

đó phải chịu tới 12 lần oằn gập với góc từ $8^\circ - 14^\circ$. Đó là nguyên nhân gây ra vết nứt tại bản mắt cánh thượng của dàn.

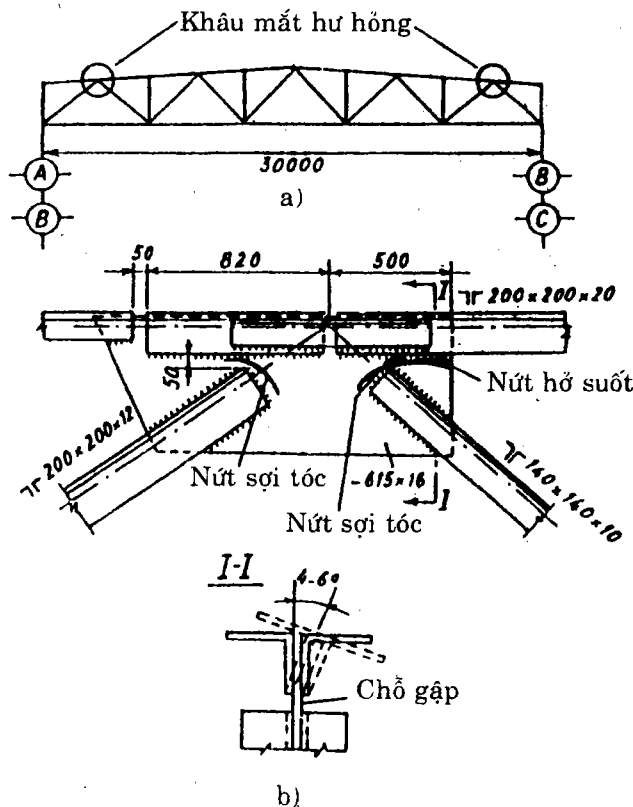
Người ta nghiên cứu lại hiện tượng này ở một số dàn thí nghiệm thì thấy rằng không phải chỉ số lần oằn gập mà cả góc oằn gập cũng gây ảnh hưởng lớn. Nếu góc oằn nhỏ dưới 3° thì không sao, nhưng nếu góc đó lớn trên 4° thì sau 10 lần oằn đã thấy vết nứt đầu tiên xuất hiện.

Muốn tránh những vết nứt này trong các dàn mái liên kết bằng hàn thì nên dùng các đoạn thép góc nối tấp để liên kết thanh cánh thượng với ô thứ nhất của dàn, hoặc kéo dài thanh cánh thượng mà không làm mối nối ở bản mắt thứ nhất của dàn nữa.

• Năm 1965 tại một công trình công nghiệp khác có khẩu độ 30m, bước cột 12m, sau khi lắp các tấm mái bê tông cốt thép và chèn vữa các khe nối mái được vài ba ngày thì phát hiện thấy ở một số dàn mái có vết nứt tại tấm bản mắt đầu tiên trên thanh cánh thượng tính từ gối tựa (hình 99).

Có vết nứt dài tới 480mm chạy ra tận mép tấm, và hở rộng tới 10mm, nó chạy dọc theo đường hàn kiên kết địa thép góc với tấm bản mắt.

Trong 56 dàn mái của hai khẩu độ AB và BC thì 3 dàn ở khẩu độ BC và một dàn ở khẩu độ AB có những vết nứt phá hoại đòn ở các bản mắt đầu tiên trên thanh cánh thượng.



Hình 99 - Sơ đồ dàn mái (a) và khâu mắt dàn (b) bị hư hỏng.

Khi kiểm tra chất lượng thép thì thấy các tấm bản mắt có vết nứt của bốn dàn mái đó làm bằng thép Ct-3 sợi (thép Ct-3 không khử ô-xy); còn các tấm bản mắt ở các dàn khác

Kết quả kiểm tra cho biết nguyên nhân hư hỏng như sau:

Các vết nứt ở bản mắt hình thành khi gia công, vận chuyển và lắp ghép.

Các nhân tố kết hợp dẫn đến sự phá hoại giòn của thép là:

- Các ứng suất do hàn rất lớn của các đường hàn liên kết vào bản mắt các thanh xiên, các thanh cánh và các đoạn thép góc nối tập trên cánh thượng đều tập trung trên tấm bản mắt đó.

- Các tấm bản mắt thứ nhất có thể bị oằn gập $4 - 6^\circ$ ở vùng gần đường hàn, khi vận chuyển và lắp ghép.

