

MÁY Ý KIẾN VỀ VIỆC ÁP DỤNG QUY TẮC HÌNH BÌNH HÀNH LỰC TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU

Ts. Vũ Huy Toàn

Ksc. Cao Minh Tuấn

Công ty cổ phần CONINCO Máy xây dựng
và Công trình công nghiệp

Tóm tắt: Từ thực tế các vụ sập đổ cầu ở Việt Nam và nhiều nước trên thế giới từ trước tới nay, các tác giả thực hiện kiểm tra lại và phân tích những bất cập của việc áp dụng quy tắc hình bình hành lực mà cơ học kết cấu đang phải đối mặt cả từ hai phương diện: thực tế và lý thuyết. Những bất cập này có thể là nguyên nhân dẫn đến sai sót trong kết quả tính toán các kết cấu chịu lực hiện đang được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam và trên thế giới.

Summary: For the factual bridges collapsed cases from the previous years to now, the authors implement to recheck and analyze the difficulties for applying the rules of the parallelogram of forces, which the structural mechanics is facing from 2 aspects: Practice and theory. These difficulties may be the reasons leading to the shortcomings in the calculation results of the loading structures applied widely in Vietnam and over the world.

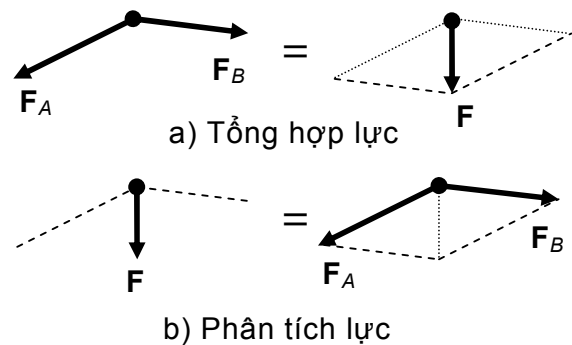
Key words: Parallelogram rule, analysis and synthesis of force, calculation of a composition.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân tích và tổng hợp lực trong tính toán kết cấu là hai bài toán hết sức cơ bản, trong đó phân tích lực được biết đến như một bài toán ngược của bài toán tổng hợp lực. Việc tổng hợp và phân tích lực lực xưa nay vốn tuân theo quy tắc hình bình hành (xem Hình 1), là kết quả ứng dụng của đại số véc tơ vào vật lý nói chung và cơ học kết cấu nói riêng.

Việc ứng dụng đại số véc tơ vào các bài toán chuyển động cơ học Newton được xem như hoàn toàn phù hợp, vì việc kiểm nghiệm chúng rất trực quan, mà lại không mấy khó khăn – chỉ nhờ vào những phương tiện đo sơ đẳng của thế kỷ XVII (đồng hồ cơ khí, thước milimét) cũng có thể xác định được. Nhưng đối với cơ học kết cấu thì ngược lại, việc thí nghiệm luôn đòi hỏi những

phương tiện đo tinh xảo mà không ít trong số đó chỉ ở cuối thế kỷ XX mới được phát minh ra (như điện trở tensor để đo ứng suất, thiết bị laze đo biến dạng cỡ micron...).



Hình 1. Biểu diễn quy tắc hình bình hành lực theo đại số véc tơ

Chính vì thế không phải là không có những bất cập, mà ngay ở Việt Nam cũng đã được ông Nguyễn Văn Thường cảnh báo dựa vào các thí nghiệm trên mô hình do ông tự chế [1]. Song, do các thí nghiệm còn quá thô thiển, hướng giải

quyết đưa ra còn thiếu một cơ sở lý thuyết tin cậy, nên ông Thường không thuyết phục được các chuyên gia trong lĩnh vực này.

Cho đến nay, người ta đã xây dựng rất nhiều công trình cầu, cống... Tuy đa phần trong số đó đều trụ vững, song cũng đã có một số vụ sập cầu xảy ra và được kết luận là sự cố do các nguyên nhân khác nhau như thi công, chế tạo, yếu tố địa chất v.v.. Không thấy bao giờ thấy nói đến lỗi thiết kế do áp dụng phương pháp tổng hợp và phân tích lực đã nói tới ở trên. Vì vậy, một câu hỏi có thể được đặt ra là “Liệu các vụ sập đổ cầu ở Việt Nam và các nước trên thế giới từ trước tới nay có vụ nào liên quan tới sai sót nói trên không?” Vấn đề là ở chỗ việc kiểm tra thiết kế kết cấu hiện nay đã được hỗ trợ bởi các phần mềm chuyên dụng của các nước tiên tiến có khả năng tính toán nhờ máy tính tốc độ cao, xử lý được số lượng rất lớn các dữ liệu, giải được các bài toán phức tạp như Sap2000 chẳng hạn. Chẳng lẽ những chương trình như vậy lại có thể có những sai sót?

Để giải quyết vấn đề này một cách triệt để đối với mọi trường hợp chắc chắn không phải đơn giản. Trong bài báo này, các tác giả chỉ giới hạn ở việc phân tích những bất cập của việc áp dụng quy tắc hình bình hành lực mà cơ học kết cấu đang phải đối mặt từ cả hai phương diện: thực tế và lý thuyết với hy vọng cảnh báo về một nguy cơ tiềm ẩn liên quan tới sự thiếu hụt trong nhận thức của chúng ta trong lĩnh vực xây dựng nói riêng và trong cơ học kết cấu nói chung.

