



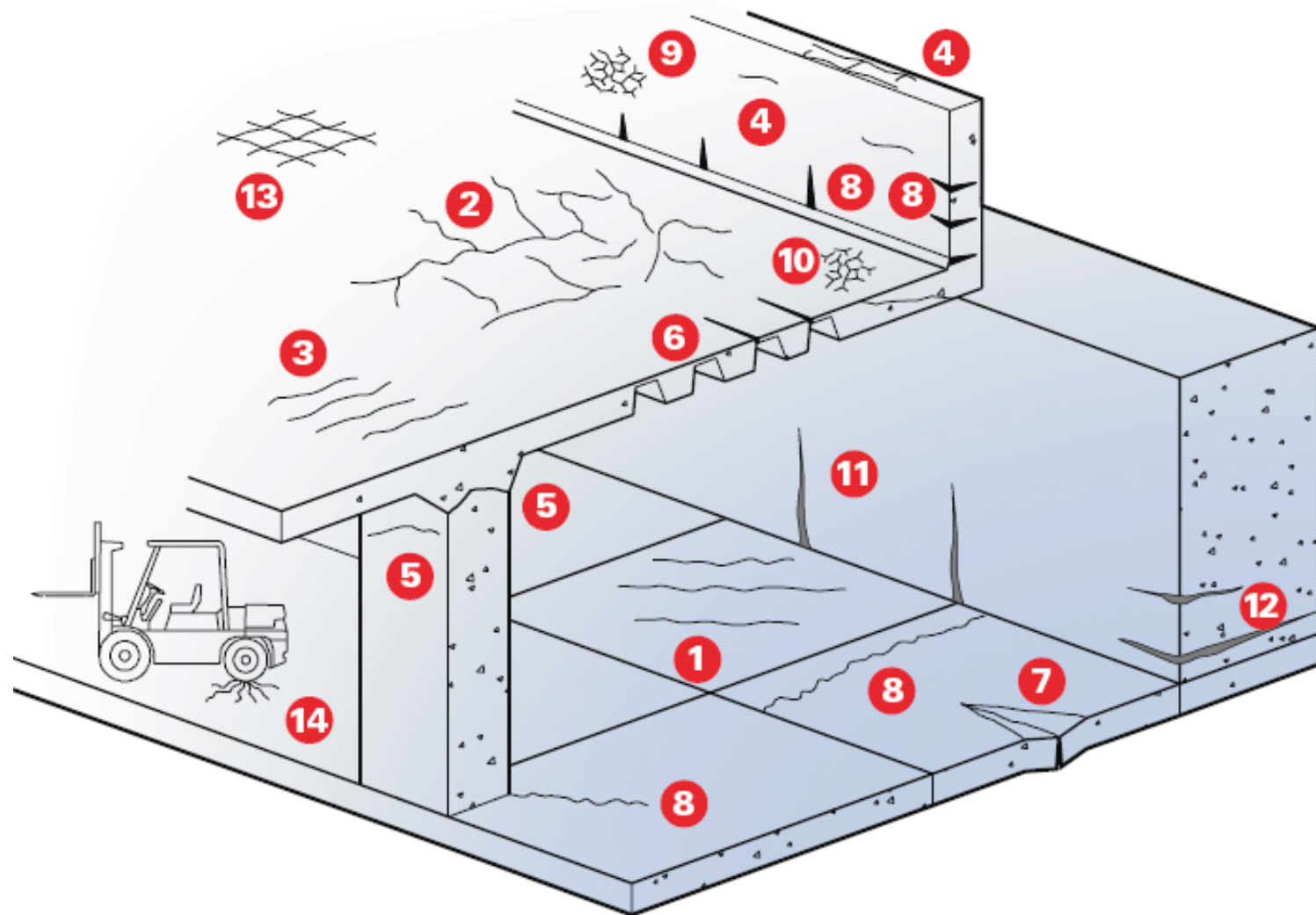
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP.HCM
BỘ MÔN VẬT LIỆU XÂY DỰNG

XÁC ĐỊNH NGUYÊN NHÂN GÂY NÚT
BIỆN PHÁP SỬA CHỮA – GIA CƯỜNG BTCT
BỊ NÚT

PGS.TS. TRẦN VĂN MIỀN
Bộ môn Vật liệu Xây dựng

Tp.HCM, ngày 22 tháng 02 năm 2025

1. Các dạng vết nứt trong kết cấu BTCT

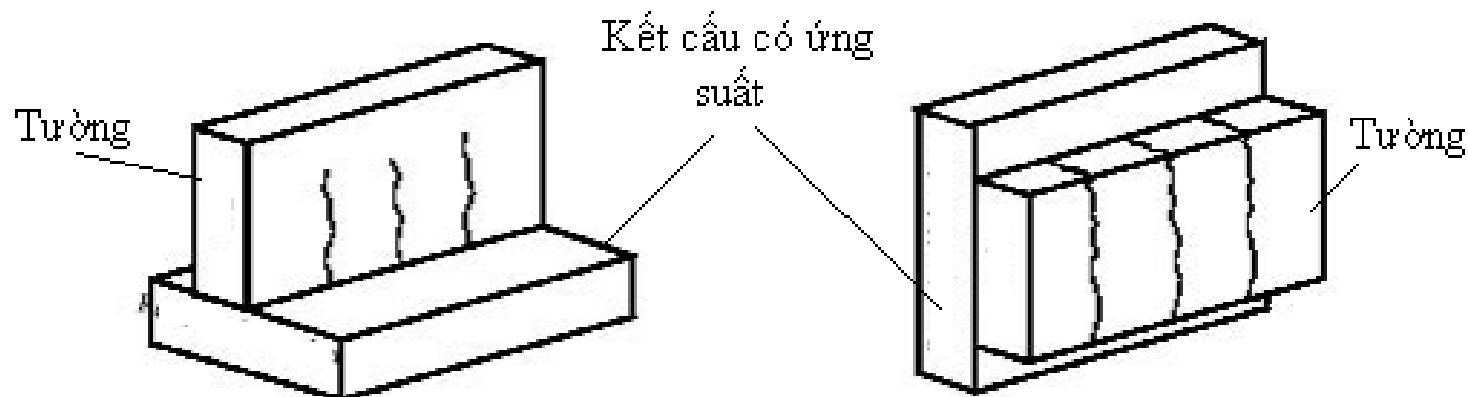
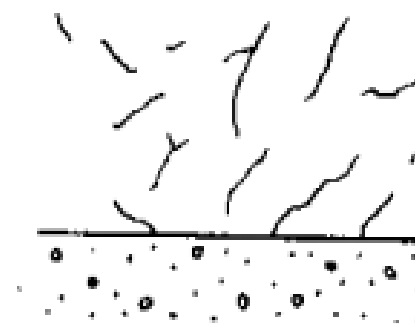


