê tông, làm mát thùng chứa xe ben, máy bơm bê tông tới nhiệt độ không khí trước khi tiếp xúc hỗn hợp bê tông.

**6.5.3.3** Vận chuyển - đổ bê tông vào thời điểm nhiệt độ không khí trong ngày thấp như vào ban đêm hoặc sáng sớm (21h – 9h).

## 6.6 Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ và biện pháp kiểm soát

**6.6.1** Xác định nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ  $T_{max}$ , °C

Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ được xác định như sau:  $T_{max} = T_{hb} + \Delta T_x$

Trong đó:

- $T_{hb}$ : nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ, °C (theo 6.5);
- $\Delta T_x$ : mức tăng nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ, được xác định trên khối đổ thí nghiệm hoặc bằng phương pháp tính toán căn cứ vật liệu, thành phần bê tông,  $T_{hb}$ , kích thước khối đổ và các thông số liên quan khác.

GHI CHÚ: Các khối bê tông móng bê kích thước mặt bằng lớn, dày trên 3m thường có  $\Delta T_x$  gần bằng  $\Delta T_{dn}$  (6.4).

### 6.6.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ

**6.6.2.1** Các biện pháp giảm  $T_{max}$

Để giảm  $T_{max}$  có thể áp dụng một hoặc kết hợp các giải pháp công nghệ sau:

- a) Giảm mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt  $\Delta T_{dn}$  (6.4) hoặc  $T_{hb}$  (6.5) hoặc kết hợp cả hai;
- b) Chuyển thi công vào các ngày mát và vào ban đêm;
- c) Giảm nhiệt độ khu vực đổ bê tông khi nắng nóng bằng cách phun mù, dùng nhà có mái di động đặt cách bề mặt khối đổ 2 ÷ 8m để che nắng và tránh nhiệt đối lưu truyền từ mái che tới mặt bê tông. Hạn chế thi công bê tông ở nhiệt độ không khí trên 35°C. Che phủ tạm trong và sau thời gian đổ bê tông đông lạnh tới khi nhiệt độ bê tông trong ván khuôn bằng nhiệt độ không khí bên ngoài;
- d) Đổ các xe trộn hỗn hợp bê tông có nhiệt độ thấp vào vùng lõi, nhiệt độ cao hơn vào các vùng biên khối đổ;

e) Bọc vật liệu cách nhiệt ở mức nhiệt trở hợp lý. Cấu tạo vật liệu cách nhiệt thành 2 - 3 lớp để khi  $\Delta T_{\max}$  nhỏ hơn giới hạn cho phép  $[\Delta T]$  (Điều 5), có thể tháo dỡ dần, tăng tốc độ thoát nhiệt từ khối đổ. Việc bọc vật liệu cách nhiệt mặt hở và ván khuôn thép cần được đặc biệt chú ý khi thi công vào thời tiết lạnh (nhiệt độ không khí về đêm xuống dưới  $10^{\circ}\text{C}$ ).

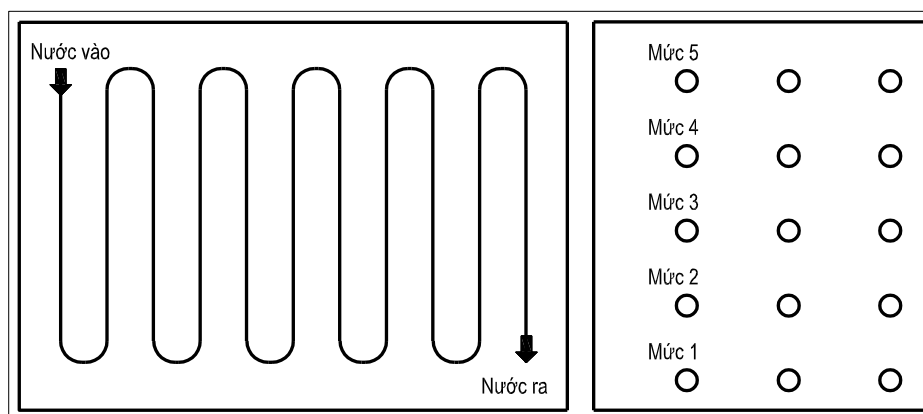
f) Đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài bằng ống đặt trong khối đổ (6.6.2.2). Giải pháp này đòi hỏi chi phí lớn nên cần xem xét áp dụng khi nhiệt độ cao nhất tính toán  $T_{\max}$  vượt giới hạn cho phép  $[T]$  (Điều 5) hoặc khi cần tháo ván khuôn nhanh.

g) Sử dụng hợp lý cấp cường độ bê tông (6.6.2.3);

h) Phân chia khối đổ (6.6.2.4)

#### 6.6.2.2. Đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài

a) Đưa nhiệt từ khối đổ ra ngoài (còn gọi giải nhiệt sau) là giải pháp đặt các dàn ống thép vào trong khối đổ, sau đó dùng nước lạnh tuần hoàn qua ống để đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài (Hình 1). Việc đặt dàn ống phải do các tổ chức chuyên nghiệp tính toán và tổ chức thực hiện. Kết cấu dàn ống phải được thiết kế đảm bảo vận hành an toàn, thoát nhiệt thuận lợi, không gây tắc vữa bơm lấp đầy khi kết thúc giải nhiệt.