II. NHỮNG BẤT CẬP CỦA VIỆC ÁP DỤNG QUY TẮC HÌNH BÌNH HÀNH

1) So sánh đối tượng của đại số véc tơ với đối tượng của cơ học Newton và cơ học kết cấu

Ngoài đại số véc tơ, cơ học kết cấu còn lấy cơ học Newton làm cơ sở, mà các đối tượng của hai ngành khoa học này với những đối tượng của cơ học kết cấu lại có nhiều điểm sai khác, nếu không được tính đến một cách đầy đủ, thì việc xảy ra những bất cập là không thể tránh khỏi. Cụ thể là:

❖ Đối tượng của cơ học Newton là các điểm chất (các “vật thể” không có kích thước, chỉ có khối lượng) và chỉ chuyển động trong các hệ quy chiếu quán tính; vì không có kích thước nên không có khái niệm nội lực, hay nội năng.

❖ Đối tượng của đại số véc tơ là các véc tơ (một dạng biểu diễn toán học của những đại lượng có hướng); chúng có các đặc tính là điểm đặt, độ lớn (chiều dài) và hướng. Điểm đặt của véc tơ cũng là một điểm, nhưng là điểm toán học thuần túy không có kích thước, không có khối lượng và tất nhiên cũng không có khái niệm nội lực, hay nội năng.

❖ Đối tượng của cơ học kết cấu là các vật thể có kích thước, có khối lượng và trạng thái cơ học tĩnh của chúng; những chuyển vị, hay dao động (nếu có) chỉ là trạng thái quá độ giữa hai trạng thái cơ học tĩnh của kết cấu; vì có kích thước nên đương nhiên có khái niệm nội lực, hay nội năng.

Có thể đưa ra bảng so sánh dưới đây.

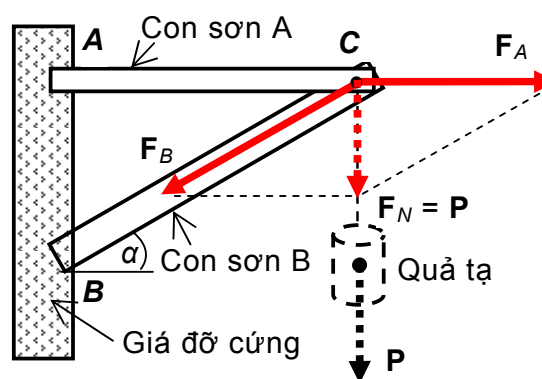
Bảng 1. So sánh các đối tượng của ba bộ môn khoa học khác nhau

Đối tượng	Đặc tính	Đại số véc tơ	Cơ học Newton	Cơ học kết cấu
A Điểm (Vật thể)	1	Kích thước	Không	Không
	2	Khối lượng	Không	Có
	3	Nội năng	Không	Không
	4	Ngoại năng	Có	Có
	5	Nội lực	Không	Không
	6	Ngoại lực	Có	Có
B Trạng thái cơ học	1	Tĩnh	Có	Có
	2	Chuyển vị	Không	Có
	3	Chuyển động	Có	Có
	4	Dao động	Có	Có

Từ những so sánh trên có thể thấy rõ sự khác biệt giữa các đối tượng của ba bộ môn khoa học này, mà trong đó đại số véc tơ lại được xem là công cụ tính toán của hai bộ môn còn lại. Những bất cập của cơ học Newton do không tính đến được nội năng (A3), cũng như nội lực (A5) đã được trình bày ở [6], còn ở đây, trong bài báo này sẽ chỉ bàn tới những bất cập của cơ học kết cấu do việc áp dụng máy móc đại số véc tơ và cơ học Newton, mà không tính đến một cách đầy đủ những sai khác về đối tượng của chúng là A1, A3, A5 và B3 như đã liệt kê trong Bảng 1.

2) Bài toán hai con sơn

Phân tích lực theo quy tắc hình bình hành trong bài toán quả tạ treo trên 2 con sơn (xem Hình 2) là một trong các ví dụ đơn giản và khá điển hình, thậm chí đã được đưa vào từ sách giáo khoa phổ thông trung học [2] cho tới các giáo trình bậc đại học [3,4,5]. Những lực trên hình vẽ được mô tả bởi những mũi tên nét đứt có hàm ý là đã được loại bỏ để thay thế bằng các lực thành phần.