Nhóm	Phân nhóm	Nhóm nhỏ	Số	Nguyên nhân
A – Vật liệu	Vật liệu sử dụng	Xi măng	A1	Đóng rắn giả của xi măng
			A2	Nhiệt thủy hóa xi măng
			A3	Nở không bình thường của xi măng
		Cốt liệu	A4	Sét trong cốt liệu
			A5	Cốt liệu chất lượng thấp
			A6	Cốt liệu hoạt tính (cốt liệu kiềm)
	Bê tông		A7	Clo trong bê tông
			A8	Lắng và chảy nước của bê tông
			A9	Co khô của bê tông
			A10	Tự co của bê tông
B– Thi công	Bê tông	Trộn	B1	Phụ gia phân tán không đồng nhất
			B2	Thời gian trộn lâu
		Vận chuyển và đổ	B3	Thay đổi không thích hợp cấp phối khi bơm
			B4	Trình tự đổ không thích hợp
			B5	Đổ nhanh
		Đầm	B6	Đầm không thích hợp
			B7	Có tải hay rung trước đóng rắn
		Dưỡng hộ	B8	BT khô nhanh khi bảo dưỡng ban đầu
			B9	Băng giá tuổi sớm
		Mạch ngừng	B10	Xử lý khe không thích hợp
	Thép	Đặt thép	B11	Đặt thép sai
			B12	Thiếu lớp phủ
	Ván khuôn	Ván khuôn	B13	Khuôn biến dạng
			B14	Rò nước từ khuôn
			B15	Tháo khuôn sớm
		Cột đỡ	B16	Lún cột chống
	Khác	Khe co	B17	Khe co sai hay gián đoạn
		Vữa xi măng	B18	Thiếu vữa

Nhóm	Phân nhóm	Nhóm nhỏ	Số	Nguyên nhân
C-Môi trường	Vật lý	Nhiệt độ và độ ẩm	C1	Thay đổi nhiệt độ (độ ẩm) môi trường
			C2	Chênh lệch nhiệt độ (độ ẩm) giữa mặt trước và mặt sau của kết cấu
			C3	Các chu kỳ băng giá và tan băng
			C4	Hư hại do cháy
			C5	Bề mặt bị đốt nóng
	Hóa học	Phản ứng hóa học	C6	Phản ứng hóa học của a xit hay muối
			C7	Gỉ cốt thép do các bô nat hóa
			C8	Gỉ cốt thép do xâm thực clo
D- Kết cấu và ngoại lực	Tải trọng	Tải trọng dài hạn	D1	Tải dài hạn dưới tải thiết kế
		Tải trọng ngắn hạn	D2	Tải dài hạn trên tải thiết kế
			D3	Tải ngắn hạn dưới tải thiết kế
			D4	Tải ngắn hạn trên tải thiết kế
	Thiết kế kết cấu		D5	Tiết diện thép không đủ hay số lượng thiếu
			D6	Lún không đều của kết cấu
	Điều kiện đỡ		D7	Nâng lên do băng giá
E - Khác				Khác

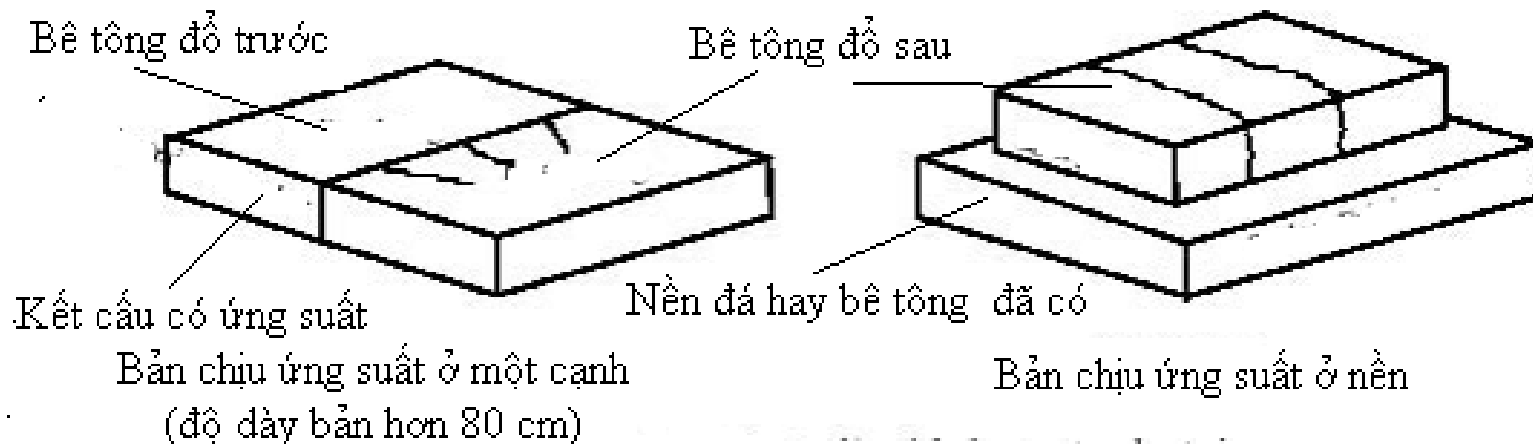
A1. Đóng rắn giả của xi măng: Các vết nứt ngắn và lộn xộn xảy ra ở tuổi sớm. (Hình bên phải).

A2. Nhiệt thủy hóa của xi măng: Các vết nứt tại các phần tường chịu ứng suất có mặt cắt lớn. Các vết nứt xuất hiện dưới dạng một số tập hợp như nứt xuyên và nứt bề mặt hình thành do các điều kiện ứng suất ngoài hay trong.



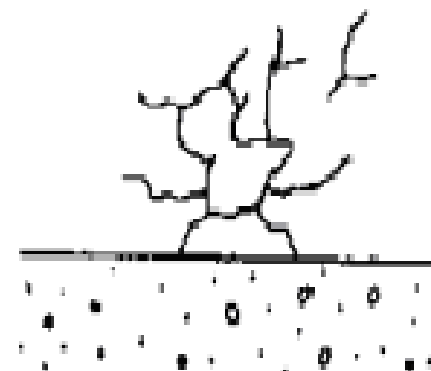
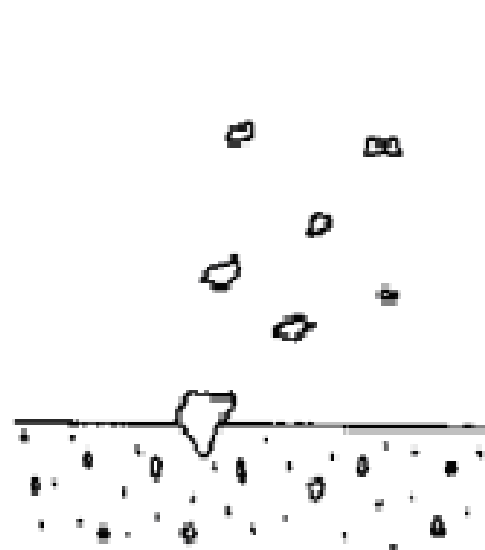
Tường chịu ứng suất ở chân (dày tường lớn hơn 50 cm (tường ngăn, ống cống..))

Tường chịu ứng suất ở mặt sau (tường đổ liền khối liên tục...)

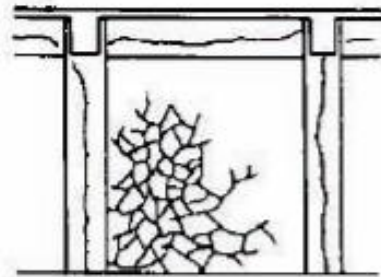


A4. Sét lẫn trong cốt liệu: Các vết nứt hỗn độn, dạng lưới xuất hiện khi bê tông trở nên khô (hình phải).

A5. Cốt liệu chất lượng kém. Các vết nổ bung



A6. Cốt liệu hoạt tính (phản ứng kiềm cốt liệu): Trong các cấu trúc như cột, dầm thường gặp các vết nứt dọc cốt thép theo hướng trục (trục giao, song song thép chịu ứng suất). Các vết nứt dạng lưới xuất hiện trên tường, tường ngăn,... và thường kèm theo sự tích tụ gel kiềm silic.