Hình 1. Sơ đồ mặt bằng (trái) và các mức theo chiều cao (phải) dàn ống thoát nhiệt

b) Ống thép nên sử dụng loại có đường kính ngoài  $25 \div 30$  mm, dày khoảng  $1,5 \div 1,8$  mm. Các ống có thể đặt trước khi đổ bê tông, cố định vào khung cốt thép khối đổ, hoặc đặt trực tiếp lên bề mặt trên của đợt đổ trước hoặc lên bề mặt lớp bê tông vừa đổ. Trong một khối đổ có thể bố trí một tới nhiều dàn ống. Mỗi dàn ống cấu tạo theo đường vòng xoắn với tổng chiều dài khoảng  $150 \div 225$ m (trường hợp cần giải nhiệt nhanh có thể lấy ngắn hơn). Các dàn ống dùng chung đường ống cấp nước nên lấy chiều dài bằng nhau để cân bằng dòng chảy và đảm bảo hiệu quả giải nhiệt. Bước đặt ống theo phương ngang và phương đứng nên lấy như nhau và trong khoảng  $1,0 \div 1,5$ m (trường hợp cần giải nhiệt nhanh có thể lấy nhỏ hơn) để phân bố lạnh đồng đều trong khối đổ. Mỗi dàn ống nên có số mối nối ít nhất có thể. Toàn bộ dàn ống, đặc biệt vùng nối cần được định vị chắc chắn để không bị lung lay hoặc gây rò rỉ nước khi đổ,

đầm bê tông. Từng dàn ống cần được thử độ kín nước trước khi phủ hỗn hợp bê tông. Mỗi dàn ống cần được lắp đồng hồ đo lưu lượng dòng chảy và nhiệt độ nước đầu ra.

c) Để giữ cho ống không bị nổi trong hỗn hợp bê tông mới đổ, nên tuần hoàn nước ngay tại thời điểm bê tông bắt đầu phủ ống. Ống hoặc mối nối bị hư hại do hỗn hợp bê tông mới đổ (hoặc do dụng cụ thi công rơi, máy đầm và các yếu tố khác) cần được sửa chữa ngay bằng các đoạn ống và mối nối dự phòng chuẩn bị từ trước. Hỗn hợp mới đổ xung quanh ống hư hại được lấy ra, phần ống hư hại được thay bằng đoạn ống dự phòng. Tất cả các đoạn ống hư hại được loại bỏ để không gây cản trở lưu lượng nước chảy qua ống.

d) Thiết bị bơm và làm lạnh nước

- Công suất trạm bơm được xác định từ số dàn ống cần đồng thời vận hành theo tiến độ đổ bê tông. Lưu lượng dòng chảy thường lấy khoảng  $15 \div 18$  Lít/phút ( $0,25 \div 0,3$ L/s) đối với ống đường kính 25 mm. Nước lạnh lấy từ máy làm lạnh hoặc nguồn nước sinh hoạt. Nếu lấy từ sông, hồ hoặc nguồn nước công nghiệp, cần lọc loại bỏ cặn để giảm khả năng tắc nghẽn hệ thống tại các chỗ uốn cong, nút thắt, van khổng chế.

- Trừ khi chiều dài dàn ống ngắn, các dòng chảy qua đường ống nên được đảo chiều hàng ngày (tự động hay thủ công) nhờ các ống đầu chéo và các van tại trạm bơm hoặc tại các đường ống cấp/thoát phục vụ cho mỗi dàn ống riêng biệt. Các đoạn ống cấp nên được bảo ôn để đảm bảo nhiệt độ nước quy định tại đầu cấp. Quy cách của hệ thống phân phối và mức tổn hao cho phép tính theo quy định thiết kế cấp thoát nước thông thường.

- Quy mô và số lượng máy làm lạnh nước được dựa trên yêu cầu tối đa (số dàn cùng hoạt động, nhiệt độ nước đầu vào, nhu cầu thay đổi cho toàn bộ thời gian giải nhiệt dự kiến). Nước làm lạnh tới 3°C nên được sử dụng cho giải nhiệt trong giai đoạn đầu. Khi cần nhiệt độ thấp hơn tới 1°C có thể sử dụng hỗn hợp 70% nước và 30 % chất chống đóng băng (propylene glycol).

e) Kiểm soát dòng chảy

- Đường ống cấp và thu nước: Các đầu cấp, đầu thu hồi hoặc các ống đứng cần được bố trí trên các khoảng cách thuận tiện và gắn đồng hồ đo nhiệt độ. Nên sử dụng các đầu nối đa năng và ống mềm để kết nối ống cấp/thoát với các dàn ống.

- Tốc độ làm lạnh: Trước khi bê tông đạt đỉnh (pic) nhiệt độ đầu tiên, khi bê tông còn ở trạng thái mô đun đàn hồi thấp, từ biến cao, có thể làm lạnh với tốc độ cao nhất có thể. Sau đó việc làm lạnh cần khống chế ở tốc độ và nhiệt độ nước hợp lý để đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa các điểm trong khối đổ không vượt quá giới hạn quy định.

f) Tạm dừng

Việc làm lạnh cần tạm dừng (sau pic nhiệt độ đầu tiên) khi xuất hiện một trong các dấu hiệu sau:

- Tốc độ làm lạnh đã đạt mức cao nhất bê tông có thể chịu được mà không bị nứt;
- Nhiệt độ bê tông đã giảm 17°C dưới giá trị pic nhiệt độ đầu tiên;
- Bê tông đã đạt nhiệt độ ổn định cuối cùng hoặc nhiệt độ thiết kế quy định.