- Kinh nghiệm cho thấy rằng những năm trước trong các kết cấu dàn thép hàn bằng thép Ct-3 sôi, với bước cột 6 m, dùng các loại thép góc có kích thước nhỏ và trung bình, gắn vào các tấm bản mắt, dày dưới 12mm, thì không thấy những vết nứt xuất hiện trên các tấm bản mắt.

Khi chuyển sang dùng bước cột 12m, thì kích thước các thanh thép góc lên tới 200×200 , và chiều dày tấm bản mắt lên tới 16-18mm, các vết nứt lại hay xuất hiện trên các tấm bản mắt. Nguyên nhân có thể là giải pháp cấu tạo chưa thỏa đáng, chưa đảm bảo độ cứng cho các khâu mắt trong mặt phẳng dàn, làm cho nó bị oằn gập khi vận chuyển; ngoài ra, khi sử dụng những thép cán có độ dày lớn thì mới thấy xuất hiện các nhược điểm của thép sôi và thép bán tinh.

Vậy đối với các dàn mái nặng chỉ nên dùng thép tinh cho các tấm bản mắt dày trên 12 mm, để tránh bớt khả năng phát sinh ra vết nứt.

NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG Ở MỐI LIÊN KẾT KẾT CẤU THÉP

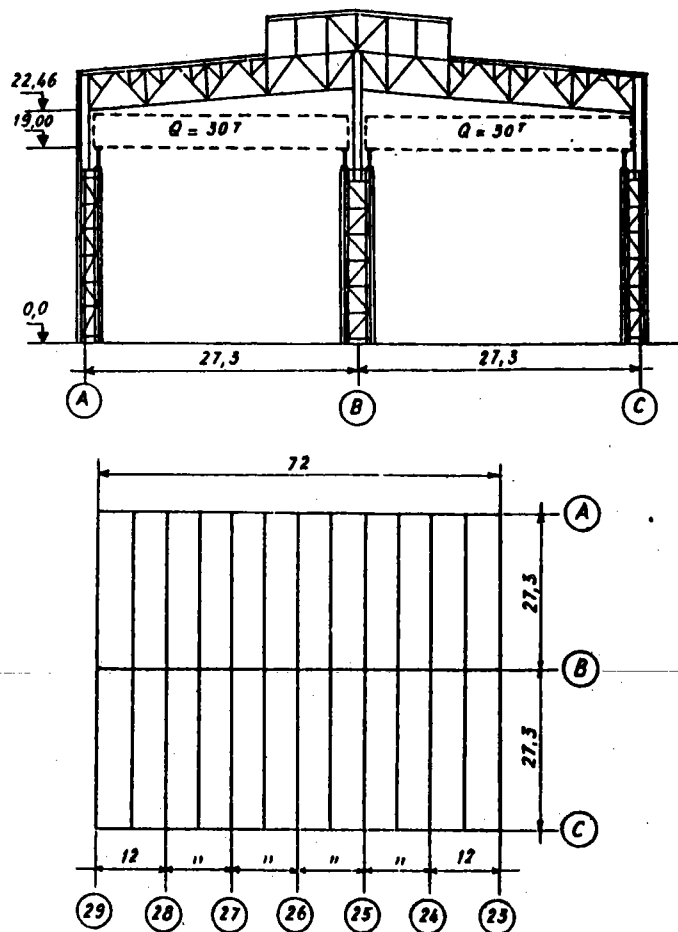
Kết cấu mái của phân xưởng lắp ráp một nhà máy cơ khí bị sụp đổ sau khi công tác xây dựng đã hoàn thành (hình 100). Quan sát khâu gối tựa ở hàng cột giữa của các dàn vì kèo đỡ thì thấy các tấm bản mắt của dàn bị đứt khỏi các tấm bích (hình 101). Các tấm bích cùng với các bu-lông và cả những chỗ có mạch hàn của tấm bích vẫn còn nằm lại tại chỗ trên cột. Theo một vài dấu hiệu người ta biết được rằng kết cấu sụp đổ bắt đầu từ dàn mái ở trục 27 hoặc 28.

Phái đoàn điều tra rút ra được hai nguyên nhân của sự cố như sau :

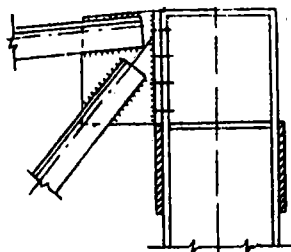
Nguyên nhân thứ nhất là chất lượng các đường hàn liên kết bản mắt dàn với tấm bích ở khâu gối tựa trên cùng của hàng cột giữa kém phẩm chất.

