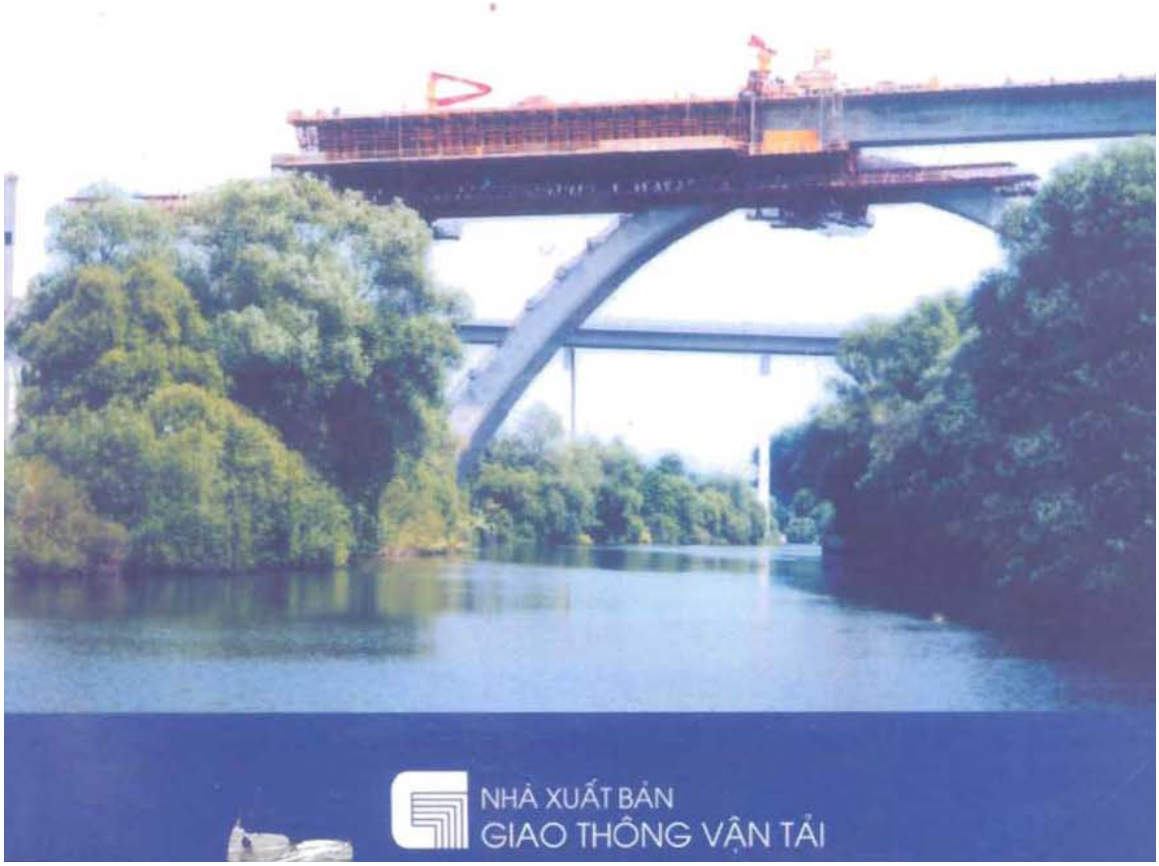
ĐẶNG GIA NẢI

# Xây dựng cầu bê tông cốt thép bằng công nghệ ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG



NHÀ XUẤT BẢN
GIAO THÔNG VẬN TẢI

PGS.TS. ĐẶNG GIA NẢI

# Xây dựng cầu bê tông cốt thép bằng công nghệ ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
**Hà Nội - 2006**

# LỜI GIỚI THIỆU

Trong tiến trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước, hơn lúc nào hết, sự nghiệp xây dựng hạ tầng GTVT đã và đang trở nên một trong những nhiệm vụ cấp bách hàng đầu của Ngành GTVT. Để giao thông thực sự là đột phá, "đi trước một bước", Ngành cần nhanh chóng vươn lên nắm bắt, tiếp thu các kiến thức KHCN mới mẻ và áp dụng có hiệu quả những thành tựu tiến bộ kỹ thuật hiện đại của thế giới nhằm đẩy nhanh tốc độ thi công và nâng cao chất lượng các công trình xây dựng. Là một cán bộ hoạt động KHCN nhiệt tình và tâm huyết về vấn đề đó, PGS. TS. Đặng Gia Nải đã biên soạn cuốn sách với tiêu đề "*Xây dựng cầu BTCT bằng công nghệ Đà giáo di động*". Ấn phẩm được ra mắt vào thời điểm hiện nay sẽ bổ sung cho thực tiễn sản xuất của Ngành về một giải pháp công nghệ tiên tiến mà các nước trên thế giới đang áp dụng. Nội dung của cuốn sách chứa đựng các kiến thức KHCN cần cho những người làm công tác tư vấn lập dự án, thiết kế kỹ thuật và đồng thời cung cấp cho các đơn vị nhà thầu những kiến thức mang tính khái niệm, chỉ dẫn vận hành công nghệ,... Với tư cách là Chủ tịch hội KHKT Cầu - Đường Việt Nam, tôi tin tưởng chắc chắn cuốn sách sẽ là một tài liệu bổ ích được đông đảo đọc giả và các nhà chuyên môn trong và ngoài Ngành đón nhận.

**GS. TS. Bùi Danh Lưu**

*Chủ tịch Hội KHKT Cầu - Đường Việt Nam*
*Nguyên Bộ trưởng Bộ GTVT*

# LỜI TÁC GIẢ

Hiện nay trong lĩnh vực xây dựng cầu BTCT, công nghệ đà giáo di động (ĐGDĐ) đang được áp dụng là một trong những giải pháp công nghệ vận hành theo cơ chế đẩy. Từ những năm đầu thập kỷ 60, ý tưởng về một giải pháp công nghệ ĐGDĐ lần đầu tiên xuất hiện trong một số dự án xây dựng cầu cạn trên đất liền, ở đó toàn bộ hệ thống kết cấu, đà giáo ván khuôn được thao tác cho di chuyển trên mặt đất bằng hệ thống đường goòng. Việc di chuyển đà giáo ván khuôn bằng goòng đã mang lại hiệu quả kỹ thuật kinh tế rõ rệt do giảm được nhân lực và khối lượng công việc cũng như rút ngắn tiến độ, thời gian thi công. Tuy vậy với công nghệ này vẫn tồn tại một số hạn chế cơ bản như: Không thể áp dụng được để thi công cầu vượt sông và đi qua vùng đất yếu vì trên thực tế sơ đồ kết cấu của công nghệ áp dụng giống như sơ đồ công nghệ đà giáo cố định trong giai đoạn đúc dầm, theo đó trong quá trình đổ bê tông phải sử dụng một khối lượng lớn hệ thống kết cấu đà giáo chống đỡ ván khuôn đặt trên nền đất.

Để khắc phục hạn chế đó, công nghệ ĐGDĐ theo cơ chế truyền tải trọng qua trụ cầu và thực hiện cơ chế di chuyển trên các trụ phụ liên kết với trụ chịu lực đã tạo nên các yếu tố thuận lợi cho việc triển khai các dự án với quy mô chiều dài lớn hàng cây số, có thể vượt sông sâu và đi qua các vùng đất nền yếu mà tự nó không gây nên một trở ngại bởi bất cứ một yếu tố kỹ thuật nào.

Cuốn sách: ***"Xây dựng cầu BTCT bằng công nghệ ĐGDĐ"*** được biên soạn dựa trên các nguồn tài liệu trong và ngoài nước, kết hợp với một số kết quả nghiên cứu đề tài cấp Bộ trọng điểm cũng như các số liệu cập nhật được qua thực tiễn thiết kế và thi công các cầu Nam Ô (Đà Nẵng) và Thanh Trì (Hà Nội). Trong các chương mục được trình bày của cuốn sách tác giả đã đề cập khá đầy đủ và có hệ thống những nội dung KHCN đối với từng vấn đề cụ thể. Với cách trình bày như vậy cuốn sách có thể giúp cho các kỹ sư thiết

kế nhanh chóng nắm bắt được các nội dung khoa học chủ yếu của công nghệ ĐGDĐ. Cuốn sách có thể được xem là tài liệu chuyên khảo hoặc giáo trình bổ ích cho giáo viên và sinh viên đại học chuyên ngành xây dựng cầu đường và đồng thời là tài liệu tham khảo cho các nhà quản lý và bạn đọc quan tâm đến lĩnh vực áp dụng công nghệ mới trong xây dựng cầu.

Nội dung của cuốn sách mới chỉ đề cập đến công nghệ ĐGDĐ theo giải pháp đổ bê tông tại chỗ. Với giải pháp lắp ghép tác giả sẽ biên soạn thành sách in trong thời gian tới.

Chúng tôi chân thành cám ơn tập thể các cán bộ khoa học đã có nhiều đóng góp cho đề tài cấp Bộ trọng điểm. Chính từ những kết quả này, tác giả mới có cơ sở phân tích và cấu trúc nó thành các chương mục của cuốn sách có hệ thống.

Để triển khai công tác biên soạn tác giả chân thành cám ơn các cộng tác viên là các kỹ sư: Đặng Việt Đức, Nguyễn Tôn Việt, Tạ Quốc Việt và Nguyễn Thái Khanh về sự cố gắng giúp đỡ tận tình để cuốn sách hoàn thành có kết quả.

Cuối cùng chúng tôi mong nhận được các ý kiến đóng góp bổ sung của độc giả cho những chỗ trình bày còn thiếu sót và hạn chế của cuốn sách.

**Tác giả**

Chương 1

# CÁC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CẦU BTCT - SỰ RA ĐỜI VÀ PHÁT TRIỂN CỦA CÔNG NGHỆ ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG

## 1.1. CÁC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CẦU BTCT.

Dã gần một thế kỷ nay, từ khi kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) và bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCTDUL) được phát minh, thế giới đã đạt được nhiều thành tựu trong lĩnh vực xây dựng nói chung và ngành cầu nói riêng. Để xây dựng cầu, đặc biệt đối với cầu BTCT dạng dầm, các nước đã áp dụng nhiều giải pháp công nghệ để thi công theo từng trường hợp kết cấu cầu khác nhau. Có thể nêu lên một số đặc điểm cơ bản của một số giải pháp công nghệ để nhận rõ tính ưu việt và hạn chế cũng như phạm vi áp dụng "có lợi" đối với từng loại đề qua đó nhằm mục đích nâng cao hiệu quả kinh tế, kỹ thuật trong quá trình xây dựng.

**- Công nghệ đúc tại chỗ trên đà giáo cố định.**

Đây là công nghệ cổ nhất, đại diện điển hình cho phương thức đổ tại chỗ. Tất cả các công đoạn đều gộp làm một. Quy mô sử dụng các phương tiện cẩu lắp không cần nhiều. Đà giáo đỡ ván khuôn đổ bê tông phải tựa trên các cọc đóng sát nhau trong nhịp. Nhược điểm này ngăn trở dòng sông, ảnh hưởng giao thông và bị chi phối bởi lũ lụt. Công việc xây lắp đà giáo mạnh mún, mất nhiều thời gian, vì thế công nghệ này chỉ áp dụng cho các dầm tĩnh định (dầm đơn giản hoặc mút thừa), có tiết diện ngang không phức tạp, chiều ngang hẹp (dầm bản, dầm T hai thành), khẩu độ nhịp ngắn và cầu ít nhịp. Trong những trường hợp đặc biệt có thể dùng công nghệ này cho nhịp lớn, nhưng theo dạng kết cấu đặc biệt như vòm mà các công nghệ nói trên không thực hiện được một cách thuận lợi.

**- Công nghệ lao dọc**

Công nghệ này thuộc phương thức đúc sẵn, lắp ghép. Tiết diện ngang của nhịp chia thành từng phiến và đúc sẵn các phiến. Các phiến có thể đúc liền khối hoặc đúc phân đoạn rồi ghép theo chiều dọc bằng căng bó thép DƯL trên bờ trước khi lao các phiến qua nhịp trên các dầm, dàn đỡ bằng thép theo dạng tổ hợp như công trình phụ trợ. Lao xong một nhịp sẽ tháo rồi lập các công trình phụ trợ cho các nhịp tiếp sau. Thông thường, các phiến dầm có chiều dài ≤ 40m với trọng lượng 50 ÷ 60 T. Toàn nhịp là dầm giản đơn. Số nhịp hợp lý thường đến 5 nhịp. Do chiều dài cấu kiện lắp ghép lớn và trọng lượng nặng nên việc vận chuyển đến công trường hoặc trong nội bộ công trường cũng như các thao tác nâng hạ chỉ dùng kích vì vậy gặp nhiều khó khăn và mất nhiều thời gian.

**- Công nghệ dùng xe lao.**

Việc chế tạo và vận chuyển các phiến dầm để đặt chúng dưới xe lao cũng giống như công việc lao dọc. Ưu điểm ở đây là dùng xe lao chuyên dụng cơ động trong lắp đặt các phiến vào các nhịp tiếp theo nhau. Chiều dài phiến cũng chỉ hạn chế trong khoảng ≤ 40m, trọng lượng phiến dầm từ 50 - 60T. Tuy nhiên do tính cơ động của xe lao cho nên số lượng nhịp của cầu có thể lớn, nhất là các nhịp đó liên tiếp nhau để tạo điều kiện hoạt động liên tục cho xe lao.

**- Công nghệ đúc và lắp hẫng**

Đúc hẫng thực chất thuộc phương thức đổ bê tông tại chỗ nhưng theo phân đoạn (đúc từng đốt). Đốt dầm được đúc trong ván khuôn di động liên kết với xe đúc. Công nghệ đúc hẫng tương đối phù hợp với nhịp cầu có tiết diện hình hộp (một hộp), với khẩu độ nhịp lớn thông thường từ 60 ÷ 150m, thậm chí đến 200m. Công đoạn liên kết (hợp long) có thể không cần thực hiện nếu ở hai đầu mút ở hai nửa nhịp đặt dầm treo. Cũng có thể phải thực hiện bằng cách đúc đoạn bê tông hợp long và căng DƯL liên tục hoá. Một đặc điểm của đúc hẫng là trên một trụ đặt hai xe đúc, mỗi xe di chuyển và

đúc một nửa nhịp mỗi bên theo dọc cầu. Tùy theo năng lực của xe mỗi phân đoạn (1 đốt) có thể dài từ 3,5 ÷ 5,0 m và từng đốt sẽ thực hiện lặp lại công nghệ như đốt thứ nhất, sự khác nhau chỉ là điều chỉnh ván khuôn. Cho nên nếu thiết kế có dự kiến, số đốt thực hiện có thể nhiều và đạt được khẩu độ rất lớn. Trái lại, xuất phát từ một trụ phải đặt hai xe đúc để thực hiện một nhịp giữa và hai nửa nhịp biên. Như vậy có thể thấy rằng: Công nghệ đúc hẫng phù hợp hơn đối với các trường hợp ít nhịp nhưng khẩu độ nhịp lại lớn.

Những lập luận như trên đối với đúc hẫng cũng giống như lắp hẫng. Điều khác biệt là ở lắp hẫng yêu cầu kỹ thuật thực hiện các mối nối với chất lượng và độ chính xác của hai mặt nối của một đốt, sự trùng khớp của lỗ luồn các bó thép DƯL, chất lượng sản xuất và thi công lớp đệm liên kết (epoxy, vữa polymer) phải rất cao. Cũng như các công trình đúc sẵn lắp ghép, tiến độ thi công theo công nghệ lắp hẫng nhanh gọn hơn.

**- Công nghệ đúc đẩy**

Đúc đẩy thuộc phương thức đổ từng đốt bê tông tại chỗ trên bệ. Sau khi hoàn thành (bê tông đạt được cường độ thiết kế và căng bó cáp DƯL) tiếp tục di chuyển cấu kiện dọc cầu theo một phương thức tương đối êm thuận: Đẩy dọc. Thiết bị di chuyển cấu kiện (đẩy dọc trên các gối trượt) khá đơn giản và ít tốn kém. Tuy nhiên các công trình phụ trợ trong công trường lại phát sinh thêm nhiều khối lượng như: Bệ đúc, mũi dẫn, trụ tạm... Chiều cao dầm chủ thể và số lượng bó cáp DƯL (chính thức và tạm thời) thường lớn hơn các loại dầm thi công bằng công nghệ khác. Chiều cao dầm không thay đổi để tạo cho đầy dầm luôn thẳng và phẳng để trượt được trên gối trơn. Cầu thi công theo công nghệ này chỉ chịu lực theo sơ đồ " nhiều nhịp liên tục".

**- Công nghệ đẩy lắp**

Về nguyên tắc cơ chế vận hành của công nghệ đẩy lắp là sử dụng hệ kết cấu đà giáo di động để lắp ghép các phân đoạn dầm đúc sẵn nhằm tạo nên từng nhịp dầm cầu BTCT. Lắp xong 1 nhịp, đà giáo di động đến nhịp liền kề

để tiếp tục lắp ghép theo chu kỳ công việc như cũ. Để di động được từ nhịp này đến nhịp khác, đà giáo được đặt trên hệ thống trụ phụ. Trụ phụ thường có cấu tạo như giá đỡ bằng kết cấu thép liên kết vào 2 phía thân trụ chủ thể. Cũng có giải pháp kỹ thuật khác phục vụ việc di động đà giáo như: Đặt đà giáo trực tiếp lên các palê, trong đó đặt 1 đầu lên đỉnh trụ và đầu kia lên trên nhịp dầm BTCT đã lắp ghép xong. Các phân đoạn dầm đúc sẵn được cẩu nâng lên vị trí lắp ghép nhờ hệ thống tời điện từ đà giáo. Công tác căng kéo bó cáp DƯL được tiến hành từng nhịp sau khi lắp ghép xong. Trên thực tế công nghệ đẩy lắp có nhiều ưu điểm mang tính lợi thế so với các giải pháp công nghệ khác, đặc biệt là yếu tố tốc độ thi công nhanh nhờ công tác đúc phân đoạn dầm hoàn toàn độc lập với việc thi công ở hiện trường.