Hình 2. Phân tích lực theo quy tắc hình bình hành trong bài toán quả tạ treo trên 2 con sơn

Theo cách phân tích này, người ta tính các thành phần lực tác động lên con sơn A và con sơn B tương ứng là:

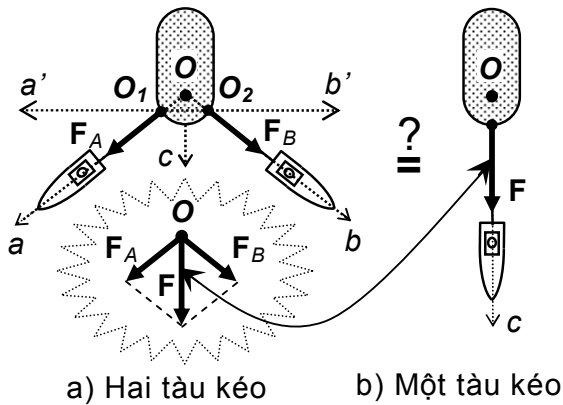
$$F_A = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \text{và} \quad F_B = \frac{P}{\sin \alpha} \quad (1)$$

Không khó khăn gì để có thể nhận thấy rằng khi $\alpha \rightarrow 0$ thì cả F_A và F_B đều $\rightarrow \infty$ – một kết quả phi thực tế! Lẽ ra trong trường hợp này, khi hai con sơn A và B trùng khít lên nhau và vuông góc với tường, thì cả hai đều không chịu kéo ($P_A=0$) hoặc nén ($P_B=0$) nữa, mà chỉ chịu lực uốn bằng $P/2$ cho mỗi con sơn mới phải chứ? Từ đây cho thấy việc thay thế

\mathbf{P} bằng hai lực \mathbf{P}_A và \mathbf{P}_B theo quy tắc hình bình hành này rõ ràng là có vấn đề! Việc đánh giá thái quá các lực kéo nén, mà bỏ qua lực uốn này là một sai sót lớn đối với bất kể bài toán kết cấu nào.

3) Bài toán hai tàu kéo một xà lan

Có hai tàu kéo một xà lan theo hai hướng a và b với các lực kéo \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B đặt tại O_1 và O_2 tương ứng như được mô tả trên Hình 3a.

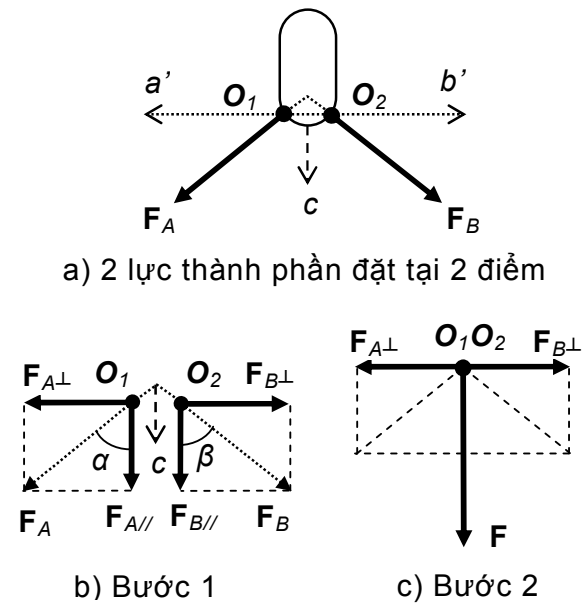


Hình 3. Tổng hợp lực khi coi các lực thành phần chỉ đặt tại một điểm

Xà lan chuyển động dưới tác động của hai lực kéo này theo hướng c – cũng chính là hướng của lực tác động tổng hợp $\mathbf{F} = \mathbf{F}_A + \mathbf{F}_B$. Tuy nhiên, do các lực \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B không đồng quy tại một điểm, nên theo đại số véc tơ, để có thể tổng hợp lực được, người ta phải dịch chuyển các véc tơ lực này tới điểm O như được chỉ ra trên Hình 3a (chuyển vị này không được coi là một thuật toán trong giải tích véc tơ). Thay hai lực \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B bằng một lực tổng hợp \mathbf{F} được xem như tương đương với việc thay thế hai tàu kéo bằng một tàu kéo – đây là điều bình thường xưa nay vẫn làm thế (xem Hình 3b). Song, có thể nhận ra rằng lúc này lực \mathbf{F} chỉ tác động lên xà lan theo một phương duy nhất là trùng với chiều

chuyển động c của xà lan. Trong khi đó với hai tàu kéo, xà lan chịu tác động của hai lực kéo \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B theo hai phương khác nhau a và b , hơn nữa lại từ hai điểm đặt lực khác nhau O_1 và O_2 . Lúc này, ngoài tác động theo hướng chuyển động c của xà lan, còn có hai tác động theo phương $a'b'$ (xem Hình 3a) vuông góc với hướng c nữa chứ?

Khi chuyển sang phương án một tàu kéo, các tác động này làm gì còn nữa? – tức là đã làm biến mất đi hai thành phần lực? Có thể mô tả các quá trình này rõ ràng hơn khi coi các lực thành phần đặt tại hai điểm O_1, O_2 như trên Hình 4.