Nguyên nhân thứ hai này mới là nguyên nhân chính : theo thiết kế thì các dàn thép phải làm việc như một dàn liên tục khi chịu tải trọng nhất thời là tải trọng gió và tải trọng tuyết; và làm việc như một dàn không liên tục khi chịu tĩnh tải.

Như vậy thì thanh cách hạ của dàn mái ở hàng cột giữa chỉ được hàn liền vào cột sau khi dàn đã chịu toàn bộ tĩnh tải. Nhưng vì không có chỉ dẫn rõ ràng và không có kiểm tra kỹ thuật của cơ quan thiết kế nên dàn được cố định cứng và cột ngay trong khi lắp ghép. Do đó khi xảy ra sự cố thì dàn làm việc như dầm liên tục đối với mọi tải trọng (trừ trọng lượng bản thân) và ứng lực trong khâu gối tựa trên cùng lớn hơn trị số thiết kế. Tính toán kiểm tra lại cho biết rằng ứng suất trong các đường hàn ở khâu gối tựa của dàn, lên tới 4300 kg/cm^2 ; với ứng suất lớn như vậy thì dù chất lượng hàn có tốt đi nữa vẫn xảy ra sự cố.



Hình 100 - Mặt cắt và mặt bằng phân xưởng lắp ráp nhà máy cơ khí, nơi xảy ra sự cố.

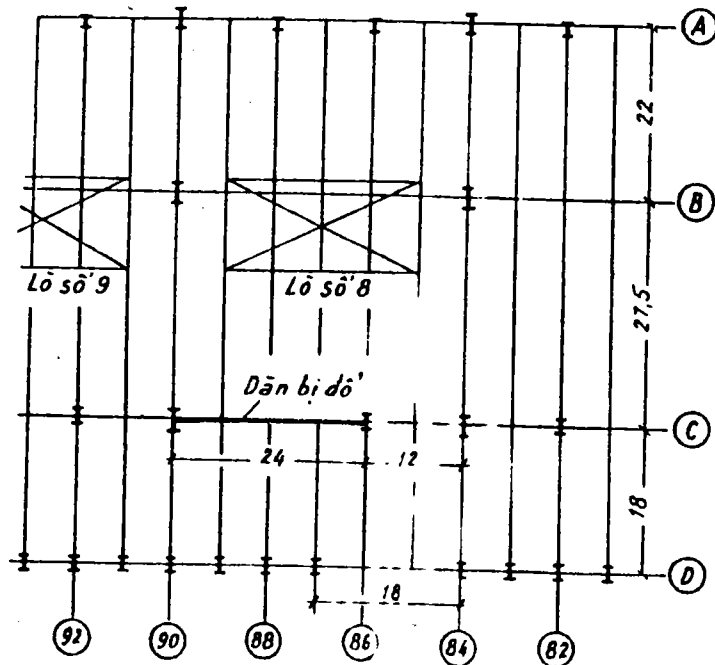
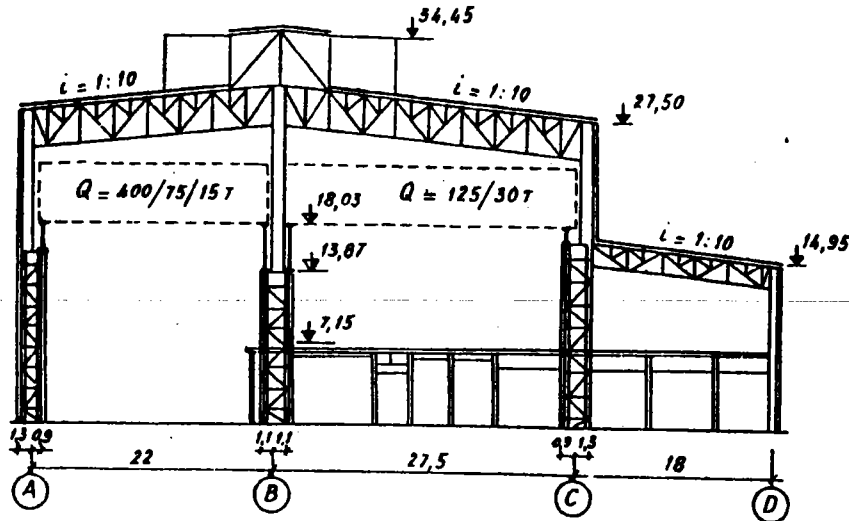


Hình 101 - Khâu gối tựa của dàn mái lên cột ở hàng cột giữa B.