Việc làm lạnh được phục hồi khi nhiệt độ bê tông tăng trở lại.

#### g) Kết thúc

Việc làm lạnh kết thúc khi ngừng tuần hoàn nước trong một khoảng thời gian (khuyến cáo 12 h) mà  $T_{max}$ ,  $\Delta T_{max}$  không tăng (hoặc tăng không đáng kể) đồng thời thấp hơn giới hạn quy định.

#### h) Quan trắc nhiệt độ

Thực hiện theo 6.8, bổ sung thêm các điểm đo sau: sát một ống lạnh nhất (đầu vào) và nóng nhất (đầu ra) ở một dàn (để kiểm tra chênh lệch nhiệt độ bê tông trong phạm vi một dàn); giữa ống lạnh nhất (hoặc nóng nhất) của dàn này và ống nóng nhất (hoặc lạnh nhất) liền kề nó ở dàn bên cạnh (để kiểm tra nhiệt độ bê tông giữa các dàn); các điểm đo khác – theo chỉ định của thiết kế.

Nước cần được đo nhiệt độ tại đầu ống cấp và thu hồi để kiểm soát lượng nhiệt đưa ra khỏi khối bê tông.

g) Sau khi kết thúc quá trình giải nhiệt, toàn bộ các dàn ống được bơm rửa sạch, thổi hết nước và lấp đầy bằng vữa xi măng bơm ép. Vữa xi măng cần có cường độ không thấp hơn cường độ bê tông kết cấu. Khi vữa đóng rắn, cất bỏ phần ống ngoài phạm vi khối đổ.

#### 6.6.2.3 Sử dụng hợp lý cấp cường độ bê tông

Người thiết kế xem xét quyết định cấp bê tông hợp lý cho kết cấu, đảm bảo yêu cầu chịu lực, độ bền lâu, dễ thực hiện và tiết kiệm chi phí kiểm soát nhiệt.

a) Đối với các kết cấu chịu tải muộn hơn 28 ngày, nên sử dụng cấp cường độ ở tuổi 60, 90 ngày hoặc lâu hơn để giảm lượng xi măng trong bê tông. Đối với các kết cấu chịu tải sớm, nên chọn cấp cường độ ở mức hợp lý, tránh chọn cấp cường độ bê tông cao đại trà gây lãng phí.

b) Phù hợp điều kiện Việt Nam, cấp cường độ bê tông B khuyến cáo như sau:

- B40 ÷ B50 ở tuổi 28 ngày hoặc 60 ngày đối với các đài móng khối lớn nhà siêu cao tầng, trụ tháp, trụ cầu lớn hoặc sàn truyền ứng lực trước;
- B50 - B70 ở tuổi 28 ngày đối với các cột trụ chịu lực lớn, các dầm truyền, dầm ứng lực trước.
- B20 - B40 ở tuổi 28 ngày đối với các kết cấu khác.

#### 6.6.2.4 Phân chia khối đổ

a) Tùy theo kích thước, đặc điểm kết cấu và điều kiện thi công, có thể phân chia kết cấu thành nhiều khối đổ theo phương đứng hoặc phương ngang hoặc cả hai. Thời gian ngừng giữa hai khối đổ liền kề phải đủ để  $\Delta T_{max}$  giữa tâm và mặt khối đổ trước không vượt quá giới hạn quy định.

b) Mạch ngưng thi công cần được tẩy sạch lớp màng xi măng tới khi lộ ra lớp vữa hoặc hạt cốt liệu nằm phía dưới nó. Màng xi măng có thể được tẩy sạch bằng phun nước áp lực cao (nếu dưới 2 ngày sau khi đổ bê tông) hoặc máy đánh sòm gắn bàn chải sắt, đá mài hoặc phun cát. Bề mặt bê tông sau khi tẩy màng xi măng cần được giữ ở trạng thái bão hòa nước nhưng không đọng nước. Sau đó, đổ bê tông mới tiếp giáp vào hoặc trải một lớp vữa kết nối mỏng  $10 \div 15$  mm (thành phần giống như vữa xi măng - cát trong bê tông) rồi đổ bê tông mới lên. Tại các tiết diện chịu lực xung yếu, thiết kế có thể bố trí thêm cốt thép liên kết. Không dùng nước lạnh có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bề mặt khối đổ  $3 - 4^{\circ}\text{C}$  khi xử lý mạch ngưng thi công.

### **6.6.3 Dự phòng tình huống rủi ro nhiệt độ cao nhất trong bê tông $T_{\max}$ vượt giới hạn [T]**

Để phòng ngừa  $T_{\max} > [T]$ , cần đảm bảo  $T_{\max}$  tính toán trong biện pháp kiểm soát nhiệt không vượt quá  $0,95*[T]$  (giá trị [T] quy định tại Điều 5) và được kiểm chứng trên khối đổ thí nghiệm hoặc một cấu kiện đại diện.