Hình 4. Tổng hợp lực khi coi các lực thành phần đặt tại 2 điểm

Tổng hợp lực được tiến hành theo 2 bước:

Bước 1 – phân tích các lực \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B theo quy tắc hình bình hành theo hướng chuyển động của xà lan c và hướng $a'b'$ ra thành các lực thành phần tương ứng $\mathbf{F}_{A//}, \mathbf{F}_{A\perp}$ và $\mathbf{F}_{B//}, \mathbf{F}_{B\perp}$ như được chỉ ra trên Hình 4b (vì các điểm đặt lực đã được coi

như các điểm hình học, nên có thể áp dụng được quy tắc này). Nếu góc giữa F_A và F_B so với hướng c tương ứng là α và β , ta có thể viết:

$$F_{A//} = F_A \cos \alpha; \quad F_{B//} = F_B \cos \beta; \quad (2)$$

$$F_{A\perp} = F_A \sin \alpha; \quad F_{B\perp} = F_B \sin \beta. \quad (3)$$

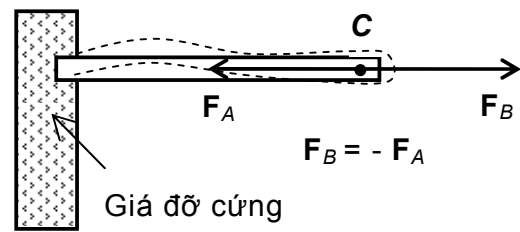
Bước 2 – Chập hai điểm O_1, O_2 lại ta có kết quả tổng hợp lực khi “điểm đặt” lực có kích thước hữu hạn như đã nhận được ở [6], trong đó lực F theo hướng c như đã biết bằng:

$$F = e_c \sqrt{F_A^2 + 2F_A F_B \cos \varphi + F_B^2}, \quad (4)$$

ở đây e_c – là véc tơ đơn vị theo hướng c ; $\varphi = \alpha + \beta$. Cũng có thể biểu diễn lực này qua các thành phần lực vừa nhận được ở biểu thức (2):

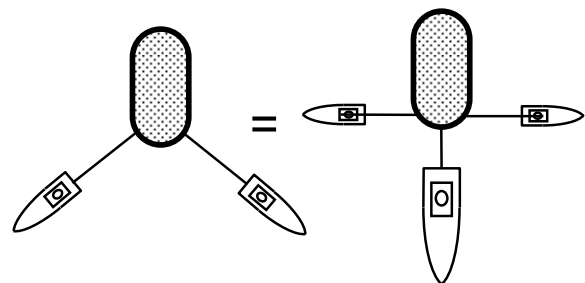
$$F = F_{A//} + F_{B//} = e_c (F_{A//} \cos \alpha + F_{B//} \cos \beta). \quad (5)$$

Tổng hợp lực theo mô hình này nhận được 3 véc tơ lực $F, F_{A\perp}$ và $F_{B\perp}$ sát với thực tế hơn là chỉ nhận được mỗi một véc tơ F . Với cơ học Newton, các lực $F_{A\perp}, F_{B\perp}$ bỏ đi cũng không ảnh hưởng gì, vì không tham gia vào sự hình thành chuyển động của xà lan. Nhưng nếu áp dụng cách tổng hợp lực trước đây vào bài toán kết cấu sẽ vô hình chung làm biến mất hai thành phần ảnh hưởng quan trọng có thể gây nên biến dạng kết cấu, nhất là khi $\varphi \rightarrow 180^\circ$, hai thành phần lực này tác động về hai phía của nút liên kết sẽ tương đương với tổng $F_A + F_B$. Khi các “điểm đặt” lực này (lỗ khoét C của con sơn chẳng hạn) bị dẫn ra do hai lực kéo căng đó sang hai bên đối diện (xem Hình 5), có thể khiến đầu con sơn bị chuyển vị, gây ra lực nén, hay kéo dọc theo con sơn.



Hình 5. Tổng hợp lực lên “điểm đặt lực” là lỗ khoét C của con sơn bằng không, nhưng có thể khiến con sơn hoàn toàn bị biến dạng

Hơn thế nữa, thông thường những “điểm đặt” lực này lại trùng với các nút của kết cấu ở dạng các liên kết bằng bu lông, đinh ri vê hoặc hàn nối, ví dụ như ở dầm, dàn v.v.. Khi đó, ai dám đảm bảo chúng không gây nên những tác động xấu tới khả năng chịu lực của chính các nút đó như rạn nứt, biến dạng...? Mà những rạn nứt hay biến dạng này nếu có tất sẽ phải tác động lên các thanh dầm, thanh dàn liên kết tới đó. Chính chúng cần phải được bổ sung vào khi xem xét các bài toán kết cấu, cho dù có thể bỏ đi khi nghiên cứu chuyển động của vật thể như một điểm chất trong cơ học Newton.



Hình 6. Sơ đồ thay thế tàu kéo hoàn toàn tương đương về lực

Không mấy khó khăn để có thể nhận ra rằng nếu muốn đạt tới sự tương đương hoàn toàn về lực, thì hai tàu kéo phải được thay thế bằng ba tàu (xem Hình 6), theo đó hai tàu kéo sang hai

bên hình thành hai lực bằng nhau về giá trị, nhưng ngược hướng và không tham gia vào quá trình chuyển động của xà lan, song hiển nhiên là nó sẽ gây nên biến dạng cho xà lan.