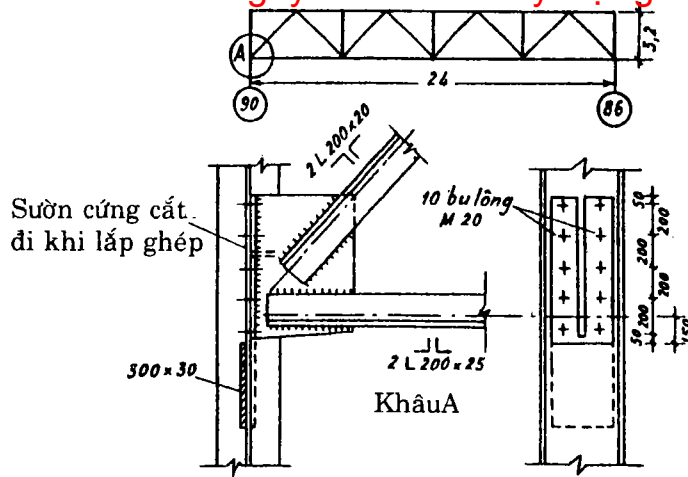
• Một phân xưởng nhà máy luyện kim bị đổ vào tháng 2-1966. Phân xưởng này xây dựng theo thiết kế mẫu điển hình của năm 1955, thi công xong vào tháng 6-1961, nghĩa là đã sử dụng được 4,5 năm.

Phân xưởng gồm ba gian khẩu độ (hình 102a), các kết cấu thép đều liên kết bằng hàn, trừ dầm cầu trục liên kết bằng đinh tán. Diện tích phần nhà bị đổ và bị hư hại là 2430m². Kết cấu mái bị đổ trên cả ba khẩu độ. Quan sát công trình đổ có thể phán đoán dễ dàng trình tự sụp đổ kết cấu. Trước tiên sụp đổ dàn đỡ vì kèo có khẩu độ 24m, ở hàng cột C, giữa các trục 86-90 (hình 102b). Theo thiết kế thì dàn này phải tựa vào cột thép qua các

mẫu tựa làm bằng thép tấm, có kích thước 30x300mm, hàn vào cột từ khi gia công. Ngoài ra các khâu gối tựa của dàn còn được cố định vào cột bằng 10 bu-lông thô, đường kính 20mm, bắt qua các lỗ đường kính 21,5mm (hình 103). Nhưng thực tế thì mẫu tựa trên cột ở trục 90 lại không có, và dàn chỉ được giữ bằng 10 bu-lông. Sau khi xảy ra sự cố dàn đỡ vì kèo một đầu rơi xuống đất (ở trục 90) còn một đầu (ở trục 86) vẫn dính vào cột, ở đó có mẫu tựa. Toàn thể các bu-lông bị cắt hoặc bị đứt đứt. Sau khi dàn đỡ vì kèo đó sụp đổ thì dàn mái gian lò và dàn mái gian xỉ giữa các trục 86-90 cũng đổ, kéo theo cả dàn mái gian đúc trong khoảng giữa các trục 86-90. Các dàn đỡ vì kèo trong hàng cột B và D bị biến dạng nhiều nhưng không sụp đổ. Khi xảy ra sự cố cầu trục không làm việc ở gian lò, chỉ có cầu trục giót đang di chuyển tới lò với thùng không.



Hình 102 - Mặt cắt và mặt bằng phân xưởng máy-tanh nhà máy luyện kim, nơi xảy ra sự cố.



Hình 103 - Khâu gối tựa dàn đỡ vì kèo súp đổ, tại cột ở trục 90.

Kiểm tra lại thì thấy chất lượng thép của dàn đỡ vì kèo đổ ở hàng C về thành phần hóa học và tính chất cơ lý, đều đạt yêu cầu.

Lực mà dàn đỡ vì kèo truyền lên hàng cột C vào lúc sự cố là 75 tấn-lực (theo thiết kế thì lực đó là 112 tấn-lực). Cường độ thiết kế của 10 bu-lông liên kết dàn đỡ vì kèo vào cột là 41 tấn-lực nhưng cường độ nhất thời của các bu-lông là 76 tấn-lực.