Cấu trúc nhà



Mặt bên



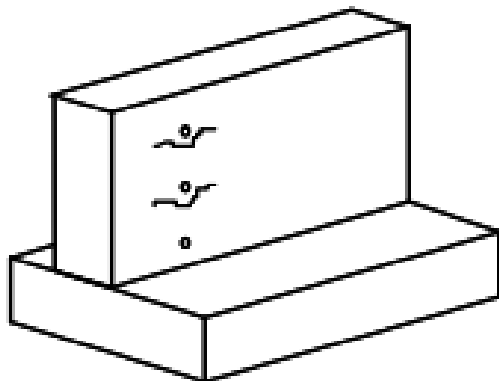
Mặt dưới và mặt trên của vai dầm chữ T



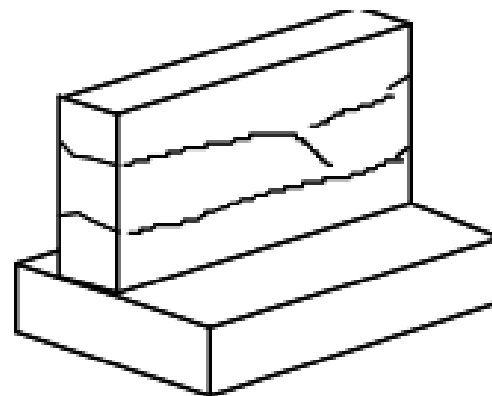
Trụ cầu chữ T



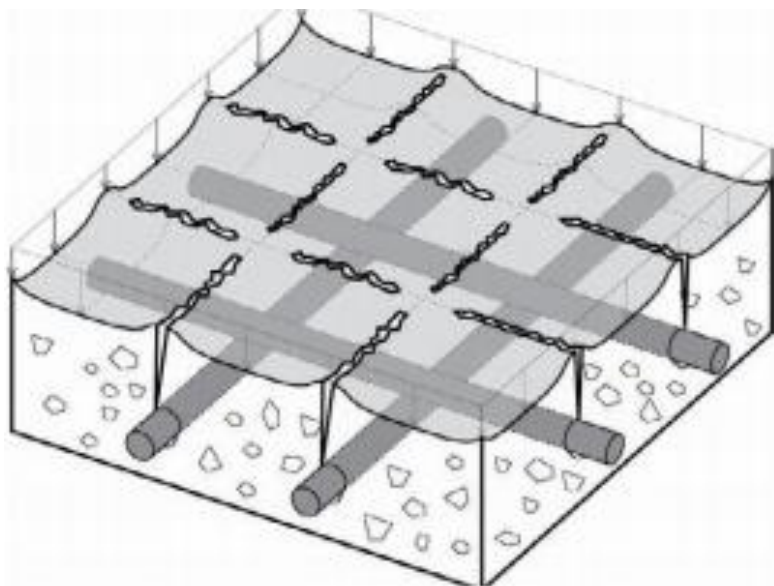
Các ví dụ vết nứt do phản ứng cốt liệu kiềm



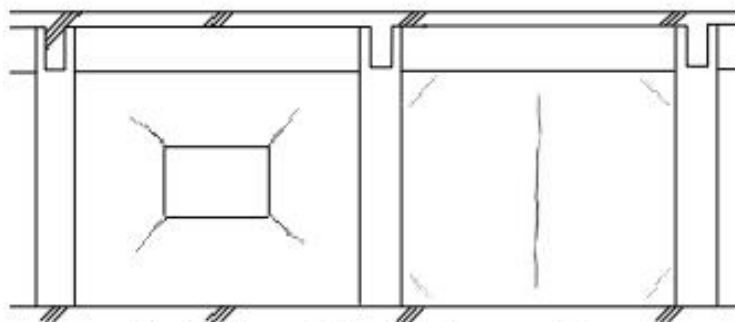
Lún (lắng) không đồng nhất do ứng suất của cốt thép tường



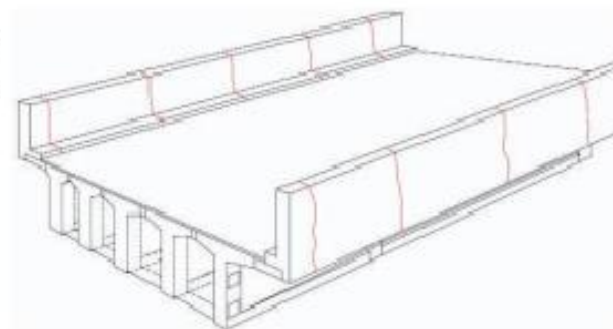
Nứt co do lún dẻo của các lớp bê tông do đầm không đủ



A9. Co khô của bê tông: Điều kiện dễ xảy ra nứt khá rộng tùy thuộc điều kiện ứng suất. Trong một số trường hợp, ứng suất trong phát triển khi bề mặt bê tông trở nên khô và co gây các vết nứt nhỏ trên lớp bề mặt.



Ví dụ nứt co khô của tường ngoài



Ví dụ nứt lan can



Tập trung ứng suất quanh cửa sổ, vật liệu chôn...trong bê tông



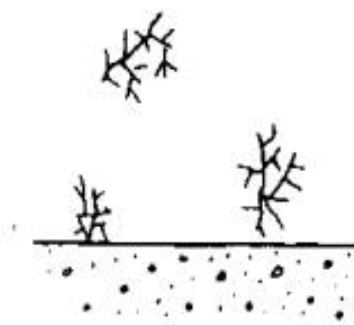
Các nứt nhỏ trên bề mặt bê tông do co

A10. Các vết nứt tự co ở bê tông cường độ cao



Nứt tự co trong cột bê tông cường độ cao

B1. Phân bố không đều của phụ gia: Các vết nứt nở và nứt co cục bộ

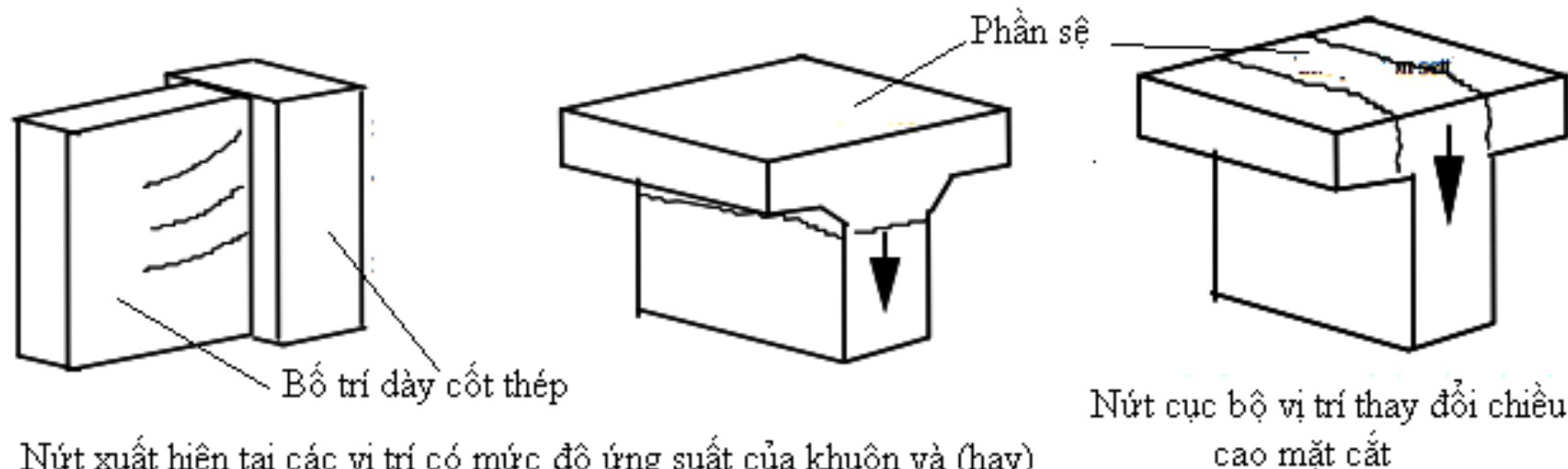


Nứt nở

B2. Trộn quá lâu: Nứt xảy ra khi thời gian vận chuyển bê tông quá lâu. Các vết nứt hình mạng lưới trên toàn bộ bề mặt