GHI CHÚ: 1 Khuyến cáo kiểm chứng  $T_{\max}$  trên khối đổ thí nghiệm kích thước bằng hoặc lớn hơn  $2,0 \times 2,0 \times 2,0$ m đối với kết cấu móng bê tông cốt thép cấp cường độ  $\geq \text{B40}$  và dày  $\geq 3$ m; kiểm chứng  $T_{\max}$  trên một cấu kiện đại diện (có cấp cường độ và kích thước tương đương cấu kiện sẽ thi công) đối với các dạng kết cấu còn lại; 2 Trước khi đổ bê tông cấu kiện hoặc khối đổ thí nghiệm, nên xác định nhiệt thủy hóa của xi măng (chất kết dính) theo TCVN 6070:2005 hoặc mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt bê tông để kiểm tra số liệu tính toán; 3 Biện pháp kiểm soát nhiệt trên cấu kiện đại diện có thể áp dụng cho các cấu kiện tương đồng hoặc nhỏ hơn đồng thời về kích thước và cấp cường độ bê tông.

## **6.7 Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất trong bê tông khối đổ và biện pháp kiểm soát**

### **6.7.1 Xác định chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ $\Delta T_{\max}, ^{\circ}\text{C}$**

Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ xác định theo tính toán hoặc căn cứ kết quả đo trên khối đổ thí nghiệm, cấu kiện đại diện.

### **6.7.2 Biện pháp kiểm soát chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ**

**6.7.2.1** Để chênh lệch nhiệt độ lớn nhất  $\Delta T_{\max}$  theo tính toán không vượt quá giới hạn quy định  $[\Delta T]$  thì cần áp dụng một hoặc kết hợp các giải pháp công nghệ sau:

- Giảm  $T_{\max}$  (theo 6.6.2);
- Bọc vật liệu cách nhiệt khối đổ (theo 6.10). Giải pháp này cơ bản và hiệu quả;
- Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt đúng thời điểm (theo 6.11).

### **6.7.3 Dự phòng tình huống rủi ro chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và mặt ngoài khối đổ $\Delta T_{\max}$ vượt giới hạn $[\Delta T]$**

Để phòng ngừa  $\Delta T_{\max} > [\Delta T]$  (quy định tại Điều 5) khi thi công cần:

- Có vật liệu cách nhiệt dự phòng để bọc thêm khối đổ khi xảy ra  $\Delta T_{\max} > [\Delta T]$ ;
- Có giải pháp chống sốc nhiệt khối đổ cho tình huống nhiệt độ bề mặt bị hạ đột ngột, cụ thể:
  - Bảo dưỡng bê tông bằng nhiệt độ nước không thấp hơn nhiệt độ bề mặt  $3 \div 4^{\circ}\text{C}$ ;



- Khi có gió mùa đông bắc, mưa rào hoặc gió mạnh ( $v > 15\text{m/s}$ ), mặt hồ và các mặt ván khuôn cần được chống mất nhiệt nhanh bằng cách phủ bạt, nilon, vải dứa hoặc vật liệu thích hợp tạo thành đệm không khí kín bao quanh khối đổ (Hình 2), đặc biệt tại các gờ cạnh và góc.



Hình 2. Dùng bạt che phủ chống sốc nhiệt khối đổ

## 6.8 Quan trắc nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ

### 6.8.1 Thời điểm đo và thời gian quan trắc nhiệt độ

Để xác định sự phù hợp  $T_{\max}$  và  $\Delta T_{\max}$  của khối đổ với các giới hạn quy định tại Điều 5 của tiêu chuẩn này, quan trắc nhiệt độ bê tông và môi trường không khí xung quanh cần được thực hiện trong toàn bộ giai đoạn kiểm soát nhiệt, từ khi đổ bê tông tới khi tháo ván khuôn, nhưng không ít hơn 7 ngày.

### 6.8.2 Thiết bị đo nhiệt độ

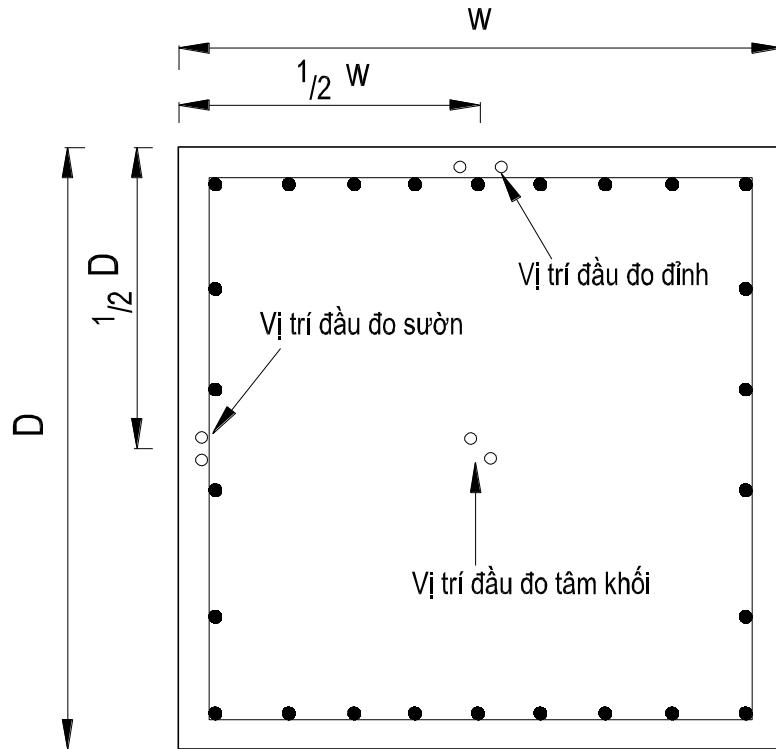
- a) Các cặp nhiệt điện, nhiệt kế bền vững trong bê tông khối đổ, cấp quang thủy tinh.
- b) Các ống gen đặt trước trong bê tông. Nhiệt kế được cắm vào ống tới chiều sâu cần đo (vị trí đo phải có nước), giữ tại đây tới khi số đo ổn định.