Điều tra thêm về nguyên nhân sự cố người ta đi đến kết luận là : các bu-lông ở gối tựa dưới của khâu liên kết dàn đỡ vì kèo ở trục 90 bị cắt đứt do vì cột không có mấu tựa như thiết kế quy định. Hai cột hàng C nằm giữa các trục 86 và 90 đều đánh dấu bằng một ký hiệu, nhưng khi đặt vào vị trí thì chúng lại đứng đối nhau như soi gương. Khi lắp ghép dàn đỡ vì kèo người ta thường không chú ý là thiếu một mấu tựa tại một cột ở trục 90, và cũng không nhận thấy là nó đã được hàn vào phía bên kia của cột. Ngoài ra khi đặt dàn vào vị trí thiết kế của nó trên cột ở trục 90 lại đem cắt miếng sườn cứng đi, vì nó cản trở thi công.

Sai sót chính là do nhà máy gia công kết cấu thép, nhưng không ai phát hiện ra, kể cả cán bộ thi công lẫn người tiếp nhận kết cấu.

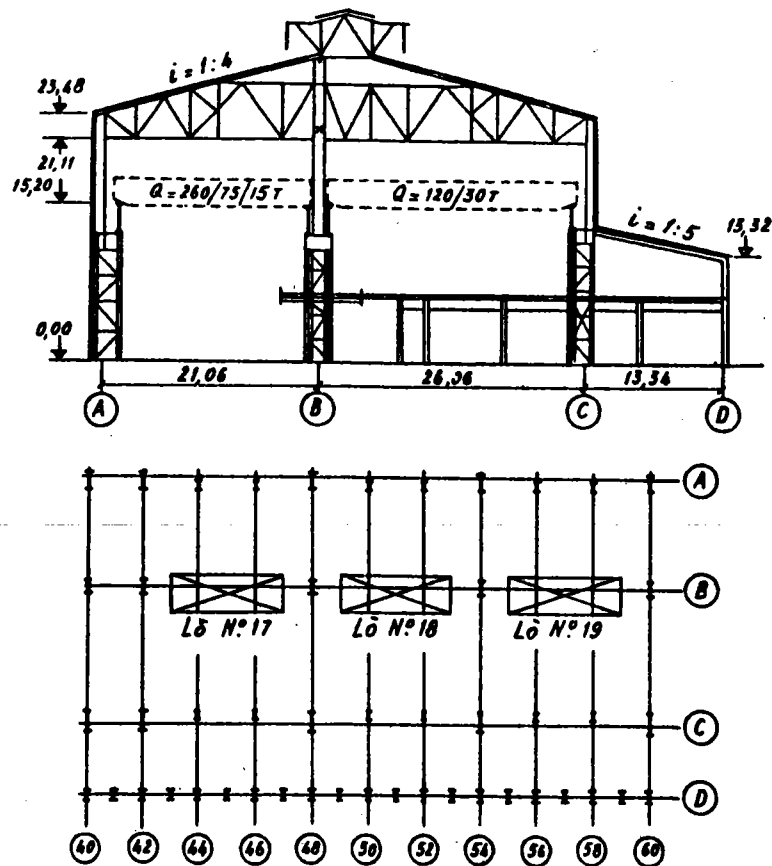
- Một sự cố khác gần giống như trên xảy ra đối với kết cấu mái của phân xưởng Mác-tanh một nhà máy luyện kim khác. Công trình này xây dựng vào năm 1953-1954 (hình 104) và sụp đổ vào năm 1967. Sau khi xảy ra sự cố các dàn mái, dàn đỡ vì kèo bị biến dạng, nhưng các thanh không bị đứt, dàn đỡ vì kèo giữa trục 42-48 bị biến dạng nhiều nhất. Đầu các cột hàng B giữa các trục 48 và 54 bị đổ nghiêng về phía trục 42. Cột ở trục 42 này liên kết bằng các giằng đứng chạy dọc nên vẫn đứng nguyên ở tư thế thẳng đứng.

Theo thiết kế thì các dàn đỡ vì kèo giữa các trục 42-48-54-60 hàng cột B phải là loại dàn liên tục ba khâu độ. Trên bản vẽ các khâu gối tựa ở các trục 48 và 54 có trình bày các tấm liên kết, tiết diện 380x20mm, hàn bằng các đường hàn sườn lên mặt trên thanh cánh thượng (hình 105).