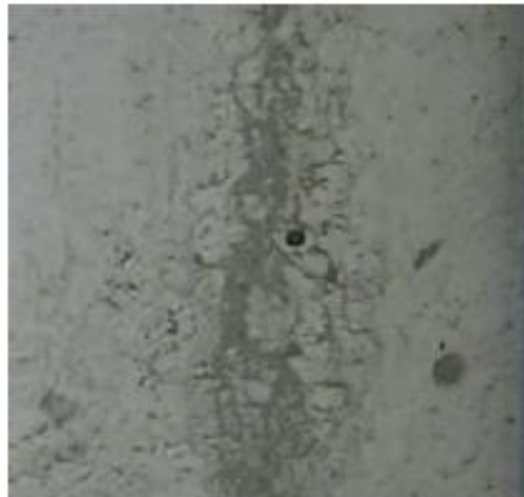
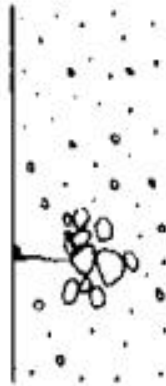


B5. Đổ bê tông nhanh: Các vết nứt xuất hiện do lắng (sệ) bê tông



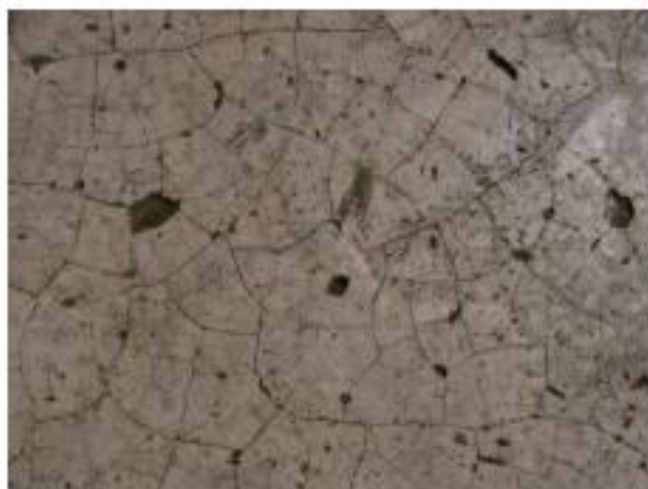
Nứt xuất hiện tại các vị trí có mức độ ứng suất của khuôn và (hay) bố trí của cốt thép khác nhau, của độ dày kết cấu khác nhau

B6. Đầm không đúng: Nứt phân lớp do đầm quá lâu hay đầm không đủ



Nứt phân lớp do đầm không đúng (quá lâu hoặc không đủ)

B8. Khô nhanh khi dưỡng hộ ban đầu: Các vết nứt hỗn độn dạng mạng lưới do khô qua nhanh



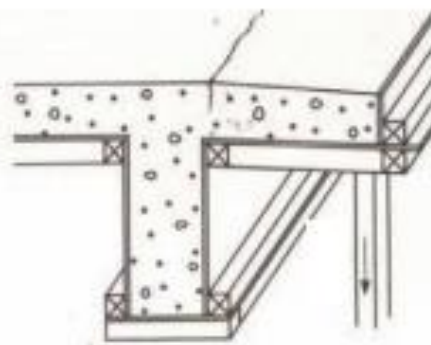
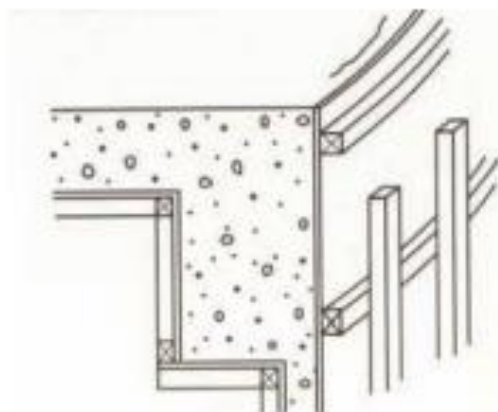
Nứt tại các mối nối