### 6.8.3 Vị trí cần đo nhiệt độ trong khối bê tông

- a) Tại tâm khối đổ, hoặc nơi dự kiến xuất hiện nhiệt độ cao nhất;
- b) Tại các mặt ngoài gồm mặt hồ và các mặt sườn ván khuôn (các vị trí khác theo chỉ dẫn thiết kế). Mỗi điểm đo nên có một cặp đầu đo nhiệt độ chính thức, một cặp dự phòng hoặc 1 ống đặt trước trong bê tông để đo bằng nhiệt kế. Đầu đo đặt cách mặt ngoài  $50 \pm 25\text{mm}$  và buộc chặt vào cốt thép. Khi thi công trong thời tiết có thể đột ngột trở lạnh, nên bổ sung đầu đo nhiệt tại góc, gờ cạnh.

### 6.8.4 Bản vẽ bố trí đầu đo nhiệt độ

Bản vẽ bố trí đầu đo nhiệt độ trong khối bê tông ví dụ trên Hình 3.



Hình 3. Vị trí đặt đầu đo nhiệt độ tại đỉnh, tâm và sườn khối đổ

### 6.8.5 Tần suất đo nhiệt độ và cung cấp số liệu

Ngày đầu tiên: 1 ÷ 2h/lần, ngày thứ 2: (2 ÷ 4)h/lần; ngày thứ 3: (4 ÷ 8)h/lần; các ngày tiếp theo (8 ÷ 12)h/lần (số nhỏ cho khối đổ kích thước nhỏ nhất dưới 2m). Tần suất khác - theo chỉ dẫn thiết kế.

## 6.9 Bảo dưỡng bê tông

### 6.9.1 Hoàn thiện mặt bê tông sau khi đổ

**6.9.1.1** Ngay sau khi kết thúc đổ bê tông, mặt bê tông cần được hoàn thiện, xử lý khuyết tật, làm phẳng, không để đọng nước.

**6.9.1.2** Khi xuất hiện các vết nứt do co mềm trên bề mặt bê tông mới đổ, có thể đầm lại lớp mặt để xóa các vết nứt này, nhưng phải trong thời gian bê tông còn đầm được (ấn ngón tay vào bê tông thấy còn lún).

### 6.9.2 Quy trình bảo dưỡng bê tông

**6.9.2.1** Ngay sau khi hoàn thiện bề mặt, nếu theo tính toán, khối đổ không cần bọc vật liệu cách nhiệt thì bê tông cần được bảo dưỡng ẩm theo TCVN 8828:2011 kèm theo các yêu cầu bổ sung sau:

- Chỉ dùng nước phun tia, không dùng nước vòi xối thẳng lên mặt khối đổ;
- Nhiệt độ nước bảo dưỡng bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ mặt khối đổ không quá 3 ÷ 4 °C;
- Tổng thời gian bảo dưỡng không ít hơn 7 ngày.

Trường hợp dùng màng bảo dưỡng thì theo hướng dẫn của nhà sản xuất, trường hợp dùng phương pháp khác thì theo quy trình của phương pháp đó, trường hợp khối đổ được bọc vật liệu cách nhiệt thì bảo dưỡng cùng quá trình bọc vật liệu cách nhiệt theo 6.10.

**6.9.2.2** Vào thời tiết nóng, cần che nắng trực tiếp trên khối bê tông mới đổ để bê tông không bị tăng nhiệt, xi măng không bị thủy hóa mạnh hơn làm tăng nhiệt độ bê tông.

GHI CHÚ: 1 Các lều, mái che nắng khi đổ bê tông có thể tiếp tục được sử dụng. 2 Đổ bê tông về ban đêm có tác dụng hạn chế mức tăng nhiệt do thủy hóa xi măng.

## **6.10 Bọc vật liệu cách nhiệt**

### **6.10.1 Vị trí bọc vật liệu cách nhiệt**

Khi chênh lệch nhiệt độ tính toán giữa tâm và bề mặt khối đổ  $\Delta T_{\max}$  lớn hơn  $[\Delta T]$  giới hạn (mục 5.1), khối đổ cần được bọc vật liệu cách nhiệt. Vật liệu cách nhiệt cần được bọc tại ván khuôn thành, ván khuôn đáy (nếu có) và phủ kín mặt hở khối đổ.

### **6.10.2 Vật liệu cách nhiệt**

Vật liệu cách nhiệt nên dùng các loại có hệ số dẫn nhiệt thấp, ít hút ẩm, ở trạng thái khô (độ ẩm không lớn hơn 12%).

#### **6.10.2.1 Vật liệu tấm hoặc cuộn**

a) Tấm xốp polystyrene (EPS) có khối lượng thể tích  $\gamma = 20 \div 40\text{kg/m}^3$ , chiều dày  $10 \div 50\text{mm}$ ; tấm hoặc cuộn polyetylen (PE) có  $\gamma = 20 \div 40\text{kg/m}^3$ , chiều dày  $3 \div 15\text{mm}$ ;

b) Tấm bông khoáng hoặc bông thủy tinh có khối lượng thể tích  $\gamma = 80 \div 200\text{kg/m}^3$ , chiều dày tấm  $25 \div 100\text{mm}$ .