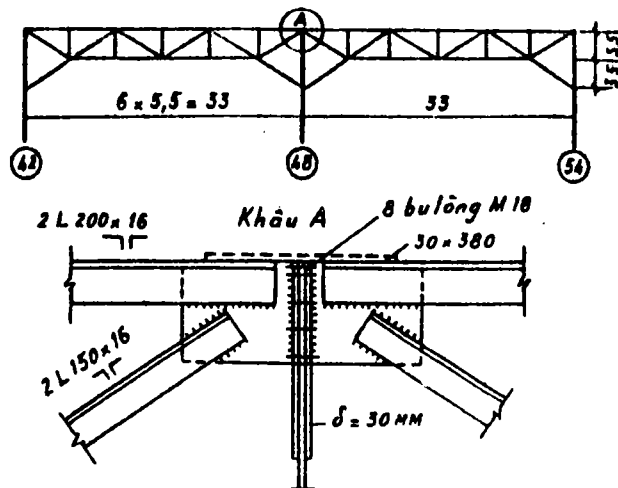
Nhưng thực tế thì không có những tấm liên kết này, vì khi lắp ghép kết cấu không chờ đến. Dàn đỡ vì kèo tựa bằng các tấm bích dày 30 mm lên các mấu tựa hàn sẵn ở tường cột thép. Hai dàn đỡ vì kèo lân cận liên kết với nhau bằng 8 bulông #18mm xuyên qua các tấm bích. Quan sát lại kết cấu sau khi mái sụp đổ thì thấy các tấm bích ở khâu gối tựa của dàn đỡ vì kèo bị biến dạng lớn, và chỉ còn một vài bulông hư hỏng ở lại lỗ. Kiểm nghiệm

thì thấy các mẫu thép của dàn đỡ vì kèo đáp ứng được các yêu cầu chất lượng.

Cùng với kết cấu mái bị đổ trên mặt đất còn thấy một lượng bụi khá lớn, tích đọng trên mái. Lớp bụi này bết dày tới 30cm. Tải trọng của bụi trên dàn đỡ vì kèo bị đổ là 3,5 - 5 tấn trên một mét dài.



Hình 104 - Mặt cắt và mặt bằng phân xưởng Mác - tanh, ở nơi xảy ra sự cố.



Hình 105 - Khâu gối tựa dàn đỡ vì kèo ở hàng B, trục 48.

Bảng dưới đây nêu các ứng suất tại bốn thanh chịu nhiều lực nhất của dàn đỡ vì kèo, tính theo tải trọng danh định và tải trọng thực tế (có kể cả bụi trên mái) theo kiểu kết cấu liên tục hai khẩu độ và kiểu kết cấu không liên tục một khẩu độ.

Các thanh của dàn đỡ vì kèo	Tiết diện	Diện tích tiết diện, cm ²	Hệ số uốn dọc	Ứng suất trong các thanh của dàn đỡ vì kèo ở hàng B, kG/cm ²			
				Dàn liên tục		Dàn không liên tục	
				do tải trọng danh định	do tải trọng thực tế	do tải trọng danh định	do tải trọng thực tế
Cánh thượng	2×200×16	124	0,7	-1145	-1270	-1360	-1580
Cánh hạ	2×150×16	91,6	-	1160	1380	80	110
Thanh xiên	2×150×12	69,8	0,5	-1130	-1250	-2120	-2920
Thanh xiên	2×200×16	124	0,72	-1370	-1880	1490	2060

Ứng suất trong các thanh của hệ liên tục gần bằng ứng suất tính toán của thép, còn ứng suất trong các thanh của hệ không liên tục thì lớn hơn ứng suất danh định và lớn hơn giới hạn chảy của thép.

Như vậy tính toán kiểm tra khẳng định là công trình sụp đổ do hai nguyên nhân kết hợp: dàn bị quá tải vì bụi trên mái, do sơ xuất của cán bộ thi công và cán bộ nghiệm thu công trình không cho hàn liên kết các thanh cánh thượng của dàn ngay sau khi lắp ghép xong hai dàn lân cận nhau.

Từ các sự cố trên đúc rút ra kinh nghiệm là cần theo dõi và kiểm tra thật chu đáo các khâu liên kết quan trọng nhất giữa các kết cấu với nhau. Trong các bản vẽ thiết kế cần phải lưu ý người gia công và người thi công cách thức lắp đặt và cố định các mối liên kết lắp ghép theo sơ đồ tính toán kết cấu khi chịu các tải trọng khác nhau.