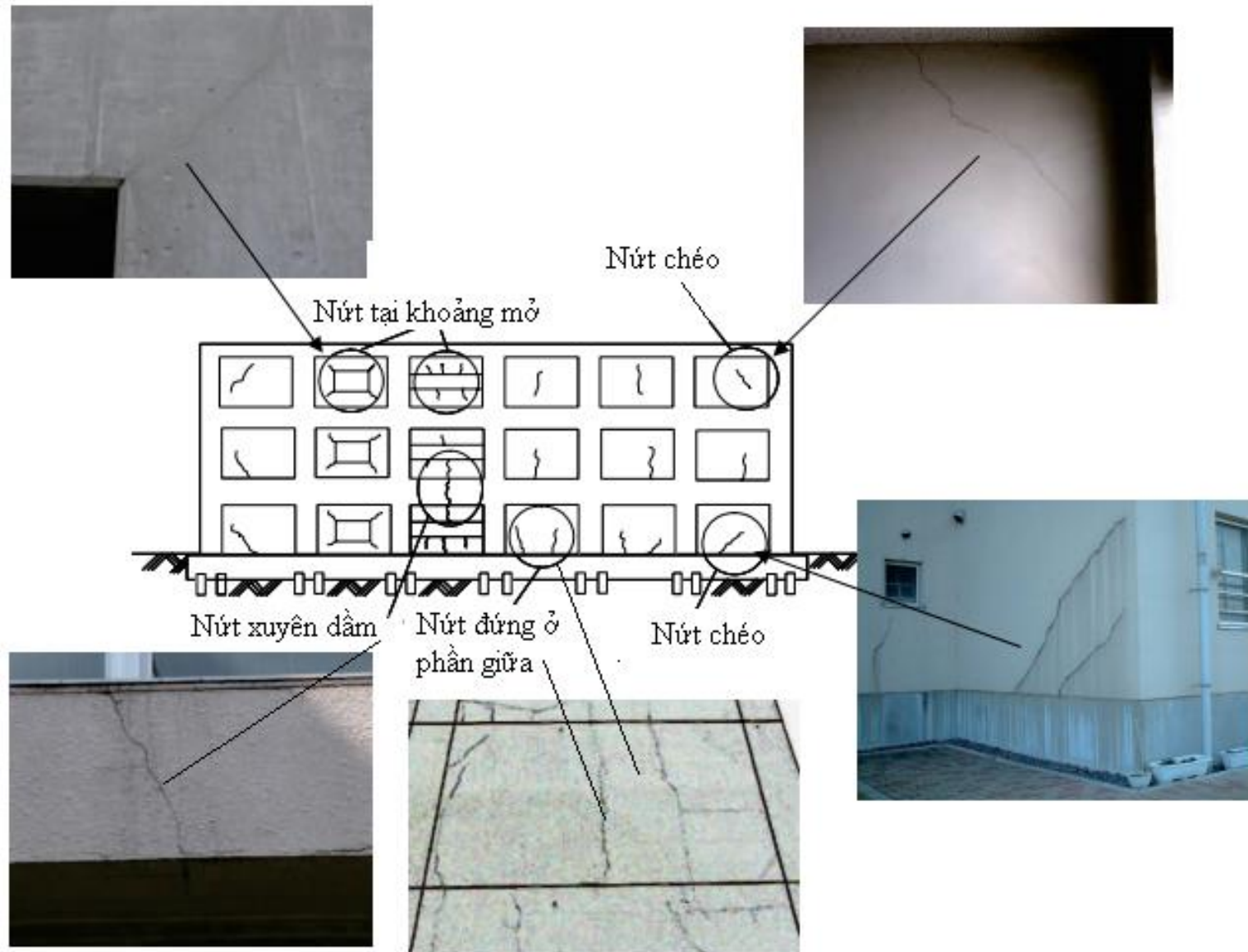
Rò nước tại các mối nối

B13. Biến dạng ván khuôn

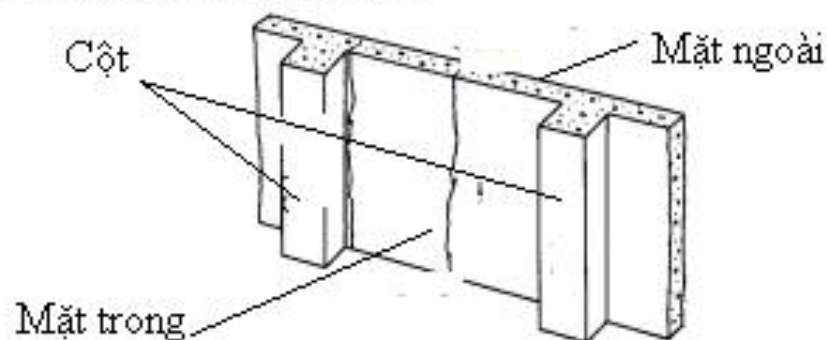
B16. Lún sụt trụ đỡ



C1. Các thay đổi nhiệt độ và (hay) độ ẩm môi trường: các dạng nứt ở tường ngoài: Biến dạng ở tường ngoài do co khô do thay đổi độ ẩm, và (hay) thay đổi nhiệt độ do cách nhiệt. Nứt chéo xảy ra ở các góc tường ngoài trên và dưới. Loại nứt này cũng có thể chạy ở các góc trên và dưới của các khoảng mở xuyên dầm. Các vết nứt đứng ở phần giữa của kết cấu do ứng suất của các dầm lớn



C2. Chênh lệch nhiệt độ và độ ẩm giữa hai bề mặt của kết cấu: Nếu nhiệt độ và (hay) độ ẩm ở mặt ngoài là cao trong khi nhiệt độ và (hay) độ ẩm ở bề mặt trong là thấp thì nứt xảy ra xung quanh phần giữa của phần chịu ứng suất hoặc vùng phụ cận của mối nối của các phần chịu ứng suất ở phía có nhiệt độ thấp hay độ ẩm thấp. Các vết nứt không xuyên ở tuổi sớm, nhưng sau các chu kỳ thay đổi của môi trường sẽ thường nứt xuyên qua kết cấu theo thời gian.



Ví dụ các vết nứt ở ống khói (chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài, mặt ngoài ống khói lớn nên nứt dễ xuất hiện do yếu tố này)

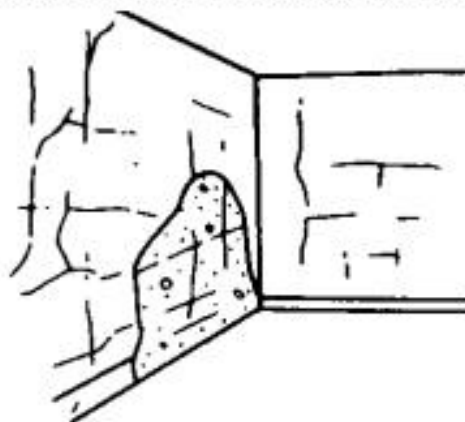
C4. Hư hại do cháy

C5. Đốt nóng bề mặt: Do tăng nhanh nhiệt độ và độ khô, các vết nứt nhỏ dạng mạng lưới xuất hiện cùng với các vết nứt tương đối rộng hơn với khoảng cách đều ở dầm, cột. Bê tông có thể bong tróc từng phần



Ví dụ các vết nứt trong cấu trúc hư hại do cháy

C6. Phản ứng hóa học của axit và (hay) muối: Bề mặt bê tông bị xâm thực do phản ứng hóa học. Phần lớn các vết nứt xảy ra dọc theo cốt thép, đôi chỗ có thể bong bê tông.



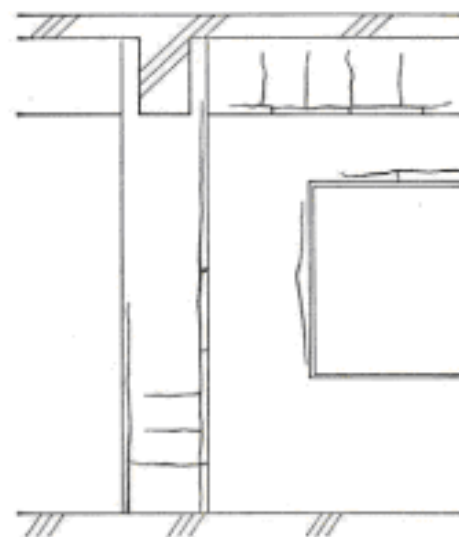
Xuống cấp của kết cấu hư hại do xâm thực hóa học

C7. Xâm thực cốt thép do cacbonát hóa

B12. Thiếu lớp phủ bảo vệ: Các vết nứt dọc cốt thép



Thiếu lớp phủ bảo vệ



Nứt do cacbonát hóa gây xâm thực cốt thép
(mặt dưới kết cấu tòa nhà)

C8. Xâm thực cốt thép do xâm thực clo.

A7. Clo trong bê tông: Gỉ tách ra từ các vết nứt và thường gây vết trên bề mặt bê tông. Trong trường hợp xâm thực mạnh cốt thép, có thể bong tróc bê tông. Xâm thực của thép phơi lộ luôn nghiêm trọng.



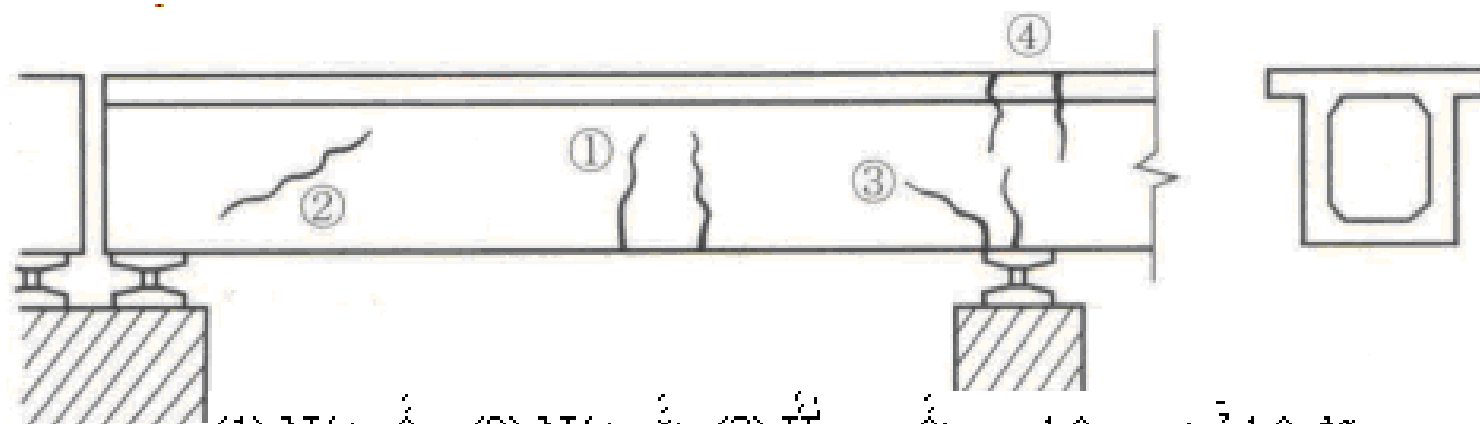
Tình trạng xuống cấp và kiểu nứt do xâm thực clo

D1. Tải dài hạn dưới tải thiết kế.