**- Công nghệ Đà giáo di động**

Công nghệ này thuộc phương thức đúc từng nhịp bê tông tại chỗ. Các nhịp cầu được đúc một lần cho toàn bộ tiết diện ngang tiến triển tuần tự và liên tiếp theo dọc cầu mà vẫn tạo được khoảng trống dưới cầu cho giao thông thuỷ, bộ. Dầm BTCT DƯL chủ thể có thể thực hiện theo sơ đồ chịu lực là dầm giản đơn hoặc liên tục từ 3 ÷ 5 nhịp và nhiều nhịp với chiều cao dầm không thay đổi. Chiều dài nhịp được thực hiện thuận lợi trong phạm vi 33 ÷ 60m, tối ưu nhất từ 40 ÷ 50m. Số lượng nhịp trong một cầu về nguyên tắc là không hạn chế. Trên thực tế, giống như công nghệ sử dụng xe lao là lực đẩy dọc ở đây không quá lớn và cự ly đẩy chỉ giới hạn trong phạm vi một nhịp. Mặc dầu vậy các công trình phụ tạm trong công nghệ này cũng khá cồng kềnh: Dàn cứng đẩy dọc, trụ tạm, mũi dẫn. Vì tính chất vạn năng của công nghệ có thể cải tiến để giảm nhẹ nhược điểm này bằng cách : Chế tạo dàn cứng chuyên dụng dùng cho nhiều nhịp, nhiều cầu, kết hợp dàn cứng với mũi dẫn, thân trụ tạm lắp ghép và di chuyển được. So sánh trực tiếp với công nghệ đúc đẩy thì công nghệ này thể hiện tính lợi thế ở những điểm sau đây:

- Việc đẩy đồng bộ hệ thống thiết bị đúc bê tông bao gồm hệ đỡ (dàn giáo) và ván khuôn không gặp khó khăn lớn như công nghệ đúc đẩy dầm.

Do tải trọng đẩy nhẹ và hệ số ma sát nhỏ (chỉ có 2 điểm đặt gối trượt) nên không cần thiết sử dụng quy mô hệ thống thiết bị đẩy với công suất cao và chính điều đó có khả năng đảm bảo an toàn công trình trong quá trình thi công và nâng cao hiệu quả kinh tế.

- Năng lực hệ thống trang thiết bị đẩy và đúc không phụ thuộc quy mô chiều dài cầu. Vì vậy cầu càng dài hiệu quả kinh tế càng cao. Đối với công nghệ đúc đẩy cũng có ưu điểm tương tự nhưng do công suất của hệ kích đẩy được xác định nên chỉ phù hợp với quy mô chiều dài cầu nhất định.

- Việc bố trí cốt thép DUL phù hợp với sơ đồ phân bố nội lực cho cả hai giai đoạn thi công và khai thác nên không hao tổn cốt thép và phức tạp như công nghệ đúc đẩy.

- Với công nghệ *đà giáo di động* có thể thi công được cho cầu dầm BTCT liên tục và giàn đơn.

Do những đặc điểm mang tính lợi thế cơ bản như trình bày ở trên nên từ lâu công nghệ *đà giáo di động* đã được nhiều nước trên thế giới áp dụng khá phổ biến. Những nước như: CHLB Đức, Pháp, Nhật... đã xây dựng nhiều cầu bằng công nghệ này.

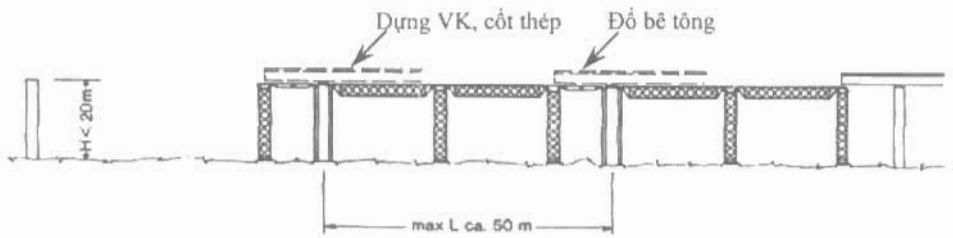
## 1.2. QUÁ TRÌNH ÁP DỤNG VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG.

### 1.2.1. Giải pháp sử dụng kết cấu đà giáo và trụ tạm thống nhất trên toàn cầu.

Từ những năm đầu 1960, ở một số nước phát triển như CHLB Đức, Pháp đã bắt đầu tập trung sự quan tâm đến mục tiêu hợp lý hoá sản xuất và cải tiến công nghệ để nâng cao hiệu quả kỹ thuật kinh tế trong quá trình triển khai các dự án xây dựng công trình cầu. Quan điểm này được quán triệt ngay trong giai đoạn lập Dự án và triển khai đồ án thiết kế kỹ thuật và công nghệ xây dựng. Trên cơ sở các thông tin từ [47] có thể trình bày một số giải pháp bắt nguồn từ quan điểm trên như sau:

### *1.2.1.1. Giải pháp chia nhỏ khẩu độ nhịp và sử dụng 2 trụ tạm.*

Đối với những cầu BTCT dạng dầm liên tục nhiều nhịp có chiều dài nhịp từ 30 ÷ 50m và chiều cao trụ không quá lớn (≤ 20m), thi công trên nền đất cứng, ổn định có thể bố trí 2 trụ tạm (kiểu kết cấu lắp ghép dàn giáo chống từ mặt đất). Trình tự tiến hành công nghệ bắt đầu từ một phía đầu cầu tiến dần đến phía cầu bên kia. Quá trình triển khai công nghệ thực hiện theo nguyên tắc thi công từng nhịp một. Tuy nhiên trong những trường hợp nhà thầu đáp ứng đầy đủ vật tư và thiết bị thì có thể triển khai đồng thời 02 giai đoạn: Đổ bê tông nhịp trước và chuẩn bị lắp dựng Đà giáo, ván khuôn, cốt thép nhịp tiếp theo (Hình 1.1).




**Hình 1.1:** *Giải pháp bố trí 02 trụ tạm và thi công đồng thời trên phạm vi 2 nhịp*

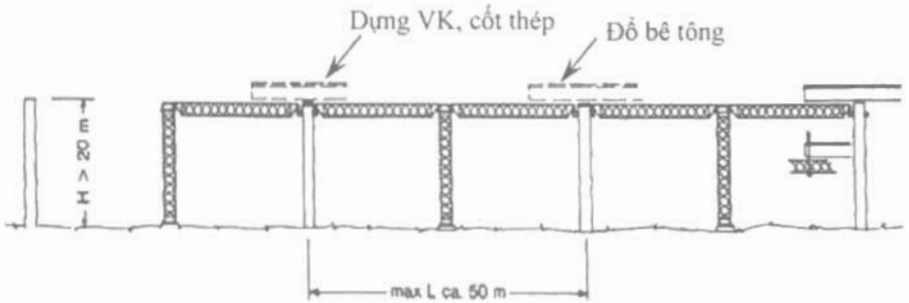
Đối với dầm BTCT liên tục nhiều nhịp, đốt dầm đúc có chiều dài bằng khẩu độ nhịp (nhịp biên có thể ngắn hơn). Vị trí liên kết 02 đốt dầm thường đặt ở vị trí hẵng 1/5L (L - khẩu độ nhịp) và cũng tại vị trí này sẽ bố trí trụ tạm để bảo đảm tính an toàn và ổn định trong các quá trình thao tác công nghệ (Đối với dầm liên tục tại vị trí 1/5L, mô men uốn ≈ 0).

Sau khi thi công xong đốt dầm BTCT (đổ bê tông, căng kéo liên kết), đà giáo và trụ tạm sẽ được tháo tách ra khỏi dầm để vận chuyển đến nhịp liền kề, tiếp tục lắp ghép. Thực hiện công tác di chuyển đà giáo và trụ tạm có thể bằng cần cẩu hoặc bằng xe chuyên dụng.

### *1.2.1.2. Giải pháp chia nhỏ khẩu độ nhịp và sử dụng 1 trụ tạm.*

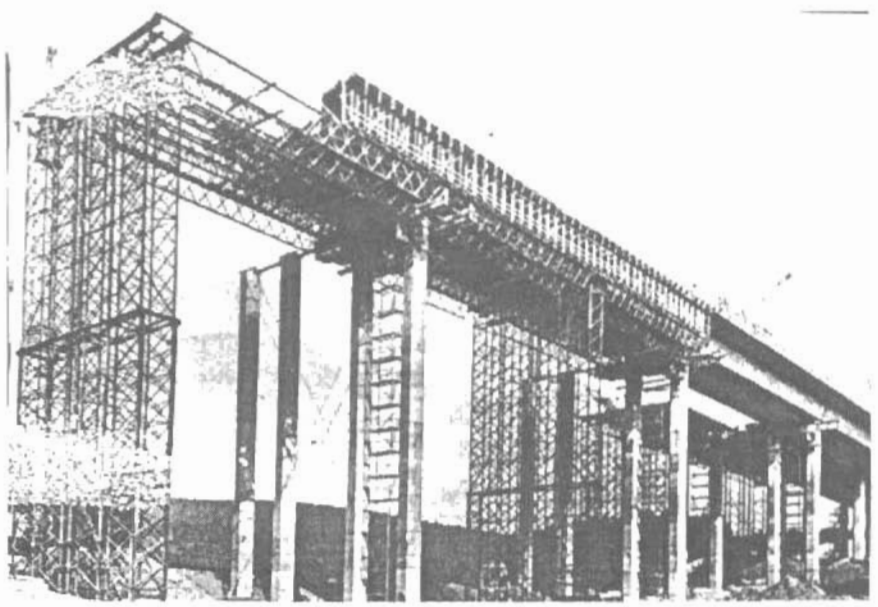
Trong trường hợp cầu có chiều cao trụ ≥ 20m và chiều dài khẩu độ nhịp

bằng nhau (thông thường từ 30 ÷ 50m) có thể chỉ cần bố trí 1 trụ tạm ở giữa (Hình 1.2).




**Hình 1.2:** *Giải pháp bố trí 1 trụ tạm và thi công đồng thời trên phạm vi 2 nhịp*

Quá trình di chuyển và lắp ráp đà giáo, trụ tạm được thực hiện giống như giải pháp trình bày ở 1.2.1. Trên hình 1.3 thể hiện một công trình cầu đang thi công bằng giải pháp sử dụng thống nhất 1 kiểu kết cấu đà giáo và trụ tạm cho toàn cầu.



**Hình 1.3:** *Cầu được thi công bằng giải pháp công nghệ sử dụng thống nhất một kiểu kết cấu đà giáo và trụ tạm cho toàn cầu.*

Ưu điểm của 2 giải pháp được trình bày ở trên thể hiện ở chỗ: Chỉ cần một vài bộ đà giáo và trụ tạm cũng như công nghệ lắp ráp tương tự để thi công luân phiên từng nhịp cho toàn bộ cầu, qua đó tạo khả năng giảm chi phí vật tư thiết bị và nâng cao tay nghề của người công nhân theo nhịp độ tiến triển của công trình. Giải pháp công nghệ này thích ứng đối với những cầu cạn có chiều dài ≤ 300m với khẩu độ nhịp từ 30 ÷ 50m thi công trên nền đất ổn định và địa hình tương đối bằng phẳng. Tuy nhiên trong những trường hợp cầu thi công qua vùng đất yếu và trụ cao sẽ phát sinh nhiều yếu tố bất lợi do phải xử lý nền đất làm móng cho trụ tạm và tốn kém nhiều vật tư cho việc xây dựng và gia cường trụ tạm nhằm đáp ứng yêu cầu ổn định tối đa của kết cấu trụ trong quá trình thi công.

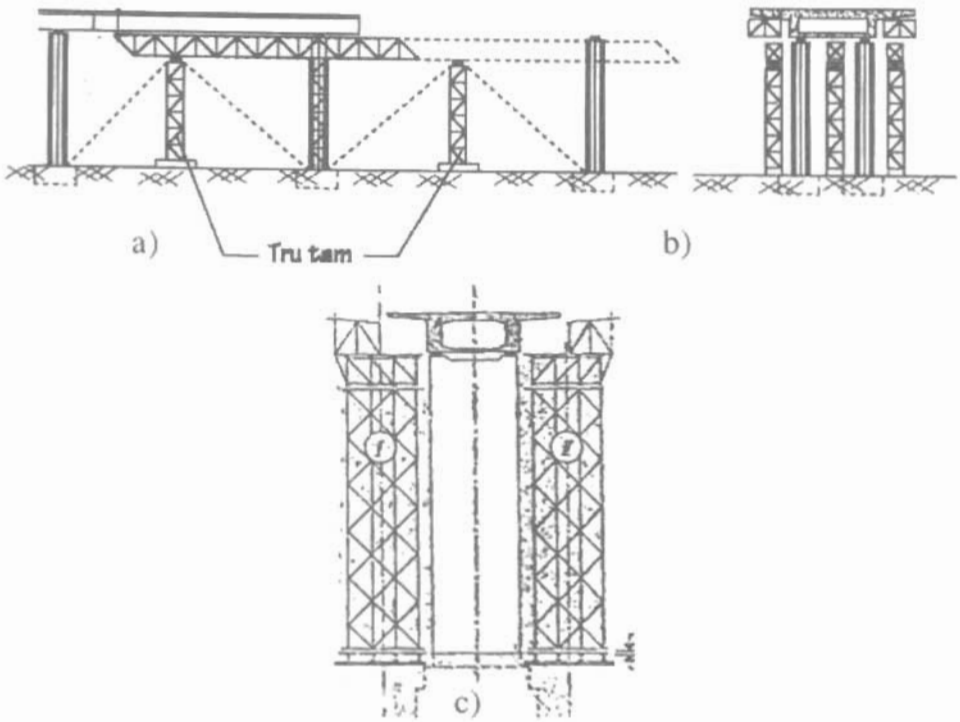
### 1.2.2. Công nghệ di chuyển đà giáo trên mặt đất có sử dụng trụ tạm và kết cấu chống đỡ.

#### *1.2.2.1. Đặc điểm chung*

Về nguyên tắc giải pháp công nghệ di chuyển đà giáo trên mặt đất có sử dụng trụ tạm và kết cấu chống đỡ cũng giống như giải pháp công nghệ được đề cập ở 1.2.1.

Trên thực tế công nghệ di chuyển đà giáo (DCĐG) cơ bản dựa trên ý tưởng của việc áp dụng luân phiên nhiều lần hệ thống trang thiết bị công nghệ (Ván khuôn, hệ thống thiết bị thi công cũng như nhân lực trên một công trình). Sự hình thành của giải pháp công nghệ này chủ yếu nhằm giảm khối lượng công việc vận hành di chuyển thiết bị, qua đó tạo khả năng hạ giá thành công trình. Điều kiện để áp dụng thật sự có lợi đối với công nghệ này thể hiện ở chỗ: Cầu có số lượng nhịp lớn (≥ 7nhịp) và địa hình bằng phẳng. Những yếu tố thuận lợi như vậy cho phép vận hành công nghệ theo nguyên tắc: Cùng một lúc có thể di chuyển toàn bộ hệ thống thiết bị công nghệ từ nhịp đã thi công xong đến nhịp tiếp theo. Giải pháp vận chuyển không sử dụng cần cẩu tự hành hoặc xe chuyên dụng mà bằng đường goòng đặt trên mặt đất .(Di chuyển cả hệ thống đà giáo nguyên trạng mà không

tháo rời ra như giải pháp trình bày ở 1.2.1). Trên hình 1.4 minh hoạ sơ đồ tổng quát cơ chế làm việc của công nghệ theo chiều dọc cầu và ngang cầu.