#### **6.10.2.2 Vật liệu rời**

Hạt polystyrene xốp, trấu, xỉ, cát khô và các vật liệu rời khác (dùng để phủ bề mặt bê tông).

### **6.10.3 Chiều dày vật liệu cách nhiệt**

6.10.3.1 Vật liệu cách nhiệt được bọc với chiều dày phù hợp nhiệt trở yêu cầu ( $R_{\text{value}}$ ,  $\text{m}^2.\text{K/W}$ ), căn cứ mức chênh lệch nhiệt độ giữa mặt khối đổ (mà vật liệu cách nhiệt cần giữ ấm) so với nhiệt độ không khí thấp nhất trong giai đoạn kiểm soát nhiệt.

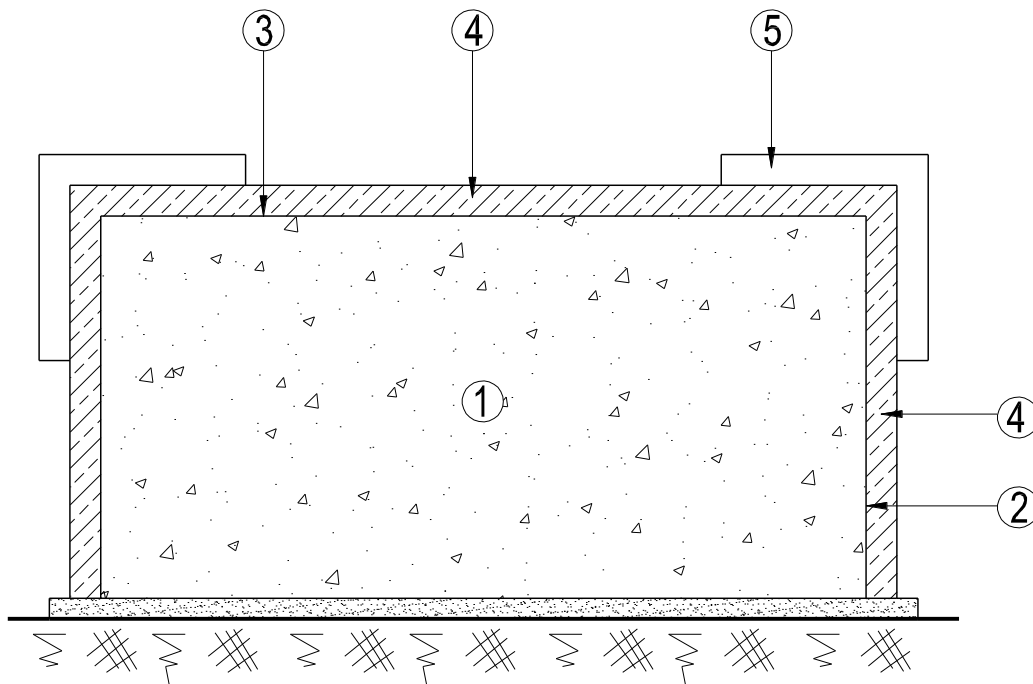
GHI CHÚ: 1 Khuyến cáo bố trí vật liệu cách nhiệt thành một hoặc nhiều lớp với  $R_{\text{value}}$  bằng tổng nhiệt trở của các lớp  $R_{\text{value}(i)}$ ; chiều dày vật liệu từng lớp bằng  $R_{\text{value}(i)}$  nhân với hệ số dẫn nhiệt của vật liệu lớp đó; 2 Khuyến cáo chỉ bọc vật liệu cách nhiệt chiều dày phù hợp  $R_{\text{value}}$  yêu cầu; khi bọc cao hơn  $R_{\text{value}}$ , bê tông thoát nhiệt chậm,  $T_{\max}$  có thể vượt giới hạn hoặc kéo dài thời điểm tháo khuôn; khi bọc thấp hơn  $R_{\text{value}}$ ,  $\Delta T_{\max}$  vượt giới hạn, khối đổ có thể bị nứt.

### **6.10.4. Quy trình bọc vật liệu cách nhiệt**

6.10.4.1 Bọc ván khuôn: Vật liệu cách nhiệt được bọc áp sát mặt ngoài ván khuôn (nên làm khi lắp dựng ván khuôn, trước lúc đổ bê tông). Vật liệu cách nhiệt cần được che chắn, neo giữ để tránh mưa và gió bốc.

6.10.4.2 Phủ mặt bê tông: Sau khi hoàn thiện, cần phủ ngay nilon và vật liệu cách nhiệt lên bề mặt bê tông. Đầu tiên trải một lớp nilon (polyethylene, polyethilen bóng khí) kín mặt bê tông để chống mất nước và ngăn nước từ bê tông tiếp xúc với vật liệu cách nhiệt. Sau đó, ép các tấm, cuộn vật liệu cách nhiệt khít lớp nilon này hoặc trải các vật liệu rời cho đủ chiều dày yêu cầu. Đối với vật liệu rời thì cần che đậy ở phía trên (vải bạt, nilon ...) để giữ ổn định và chống mưa. Đối với vật liệu tấm hoặc cuộn thì nên dùng nhiều lớp, lớp trên phủ kín các mối nối lớp dưới, che đậy phía trên nếu thời tiết có mưa, gió. Đối với các khối đổ có diện tích bề mặt lớn thì hoàn thiện bề mặt bê tông đến đâu, tiến hành phủ nilon và vật liệu cách nhiệt ngay đến đấy.