4) Tính bất thuận nghịch giữa tổng hợp và phân tích lực

a) Tính bất thuận nghịch về phía các lực tham gia

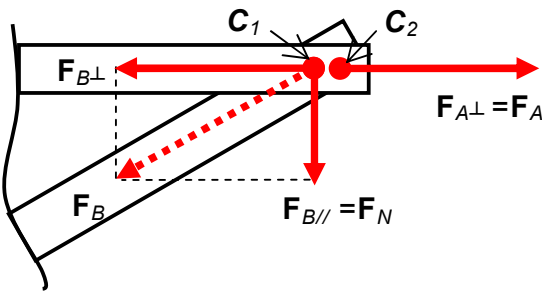
Theo quy tắc hình bình hành lực hiện nay, có một sự đối xứng tuyệt đối giữa việc tổng hợp và phân tích lực, ngoại trừ một điểm khác biệt duy nhất là tính đơn trị: bài toán tổng hợp lực luôn là đơn trị, còn bài toán phân tích lực – là đa trị; nó phụ thuộc vào hướng khả dĩ của các lực thành phần. Nếu hướng của các lực thành phần đã được xác định, thì phân tích lực chỉ là bài toán ngược của bài toán tổng hợp lực, hoặc ngược lại. Tuy nhiên, điều đó chỉ đúng khi “điểm đặt” của véc tơ đúng chỉ là... một điểm hình học không có kích thước! Mô hình toán học này sẽ không còn tương ứng được nữa khi chuyển sang cơ học kết cấu, nơi mà mọi đối tượng nghiên cứu luôn là các dạng kết cấu có kích thước, kể cả là các cái gọi là “điểm đặt” lực như đã nói tới ở trên (đối với thí dụ hai tàu kéo xà lan). Tức là khi tổng hợp hai lực tác động theo hai phương khác nhau không trùng thành một đường thẳng, luôn nhận được ba lực $F_{A\perp}$, $F_{B\perp}$ và F , chứ không phải chỉ là một lực F . Từ đây có thể dễ dàng nhận thấy rằng bài toán ngược lẽ ra đã phải là từ 3 lực (xem Hình 4c) mà nhận lại được 2 lực F_A , F_B ban đầu (xem Hình 4a) mới đúng chứ?

Song như thế cái gọi là bài toán “tổng hợp”, hay “phân tích lực” không thể tồn tại với cơ học kết cấu được nữa, vì kết quả của bài toán tổng hợp lực lẽ ra chỉ còn lại 1 lực từ 2 hay nhiều lực, còn bài toán phân tích lực lẽ ra phải xuất phát từ chỉ 1 lực thành 2 hay nhiều lực khác! Nhưng nếu chỉ từ 1 lực duy nhất, làm sao có thể phân tích ra thành 2 lực theo hai hướng khác nhau (chứ đừng nói tới 3 lực) được đây? Khi mà từ 2 lực đem “tổng hợp” lại phải ra tới 3 lực kia?

Từ Hình 5a,b có thể nhận thấy rằng nếu bỏ đi một trong 2 lực kéo (ví dụ là F_B), thì xà lan chỉ có thể chuyển động theo phương của lực còn lại (F_A) và lực còn lại ấy không thể bị phân tích ra thành bất cứ lực thành phần nào khác. Điều đó có nghĩa là sơ đồ phân tích lực ở Hình 5b chỉ có nghĩa khi tồn tại cả hai lực (F_A , F_B), nên không thể nói rằng F_A (hay F_B) đó có thể phân tích được thành 2 lực thành phần $F_{A//}$, $F_{A\perp}$ (hay tương ứng là $F_{B//}$, $F_{B\perp}$). Nhưng ở bài toán con sơn trên Hình 2a thì sao? Rõ ràng chỉ từ một lực F_N phân tích được ra thành 2 lực thành phần F_A và F_B đấy chứ?

Thứ nhất, nếu quả thật sự phân tích này là đúng, thì đã chẳng có sự bất cập $\rightarrow\infty$ của cả F_A và F_B theo công thức (1) như đã bàn đến ở trên.

Thứ hai, liệu từ F_A và F_B có thể tổng hợp lại thành lực F_N ban đầu được không? Ta hãy sử dụng phép tổng hợp các lực thành phần có các điểm đặt khác nhau giống như ở bài toán hai tàu kéo xà lan. Kết quả là vẫn nhận được 3 lực như được biểu diễn trên Hình 7.



Hình 7. Tổng hợp lực khi coi các lực thành phần đặt tại 2 điểm trong bài toán quả tạ treo trên 2 con sơn

Bước 1 – Từ F_B ta được 2 lực $F_{B\perp}$ và $F_{B//}$ trong đó $F_{B//}$ lại vẫn bằng trọng lượng quả tạ F_N ; từ F_A ta vẫn chỉ nhận được chính nó $F_{A\perp} = F_A$.

Bước 2 – Chập 2 điểm C_1 và C_2 ta quay trở lại lực ban đầu là trọng lượng quả tạ, nếu như cho rằng các thành phần lực $F_{B\perp}$ và $F_{A\perp}$ triệt tiêu nhau. Tuy nhiên, như trên đã nói rồi các lực này không thể bị triệt tiêu trong cơ học kết cấu được. Mà như thế có nghĩa là khi áp dụng quy tắc hình bình hành để phân tích lực, người ta đã vô tình để 2 thành phần này “lên vào”, khiến cho các lực thành phần F_A , F_B bị cộng thêm một lượng có thể nói là quá lớn, gây nên bất cập $\rightarrow \infty$ ở trên.