D2. Tải dài hạn vượt tải thiết kế.

D3. Tải ngắn hạn dưới tải thiết kế.

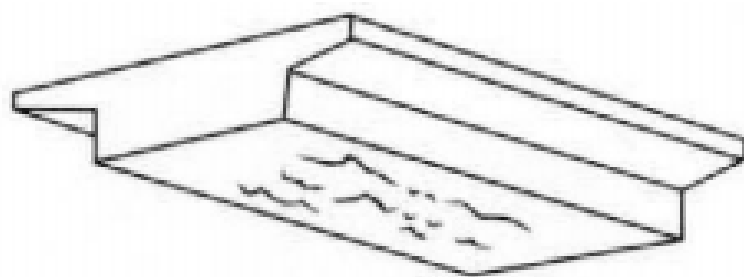
D4. Tải ngắn hạn vượt tải thiết kế: Các vết nứt thường xảy ra ở kết cấu bê tông cốt thép do mômen uốn. Tuy nhiên, trong trường hợp chiều rộng vết nứt vượt 0,3 mm do lực cắt thì phải kiểm tra tình trạng chi tiết.



(1) Nứt uốn, (2) Nứt cắt, (3) Ứng suất cục bộ vượt ở bê đỡ

(4) Ảnh hưởng của dự ứng lực trước đây không đủ hay lún bê đỡ

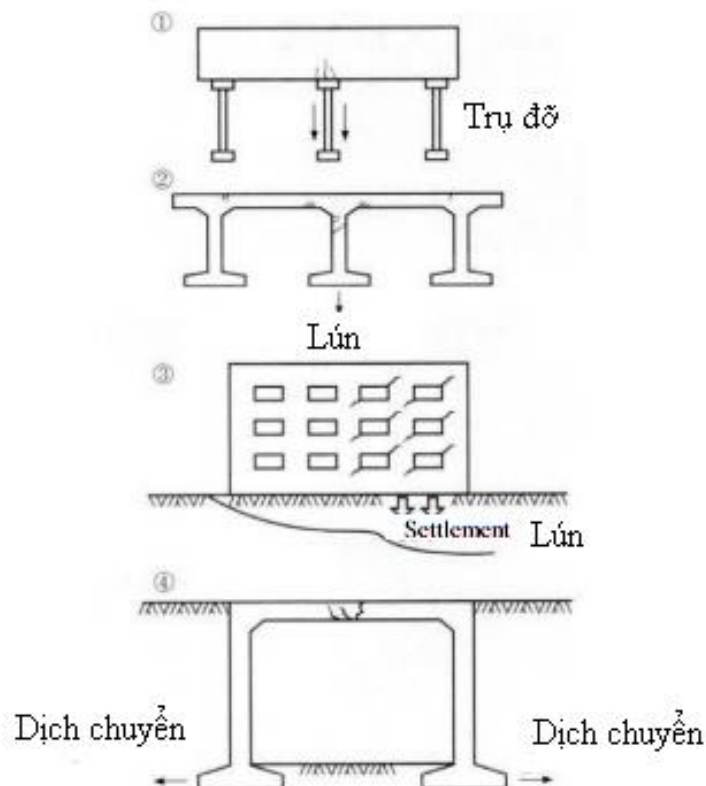
D5. Tiết diện mặt cắt hay lượng cốt thép không đủ: Vết nứt thể hiện ở hình dưới đôi khi gặp do thiếu cốt thép. Sự hình thành nứt do thiếu tiết diện mặt cắt hay cốt thép giống nhau và mô tả trong D2 và D4. Cần phải kiểm tra bản vẽ hay yêu cầu kỹ thuật để xác định do tải hay do không đủ tiết diện cắt và (hay) số lượng thép. Trong kết cấu BT dự ứng lực, kiểu vết nứt này thường gặp do ứng suất uốn vượt của kết cấu BT dự ứng lực



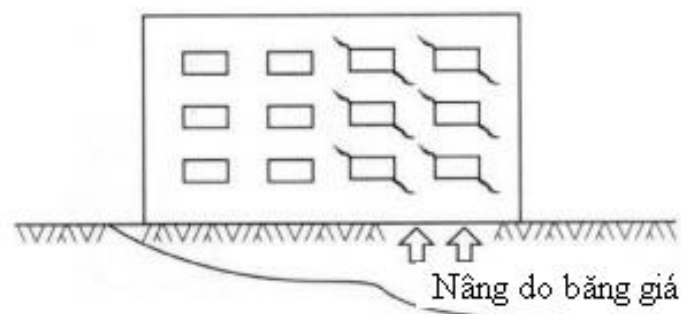
D6. Lún không đều của cấu trúc: Trong các cấu trúc tĩnh không xác định như khung cứng, các vết nứt như mô tả ở các hình dưới có thể gặp do lún không đều của trụ đỡ.



Ví dụ nứt trụ do lún không đều



D7. Nâng do băng giá: Nứt do nâng bởi băng giá (hiện tượng ngược với lún)



2. Phân loại mức độ nguy hiểm do nứt gây ra đối với kết cấu BTCT

Hiện trạng nứt, và mức độ nguy hiểm do nứt gây ra được đánh giá theo TCVN 9381: 2012. Theo tiêu chuẩn này, mức độ nguy hiểm của vết nứt đối với kết cấu BTCT được phân loại như sau:

- Khả năng chịu lực của cấu kiện nhỏ hơn 85% hiệu ứng tác động vào nó;
- Dầm, sàn bị võng quá $L_0/150$;
- Vùng chịu kéo ở phần giữa nhịp của dầm đơn giản, dầm liên tục xuất hiện vết nứt thẳng đứng chạy dài lên trên đến $2/3$ chiều cao của dầm, bề rộng vết nứt 0,5mm hoặc lớn hơn, hoặc ở gần gối tựa xuất hiện vết nứt xiên với bề rộng lớn hơn 0,4mm;
- Bản sàn xuất hiện vết nứt chịu kéo lớn hơn 0,4mm.

Công trình được chia làm 3 bộ phận là: nền móng, kết cấu chịu lực bên trên và kết cấu bao che.