**Hình 1.4:** *a) Sơ đồ nguyên lý làm việc của công nghệ DCĐD theo chiều dọc cầu.*

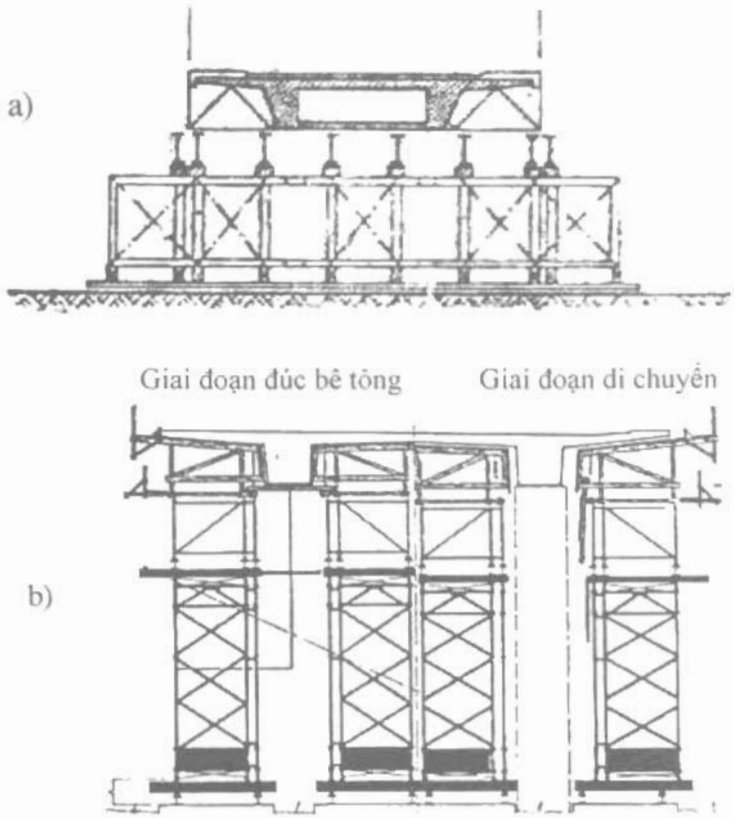
*b) Tiết diện cắt ngang của hệ thống kết cấu công nghệ tại các vị trí giữa nhịp (giai đoạn đúc bê tông)*

*c) Tiết diện cắt ngang của hệ thống kết cấu công nghệ tại trụ cầu khi di chuyển.*

### *1.2.2.2. Nguyên lý cấu tạo và cơ cấu vận hành công nghệ:*

- Sau khi xây dựng xong các trụ cầu (có thể thi công phần kết cấu nhịp trên các trụ cầu đã xây dựng xong và thi công đồng thời các trụ mới), tiếp tục lắp đặt hệ thống kết cấu phụ trợ: Hệ thống dàn giáo chống đỡ (hoặc trụ tạm), ván khuôn đặt trên dàn đỡ, thiết bị vận hành hệ thống kết cấu công

nghệ (Hình1.4, 1.5). Đối với những công trình thi công trên nền đất yếu sự cần thiết phải gia tải khắc phục hiện tượng lún của đất nền hoặc có thể tăng cường khả năng chịu lực của nền đất bằng các giải pháp truyền thống. Công nghệ đổ bêtông được tiến hành theo nguyên tắc từ nhịp đầu tiên, bắt đầu từ vị trí có chuyển vị lớn đến vị trí đà giáo có chuyển vị nhỏ.

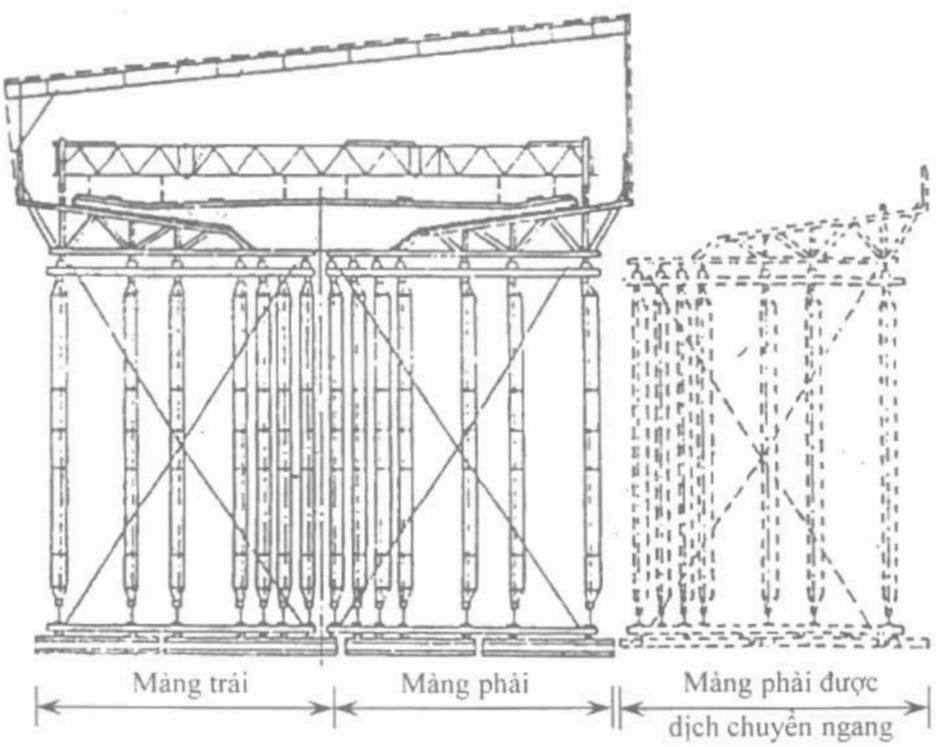



**Hình 1.5:** *Sơ đồ mặt cắt ngang kết cấu ĐGĐ trên mặt đất kiểu dàn giáo*
*a) Kiểu lắp đặt dàn giáo đối với dầm tiết diện hộp*
*b) Kiểu lắp đặt dàn giáo đối với dầm có tiết diện bản 2 chân (bản Homberg)*

Mối nối giữa các nhịp bê tông thường được đặt ở vị trí (1/5 ÷ 1/6) L (L: chiều dài nhịp) để mối nối liên kết không nằm trong khu vực chịu ứng suất lớn. Mối nối là vị trí dùng để chốt neo bó cáp DƯL và nối cáp. Trước đây các nước thường áp dụng phương pháp công nghệ căng kéo ở khu vực mối

nối với khoảng 50% số lượng bó cáp được căng và 50% lượng còn lại sẽ căng kéo ở nhịp tiếp theo. Nguyên tắc này sử dụng nhiều ở dầm BTCT DƯL thi công bằng công nghệ đúc đẩy. Hiện nay ở một số dự án vận dụng các quy trình mới cho phép dùng bộ nối neo chủ động với khả năng có thể căng kéo 100% bó cáp trên một mối nối.

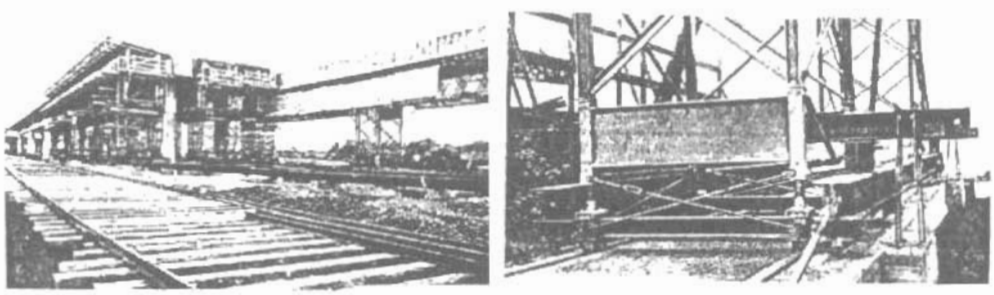
Sau khi đã hoàn thành các công việc về đổ bê tông, căng kéo bó cáp và nối cáp, việc tiếp theo là hạ ván khuôn, tách hệ thống ĐG - VK ra khỏi dầm BTCT. Để có thể di chuyển dễ dàng qua chướng ngại vật (trụ cầu), hệ thống đà giáo, ván khuôn (ĐG – VK) được chia thành 2 mảng kết cấu đơn lẻ làm việc độc lập khi di chuyển (hình 1.3 và 1.6). Trước khi di chuyển đến nhịp tiếp theo phải tiến hành tháo liên kết để tách và di chuyển ngang 2 mảng về 2 phía sao cho các cạnh phía trong của các bộ phận kết cấu mảng không vướng vào cạnh ngoài của thân và mũ trụ (hình 1.6).




**Hình 1.6:** *Nguyên lý cấu tạo 2 mảng kết cấu tách rời để di chuyển*

Khác với công nghệ *đà giáo di động* với việc truyền lực trực tiếp lên trụ cầu (kể cả giai đoạn di chuyển), ở công nghệ này sử dụng nền đất để làm đường di chuyển hệ thống ĐG - VK. Đường di chuyển thường được cấu tạo kiểu đường goòng (hình 1.7).

Xe goòng vận chuyển toàn bộ hệ thống ĐG-VK đến nhịp tiếp theo trên đường goòng. Để vận hành được hệ thống thiết bị, có thể sử dụng kích đẩy hoặc tời kéo. Những giải pháp vận hành này nói chung đơn giản và thuận lợi vì toàn bộ khối lượng công việc thao tác được thực hiện ngay trên nền đất. Đặc điểm mang tính lợi thế của giải pháp công nghệ thể hiện ở chỗ:



**Hình 1.7:** *Đường goòng đặt trên mặt đất*

- Do hệ thống thiết bị công nghệ được sử dụng lặp đi lặp lại nhiều lần nên hiệu quả kỹ thuật kinh tế được nâng cao. Chiều dài cầu càng dài thì hiệu quả kinh tế càng cao.
- Quá trình di chuyển hệ thống đà giáo trên mặt đất bằng giải pháp đẩy trên đường goòng sẽ làm giảm chi phí vận chuyển thiết bị qua đó làm giảm giá thành công trình.

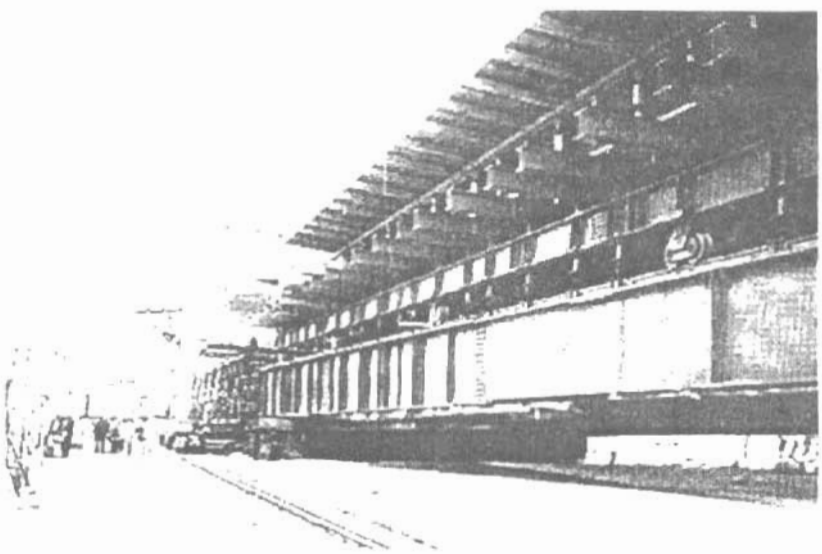
Bên cạnh những ưu điểm, giải pháp công nghệ này tồn tại một số nhược điểm cơ bản sau:

- Trong trường hợp nền đất yếu, việc đặt hệ thống đà giáo hoặc trụ tạm tỏ ra không mấy thích hợp vì dưới tác dụng của tải trọng lớn (tinh tải dầm BTCT) có thể gây nguy cơ lún và ảnh hưởng của yếu tố lún sẽ làm mất tính ổn định bền vững của hệ đà giáo đang trong giai đoạn chịu lực.

Điều đặc biệt nguy hiểm là quá trình lún diễn ra sau thời điểm bê tông đóng rắn (bê tông đã có tuổi) sẽ gây nứt bê tông hoặc có thể dẫn đến phá hoại kết cấu. Để khắc phục hiện tượng trên, sự cần thiết phải áp dụng các giải pháp kỹ thuật chống lún và phải đặt tải thử nghiệm bảo đảm yêu cầu ổn định chung về biến dạng.

- Các công việc về gia cường nền đất chống lún sẽ gây tốn kém ảnh hưởng đến hiệu quả kỹ thuật và kinh tế.
- Phạm vi áp dụng của giải pháp công nghệ DCĐG trên mặt đất chỉ giới hạn cho những công trình cầu có khẩu độ nhịp nhỏ từ 21 ÷ 40m.

Trên bảng 1.1 trình bày một số công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ DCĐG trên mặt đất được xây dựng ở CHLB Đức vào những năm đầu thập kỷ 70. Ở nước ta trong những năm gần đây một số công trình cầu cũng đã áp dụng loại hình công nghệ DCĐG trên mặt đất để thi công như: Cầu Vượt nút Vọng (Hà Nội), cầu vượt Mai Dịch có khẩu độ nhịp 35m và các nhịp cầu dẫn vượt sông Nhật Lệ - Quảng Bình (Hình 1.8 và hình 1.9).



**Hình 1.8:** *Cầu vượt nút Ngã tư Vọng (Hà nội) được thi công bằng công nghệ ĐGDĐ trên mặt đất.*

**Hình 1.9:** *Thi công các nhịp dẫn cầu Nhật Lệ bằng công nghệ DCĐG (dạng trụ tạm đặt ở các vị trí trong phạm vi chiều dài nhịp)*

**Bảng 1.1:** *Một số dạng kết cấu cầu BTCT được xây dựng bằng công nghệ di chuyển đà giáo trên mặt đất ở CHLB Đức.*

| Tên cầu | Dạng mặt cắt tiết diện | Khẩu độ nhịp (m) | Chiều cao (m) | Chiều dài cầu (m) | Chu kỳ xây dựng cho 1 nhịp (tuần) |
|---|---|---|---|---|---|
| Grossdeuben | Bản | 21 | 1,0 | 191 | 4 |
| Markkleeberg | Bản | 21 | 1,0 | 359 | 2 |
| Bad Schandau Bw Rb II | Bản | 25 ÷ 30 | 1,35 | 292 | 4 |
| Bad Schandau Bw Rb I | Dầm | 35 ÷ 40,25 | 1,80 | 153 | 8 ÷ 10 |
| Magdeburg - Hochstr | Dầm | 27 ÷ 33 | 1,57 | 156 | 4 ÷ 6 |
| Posdam Hóφchstr | Bản | 25 ÷ 30,45 | 1,35 | 238 | - |
| Dresden Plauensche Gasse | Bản | 17 ÷ 38,5 | 1,5 | 325 | 4 |

**Bảng 1.1:** *Một số dạng kết cấu cầu BTCT được xây dựng bằng công nghệ di chuyển đà giáo trên mặt đất ở CHLB Đức (tiếp)*.

| Tên cầu | Dạng mặt cắt tiết diện | Khẩu độ nhịp (m) | Chiều cao (m) | Chiều dài cầu (m) | Chu kỳ xây dựng cho 1 nhịp (tuần) |
|---|---|---|---|---|---|
| Halle Thaälmann Platz | Dầm | 26,5 | 1,15 | 238,5 | 4 |
| Halle Knoten | Dầm | 34,8 | 1,6 | 350,69 | 4 ÷ 5 |
| Wismar | Bản | 22 ÷ 28 | 1,10 | 398,8 | 3 ÷ 3,8 |
| Neubrandenburg | Dầm - Bản | 30 - 40 | 1,61 | 361,4 | 7 ÷ 8 |

### 1.2.3. Sự ra đời của công nghệ Đà giáo di động

Sự ra đời của công nghệ Đà giáo di động( ĐGDĐ) bắt nguồn từ ý tưởng áp dụng nguyên lý cấu tạo và cơ chế làm việc của công nghệ DCĐG trên mặt đất. Sự khác nhau của hai giải pháp công nghệ có thể phân biệt qua các đặc điểm chính sau:

- Ngược với nguyên lý làm việc của công nghệ DCĐG trên mặt đất (đà giáo hoặc trụ tạm đặt trên mặt đất để chịu lực) thì ở công nghệ ĐGDĐ sử dụng trực tiếp các trụ chủ thể (trụ cầu được xây dựng trước đó) để chịu tải trọng dầm BTCT.
- Thay vì cơ chế di chuyển đà giáo trên mặt đất bằng đường goòng thì ở công nghệ ĐGDĐ sử dụng hệ chuyển động ngang và dọc đặt trên các giá đỡ (trụ phụ) được bố trí 2 bên trụ chủ thể. Với những đặc điểm dựa trên cơ sở ý tưởng mới đã khắc phục được nhiều hạn chế và tồn tại của công nghệ DCĐG trên mặt đất và từ đó tạo được các lợi thế mới, cụ thể: Phạm vi áp dụng công nghệ ĐGDĐ rộng hơn, có thể sử dụng nó để thi công cầu cạn trên các địa hình phức tạp hoặc vượt qua các chướng ngại vực sâu, sông nước... và đặc biệt thích hợp đối với những cầu cạn nằm trên vùng đất yếu.

- Trong quá trình thi công không gây ách tắc giao thông do bảo đảm được khoảng "tĩnh không" dưới cầu cho các phương tiện giao thông qua lại (trên mặt đất và trên sông).

- Khác với công nghệ DCĐG trên mặt đất, ở công nghệ ĐGDĐ việc di chuyển dà giáo (ĐG) và ván khuôn (VK) cùng sảy ra đồng thời do nguyên lý cấu tạo liên kết phù hợp với cơ chế vận hành. Việc tạo được cơ chế vận hành đồng thời của ĐG - VK cho phép đơn giản hoá quá trình thao tác công nghệ để qua đó tạo khả năng nâng cao hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của công trình.

- So với công nghệ đúc đẩy hiện đang được nhiều nước áp dụng, trong đó ở nước ta đã thử nghiệm thành công nhiều cầu như: Hiền Lương, Quán Hầu, Sảo Phong, Dinh, Hà Nha... thì công nghệ ĐGDĐ có những ưu điểm vượt trội:

  + Bảo đảm tính an toàn công trình cao trong quá trình thi công vì dầm BTCT được chế tạo không ở trạng thái chuyển động như dầm BTCT thi công bằng công nghệ đúc đẩy. Ở công nghệ ĐGDĐ, hệ dàn đẩy (DĐ) là kết cấu phụ trợ có nhiệm vụ di động và đỡ VK đúc dầm. Vì vậy trong quá trình di chuyển việc vận hành điều chỉnh hệ thống kết cấu thiết bị dễ dàng, thậm chí khi đẩy, nếu có sự cố cũng không trực tiếp gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng dầm cầu BTCT.