6.10.4.3 Sơ đồ bọc vật liệu cách nhiệt cho khối đổ trên Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ bọc vật liệu cách nhiệt. 1. Bê tông, 2. Ván khuôn. 3. Nilon, 4. Lớp cách nhiệt cơ bản. 5. Lớp cách nhiệt tăng cường cho gờ cạnh và góc

### 6.10.5 Chống mất nhiệt nhanh ở các gờ cạnh và góc kết cấu

Các gờ cạnh và góc kết cấu bê tông khối lớn thường bị mất nhiệt nhanh, tạo ra chênh lệch nhiệt độ lớn giữa chúng với tâm khối bê tông và gây nứt bê tông gờ cạnh hoặc góc. Vì vậy, cần có biện pháp bảo vệ tăng cường để tránh mất nhiệt nhanh cho các gờ cạnh và góc kết cấu, đặc biệt khi thời tiết trở lạnh đột ngột hoặc có mưa, gió. Việc cách nhiệt tăng cường ở các gờ cạnh và góc kết cấu được thực hiện bằng cách tăng gấp đôi chiều dày cách nhiệt (so

với chiều dày tính toán ở 6.10.3) trên khoảng cách từ 0,6m tới 1,2m tính từ các gờ cạnh và góc (Hình 4).

Nên cấu tạo vật liệu cách nhiệt thành 2÷ 3 lớp để tháo dỡ dần, điều chỉnh tốc độ thoát nhiệt từ khối đổ ra ngoài khi chênh lệch nhiệt độ  $\Delta T_{\max}$  nhỏ hơn  $[\Delta T]$  giới hạn (Điều 5).

### **6.11 Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt**

**6.11.1** Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt kết cấu bê tông khối lớn cần thực hiện theo chỉ dẫn của TCVN 4453:1995 như đối với kết cấu bê tông cốt thép toàn khối, đồng thời, cần thực hiện theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn này để đảm bảo không xảy ra sốc nhiệt gây nứt bê tông.

#### **6.11.2 Thời điểm tháo ván khuôn và vật liệu cách nhiệt**

**6.11.2.1** Ván khuôn và vật liệu cách nhiệt chỉ được tháo khi chênh lệch nhiệt độ giữa tâm khối đổ và không khí bên ngoài không vượt quá  $[\Delta T]$  giới hạn (Điều 5).

**6.11.2.2** Trường hợp cần tháo ván khuôn thành để luân chuyển mà chênh lệch nhiệt độ còn lớn hơn giới hạn quy định thì mặt bê tông lộ ra môi trường phải được bọc tạm lại ngay vật liệu cách nhiệt.

**6.11.2.3** Để tránh sốc nhiệt, nên tháo ván khuôn và vật liệu cách nhiệt vào thời điểm ấm nhất trong ngày (buổi trưa hoặc đầu giờ chiều). Không tháo lúc trời mưa hoặc có gió mạnh.

**6.11.3** Tháo dỡ vật liệu cách nhiệt và ván khuôn nên thực hiện theo 2 bước, đầu tiên rời lỏng ván khuôn và vật liệu cách nhiệt, để lại tại chỗ, sau một khoảng thời gian (thường 1 ngày đêm) mới dỡ ra chuyển đi. Đối với vật liệu rời thì tháo trước lớp vật liệu phủ phía trên, xáo trộn vật liệu rời, hôm sau mới thu lại chuyển đi.

### **6.12 Công tác kiểm tra**

Ngoài công tác kiểm tra theo chỉ dẫn của TCVN 4453:1995, đối với bê tông khối lớn, cần kiểm tra các thông số và các giải pháp công nghệ theo biện pháp kiểm soát nhiệt được duyệt. Cụ thể theo các bước dưới đây.

#### **6.12.1 Kiểm tra trước khi đổ bê tông**

- a) Vật liệu xi măng hoặc chất kết dính (loại, nhiệt thủy hóa), phụ gia khoáng, phụ gia hóa học cát, đá (sỏi), nước (mục 6.3);
- b) Thành phần bê tông sử dụng (mục 6.3);
- c) Nhiệt độ vật liệu chế tạo bê tông;
- d) Công tác che nắng cốt liệu, cấp nước lạnh, đá băng và công nghệ hạ nhiệt khác;
- e) Tình trạng thiết bị trộn, vận chuyển, đổ bê tông, làm mát không gian trên khối đổ;
- f) Công tác lắp đặt các thiết bị đo nhiệt độ trong khối đổ;
- g) Công tác bọc vật liệu cách nhiệt ván khuôn;

h) Tình trạng lắp đặt, cấp nước, thoát nước và vận hành thử hệ dàn ống giải nhiệt (nếu có);

### 6.12.2 Kiểm tra trong và sau khi đổ bê tông

a) Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn, sau khi vận chuyển, khi đổ (theo từng xe bồn);

b) Phủ nilon, lấp vật liệu cách nhiệt mặt hồ, gờ cạnh, góc khối đổ (theo tiến độ hoàn thiện);

c) Vận hành dàn ống thoát nhiệt (nếu có), nhiệt độ, chênh lệch nhiệt độ bê tông vùng dàn ống;

d) Nhiệt độ cao nhất, thời điểm đạt nhiệt độ cao nhất trong bê tông khối đổ theo thời gian;

e) Nhiệt độ môi trường không khí xung quanh  $T_{kk}$  theo thời gian;

f) Chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và các mặt khối đổ theo thời gian;

g) Nhiệt độ, chênh lệch nhiệt độ cao nhất tại thời điểm tháo dỡ vật liệu cách nhiệt và ván khuôn;

h) Giải pháp đã áp dụng để ngăn chặn nhiệt độ  $T_{max}$ , chênh lệch nhiệt độ  $\Delta T_{max}$  vượt giới hạn;

i) Nhiệt độ nước và thời gian bảo dưỡng bê tông.