Đánh giá mức độ nguy hiểm của các bộ phận công trình được chia làm các cấp như sau:

Cấp a: không có cấu kiện nguy hiểm;

Cấp b: có cấu kiện nguy hiểm;

Cấp c: nguy hiểm cục bộ;

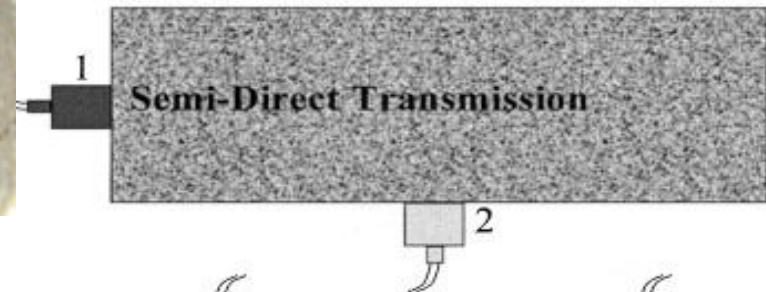
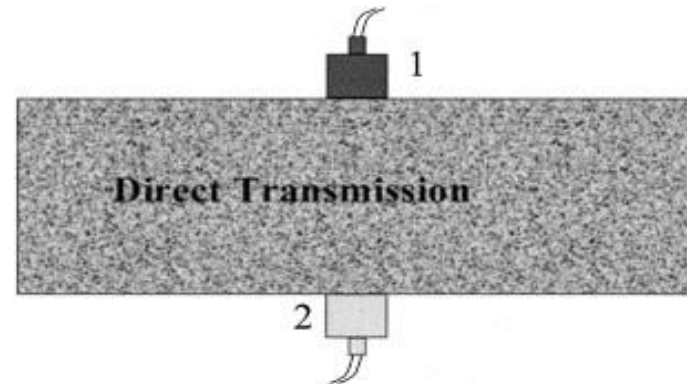
Cấp d: tổng thể nguy hiểm.

Đánh giá mức độ nguy hiểm của cả công trình được quy định như sau:

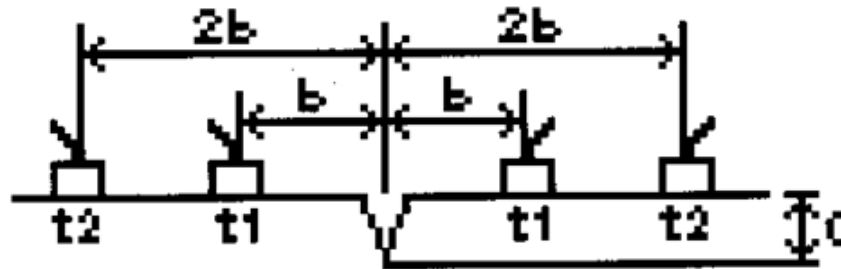
- **Cấp A: Khả năng chịu lực của kết cấu có thể thỏa mãn yêu cầu sử dụng bình thường, chưa có nguy hiểm, kết cấu nhà an toàn;**
- **Cấp B: Khả năng chịu lực của kết cấu cơ bản có thể thỏa mãn yêu cầu sử dụng bình thường, cá biệt có cấu kiện ở trạng thái nguy hiểm, nhưng không ảnh hưởng đến kết cấu chịu lực;**
- **Cấp C: Khả năng chịu lực của một bộ phận kết cấu không để đáp ứng được yêu cầu sử dụng bình thường, xuất hiện tình trạng nguy hiểm cục bộ;**
- **Cấp D: Khả năng chịu lực của kết cấu chịu lực không thể đáp ứng được yêu cầu sử dụng bình thường, nhà xuất hiện tình trạng nguy hiểm tổng thể.**

3. Đánh giá chiều sâu vết nứt BTCT bằng phương pháp siêu âm

Bố trí đầu phát và đầu thu xung siêu âm theo các cách gián tiếp.



Trong phương pháp siêu âm, chiều sâu vết nứt trên cầu kiện BTCT được tính toán dựa vào thời gian truyền qua vết nứt theo các cách bố trí đầu thu và đầu phát trên bề mặt BTCT.



Chiều sâu vết nứt được đánh giá như sau:

$$C = 150 \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

t_1 là thời gian truyền khi khoảng cách siêu âm $x = 100$ hoặc 150mm ;
 t_2 là thời gian truyền khi khoảng cách siêu âm $x = 200$ hoặc 300mm .

4. Quy trình xác định nguyên nhân gây nứt kết cấu BTCT

Xác định nguyên nhân gây nứt bằng phương pháp tổng quát được thực hiện qua các bước như sau:

- **Bước 1 – Khảo sát:** chiều dài, chiều rộng, chiều sâu, vị trí xuất hiện, hướng phát triển và thời điểm xuất hiện vết nứt;
- **Bước 2 – Phân tích** tất cả các nguyên nhân có thể gây ra nứt trong từng nhóm yếu tố gây nứt A, B, C và D;
- **Bước 3 – Tổng hợp** tất cả các nguyên nhân nứt thành bảng, và tìm sự giao nhau về nguyên nhân gây nứt trong 4 nhóm (A, B, C và D);
- **Bước 4 – Loại trừ** đi các nguyên nhân gây nứt không phù hợp với hiện trạng nứt, và giữ lại các nguyên nhân phù hợp với hiện trạng.
- **Ví dụ:** ..\HOP DONG\THAO DIEN Pearl\Ket qua\Ket qua THAO DIEN PEARL\Phu luc 4-Xac dinh nguyên nhân nut.doc

Ví dụ: (Cont)..\HOP DONG\Truong Cao dang nghe 8-Dong Nai\Ket qua\Phu luc 2-Xac dinh nguyen nhan nut.doc

..\HOP DONG\NEW PEARL\Bao cao\Bao cao Revised 2\Phu luc 5-Xac dinh nguyen nhan nut (Revised).doc

..\HOP DONG\HO BOI IMPERIA - Q2\BAO CAO KET QUA HO BOI Q2\6.PL5-Xac dinh nguyen nhan nut.doc

5. Phương pháp phòng ngừa, hạn chế nứt BTCT

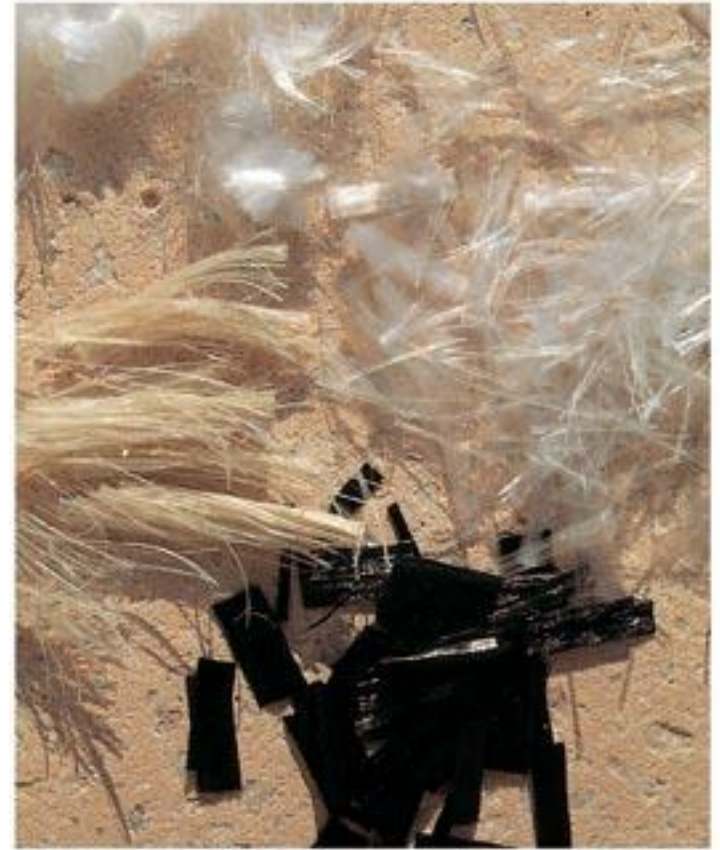
- **Thiết kế;**
- **Vật liệu bê tông;**
- **Phương pháp thi công và bảo dưỡng BTCT.**