  + Quy mô hệ thống thiết bị vận hành (tạo lực đẩy) không cần thiết phải sử dụng công suất cao như công nghệ đúc đẩy vì trọng lượng hệ thống thiết bị (ĐG + VK + Hệ kích nâng, đẩy...) nhẹ. Ngoài ra, trong quá trình đẩy trọng lượng của hệ thống thiết bị được phân thành hai mảng kết cấu làm việc độc lập nên lực đẩy càng nhẹ hơn, cụ thể: Đối với hệ thống kết cấu dàn có khẩu độ nhịp 50m, trọng lượng cả dàn khoảng 650T (mỗi mảng kết cấu nặng 325T). Nếu sử dụng hệ trượt bằng xe goòng (hệ số ma sát ≈ 0,1) thì lực đẩy ngang chỉ cần 32T. Trong những trường hợp như vậy, công nghệ đẩy không quá phức tạp vì chỉ cần sử dụng các loại kích công suất nhỏ hoặc dùng tời kéo.

+ Dầm BTCT có sơ đồ bố trí bó cáp DUL phù hợp với sơ đồ phân bố nội lực cho cả hai giai đoạn thi công và khai thác nên không hao tổn cốt thép như công nghệ đúc đẩy.

+ Cầu được thi công bằng công nghệ ĐGDĐ thường không bị khống chế giới hạn về chiều dài (Hình 1.9).

**Hình 1.9:** *Cầu cạn được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ chạy dọc suốt theo 2 phía bờ kênh*

Do những đặc điểm mang tính lợi thế cơ bản như trình bày ở trên nên từ lâu công nghệ ĐGDĐ đã được nhiều nước trên thế giới áp dụng để xây dựng một khối lượng lớn cầu BTCT. Các nước CHLB Đức, Pháp, Hàn Quốc, Đài Loan là những nước đi đầu trong lĩnh vực áp dụng công nghệ ĐGDĐ. Hãng Ro "Ro GRUSTBAU GMBH (CHLB Đức) đã sử dụng công nghệ này để thi công nhiều cầu nổi tiếng như: Euphrates (Irak), cầu RV1 ở Băng Cốc (Thái Lan), cầu Rio Paramo (Argentina/Paraguay)... cầu DESEGRAT2 trên tuyến cao tốc LEFAYET - LES HOUCHES (Thuỵ sĩ), cầu Truen Wan (Hồng Kông), cầu Guadina (Bồ Đào Nha) và đặc biệt trên tuyến từ Rouquebrune

đến Mentou đã có 9 cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ.

Những năm gần đây một số hãng đã sử dụng công nghệ ĐGDĐ như một công cụ chủ lực để xây dựng nhiều cầu lớn BTCT DUL, tiêu biểu nhất là hai Hãng lớn: NRS (Nauy), STRUCTURAS (úc). Trên bảng 1.2 trình bày danh mục các cầu do các Hãng NRS và STRUCTURES xây dựng từ 1973 đến 2001:

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ*

| **Nước/ tên cầu** | **Chiều dài** | **Chiều rộng** | **Giải pháp công nghệ khẩu độ nhịp** | **Năm xây dựng** |
|---|---|---|---|---|
| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
| **Trung Quốc** | | | | |
| Haihe | 330m | 18,0m | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- $L_{nhịp}$ = 55m (cầu đường sắt) | 2001 |
| Beng Bu | 1,0km | 11,0m | - Đẩy dưới đúc trên (2MSS)<br>- $L_{nhịp}$ = 40m(cầu đường sắt) | 2000 |
| Cầu Nan cha - Nam kinh | 2,3km | 15,4 – 16,9m | - Đẩy dưới đúc trên (2MSS)<br>- $L_{nhịp}$ = 55m (cầu đường sắt) | 1999 |
| **Hàn Quốc** | | | | |
| Đường sắt cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 1 | 14,0m | - Đẩy dưới đúc trên (3MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 40m (cầu đường sắt) | 1999 |
| Đường sắt cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 2 | 14,0m | - Đẩy trên đúc dưới (3MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 25m (cầu đường sắt) | 1994 |
| Đường cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 3 | 14,0m | - Đẩy dưới đúc trên (4MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 40m (cầu đường sắt) | 1994 |
| Đường cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 4 | 14,0m | - Đẩy dưới đúc trên (2MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 40m (cầu đường sắt) | 1994 |
| Đường cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 5 | 14,0m | - Đẩy dưới đúc trên (5MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 40m (cầu đường sắt) | 1993 |
| Đường cao tốc Seoul - Pussan | Đoạn 6 | 14,0m | - Đẩy dưới đúc trên (2MSS)<br>- $L_{nhịp}$= 40m (cầu đường sắt) | 1992 |
| **Tổng cộng** | **100km** | | | |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Đài Loan** | | | | |
| Section C230/240 Taiwan High Speed Railway Project | | 13.0m | - Đầy dưới đúc trên (2MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 45m | 2001 |
| Section C230/240 Taiwan High Speed Railway Project | | 13.0m | - Đầy dưới đúc trên (4MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 40m | 2001 |
| Bid C 325a 2nd Freeway Ext. Project Lung – Kang Nan – Ken Viaduct Ta – Tu Bridge | 2,1km<br>2,8km | 18,55m<br>16,1m | - Đầy dưới đúc trên (3MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 46m | 1999 |
| Bid C 312 - 14, 2nd Freeway Ext. Hsi – Hu Ta Cha Section, Tung – Hsiao Viaduct & Yen – Li Viaduct | 2,5km<br>1,1km<br>850m | 16,1m<br>16,0m<br>16,2m | - Đầy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 48m | 1999 |
| Bid C 313, 2nd Freeway Ext. Hsi – Hu Ta Cha Section, Ta – Cha Interchange | 3,5km | 16,1m | - Đầy dưới đúc trên (3MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 45m | 1999 |
| Bid C 361, 2nd Freeway Ext. pai – Ho Hsin – Hua Section, Zen – Wen – Hsi river bridge | 3,5km | 16,1m | - Đầy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 45m | 1998 |
| East – Wes expressway E303 Taiwan Area National Expressway | 4km | 22,7m | - Đầy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 37m | 1998 |
| East – Wes expressway E206 Taiwan Area National Expressway | 4km | 19,7m | - Đầy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 37m | 1997/ 1998 |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Đài Loan (tiếp)** | | | | |
| East – Wes expressway E604 Taiwan Area National Expressway | 4km | 12,0 m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 40,5m | 1997 |
| Second Freeway Extension Project, Bid E812 – 16, Taiwan Area National Expressway | 8km | 22,6m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 35m | 1997 |
| Second Freeway Extension Project, Bid 370 Taiwan Interchange | 3km | 12,0m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 50m | 1996 |
| Motorway Viaduct E404 Taiwan Area National Development expressway | 2,5km | 16,1m | - Đẩy dưới đúc trên và đẩy trên đúc dưới (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 50m | 1995 |
| Motorway Viaduct E404 Taiwan Area National expressway | 4,0 km | 12,0m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42m | 1994 |
| Motorway Viaduct E404 Taiwan Area National expressway | 4,0 km | 12,0m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42m | 1994 |
| **Hà Lan** | | | | |
| Utrechtboog | 3,5km | 11,0m | - Đẩy trên đúc dưới(MSS)<br>- Cầu đường sắt $L_{nhịp}$ = 50 m | 2001 |
| **Cộng hoà Séc** | | | | |
| Ringroad Olomouc D 202 6 D 204 | 1,5km | 15,7m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường sắt $L_{nhịp}$ = 45m | 2001 |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Nauy** | | | | |
| Kvisti Suspension Bridge, Oslo | 600m | | - Đẩy trên đúc dưới (1MSS)<br>- Cầu đường bộ, $L_{nhịp}$ = 35m | 1994 |
| Askoy Suspension Bridge, Bergen | 1057m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ, $L_{nhịp}$ = 42m | 1991 |
| Menstad | 433m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 60m | 1991 |
| Bolsoya | 250m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 1,0m | 1990 |
| Storeklubben Viaduct, Bergen | 300m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42m | 1990 |
| Lodalen | 1100m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ, $L_{nhịp}$ = 40m | 1988 |
| Gartnerlokk | 680m | 11m | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 40m | 1980 |
| Drammen | 2.000m | | - Đẩy dưới đúc trên (2MSS)<br>- Cầu đường bộ, $L_{nhịp}$ = 48m | 1975 |
| Drammen C | 600m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ, $L_{nhịp}$ = 48m | 1973 |
| **Hy Lạp** | | | | |
| Kristallopigi Crossing | 1,4km | 12,8m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường sắt $L_{nhịp}$ = 55m | 1999/ 2000 |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Bồ Đào Nha** | | | | |
| Viaduto da ribeira da Moita | 987m | 15,5m | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 35m | 2000 |
| Viaduto Rio Maior | 2x0,6 km | 15,4m | - Đẩy dưới đúc trên và đẩy trên đúc dưới (2MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 40m | 2000 |
| Viaduto de Alcobertas | 2x0,8 km | 16,1m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 40m | 2000 |
| Viaduto de Alfeizarao | 660m | 15,3m | - Đẩy dưới đúc trên 2x1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 50m | 2000 |
| A3 – Autostrada Lisboa – Faro Viaduto de Alcarrache | 965m | 10,5m | - Đẩy dưới đúc trên 2 x 1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 62,5m | 1999 |
| A3 – Autostrada Lisboa – Faro Viaduto de Albufeira | 840m | 17,3m | - Đẩy dưới đúc trên 2 x1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 35m | 1998/ 1999 |
| Alcàcar do Sal Ponte Sobre o Rio Sado | Total 1,5km | 18,5m | - Đẩy dưới đúc trên 2 x 1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 44m | 1998 |
| A3 – Autostrada Lisboa - Faro Viaduto Alcàcar do Sal (Rio Sado) | 1,5km | 18,5m | - Đẩy dưới đúc trên 2 x1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 44m | 1997/ 1998 |
| IC10 – Ponte S/O Rio Tejo, Santarem | 2x1,2 km | 27,7m | - Đẩy dưới đúc trên 2 x1MSS<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42m | 1997 |
| A3 – Autostrada Lisboa – Faro Viaduto Sobre a Ribeira de Grandola | 1,3km | 21,1m | - Đẩy trên đúc dưới và đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$= 42,5m | 1997 |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Bồ Đào Nha (*tiếp*)** | | | | |
| A3 – Autostrada Lisboa – Faro Viaduto Sobre a Ribeira de Grandola | 1,3km | 21,1m | - Đẩy trên đúc dưới và đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$= 42,5m | 1997 |
| A3 – Autostrada Lisboa – Faro Viaduto Sobre a Ribeira de Grandola | 1,3km | 21,1m | - Đẩy trên đúc dưới và đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$= 42,5m | 1997 |
| A3 – Autostrada Porto/ Valenca Sublanco Ponte de Lima/ EN 303 – Trecho 2 Viaduto de St. Cristina | 620m | 15,0m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 36m | 1996 |
| A3- Autostrada Porto/ Valenca Sublanco Ponte de Lima/ EN 303 –Trecho 2 Viaduto do Lousado | 1,7km | 15,0m | - Đẩy dưới đúc trên và đẩy trên đúc dưới (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 56m | 1996 |
| A3- Autostrada Porto/ Valenca Sublanco Ponte de Lima/ EN 303 –Trecho 2 Viaduto de Espinheiros | 1,8km | 17,6m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42m | 1996 |
| Govemo Regional da Madeira,Bridge Amoreira and Meloes | 1,6km | 10,65m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 45,0m | 1995 |
| A9 – C.R.E.L(Estàdio National – Alverca) Sublanco Loures | 450m | 2x17,5m | - Đẩy dưới đúc trên (MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 42,0 - 53,75m. | 1993 |

**Bảng 1.2:** *Các công trình cầu được xây dựng bằng công nghệ ĐGDĐ (tiếp theo)*

| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* |
|---|---|---|---|---|
| **Thụy Điển** | | | | |
| Cầu Obbola | 976 và 402m | | - Đẩy dưới đúc trên (1MS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ = 66m. | 1989 |
| Cầu Skrei | 350m | | - Đẩy dưới đúc trên<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$ =49m | 1986 |
| Cầu Johanneshov Bridge, Stockholm | 750m | 25m | - Đẩy dưới đúc trên (1MSS)<br>- Cầu đường bộ $L_{nhịp}$= 42-45m | 1983 |

Chương 2

# NỘI DUNG KHKT CỦA CÔNG NGHỆ ĐGDĐ

## 2.1. MÔ TẢ CÁC KHÁI NIỆM CHỦNG LOẠI KẾT CẤU CÔNG NGHỆ CHỦ YẾU

### 2.1.1. Dầm chủ thể

Dầm chủ thể (D.C.T) có thể là dầm giản đơn hoặc dầm liên tục bằng BTCT từ 3 đến 5 nhịp ghép thành 1 liên. Chiều dài toàn cầu là chiều dài tổng cộng của nhiều dầm giản đơn hoặc nhiều liên liên tục cộng lại.

Dầm giản đơn thường có chiều dài nhịp từ 33 ÷ 40m , tiết diện ngang là hình Π hoặc hình hộp kín. Dầm liên tục có khẩu độ nhịp từ 35 ÷ 60m, tiết diện ngang hình Π đối với nhịp ngắn ≤ 40m và hình hộp đối với nhịp dài ≥ 40m. Chiều cao dầm được xác định trên cơ sở tính toán, thông thường với cấp khẩu độ nhịp từ 40 ÷ 45m lấy chiều cao ≈ 1,8 ÷ 2,3 m và với cấp 45÷50m lấy chiều cao từ 2,3 ÷ 2,7m .

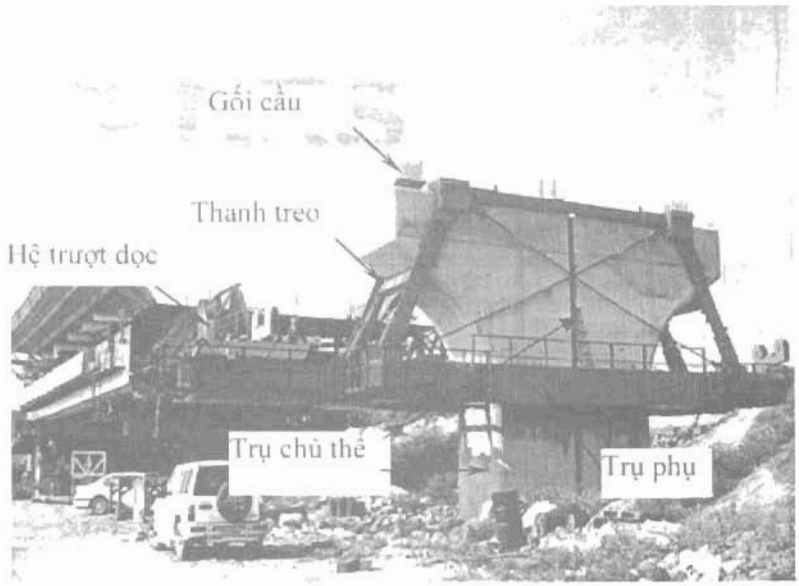
### 2.1.2. Trụ chủ thể

Trụ chủ thể (T.C.T) có thể là trụ đặc BTCT với kích thước chiều rộng phù hợp với chiều rộng của đáy hộp D.C.T. Trụ có thể là trụ hình cột có xà mũ trụ dạng đài hoa sen, hoặc hai cột với đà ngang đỡ dầm, sao cho kích thước bề rộng của đài hoa hoặc của đà ngang rộng bằng đáy hộp của D.C.T

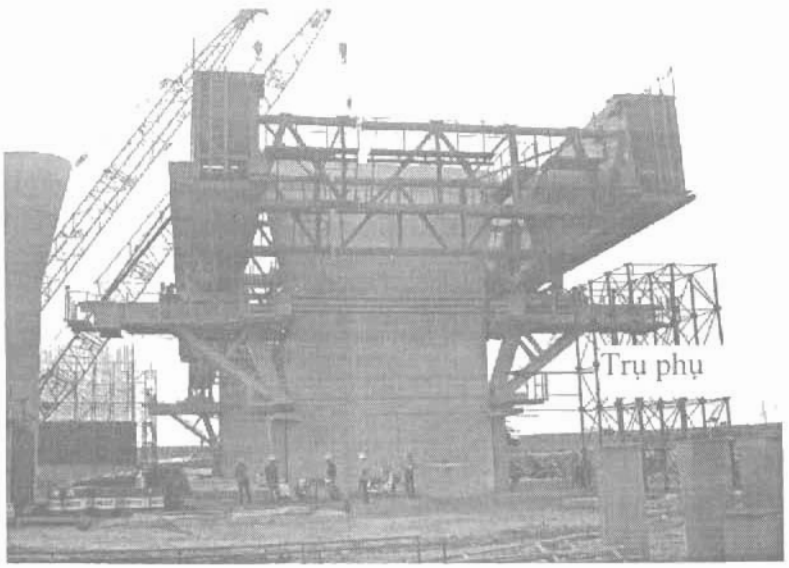
### 2.1.3. Trụ phụ

Trụ phụ (T.P) là giá đỡ bằng thép được gắn với T.C.T. Cấu tạo liên kết gắn bằng cách treo vào phần đỉnh của T.C.T (hình 2.1) hoặc được đỡ bằng các cột chống ở cạnh gờ bệ của T.C.T và được căng bổ sung các thanh thép cường độ cao chống lật ở phía trên (Hình 2.2). Ngoài ra đối với trường hợp

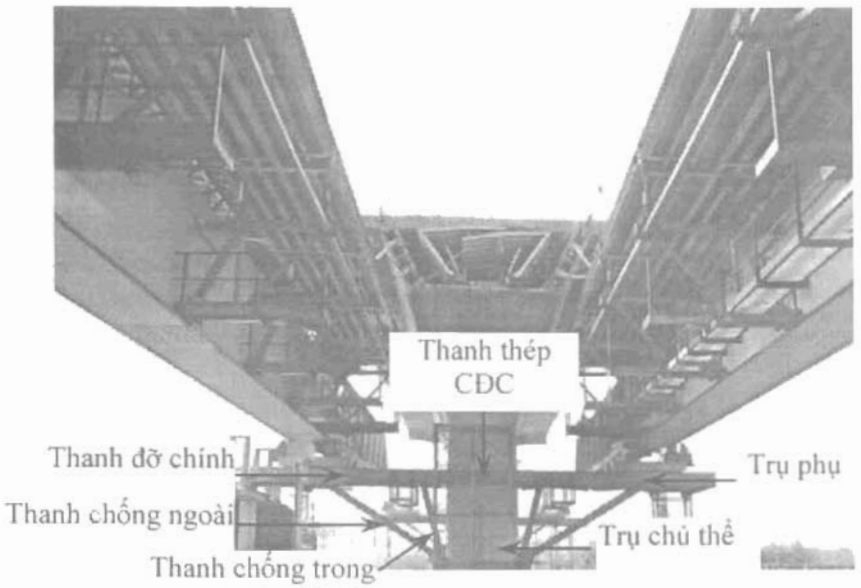
T.C.T có chiều cao lớn, trụ phụ được tạo nên chỉ với việc căng ép giá đỡ bằng các thanh thép cường độ cao (Hình 2.3). Trụ phụ gắn vào kết cấu cứng nên coi như không bị lún.