### 6.12.3 Kiểm tra sau khi tháo ván khuôn

a) Nứt mặt khối đổ (vị trí, chiều rộng, chiều dài) khi tháo ván khuôn và sau đó 1, 2, 3 ngày;

b) Vị trí, thời điểm khối đổ có nhiệt độ  $T_{max}$ , chênh lệch nhiệt độ  $\Delta T_{max}$  vượt quá giới hạn;

c) Khuyết tật bê tông, tính liên khối của các khối chia (nếu áp dụng).

## 7 Công tác nghiệm thu

### 7.1 Nội dung nghiệm thu

Ngoài những quy định về nghiệm thu ghi trong TCVN 4453:1995, đối với bê tông khối lớn cần nghiệm thu bổ sung các nội dung theo biện pháp kiểm soát nhiệt như sau:

a) Vật liệu đầu vào; thành phần bê tông;

b) Nhiệt độ vật liệu đầu vào, hỗn hợp bê tông khi trộn, vận chuyển và đổ;

- Chất lượng phủ nilon, bọc vật liệu cách nhiệt;

- Chất lượng lắp đặt hệ thống dàn ống giải nhiệt (nếu có) và kết quả vận hành;

- Nhiệt độ bê tông tại tâm và các mặt ngoài  $T_{max}$ , thời điểm đạt  $T_{max}$ ,  $\Delta T_{max}$ ,  $T_{kk}$ ;

- Xử lý nứt mặt bê tông sau thi công (nếu có);

- Xử lý các vùng nhiệt độ cao nhất trong bê tông  $T_{max}$  vượt qua giới hạn (nếu có);

- Chất lượng bê tông, tính liên khối của bê tông chia khối (nếu áp dụng);

Khối đổ được nghiệm thu khi khối đổ được thi công phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4953:1995 và biện pháp kiểm soát nhiệt được duyệt, có nhiệt độ, chênh lệch nhiệt độ nhỏ hơn  $T_{max}$ ,  $\Delta T_{max}$  giới hạn và không bị nứt.

## 7.2 Xử lý bê tông nứt hoặc có nhiệt độ cao nhất vượt giới hạn

Trường hợp bê tông bị nứt tại mặt khối hoặc có nhiệt độ cao nhất  $T_{max}$  vượt  $[T]$  giới hạn quy định theo Điều 5 tiêu chuẩn này thì việc xử lý vết nứt và bê tông quá nhiệt sẽ do người thiết kế xem xét quyết định.

GHI CHÚ:

1 Khuyến cáo xử lý vết nứt (để chống thấm và bảo vệ cốt thép) có chiều rộng không vượt quá giới hạn như sau:

- Vết nứt rộng  $0,1 \div 0,3$  mm: bơm keo epoxy chuyên dụng; nhỏ hơn 0,1 mm – không xử lý;
- Phủ kín mặt vết nứt bằng sơn epoxy (3 lớp, băng 200mm) hoặc chống thấm bằng biện pháp thích hợp khác.

2 Khuyến cáo xử lý vùng bê tông có nhiệt độ  $T_{max}$  vượt  $[\Delta T]$  giới hạn như sau:

- Khoan lấy lõi đường kính tối thiểu 100mm tại vùng quá nhiệt. Tạo tối thiểu 3 viên đường kính 100mm, chiều cao  $(100 \div 200)$ mm để nén và 3 mặt cắt mài bóng để soi cấu trúc. Thời điểm khoan mẫu không sớm hơn 60 ngày sau khi thi công.

- Nếu các mặt cắt mài bóng không soi thấy các vết rạn, nứt xung quanh các hạt cốt liệu lớn và cường độ bê tông trung bình tại vị trí quá nhiệt không nhỏ hơn cấp cường độ bê tông thiết kế thì vùng bê tông kiểm tra có thể chấp nhận nghiệm thu.

## 7.3 Biên bản và hồ sơ nghiệm thu

**7.3.1** Những nội dung nghiệm thu cho bê tông khối lớn (7.1 và 7.2) được viết thành biên bản có chữ ký của đại diện của chủ đầu tư và các nhà thầu liên quan theo quy định hiện hành.

**7.3.2** Toàn bộ diễn biến của quá trình thi công và nghiệm thu bê tông khối lớn cần được lập thành hồ sơ có xác nhận của các bên liên quan hoặc ghi chép đầy đủ trong sổ nhật ký thi công.

**7.3.3** Các tài liệu bao gồm: bản vẽ thiết kế và chỉ dẫn thi công, bản vẽ hoàn công, phiếu kiểm tra chất lượng vật liệu, biện pháp kiểm soát nhiệt được duyệt và kết quả thực hiện, biên bản nghiệm thu giữa các bên, nhật ký thi công cần được chủ đầu tư lưu giữ để sử dụng lâu dài.