Vật liệu bê tông

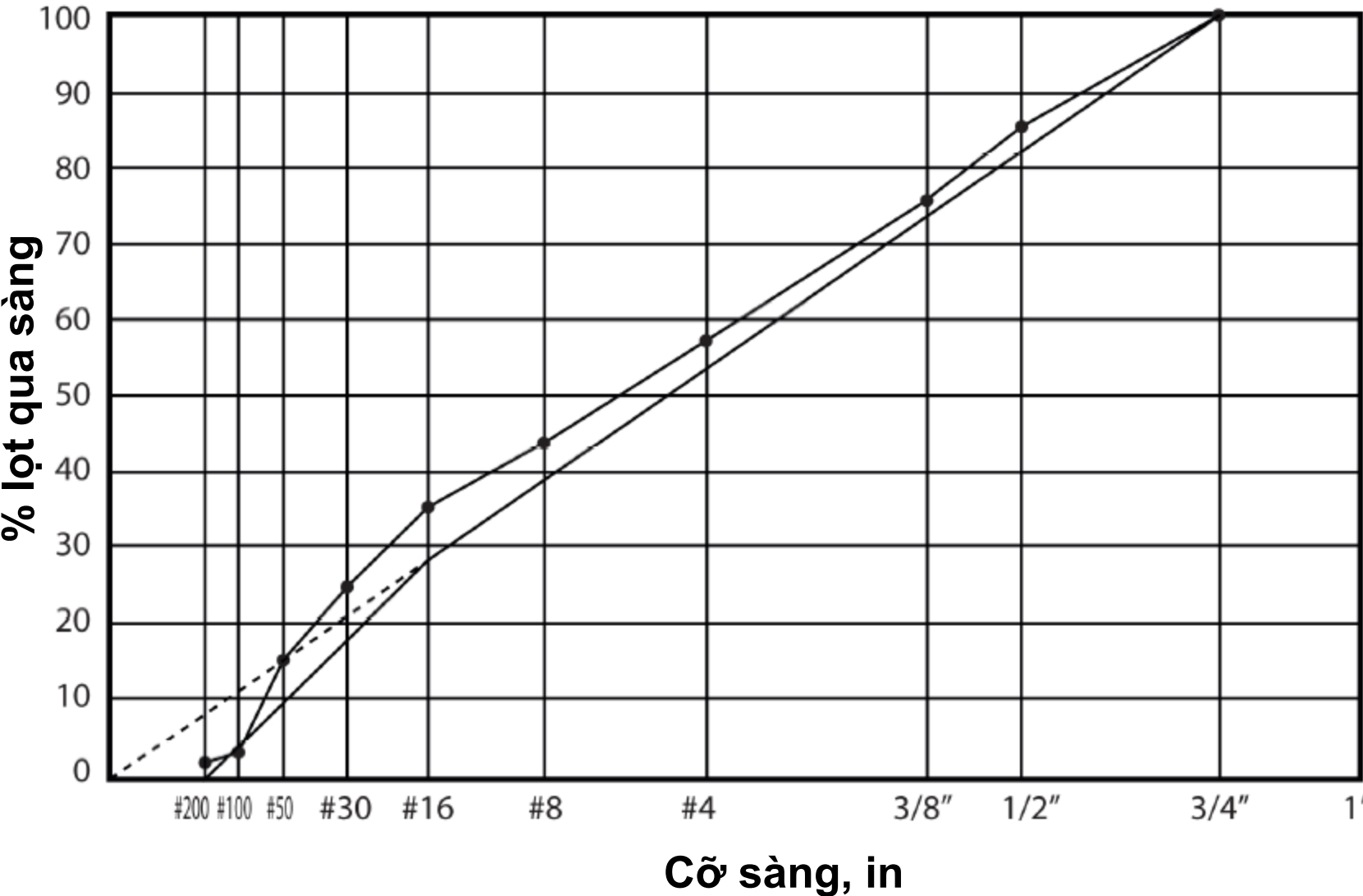
- Lựa chọn cấp phối bê tông có thành phần hạt liên tục (hỗn hợp hạt rắn của xi măng + cốt liệu), có nước và xi măng ít để giảm co ngót của bê tông.
- Sử dụng cốt liệu sạch, ngâm bão hòa nước nhưng khô trên bề mặt;
- Không sử dụng xi măng mới nghiền để trộn BT;
- Sử dụng phụ gia bù co ngót hoặc bê tông cốt sợi Polypropylene cho hạng mục BTCT có bề mặt rộng và mỏng;
- Cấp phối BT có thể tích cốt liệu nhiều (0,6-0,8) và dùng ít nước nhất có thể (N/X thấp);
- Cốt liệu (cát, đá) có độ hút nước càng thấp càng tốt;
- Cốt liệu lớn ưu tiên dùng đá granit, bazan và đá vôi;
- Hỗn hợp bê tông có nhiệt độ thấp nhất có thể.

Sợi gia cường

- Sợi thép.
- Sợi tổng hợp.
- Sợi hữu cơ.



Phối trộn tối ưu các thành phần hạt cốt liệu sử dụng cho BT





Bê tông đầm lăn có hàm lượng xi măng rất ít, cốt liệu nhiều

Phương pháp thi công và bảo dưỡng bê tông

- **Bao che công trình để hạn chế tác động của gió đến co ngót khi thi công BT trong vùng có gió lộng (gần sông);**
- **Bảo dưỡng bê tông phù hợp;**
- **Tránh rung động tác động lên kết cấu BTCT trong quá trình dưỡng hộ BT.**

Có các biện pháp bảo dưỡng bê tông như sau:

- ☐ Tưới nước.
- ☐ Phủ nilon hoặc phủ bằng bao bố ẩm.
- ☐ Phun sika antisol.
- ☐ Phủ nilon + xốp + ván, hoặc bơm nước nóng lên mặt BT: **Bê tông khối lớn**

Thời gian bảo dưỡng lâu (7 ngày) càng tốt.



Dưỡng hộ bằng phương pháp ủ nhiệt cho BT (Nilon + xốp + ván)



Dưỡng hộ bằng phương pháp tưới nước và phủ Sika atisol

6. Phương pháp sửa chữa – gia cường kết cấu BTCT bị nứt

Lựa chọn phương pháp sửa chữa – gia cường kết cấu BTCT bị nứt dựa trên cơ sở mức độ nguy hiểm và nguyên nhân gây nứt:

- **Bơm keo epoxy độ nhớt thấp;**
- **Mở rộng tiết diện kết cấu BTCT;**
- **Sử dụng thép tấm cường độ cao hoặc FRP để gia cường kết cấu;**
- **Căng ngoài để giảm độ võng cho kết cấu BTCT.**
- **Hoặc, kết hợp nhiều phương pháp.**

**Bơm epoxy độ nhớt
thấp xử lý nứt BTCT**



Gia cường BTCT bằng phương pháp mở rộng tiết diện



Sử dụng thép tấm để gia cường kết cấu BTCT



Sử dụng FRP để gia cường kết cấu BTCT





Sử dụng phương pháp căng ngoài để gia cường kết cấu BTCT



**Phương pháp gia cường
sử dụng kết hợp FRP
với tăng chiều dày sàn
BTCT**





Thank you for your attention