**Hình 2.1:** *Trụ phụ bằng kết cấu giá thép treo vào phần đỉnh trụ cầu*




**Hình 2.2:** *Trụ phụ bằng kết cấu giá thép chống trên bệ trụ*




**Hình 2.3:** *Trụ phụ kiểu liên kết giả đỡ bằng các thanh thép cường độ cao (không sử dụng cột chống trên bệ trụ).*

### 2.1.4. Trụ tạm

Trụ tạm (T.T) là trụ tạm thời làm việc độc lập với các kết cấu chủ thể. Trụ tạm được đặt ở khoảng giữa nhịp dùng để giảm chiều dài khẩu độ nhịp, qua đó làm giảm nội lực của kết cấu trong quá trình thi công (đổ bê tông) hoặc đẩy đà giáo. Nó có thể dùng liền theo suốt chiều ngang cầu hoặc tách rời hai trụ cầu nằm trực tiếp dưới tuyến di chuyển của ĐG.

### 2.1.5. Đà giáo, ván khuôn.

Hệ đà giáo ván khuôn (ĐG-VK) là các bộ phận kết cấu chủ yếu dùng cho việc đúc bê tông D.C.T. Sau khi đúc xong, hệ ĐG-VK được di chuyển từ nhịp đã đúc đến nhịp tiếp theo để đúc mới các nhịp D.C.T.

## 2.2. MÔ TẢ TỔNG QUÁT NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA CÔNG NGHỆ ĐGDĐ

Nguyên lý làm việc của công nghệ ĐGDĐ có thể được nhìn nhận như là

sự "đối ngược" với công nghệ đúc đẩy. Đối với công nghệ ĐGDĐ dầm BTCT được đúc trên hệ ĐG-VK. Sau khi đã thi công xong phần đúc bê tông, căng kéo dầm và liên kết dầm (chỉ đối với dầm BTCT liên tục), việc tiếp theo là sự di chuyển của hệ ĐG-VK đến vị trí mới để đúc nhịp tiếp theo. Như vậy, vật đẩy là trọng lượng của hệ ĐG-VK và trọng lượng của nó được xác định theo quy mô độ lớn của chiều dài nhịp cầu. Kinh nghiệm của một số nước cho biết: Đối với cấp khẩu độ nhịp từ 40 ÷ 50m, trọng lượng của hệ thống kết cấu DG-VK nặng từ 450 ÷ 650T. Nếu dùng hệ trượt bằng các tấm vật liệu Teflon có hệ số ma sát 0,03 ÷ 0,05 thì lực đẩy ngang thực tế chỉ ≈ 20÷30T. Vì vậy hệ đẩy dùng cho công nghệ ĐGDĐ chỉ sử dụng các giải pháp đơn giản như kích có công suất nhỏ hoặc tời kéo.

Tuy vậy, vấn đề khó khăn nhất trong quá trình thực hiện công nghệ là sự di chuyển được hệ thống ĐG-VK qua trụ cầu, vì trên thực tế mặt đáy của hệ thống kết cấu này thường có cao độ thấp hơn so với cao độ của bề mặt xà mũ trụ nên trong quá trình di chuyển hệ dầm dọc và dầm ngang đỡ VK cần phải được giải quyết để vượt qua trụ mà không có sự cản trở. Ngoài ra, cần phải tính toán cấu tạo hệ dàn đẩy sao cho phần chịu lực chính (phần chịu trọng lượng bê tông) phải đủ độ cứng dưới tác dụng của tải trọng tĩnh khi đúc và ổn định khi di chuyển. Trong quá trình di chuyển mũi dẫn được bố trí cả phía trước và phía sau dàn chính. Chiều dài của mũi dẫn được thiết kế bảo đảm trong mọi trường hợp (trạng thái tĩnh và di chuyển) luôn luôn được đặt trên 2 điểm để không xảy ra tình huống mất cân bằng trọng lượng dẫn đến lật đổ hệ dàn.

## 2.3. ĐẶC ĐIỂM KỸ THUẬT CỦA CÔNG NGHỆ ĐGDĐ

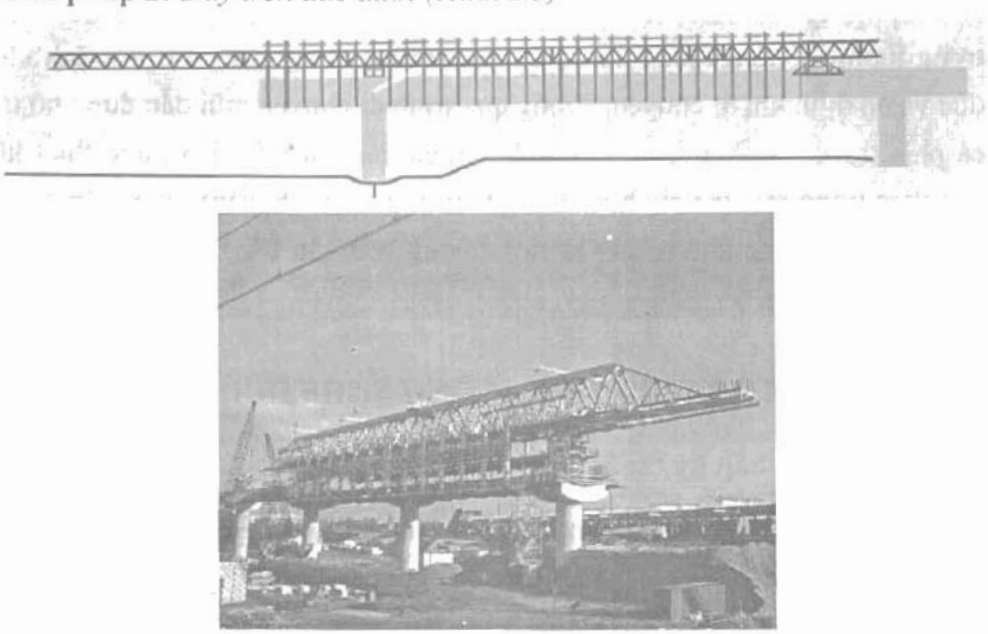
### 2.3.1. Các giải pháp kỹ thuật công nghệ

Trên thực tế, vào thời điểm hiện nay các nước trên thế giới đã và đang sử dụng 3 giải pháp công nghệ ĐGDĐ bao gồm:

**Giải pháp 1:** *Đẩy dưới đúc trên (Hình 2.4)*

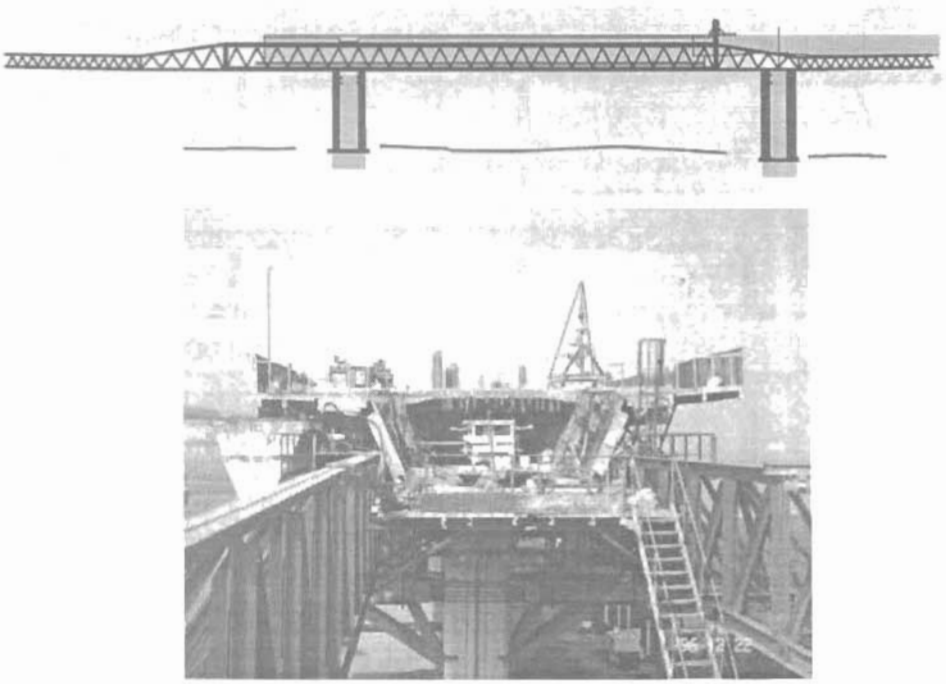
**Hình 2.4:** *Giải pháp đẩy dưới đúc trên (underlung).*

**Giải pháp 2:** *Đẩy trên đúc dưới (Hình 2.5)*



**Hình 2.5:** *Giải pháp đẩy trên đúc dưới (overhead)*

**Giải pháp 3:** *Đẩy dưới đúc lưng chừng (Hình 2.6)*



**Hình 2.6:** *Giải pháp đẩy dưới đúc lưng chừng (Center).*

Cả 3 giải pháp đều được vận hành theo nguyên lý chung như trình bày ở mục 2.2. Tuy nhiên tuỳ theo điều kiện địa hình, yêu cầu về giao thông cũng như trình độ kinh nghiệm truyền thống của các nước để áp dụng phù hợp đối với từng giải pháp cụ thể.

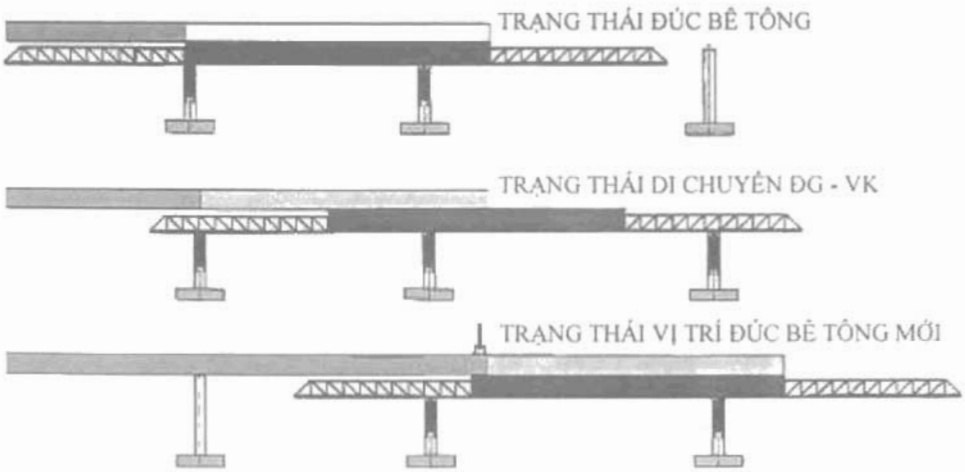
### 2.3.2. Công nghệ ĐGDĐ - *Giải pháp đẩy dưới đúc trên.*

#### *2.3.2.1. Mô tả tổng quát*

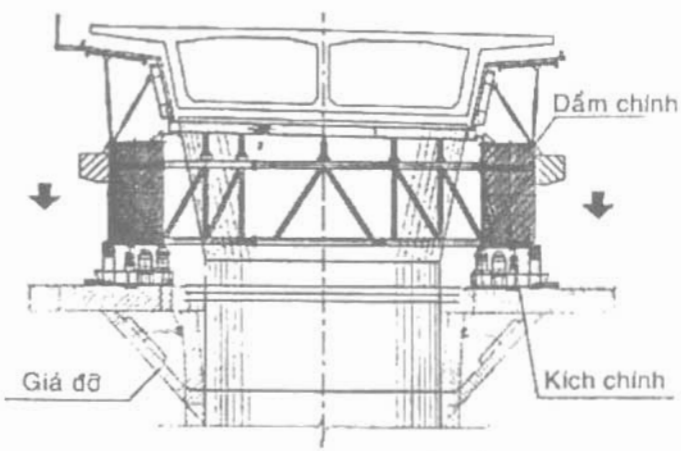
Trên hình 2.7 mô tả sơ đồ nguyên lý làm việc của giải pháp công nghệ *đẩy dưới đúc trên* và được trình bày tổng quát như sau:

1. Sau khi đổ bê tông, bảo dưỡng và căng kéo bó cáp DUL, ĐG được hạ thấp bằng kích xuống phía dưới, nơi đặt xe đẩy (xe đẩy đặt trên trụ phụ). Ván khuôn đáy (đối với dầm hộp) hoặc ván khuôn phía dưới (đối với dầm bản chân dê) được tách ra (hạ thấp) bằng tời hoặc tăng đơ. Những phần khác

của ván khuôn ngoài cũng được hạ xuống theo (Hình 2.8).




**Hình 2.7:** *Nguyên lý làm việc của giải pháp công nghệ đẩy dưới đúc trên biểu diễn theo sơ đồ cắt dọc*

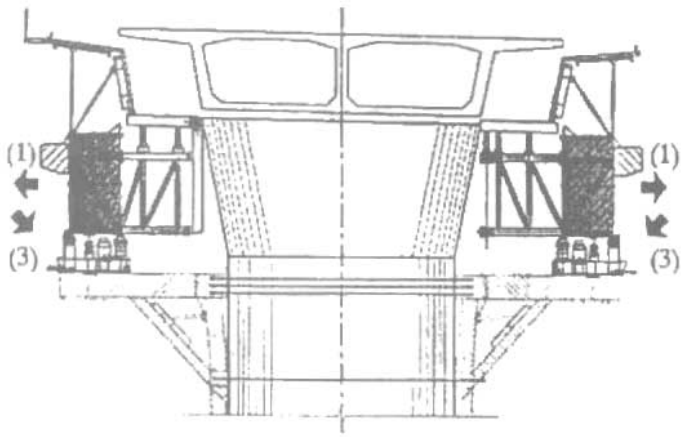



**Hình 2.8:** *Giai đoạn hạ thấp dầm chính*

2. Sau khi hệ thống ĐG-VK được hạ thấp xuống và đặt lên thiết bị vận hành (thiết bị trượt), nó được di chuyển sang ngang (ra 2 phía ngoài) và được neo cố ổn định (Hình 2.9).

3. Hệ thống ĐG-VK sẽ được đẩy tới vị trí mới (nhịp tiếp theo). Phương tiện đỡ phía sau được liên kết với dàn chính và sẽ tự động di chuyển tới vị trí

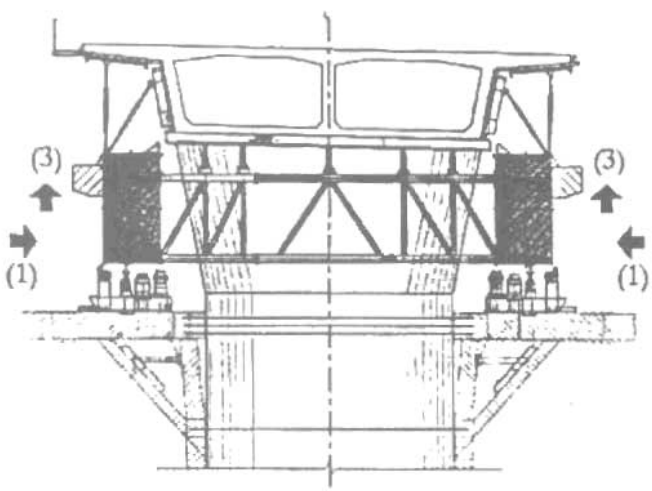
mới cùng với dầm chính.




**Hình 2.9 :** *Giai đoạn dịch chuyển ngang*

4. Sau khi đến vị trí mới, 2 màng hệ thống ĐG-VK sẽ được di chuyển ngang, hướng từ ngoài vào trong để liên kết tạo thành 1 hệ thống kết cấu chịu lực thống nhất (liên kết dầm ngang và VK đáy).

5. Hệ thống ĐG-VK sẽ được nâng cao lên và điều chỉnh phù hợp với yêu cầu cao độ thiết kế (Hình 2.10). Quá trình điều chỉnh cao độ được thực hiện thông qua các kích nâng và các thanh treo dàn chính.