Vậy là bài toán phân tích lực không phải là bài toán ngược của bài toán tổng hợp lực! Nói một cách chính xác hơn, lẽ ra không nên gọi bài toán đó là “phân tích lực”, mà là “hình thành lực”, “sinh lực”, hay một cái tên gì đó đại loại như vậy. Đây là quá trình có tính nhân quả, chứ không phải thuận nghịch như bấy lâu nay vẫn quan niệm. Cho nên, từ những lực-“thai nhi” được hình thành này không có cách gì có thể “tổng hợp”

được để trở lại thành lực-“cô gái” (chưa mang thai) ban đầu.

Từ đây ta có nhận xét rằng việc phân tích 1 lực thành 2, 3 hay bao nhiêu thành phần không phụ thuộc vào quy tắc toán học nào cả, mà chỉ phụ thuộc vào điều kiện thực tế của kết cấu cụ thể; toán học chỉ tham gia vào việc định lượng các thành phần thôi.

b) Tính bất thuận nghịch về sơ đồ thay thế

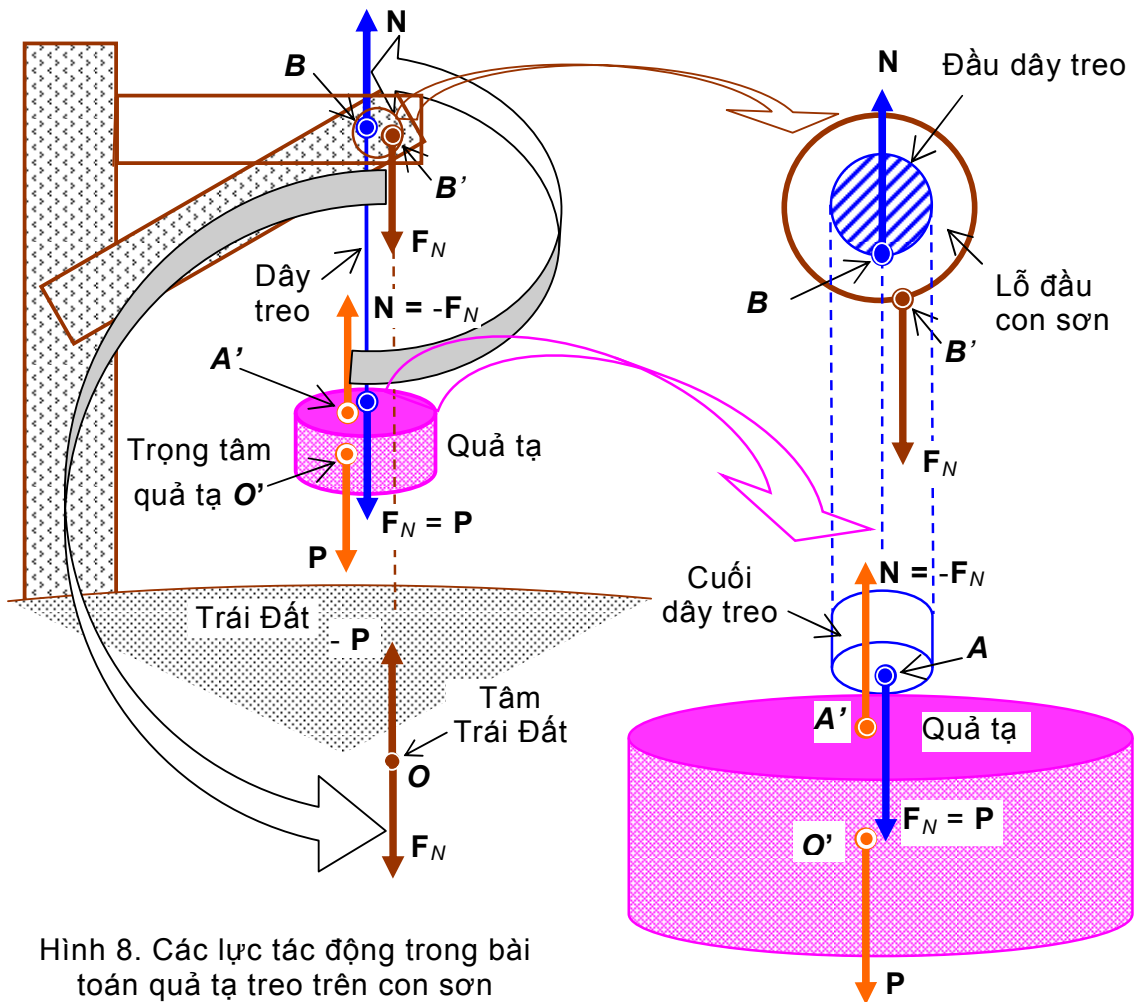
Với bài toán tổng hợp lực như đã thấy ở ví dụ hai tàu kéo xà lan, có thể thay thế hoàn toàn hai tàu kéo này bằng ba tàu kéo khác tương ứng với các sơ đồ tổng hợp lực đã nhận được (xem Hình 6).

Nhưng đối với bài toán phân tích lực, không phải lúc nào cũng có thể thực hiện được việc thay thế tương đương đó mà bài toán hai con sơn ở trên là một ví dụ. Rõ ràng không mấy khó khăn để có thể nhận ra rằng khi quả tạ chưa được treo vào, thì các con sơn không chịu lực nào cả, nhưng khi quả tạ được treo vào, các con sơn chịu các lực kéo, nén (F'_A) và (F'_B) đồng thời với sự có mặt của quả tạ, chứ không phải những lực kéo, nén đó thay thế cho quả tạ! Tức là đồng thời chịu tác động của cả ba lực: F'_A , F'_B và F_N ?