HÀNH LANG BẰNG TẢI SỤP ĐỔ DO TÍNH TOÁN ĐƯỜNG HÀN SAI

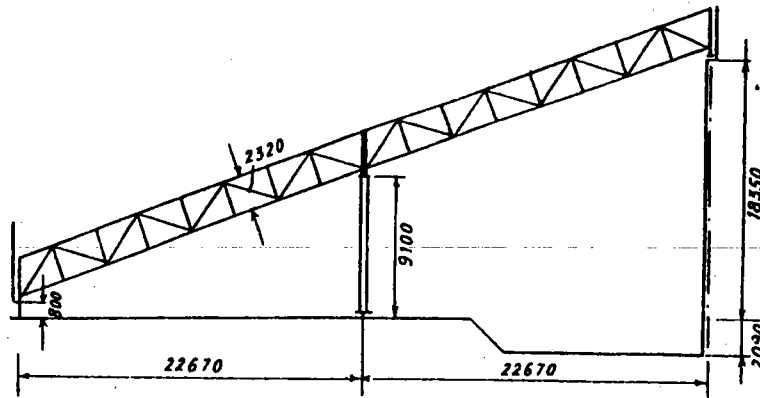
Hành lang này gồm hai nhịp, nối liền nhà máy nghiền và làm giàu quặng sang xi-lô chứa quặng đã nghiền nhỏ. Kết cấu hành lang là những dàn thép không liên tục (hình 106), tường làm bằng những tấm phi-brô xi-măng, mái và sàn làm bằng các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn. Gối tựa hành lang là một khung thép phẳng, khoảng cách giữa hai cột gối tựa là 2,75m. Những dàn thép trong một nhịp đặt cách nhau 6m. Tải trọng từ những dàn đó truyền xuống gối tựa qua những thanh chống xiên ở phần đầu gối tựa.

Khi xảy ra sự cố thì việc thi công lắp ghép hành lang đã xong, chỉ còn phần hoàn thiện bên trong và căng băng tải. Tải trọng thực tế lên gối tựa lúc đó chỉ chiếm có 54% tải trọng thiết kế.

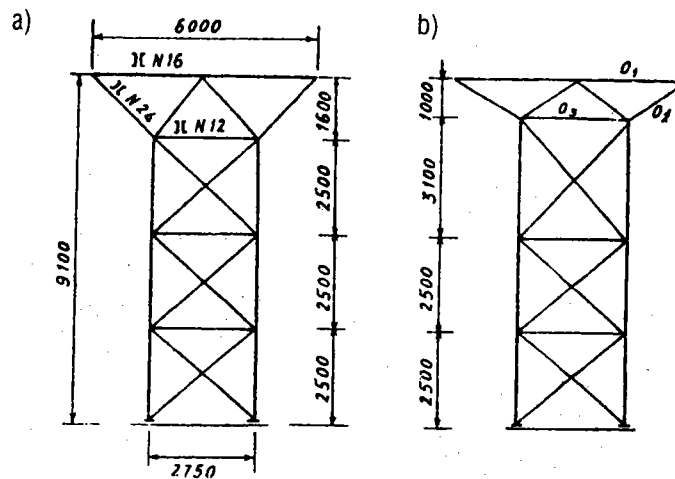
Quan sát các kết cấu sụp đổ thì thấy như sau : đầu các dàn hành lang tỳ lên gối tựa giữa đều rơi xuống đất, chỉ còn một đầu dàn nằm lại trên gối tựa ngoài, còn đầu kia cũng

tuột khỏi gối tựa và rơi xuống chân tường nhà. Gối tựa thép chính giữa còn đứng tại chỗ, chỉ hơi lệch khỏi đường thẳng đứng một chút. Riêng phần đầu gối tựa đó biến dạng nhiều: một nhánh của thanh chống xiên bị nhổ đứt khỏi bản mắt dàn theo đường hàn, còn nhánh kia và thanh chống xiên thứ hai bị biến dạng nghiêm trọng. Các nhánh đều bị dẹt đứt theo đường hàn. Thanh ngang trên bị cong, thanh ngang dưới (chịu nén) bị oằn vênh khỏi mặt phẳng gối tựa.

Kiểm tra lại thì thấy những sai phạm nghiêm trọng như sau: bản vẽ ghi chú kích thước không rõ rệt, chiều cao phần đầu gối tựa giữa đáng lẽ là 1600mm, lại coi nhầm là 1000mm. Sai sót này có thể phát hiện ra ngay, nhưng vì tinh thần vô trách nhiệm của người gia công nên vẫn để nguyên (hình 107).



Hình 106 - Hành lang băng chuyền bằng thép.



Hình 107 - Gối tựa giữa của hành lang băng chuyền.

a) Bản vẽ thiết kế. b) Bản vẽ gia công.

Tính toán kiểm tra lại các thanh ở phần đầu gối tựa theo tải trọng vào lúc xảy ra sự cố thì thấy ứng suất ở thanh ngang trên cùng O_1 là $+2530 \text{ kG/cm}^2$, ở thanh chống xiên O_2 là -2240 kG/cm^2 và ở thanh ngang dưới O_3 là -4080 kG/cm^2 . Ứng suất trong các thanh chịu nén xác định theo công thức $\sigma = \frac{S}{\varphi F}$ (φ hệ số uốn dọc).