**Hình 2.10:** *Giai đoạn kích nâng hệ thống ĐG-VK lên đúng cao độ thiết kế*

6. Đối với những cầu dạng dầm hộp kín, sau khi lắp đặt xong cốt thép thường và cáp DƯL của phần bản đáy và thân dầm, bộ phận VK trong sẽ được di chuyển tới vị trí.

7. Khi công việc đặt cốt thép thường và cáp DƯL hoàn thành, sẽ tiếp tục công tác đổ bê tông cho kết cấu nhịp.

8. Trong quá trình đổ bê tông, bảo dưỡng, phương tiện đỡ hiện tại sẽ được tháo ra và được chuyển đến đặt cho trụ sau (trụ thứ 3).

### *2.3.2.2. Cấu tạo hệ thống thiết bị công nghệ*

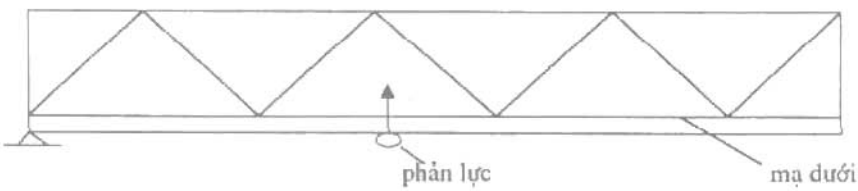
**- Đà giáo đẩy dọc**

Đà giáo đẩy dọc (ĐG) là bộ phận kết cấu chủ yếu để chịu lực trong quá trình thi công và di chuyển dọc cầu. Trạng thái chịu lực diễn ra trong thời điểm đà giáo được đưa vào vị trí đổ bêtông và tải trọng trực tiếp tác động lên đà giáo là tĩnh tải của nhịp dầm BTCT và trọng lượng bản thân ĐG-VK. Khi di chuyển, ĐG chịu lực do trọng lượng VK và trọng lượng bản thân của nó.

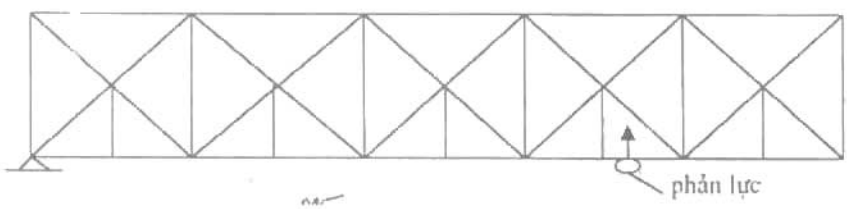
Kết cấu ĐG-VK theo kiểu dầm dàn thép tựa trên nhiều gối là các trụ phụ hoặc trụ tạm. Phần dầm chịu lực chủ yếu gồm nhiều phiến dàn tam giác được liên kết ngang với nhau để cùng chịu lực và giữ ổn định. Tuy nhiên một dàn tam giác cố định nằm trên trụ, chịu tác dụng của tải trọng di động sẽ được phân vào các nút dàn thông qua các dầm ngang đỡ mặt cầu. Vì vậy, các thanh của mạ dưới dàn chỉ làm việc chịu kéo và nén dọc trục mà không chịu uốn. Nhưng trong công nghệ ĐGDĐ cấu tạo theo dàn tam giác liên kết chốt ở đầu các thanh. Khi dừng lại để đổ BT, sẽ có thể bố trí để tải trọng tác động vào nút nếu bố trí dầm ngang đỡ VK ngay trên các nút của mạ thượng và phản lực gối ở nút mạ hạ. Nhưng khi di động mọi tiết diện của thanh mạ dưới đều phải đi qua đỉnh trụ phụ hoặc đỉnh trụ tạm, ở đó luôn có phản lực gối tác động. Trong trường hợp đó các thanh của mạ hạ không những chỉ chịu kéo hoặc nén mà còn phải chịu mômen do uốn. Vì vậy dầm đẩy dọc cần được cấu tạo là một dàn gồm các nút là chốt nhưng với cự ly các khoang

đủ nhỏ hoặc một dàn có mạ dưới đủ cứng với các thanh khác vẫn làm việc theo sơ đồ chốt ở hai đầu của thanh. Để phù hợp với yêu cầu chịu lực như đã phân tích ở trên, có thể sử dụng 2 dạng kết cấu dàn: Dàn tam giác có mạ dưới cứng hoặc dàn hoa có cấu tạo theo nguyên lý chịu uốn tốt (Hình 2.11).

a)

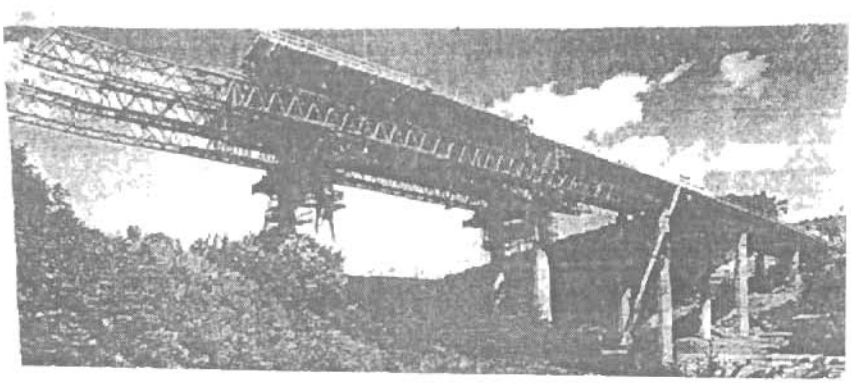



b)



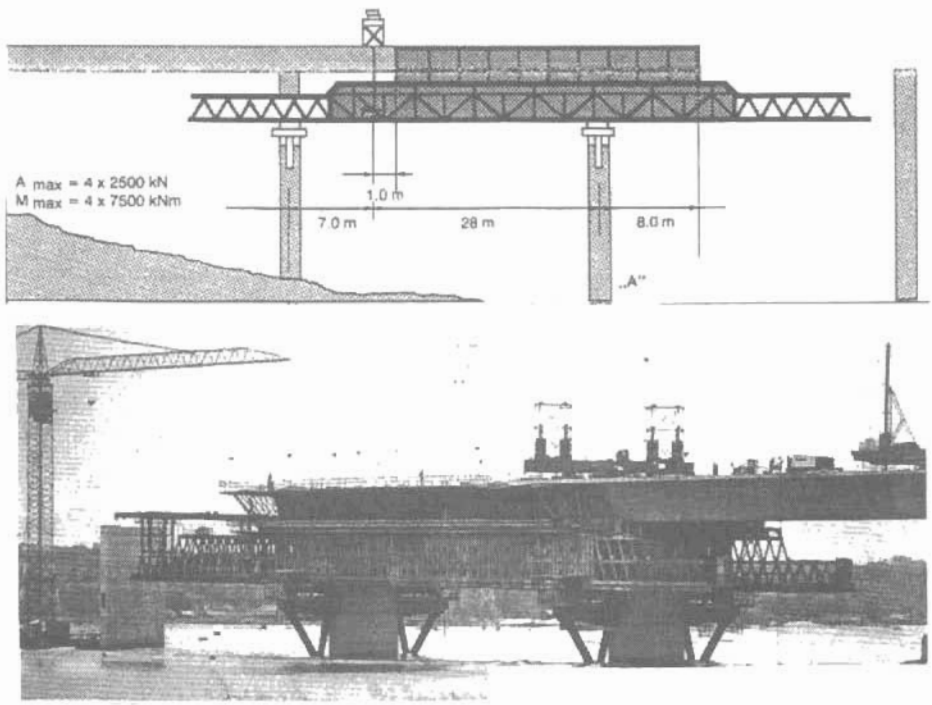

**Hình 2.11:** *a - Dàn tam giác có mạ dưới cứng*
*b - Dàn hoa.*

Trước đây một số hãng lớn có uy tin của CHLB Đức như RÖRO GERÜSTBAU GMBH đã chế tạo nhiều dạng ĐGĐ bằng các kiểu dàn thép như trình bày ở trên (Hình2.12).



**Hình 2.12:** *Dạng dàn thép tam giác của hãng RÖ RO – GERÜSTBAU*

Cũng trên cơ sở phân tích sơ đồ làm việc của dàn chịu lực và những kinh nghiệm thực tiễn thu được từ nhiều công trình thi công trong những năm gần đây, người ta cấu tạo phần dầm chịu lực chủ yếu bằng kết cấu dạng hộp thép kín có sườn tăng cường. Hãng RÖRO GERÜSTBAU cũng đã cho ra đời một số kiểu dàn đẩy dạng liên kết nhiều modun theo chiều dọc và chiều cao dàn (Hình 2.13). Tùy theo chiều dài nhịp và độ cứng của dàn (chiều cao dàn) để liên kết các modun tương ứng.



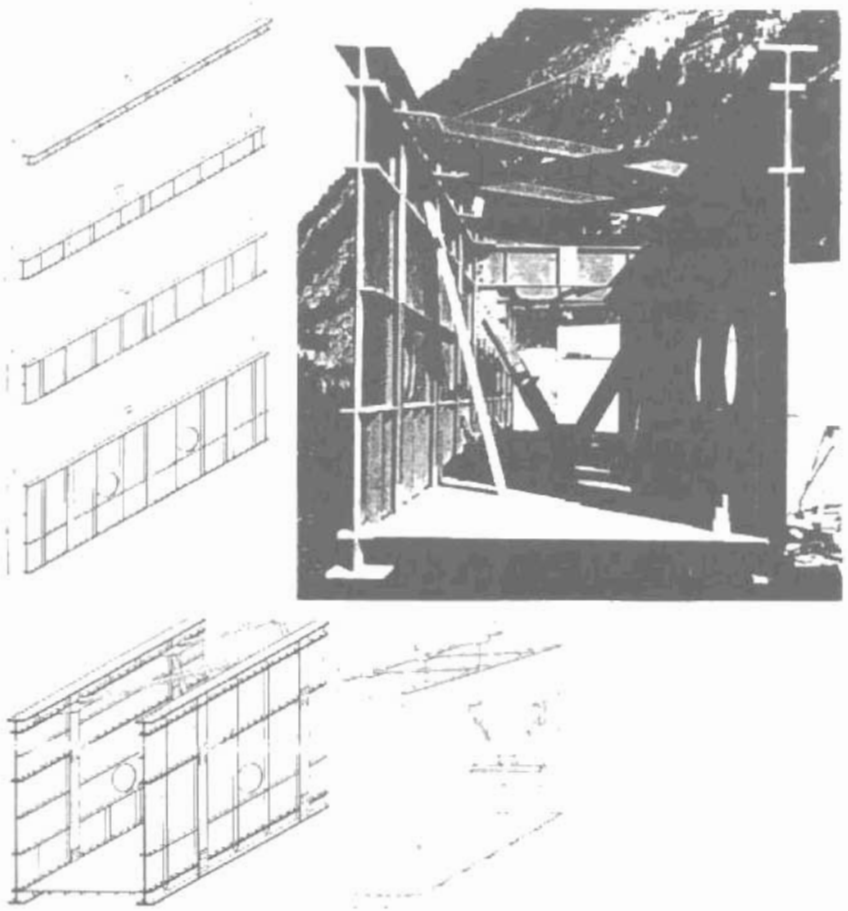

**Hình 2.13:** *Một kiểu dàn của Hãng RÖRO GERÜSTBAU*

Khác với các kiểu ĐGĐ dạng dàn tam giác (hình 2.12) ở đây các dàn đứng và dàn đáy được chế tạo bằng các tấm bản có sườn và các thanh giằng ngang để tăng cường chống xoắn. Cách cấu tạo như vậy rất có lợi khi chịu lực, đặc biệt tính ổn định cao khi chịu uốn xoắn và thuận lợi trong quá trình di chuyển. Trên hình 2.14 mô tả sơ đồ cấu tạo của từng bộ phận kết cấu cụ thể.

Nhờ việc cấu tạo thành các modun nhỏ nên có thể lắp ghép liên kết để

tạo được các loại ĐGĐ có chiều dài và chiều cao bất kỳ. Các loại ĐGĐ của hãng RÖRO được chế tạo từ các modun có các tham số thiết kế như sau:

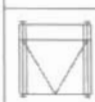
+ Chiều dài : Từ 2 ÷6 m
+ Chiều cao: Từ 0,8÷4,2 m
+ Chiều rộng: 2,5m
+ Trọng lượng tối đa: 1,5T.

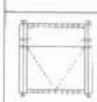
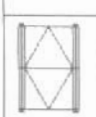
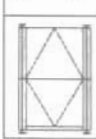


**Hình 2.14:** *Một kiểu Modun kết cấu ĐGĐ của hãng RÖRO GERÜSTBAU với các bộ phận cấu tạo chi tiết*

Cấu tạo chi tiết mặt cắt của modun được mô tả ở bảng 2.1.

**Bảng 2.1:** *Cấu tạo chi tiết mặt cắt modun kết cấu ĐGĐ của hãng RÖRO GERÜSTBAU*

| | Chiều cao sườn thép (mm) | Thanh biên trên | Thanh biên dưới | Chiều cao tổng cộng (mm) | Khoảng cách giữa 2 dầm cứng (mm) | Trọng lượng của 1 phân đoạn 6m(kg) | $J_x/10^6$ ($cm^4$) | $W_x/10^3$ ($cm^3$) | $W_x'/10^3$ ($cm^3$) | $M_{b\,Max}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* | *(6)* | *(7)* | *(8)* | *(9)* | *(10)* | *(11)* |
| | 425 | Không dằng dọc trên | Có dằng gió | 845 | bất kì | 3775 | 0.675 | 15.98 | 15.98 | 3230 |
| | 850 | Không dằng dọc trên | Có dằng gió | 1270 | bất kì | 4419 | 1.782 | 28.06 | 28.06 | 5670 |
| | 850 | Có dằng chống xoắn | Có dằng chống xoắn | 1286 | 1600 | 5361 | 1.931 | 30.03 | 30.03 | 6070 |
| | 850 +425 | Có dằng chống xoắn | Có dằng chống xoắn | 1711 | 1600 | 6627 | 3.857 | 44.42 | 45.77 | 8970 |
| | 1900 | Có dằng chống xoắn | Có dằng chống xoắn | 2336 | 2200 | 7147 | 8.061 | 69.29 | 68.74 | 13880 |
| | 1900 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 2336 | 2200 | 7856 | 9.517 | 93.88 | 71.98 | 14540 |
|  | 1900 +425 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 2761 | 2200 | 8338 | 12.38 | 87.76 | 91.74 | 17730 |
| | 1900 +425 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 2761 | 2200 | 9044 | 14.74 | 118.5 | 97.16 | 19630 |
| | 850 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 1268 | 1600 | 6353 | 2.450 | 38.10 | 38.10 | 7690 |

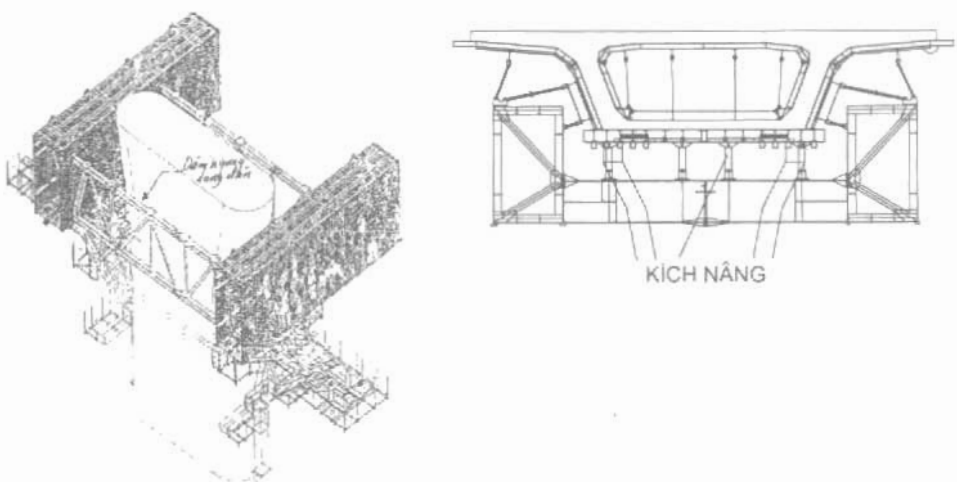
| *(1)* | *(2)* | *(3)* | *(4)* | *(5)* | *(6)* | *(7)* | *(8)* | *(9)* | *(10)* | *(11)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 850+425 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 1711 | 1600 | 7421 | 5.001 | 57.81 | 59.11 | 11670 |
| | 1900 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 2336 | 1600 | 8021 | 10.57 | 90.78 | 90.17 | 18210 |
| | 1900 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 2336 | 2200 | 8581 | 11.55 | 99.19 | 98.52 | 19900 |
| | 1900+425 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 2761 | 2200 | 9817 | 17.58 | 125.3 | 129.5 | 25310 |
| | 1900+850 | Có liên kết ngang | Có liên kết ngang | 3186 | 2200 | 10793 | 24.52 | 152.6 | 155.2 | 30830 |
| | 1900 +850 | Có dằng chống xoắn | Có dằng chống xoắn | 3186 | 2200 | 9104 | 17.28 | 107.2 | 109.1 | 21660 |
| | 1900+850 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 3186 | 2200 | 9809 | 20.51 | 143.5 | 116.8 | 23590 |
| | 1900+850+425 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 3611 | 2200 | 10727 | 28.00 | 168.9 | 143.3 | 28950 |
|  | 1900+850+425 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 3611 | 2200 | 11711 | 33.09 | 180.1 | 186.6 | 36390 |
|  | 1900+1900 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 4236 | 2200 | 10879 | 34.54 | 163.1 | 163.1 | 32940 |
|  | 1900+1900 | Có dằng chống xoắn | Có liên kết ngang | 4236 | 2200 | 11622 | 40.66 | 213.3 | 174.5 | 35250 |

Khác với các nguyên tắc cấu tạo ĐGĐ của hãng RÖRO GERÜSTBAU, những hãng có uy tín trong lĩnh vực xây dựng cầu BTCT DUL bằng công nghệ ĐGDĐ như NRS, STRUCTURAS đã có những cải tiến đáng kể để nâng cao hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của ĐGĐ, cụ thể dạng mặt cắt của ĐGĐ theo kiểu hộp kín với các mặt bản thép (mặt đứng, mặt trên và bản đáy) có gờ tăng cường. ĐGĐ cũng được chế tạo theo nguyên tắc lắp ghép từng modun phù hợp với chiều dài nhịp.