Có ai đó phản đối, cho rằng một khi đã có mặt các lực thành phần $F_A \neq F'_A$ và $F_B \neq F'_B$ được phân tích theo quy tắc hình bình hành lực như trên Hình 2 thay thế cho lực F_N rồi, lực F_N này đương nhiên có thể loại bỏ!

Nhưng khi đó câu hỏi đặt ra sẽ là: vậy các con sơn phải chịu những lực nào khi trọng lượng của quả tạ *đang đặt trên chúng*, chứ không phải là *đã bị loại bỏ*, mà thay bằng các cái gọi là “lực thành phần” (F_A , F_B)? Vì một thực tế hiển nhiên, không thể chối cãi là quả tạ *vẫn đang được treo* trên các con sơn (tức là đang có lực F_N bằng và hướng xuống dưới theo chiều trọng lực P) và

trong các con sơn *vẫn đang xảy ra* hiện tượng kéo, nén, tức là đang bị các biến dạng tương ứng với những tác động F'_A , F'_B . Vậy, các cái gọi là “lực thành phần F_A , F_B là cái gì vậy? Không lẽ nào chúng cũng gây ra những biến dạng tương ứng với các biến dạng do những tác động F'_A , F'_B gây ra? Nhưng những tác động này chắc chắn sẽ $\rightarrow 0$ khi $\alpha \rightarrow 0$, chứ không $\rightarrow \infty$ như F_A , F_B đâu!



Hình 8. Các lực tác động trong bài toán quả tạ treo trên con sơn

Nếu thế thì vai trò của F_N ở đây là gì khi mà nó vẫn đang hiện hữu, bất luận là ta có phân tích hay không phân tích nó? Không nên quên rằng do trọng lực P của quả tạ đã được cân bằng bởi lực pháp tuyến N mà dây treo quả tạ tác động lên

nó, nên có thể bỏ quả tạ đi, chỉ cần giữ lại lực F_N (trọng lượng) để thay cho nó là đủ (xem Hình 8). Nhưng đến lượt mình, F_N lại cũng bị bỏ đi nốt theo cách phân tích lực như hiện nay nghĩa là sao? Nó được cân bằng với lực nào tại lỗ đầu

con sơn đâu? Cũng theo Hình 8, ta đã có từng cặp lực cân bằng nhau là:

Với quả tạ có điểm đặt lực \mathbf{P} tại tâm quả tạ \mathbf{O}' , còn điểm đặt lực $\mathbf{N} = -\mathbf{F}_N = -\mathbf{P}$ tại điểm tiếp xúc của quả tạ \mathbf{A}' với dây treo, nhờ thế mà quả tạ định vị tại chỗ, không chuyển động.

Với dây treo có điểm đặt lực \mathbf{F}_N tại đầu cuối \mathbf{A} của dây treo tiếp xúc với quả tạ, còn điểm đặt lực \mathbf{N} tại điểm tiếp xúc của đầu dây treo \mathbf{B} với lỗ đầu con sơn: $\mathbf{N} = -\mathbf{F}_N$, nhờ thế mà dây treo căng, định vị tại chỗ không chuyển động.

Nhưng tác động lên lỗ đầu con sơn chỉ có trọng lượng \mathbf{F}_N tại điểm \mathbf{B}' của nó thôi; nó không cân bằng với lực nào tại điểm này cả! Vậy vì sao con sơn lại không chuyển động? Câu trả lời nằm ở chỗ khác kia: con sơn chỉ là một cấu thành của Trái đất trong hệ lực tương tác hấp dẫn Trái Đất-quả tạ này, theo đó Trái Đất hút quả tạ với lực \mathbf{P} , còn quả tạ hút Trái Đất với lực $-\mathbf{P}$. Với quả tạ thì đã có cặp lực cân bằng là $\mathbf{N} - \mathbf{P}$ rồi, còn với Trái Đất thì cặp lực cân bằng được hình thành chính là nhờ trọng lượng \mathbf{F}_N này đây, nhưng tại tâm \mathbf{O} của Trái Đất kia. Điều này được thể hiện bằng mũi tên lớn chạy dọc theo con sơn vào tâm Trái Đất (\mathbf{F}_N đóng vai trò là lực dọc trục).

Nói như vậy có nghĩa là sơ đồ thay thế của bài toán phân tích lực không thể thực hiện được, vì lực định đem phân tích là \mathbf{F}_N , nhưng nó lại không hề được phân tích, mà vẫn giữ nguyên giá trị! Nếu bỏ \mathbf{F}_N đi mà thay bằng 2 lực \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B như hiện nay, thì lực $-\mathbf{P}$ mà quả tạ tác động vào tâm Trái đất sẽ cân bằng bởi lực nào được đây?

Đối với các lực có bản chất khác với trọng lực, mọi suy luận vừa được trình bày ở trên vẫn có nguyên giá trị. Vấn đề là ở chỗ cho dù là lực nào đi chăng nữa, một khi đã tác động lên kết cấu cơ khí, thì các phản lực tác động của kết cấu cũng vẫn thông qua Trái Đất mà tác động ngược trở lại tới nguồn lực tác động.