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Ứng suất trong thanh ngang O_3 lớn như vậy nên người ta cho nguyên nhân sự cố là thanh ngang đó bị mất ổn định do những sai lầm trong bản vẽ gia công.

Kiểm tra cẩn thận hơn nữa thì thấy rằng những biến dạng của thanh ngang dưới O_3 không mang tính chất xung yếu, chúng không thể dẫn đến sự sụp đổ của dàn thép được.

Chỗ yếu nhất trong bản vẽ gia công gối tựa thép là khâu liên kết các nhánh riêng biệt của thanh chống xiên vào các bản mắt. Mỗi nhánh chống xiên cố định bằng hai đường hàn sườn, mỗi đường hàn dài 200mm, cao 8mm. Những đường hàn này tính toán để chịu lực trong thanh chống là 62 tấn-lực, khả năng chịu lực của các đường hàn này là 67 tấn-lực. Theo sơ đồ tính toán thực tế và tải trọng thực tế thì ứng lực này là 107,8 tấn- lực, nghĩa là lớn hơn ứng lực thiết kế gấp 1,74 lần, không kể đến những hư hỏng khác trong đường hàn.

Sự cố bắt đầu từ khi một đường hàn của một nhánh trong thanh chống xiên bị phá hoại, vì những người có mặt ở đó hôm trước ngày xảy ra sự cố có nghe thấy tiếng kêu "rắc" rất lớn. Đường hàn thứ hai bị phá hoại vào lúc xảy ra sự cố, và một nhánh thanh chống xiên tách rời khỏi bản mắt của khâu liên kết trên. Nhánh còn lại bị quá tải vì ứng lực tăng lên nên mất ổn định và mất khả năng đỡ dàn khẩu độ.

Cũng phải giải thích tại sao thanh chống ngang dưới O_3 không mất ổn định chung khi ứng suất rất lớn theo tính toán kiểm tra. Ứng suất này (4080 kG/cm^2) xác định khi coi chiều dài thiết kế của thanh ngang đó bằng chiều dài lý thuyết theo sơ đồ hình học, nghĩa là 2750 mm. Trong trường hợp này độ mảnh lớn nhất của thanh trong mặt phẳng gối tựa là $\lambda_x = 58$. Thực tế thì thanh chống ngang này gồm hai thanh thép U N^o12, cố định vào bản mắt lớn bằng hàn theo suốt chiều dài tiếp xúc với bản mắt. Trong điều kiện như vậy thì thanh ngang O_3 làm việc chịu uốn dọc, giống như một thanh được ngàm hai đầu, có độ mảnh thiết kế là $\lambda_x = 24$.

Với độ mảnh này thì vấn đề mất ổn định chung của nó không có ý nghĩa .

Ứng suất trong thanh chống ngang này khi chịu tải trọng thực tế, không kể đến uốn dọc, vẫn rất lớn, tới 3500 kG/cm^2 . Tuy vậy kim loại của các thanh chống ngang bằng thép U này theo hồ sơ của nhà máy sản xuất thì có những đặc tính cơ học cao : cường độ nhất thời của thép là 45 kG/mm^2 ; giới hạn chảy là 31 kG/mm^2 ; độ giãn dài tương đối là 33%.

Những số liệu trên khẳng định rằng nguyên nhân sự cố không phải là thanh chống ngang dưới mất ổn định chung, mà là do các đường hàn của thanh chống xiên ở khâu liên kết bị đứt.

Ở đây còn rút ra được một kinh nghiệm nữa là muốn nhận định chính xác nguyên nhân hư hỏng công trình thì phải xét kết hợp toàn bộ các bằng chứng liên quan, như vị trí và trạng thái các kết cấu sụp đổ, các kết quả thí nghiệm kiểm tra vật liệu, các kết quả tính toán tĩnh học kiểm tra kết cấu.

Việc tính toán tĩnh học để kiểm tra lại thiết kế là biện pháp quan trọng để xác định nguyên nhân hư hỏng; nhưng những kết quả tính toán này phải khẳng định mối liên quan với bằng chứng khách quan của sự cố, đã sưu tầm được trong quá trình điều tra. Nếu các bằng chứng lại mâu thuẫn với các kết quả tính toán kiểm tra thì cần phải phân tích kỹ càng hơn nữa. Nếu các kết quả tính toán và bằng chứng không sao phù hợp nhau được thì phải coi các tính toán đó là sai.