***- Dầm ngang:***

Dầm ngang được cấu tạo bằng kết cấu thép, dạng thép hình hoặc dạng dàn (Hình 2.15a). Dàn thép liên kết cứng với ĐG-VK bằng hàn hoặc bu lông. Cùng với ĐG-VK, dầm ngang là bộ phận kết cấu chịu lực trực tiếp của trọng lượng dầm BTCT thông qua hệ thống kích nâng đỡ đặt trên mạ thượng của thanh dàn nằm ngang (Hình 2.15b).

a) b)




**Hình 2.15:** *Dầm ngang kiểu dạng dàn liên kết với dầm chủ (giai đoạn đúc dầm BTCT)*

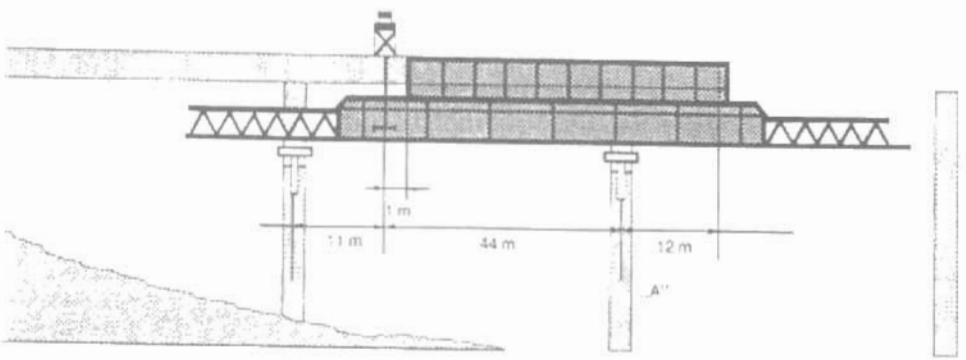
Trước khi đổ bê tông hai mảng kết cấu được liên kết lại tại vị trí các đầu của dầm ngang. Cấu tạo kết cấu liên kết bằng bu lông cường độ cao.

Độ cứng của dầm ngang, chiều cao của dàn được xác định trên cơ sở độ

lớn của tải trọng dầm BTCT. Chiều cao dàn tỷ lệ thuận với chiều dài nhịp.

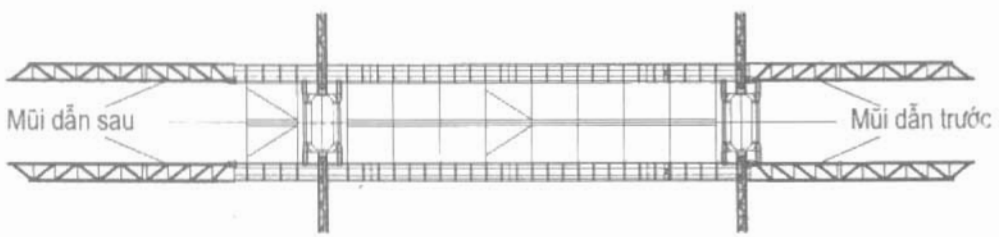
**- Mũi dẫn.**

Khác với công nghệ đúc đẩy chỉ dùng mũi dẫn phía trước (đặt phía trước D.C.T), trong công nghệ ĐGDĐ cần phải bố trí 2 mũi dẫn trước và sau. Với cách cấu tạo như vậy sẽ tạo được trạng thái làm việc ổn định, cụ thể: Khi đầu mũi dẫn sau, trước khi ra khỏi trụ phụ thì đầu của mũi dẫn trước đã đặt được lên trụ phụ phía trước (cách một trụ). Tuy nhiên khi di chuyển đến vị trí đúc bê tông, 2 mũi dẫn đều nằm ở vị trí làm việc như dầm công son (Hình 2.16).




**Hình 2.16:** *Mũi dẫn làm việc theo sơ đồ công son*

Mũi dẫn là bộ phận kết cấu phụ trợ cho dầm chính, có tác dụng bảo đảm an toàn cho hệ thống ĐG luôn luôn được đặt trên 2 điểm ổn định và giảm bớt tĩnh tải của dầm chính khi làm việc ở trạng thái cong son. Vì vậy mũi dẫn thường được cấu tạo bằng vật liệu nhẹ như kết cấu dàn thép (Hình 2.16; 2.17).




**Hình 2.17:** *Sơ đồ chiếu bằng của mũi dẫn*

*2.3.2.3. Tải trọng tác động lên ĐG:*

Khi đổ BT và đầm rung, VK trực tiếp chịu tác động và truyền tác động lực vào 2 nhánh ĐG hai bên. Khi di chuyển, DG và VK cùng chuyển động và trọng lượng của mỗi mảng là một nửa trọng lượng của toàn bộ trọng lượng ĐG-VK. Vì vậy tải trọng thường xuyên trên ĐG là trọng lượng của bản thân ĐG-VK, trọng lượng dầm BTCT với các chi tiết gia cường chống lật và tải trọng thi công. Tải trọng tác động lớn nhất là khi ĐG cố định để đổ BT, theo đó ĐG được đặt lên 2 trụ phụ (có thể có cả trụ tạm) bằng kết cấu treo. Trong quá trình di chuyển ĐG làm việc theo sơ đồ công son và chiều dài công son phụ thuộc vào cơ cấu bố trí mũi dẫn, trụ phụ và trụ tạm.

*2.3.2.4. Trạng thái chịu lực và biến dạng của ĐG:*

Trạng thái chịu lực quan trọng nhất là thời điểm đổ BT và thời gian BT đông cứng. Các trạng thái chịu lực phải đáp ứng các yêu cầu sau:

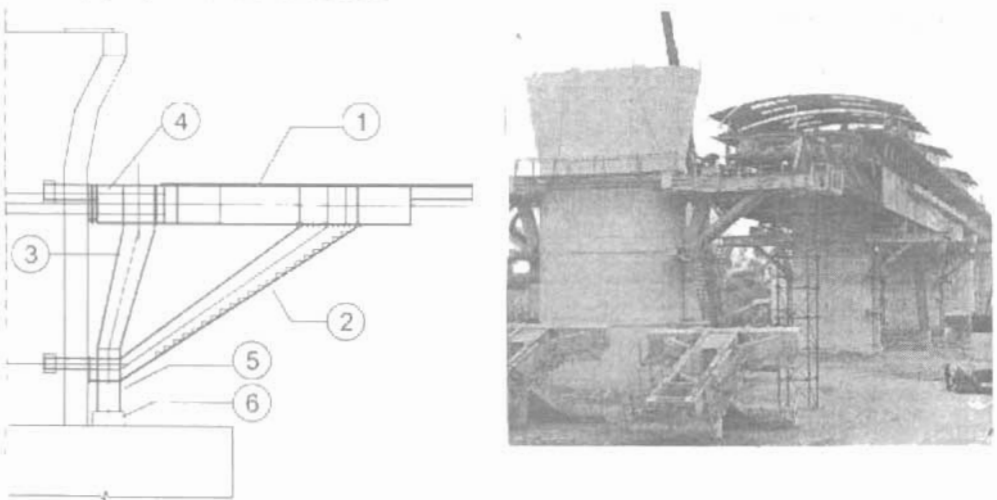
- VK đổ BT phải đặt trên phần chính của ĐG.
- ĐG phải chịu được tải trọng tối đa theo sơ đồ dầm tựa trên nhiều gối.
- Độ võng và các biến dạng khác phải ổn định khi chờ BT đông cứng (độ cứng tối thiểu của bản thân ĐG, không có biến dạng dư trong mọi liên kết giữa hệ VK và ĐG).

Khi ĐG di chuyển tải trọng tác động nhỏ hơn nhưng biến dạng lại lớn vì làm việc theo sơ đồ công son. Vì vậy có nhiều biện pháp làm giảm chiều dài công son và giảm mô men ở chân công son của ĐG. Để giảm độ võng của đầu mút công son, cần tăng cường độ cứng cho ĐG tới mức độ võng đó nằm trong phạm vi cho phép trong quá trình thao tác công nghệ. Biện pháp này đơn giản nhưng rất tốn vật liệu và chỉ áp dụng khi khẩu độ của D.C.T tương đối ngắn. Cũng có thể dùng mũi dẫn bằng một loại dàn nhẹ chịu lực chủ yếu từ trọng lượng bản thân. Nó nhằm mục đích tăng chiều dài mũi dẫn để đặt sớm lên trụ sắp tới nếu là mũi dẫn trước hoặc rời khỏi trụ muộn hơn nếu là mũi dẫn sau. Trong cả hai trường hợp, mũi dẫn trước và sau đều nhằm giảm đáng kể tình trạng chịu lực theo sơ đồ công son của phần chính ĐG.

Để giảm chiều dài công son của ĐG, cũng có thể dùng trụ tạm. Trụ tạm là trụ tựa trên nền móng nằm trên đất liền hoặc dưới lòng sông, chúng có thể xảy ra lún. Trụ tạm được bố trí giữa nhịp chủ thể với số lượng một hoặc nhiều nhịp và đứng cách đều nhau (Hình 1.1a).

*2.3.2.5. Trụ phụ.*

- ***Trụ phụ liên kết với T.C.T***




a) b)

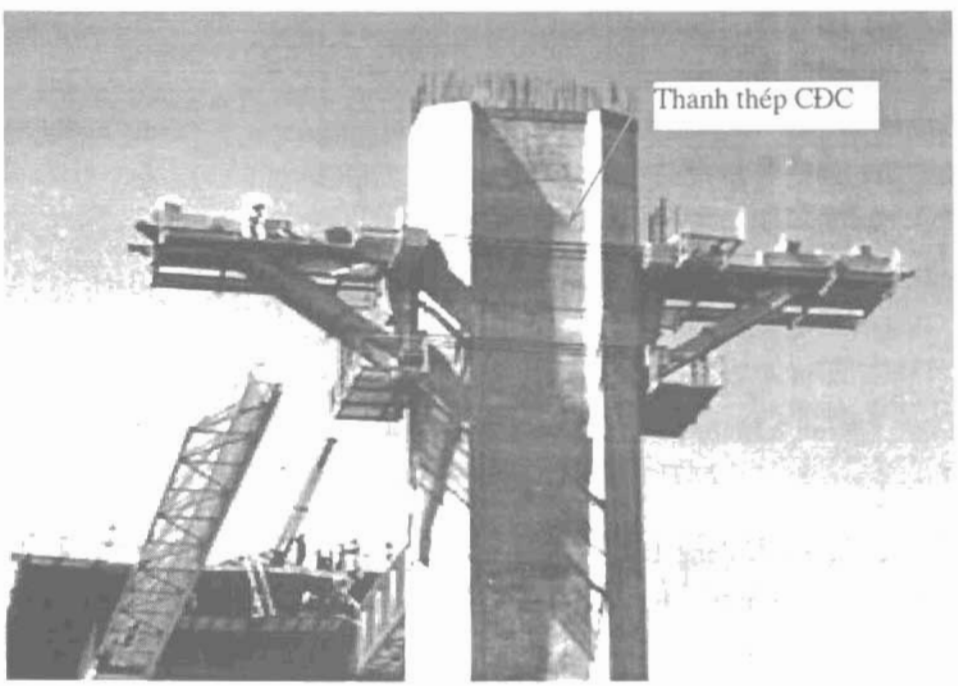
1. Thanh đỡ chính
2. Thanh chống ngoài
3. Thanh chống trong
4. Thanh thép CĐC (thanh Bar)
5. Cột chống
6. Bệ móng đỡ cột chống

**Hình 2.18:** *a) Sơ đồ kết cấu giá đỡ thép được chống trên bệ móng*
*b) Thi công lắp dựng cột chống của trụ phụ đặt trên bệ móng*

Cấu tạo của dạng trụ phụ này tuỳ thuộc vào cấu tạo của trụ chủ thể. Trong trường hợp trụ chủ thể là trụ đặc bằng BT hoặc BTCT, trụ phụ có thể được cấu tạo bằng kết cấu thép hình (dạng giá đỡ) đặt trên bệ trụ khi bệ trụ nằm ở vị trí phù hợp (Hình 2.18). Nếu bệ trụ nằm chìm quá sâu có thể xây dựng bệ chống giá đỡ. Bệ móng cần phải được tính toán để bảo đảm sức chống đỡ do tĩnh tải dầm BTCT và trọng lượng bản thân của hệ ĐG-VK. Bệ móng là kết cấu phụ trợ, có tác dụng chịu lực trong giai đoạn thi công. Sau

khi công trình hoàn thiện sẽ được đập bỏ (Hình 2.18). Với việc lợi dụng nền đất và bệ trụ để chống đỡ trên thực tế chỉ giải quyết được 1 phần của yêu cầu chống trượt của giá đỡ với thân trụ, ngoài ra phải tăng cường bố trí các thanh thép cường độ cao để liên kết giá thép với thân trụ nhằm bảo đảm yêu cầu chống trượt và lật (mục 4.5.2).

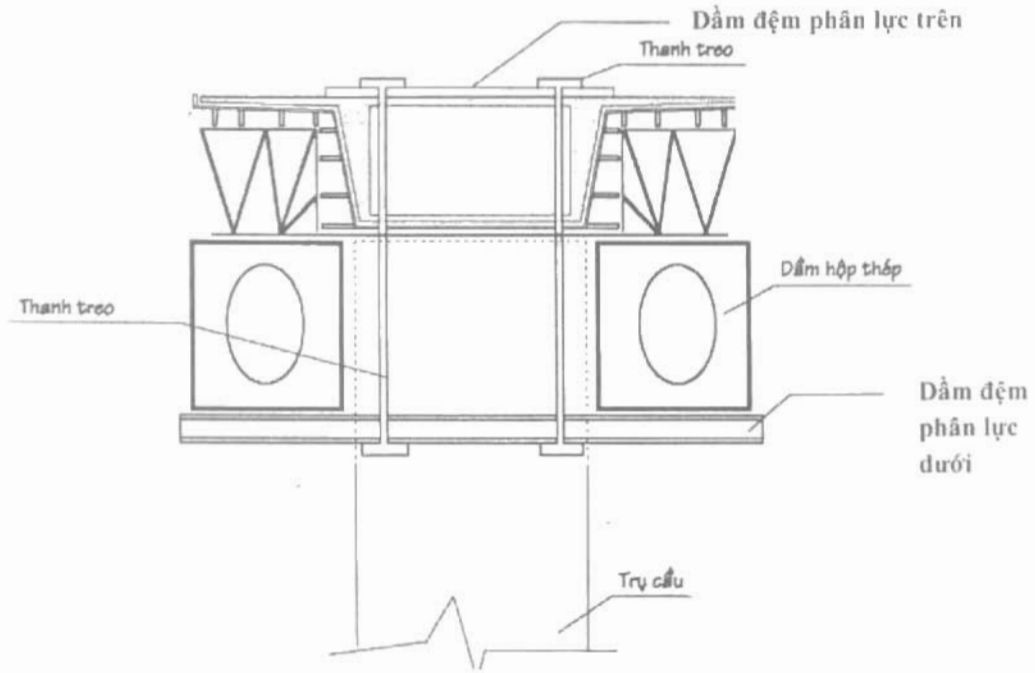
Mặc dầu vậy, việc lợi dụng nền đất và bệ trụ để chống đỡ chỉ có thể mang lại hiệu quả kỹ thuật kinh tế đối với cầu có chiều cao trụ thấp (≤ 5m). Ngược lại, trong trường hợp trụ cao cần áp dụng giải pháp tạo trụ phụ trên cơ sở liên kết giá thép vào trụ chủ thể bằng các thanh thép cường độ cao (hình 2.19). Để bảo đảm khả năng chịu lực của giá đỡ về chống lật và trượt cần tính toán xác định số lượng thanh thép cường độ cao để tạo được lực căng nén phù hợp (xem mục 4.5.2).