Việc xác định các lực $\mathbf{F}'_A, \mathbf{F}'_B$ nói trên sẽ không được bàn đến trong bài báo này, nhưng sự tồn tại song song với chúng là lực \mathbf{F}_N thiết nghĩ là điều đáng để suy ngẫm, vì ngoài việc nó đã gây ra các lực kéo, nén ($\mathbf{F}'_A, \mathbf{F}'_B$), còn gây ra lực uốn với nguyên vẹn giá trị của nó nữa, (chứ không vì đã gây ra lực kéo, nén mà giảm đi giá trị của mình!). Điều này cũng đúng với bất kể bài toán phân tích lực nào khác trong cơ học kết cấu.

Nhưng như thế có nghĩa là *lực ban đầu ấy không hề bị “phân tích” thành các lực thành phần* như bấy lâu nay ta vẫn quan niệm, mà đơn giản chỉ là “gây nên” các cái gọi là “lực thành phần” ấy. Nếu bỏ đi lực ban đầu này (\mathbf{F}_N) thì ngay lập tức sẽ biến mất các cái gọi là lực thành phần $\mathbf{F}'_A, \mathbf{F}'_B$ (giống như bà mẹ đang mang thai những đứa con vậy: bà mẹ vẫn tồn tại song song cùng với những thai nhi), chứ không phải như ở bài toán tổng hợp lực vừa xét: hoặc là vật (xà lan) chịu tác động của các lực thành phần \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B , hoặc là chịu tác động của chỉ một lực tổng hợp \mathbf{F} . Việc thay thế lực ban đầu bằng hai lực thành phần như ở bài toán con sơn đã làm là vô hình chung làm biến mất đi một thành phần gây mô men uốn cho toàn bộ kết cấu.

III. KẾT LUẬN

Từ những ví dụ cụ thể và phân tích lý thuyết đã xem xét, các tác giả đã đi đến những kết luận có tính định hướng áp dụng cho cơ học kết cấu:

1) Không thể áp dụng máy móc quy tắc hình bình hành lực như từ trước tới nay vẫn làm, mà phải sử dụng nó một cách linh hoạt chỉ như một bước trong cả quá trình tổng hợp và phân tích lực.

2) Nếu chỉ có 1 lực tác động thì việc quy ước “điểm đặt” của nó là 1 điểm hình học còn có thể chấp nhận được, nhưng khi đã có từ lớn hơn 1 lực thì “điểm đặt” lực nhất thiết phải khác nhau, mà không có cách gì có thể quy ước trùng nhau được! Mà điều này cũng có nghĩa là trong các bài toán tổng hợp và phân tích lực có bao nhiêu lực tác động lên kết cấu (không kể là lực ban đầu, hay lực được tạo thành), thì tương ứng cũng phải có bấy nhiêu điểm đặt; chỉ những “điểm đặt” này mới có thể quy ước là các điểm hình học được. Khi đã chấp nhận là các điểm hình học rồi, thì lúc đó mới có thể áp dụng được quy tắc hình bình hành lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- *Nguyễn Văn Thường*. Đôi suy nghĩ về nguyên lý hình bình hành lực. Vật lý phổ thông, số 87, tháng 11 năm 2000 và số 88, tháng 12 năm 2000, Hội Vật lý Việt Nam.
- 2- *Lương Duyên Bình và các tác giả khác*. Vật lý 10, 2007, NXB Giáo dục.
- 3- *Lương duyên bình và các tác giả khác*. Vật lý đại cương. 2006. NXB Giáo dục.
- 4- *E. И. Бутиков А. С. Кондратьев*. Физика 1 – Механика. Физматлит. Москва – Санкт – Петербург – 2000.
- 5- *David Holiday, Roert Pensnick, Jearl Walker*. Cơ sở Vật lý. 2002, NXB Giáo dục.
- 6- *Vũ Huy Toàn*. Con đường mới của Vật lý học. 2007, NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ.

3) Theo cách hiểu thông thường, sẽ không có lực nào được phân tích ra và cũng không có một lực riêng rẽ nào được tổng hợp lại từ những lực khác.

Chỉ có các lực có thể phát sinh dưới tác động của một lực ban đầu nào đó; chúng tồn tại song song cùng với lực ban đầu ấy – đó là mới chính là “bài toán phân tích lực”. Sự tồn tại của lực ban đầu này sẽ gây nên mô men uốn cho cả kết cấu.

Bên cạnh đó, có các lực có thể phát sinh dưới tác động của hai, hay nhiều lực ban đầu nào đó; chúng có thể thay thế hoàn toàn các lực ban đầu ấy – đó mới chính là “bài toán tổng hợp lực”. Kết quả “bài toán tổng hợp lực” khi các lực thành phần không trùng phương nhau luôn xuất hiện cặp lực đối ngẫu tác động bổ sung lên kết cấu, làm thay đổi nội lực của các phần tử (thanh, dàn, dầm...) liên quan tới “điểm đặt” của lực trong kết cấu đó; chúng phải được tính đến mà không thể loại bỏ đi như trong cơ học Newton, hay trong cơ học kết cấu hiện nay được.