**Hình 2.19:** *Giá đỡ thép được liên kết vào T.C.T bằng thanh thép cường độ cao (không sử dụng cột chống trên bệ móng)*

***- Trụ phụ gắn với D.C.T đã đúc.***

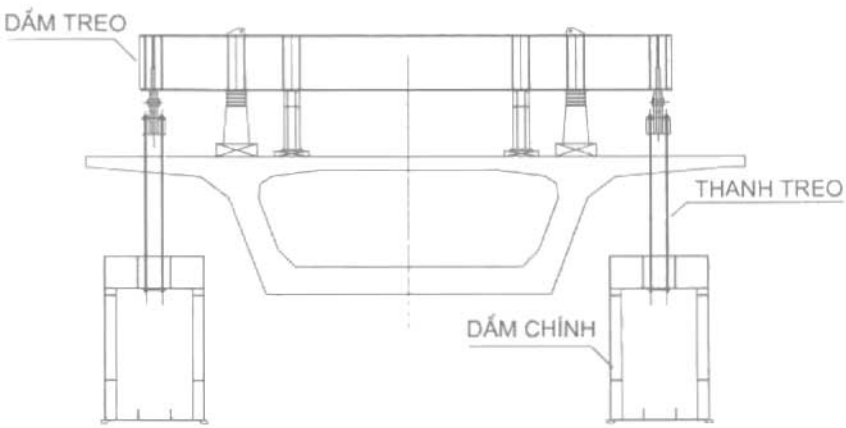
Dạng trụ này được cấu tạo trên cơ sở lợi dụng phần dầm BTCT đã đúc trước đó để tạo thêm một điểm treo truyền lực, qua đó nhằm tăng thêm khả năng chịu lực của hệ ĐG-VK. Điểm đặt trụ treo được xác định tại vị trí (1/5 ÷1/6)L. Theo ý tưởng này, dầm hộp BTCT sẽ được chừa lỗ xuyên thủng qua bản mặt trên và dưới sát với hai phía thành bên của dầm hộp để đặt các thanh treo bằng thép cường độ cao (hình 2.20). Để bản mặt cầu và đáy hộp không chịu tác động tập trung của lực cục bộ cần bố trí các thanh treo tỳ lên một dầm đệm phân bố lực. Các thanh treo đi suốt hết chiều cao của ĐG-VK cho tới đáy dầm hộp và tại vị trí này đặt một dầm gánh có chiều dài bằng chiều rộng của hệ ĐG-VK. Khi ở vị trí đúc bê tông trụ phụ nâng hệ dàn nhờ việc điều chỉnh các bu lông của thanh treo.




**Hình 2.20:** *Trụ phụ sử dụng dầm phân lực*

Tuy nhiên việc sử dụng các thanh dầm ngang làm nhiệm vụ phân lực lên các bản mặt trên và dưới hộp sẽ tạo nên các yếu tố bất lợi do tác động

lực cục bộ ở một phần kết cấu bản mỏng. Vì vậy các hãng NRS và STRUCTURAS đã sử dụng loại trụ phụ theo kiểu khung treo (hình 2.21). Cấu tạo kết cấu của khung bao gồm: 1 dầm ngang bằng hộp thép đặt trên 2 kích nâng đỡ có công suất lớn từ 500 ÷ 700T. Để kích được đặt trực tiếp lên bản mặt cầu tại vị trí phần mở rộng giữa thân và bản mặt dầm. Như vậy, nhờ có sự tham gia cùng chịu lực của kết cấu thân dầm nên phát huy khả năng chịu ứng suất cục bộ và bảo đảm tính ổn định cao. Ở phía dưới bản đáy, các thanh treo được treo trực tiếp vào đáy dầm ĐG mà không cần sử dụng thanh dầm phân lực như giải pháp đã trình bày ở trên.




**Hình 2.21:** *Trụ phụ sử dụng khung dầm treo cứng*

### *2.3.2.6. Trụ tạm.*

Đối với cầu thi công bằng công nghệ ĐGDĐ, trụ tạm được sử dụng cho nhịp đầu tiên thường ở trên cạn và những cầu có khẩu độ nhịp > 50m, vì ở đó nền đất được sử dụng để lắp ráp cấu kiện kết cấu thép và làm giảm nội lực của D.C.T trong giai đoạn thi công. So sánh với trụ tạm trong công nghệ đúc đẩy, trụ tạm sử dụng trong công nghệ ĐGDĐ có những đặc điểm sau đây:

- Ở công nghệ đúc đẩy trụ tạm nằm ở giữa trong phạm vi đáy D.C.T để đỡ D.C.T trong quá trình đẩy và bê tông của D.C.T đã đạt cường độ cho phép của thiết kế (≈ 90% của R28). Trạng thái chịu lực của

trụ tạm chỉ xảy ra trong một thời gian ngắn của đầy dầm.

- Đối với công nghệ ĐGDĐ, trụ tạm chịu tác động của tĩnh tải bê tông từ lúc đổ và qua quá trình đông cứng trong nhiều ngày.Trong thời gian đó nếu ở trụ tạm xuất hiện các biến dạng dư quá mức do nhiệt độ, lún... vv thì sẽ ảnh hưởng đến chất lượng bê tông, thậm chí kết cấu bê tông sẽ bị nứt vào thời điểm trước khi căng kéo.

Ngoài những đặc điểm trên, trụ tạm của hai loại công nghệ trên nhìn chung không khác nhau nhiều. Yêu cầu cần quan tâm nhiều nhất là bảo đảm trụ không bị lún trong quá trình bê tông đông cứng và trong thời gian hoàn thành một liên liên tục. Ngoài ra trụ tạm phải được cấu tạo phù hợp với yêu cầu tháo lắp dễ dàng để di chuyển thuận lợi. Trụ tạm phải được lắp đặt trên hệ móng cọc vững chắc và thân trụ nên sử dụng loại vật liệu nhẹ bằng kết cấu khung thép để giảm tĩnh tải. Trong trường hợp khó khăn do nền đất yếu, nếu xây dựng trụ tạm với yêu cầu lún tối thiểu thì nên kết hợp kiểu trụ phụ gắn với D.C.T đã đúc như trình bày ở mục ?

### *2.3.2.7. Hệ ván khuôn thép (VK thép)*

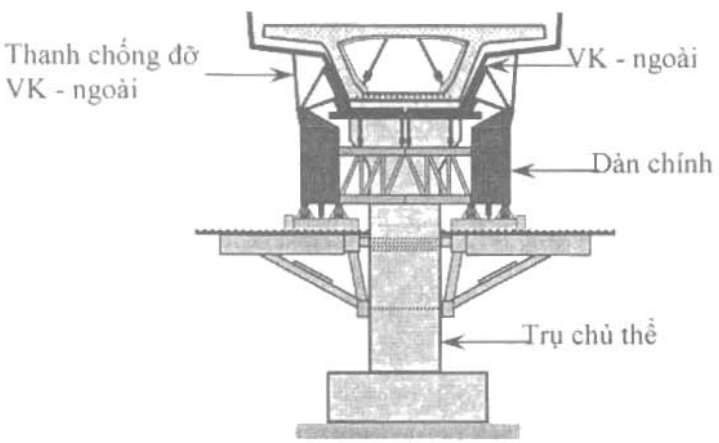
*a) Ván khuôn ngoài.*

Hệ VK ngoài bao gồm các tấm thép hàn lại theo hình dáng của tiết diện D.C.T (Hình 2.22). Các tấm thép hàn của VK được gia cường bằng các gờ ngang, dọc để chịu lực cục bộ. Hai bên cạnh của VK là các khung chống đỡ đặt cách nhau một khoảng cách nhất định. Các khung này hình thành bởi các thanh thép hình hàn liên kết với nhau hoặc bắt bu lông khi cần tháo lắp.

Nói chung cơ sở cấu tạo và tính toán chịu lực của VK đang đề cập giống như các loại VK khác, theo đó hệ thống VK-ĐG được cấu tạo trên cơ sở lắp ghép nhiều đốt với nhau bằng bu lông để dễ dàng điều chỉnh phù hợp với chiều dài khẩu độ nhịp. Tuy nhiên do tính chất của công nghệ, trong quá trình đẩy phải bảo đảm không vướng chướng ngại (trụ cầu) nên VK cũng như ĐG được cấu tạo thành hai mảng riêng biệt và ghép lại với nhau thông qua các dầm ngang và sườn tăng cường. Sự liên kết của các dầm ngang theo

dạng lập lách. Số lượng dầm đáy được xác định theo tính toán và đặt cách đều nhau nhưng phải bảo đảm giữa các mối nối đốt được bố trí một dầm. Vì nhận nhiệm vụ gánh cho VK nên các dầm đáy cần được cấu tạo phù hợp với các đoạn dầm ngang nằm trên bề mặt của hai nhánh ĐG. Giải pháp có lợi về chịu lực là liên kết thành một hệ thống cấu tạo giữa kết cấu VK (VK + dầm đáy) và hệ thống kết cấu dàn cũng như hệ kết cấu khung chống đỡ ngoài của VK.

Khung chống đỡ 2 bên thành ngoài VK nói chung có cấu tạo và tính toán giống như các hệ thống VK truyền thống khác. Tuy nhiên sự khác nhau thể hiện ở mặt liên kết để phù hợp yêu cầu của sự di chuyển của các "mảng". Vì vậy hệ khung cứng được liên kết với ĐG-VK và di chuyển ngang đồng thời với với 2 mảng ĐG-VK.




**Hình 2.22:** *Sơ đồ kết cấu hệ VK ngoài.*

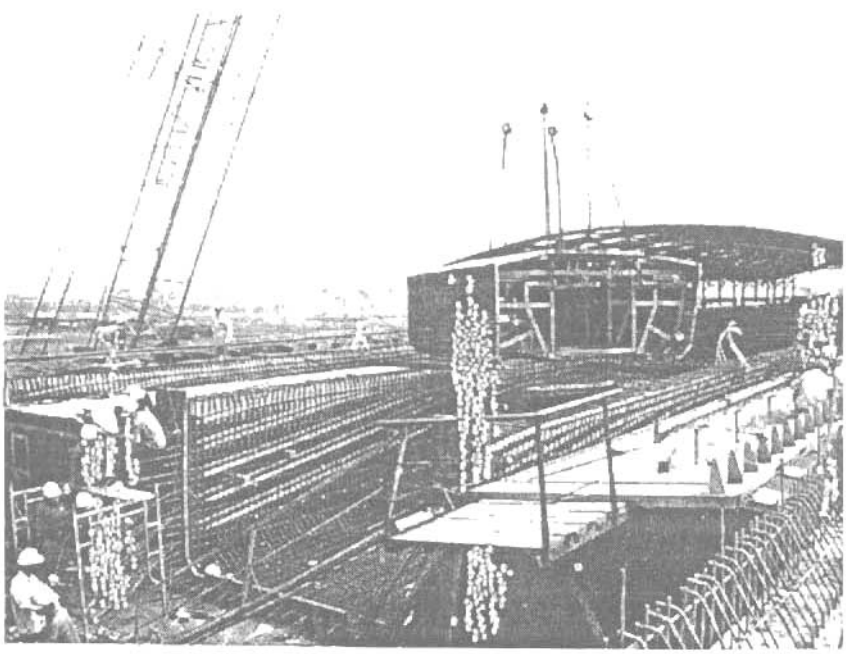
*b) Ván khuôn trong:*

Thực tế trong những năm gần đây, nhiều nước trên thế giới khi triển khai các công nghệ thi công cầu BTCT dạng hộp kín thường áp dụng 2 giải pháp công nghệ chủ yếu: Công nghệ đổ toàn khối và công nghệ đổ từng giai đoạn (2÷3 giai đoạn).

- ***Đối với công nghệ đổ toàn khối***: Thực chất là đúc toàn bộ tiết diện

ngang của đốt dầm trong một nguyên công. Muốn vậy phải dùng VK trong kín theo kiểu làm " đường hầm". Cấu tạo kết cấu VK trong đối với công nghệ đổ toàn khối thông thường theo 2 nguyên tắc: Lắp ghép thủ công và vận hành với trình độ cơ giới hoá cao.

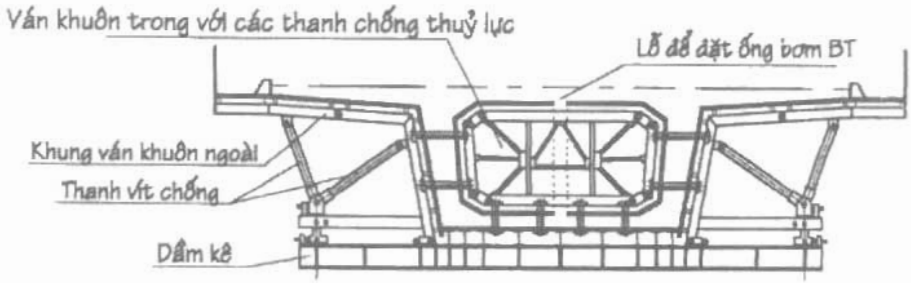
+ *Đối với phương án lắp ghép thủ công*, trên thực tế cũng phân chia thành các môđun nhỏ để tiện cẩu lắp từ vị trí này đến vị trí khác (Hình 2.23). Cấu tạo kết cấu VK trong bao gồm hệ thống các thanh chống trong (các dạng thanh chống đứng, ngang và xiên) và các tấm VK thành bằng thép. Kích cỡ các tấm VK trong thường không quá lớn để tạo thuận lợi trong tháo lắp và vận chuyển.



**Hình 2.23:** *Cẩu lắp 1 modun VK trong vào vị trí lắp ghép*

VK trong được cấu tạo phù hợp với quá trình đổ bê tông và di chuyển. Điều cần chú ý ở đây là trong quá trình đổ bê tông VK trong không gây cản trở cho công tác dẫn vữa đến vị trí sâu nhất (bản đáy) và đầm rung. Để đáp ứng yêu cầu đó kết cấu ván khuôn trong (dùng cho 1 hộp) phải có thêm khe

giữa để rót bê tông vào đoạn giữa bản đáy, ngoài 2 khe ở hai bên thành hộp (Hình 2.24).



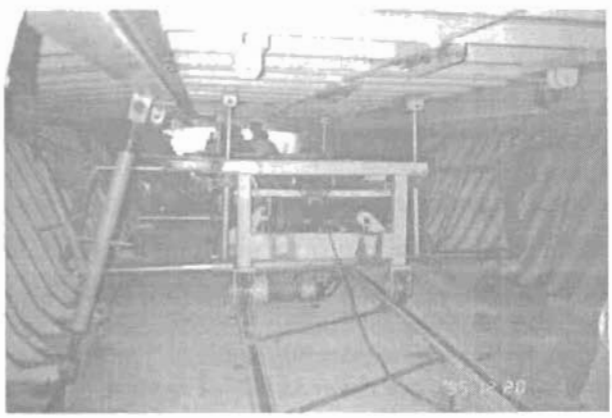

**Hình 2.24:** *Sơ đồ mặt cắt ngang kết cấu ván khuôn trong*

Với cấu tạo kết cấu của VK trong như vậy và kỹ thuật tiên tiến trong việc tạo cấp phối vữa đạt độ sụt lớn (10 - 12cm), có thể thực hiện các giai đoạn công nghệ đổ bê tông bảo đảm chất lượng tốt ở công trình.

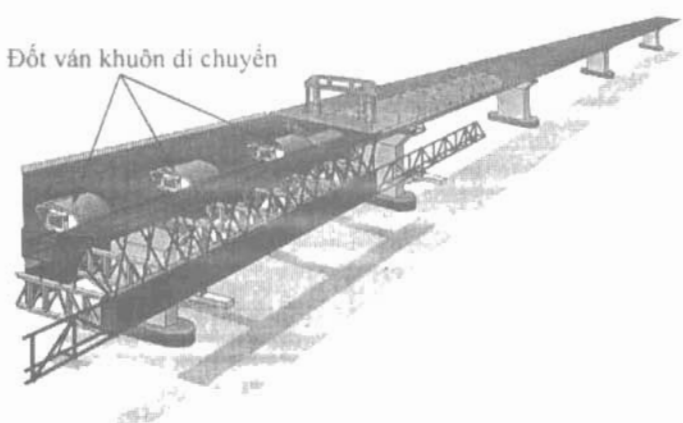
+ *Đối với phương án "Cơ giới hoá"* việc tháo dỡ và di chuyển VK trong được thực hiện nhờ hệ thống thiết bị xoè (nâng) và cụp (hạ) thông qua hệ thống các kích chuyên dùng. Kết cấu VK trong cũng được phân chia thành nhiều đốt, các modun đốt có thể di chuyển độc lập theo tuần tự các bước công nghệ. Để có thể vận hành theo nguyên tắc truyền chuyển động cụp, xoè sự cần thiết phải sử dụng bộ nguồn thuỷ lực chung của toàn hệ thống kích chuyên dùng. Các đầu nối được bố trí sẵn ở từng đốt VK trong. Quá trình chuyển động cụp, xoè của VK trong được thực hiện bằng các thao tác mở van gia tải hoặc van giảm tải. Mỗi đốt VK trong được chuyển động nhờ tời điện kéo từ nhịp đã đúc trước đó sang nhịp chuẩn bị đúc tiếp (Hình 2.25).

a)

b)

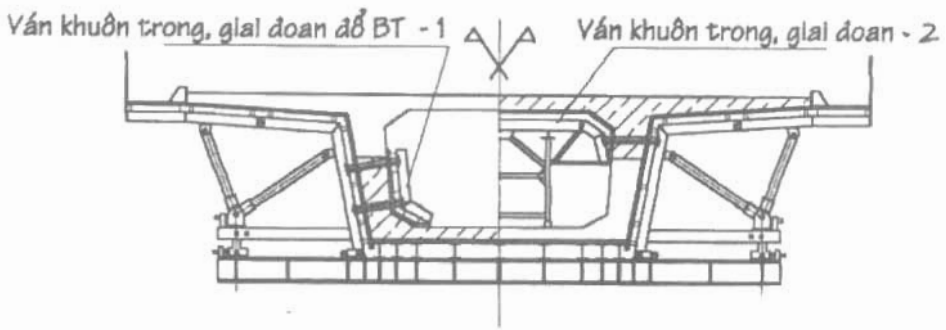


c)




**Hình 2.25:** *a) Ván khuôn trong giai đoạn cụp*
*b) Ván khuôn trong giai đoạn xoè*
*c) Di chuyển từng đốt ván khuôn trong*

- ***Đối với công nghệ đổ bê tông theo từng giai đoạn***: Thực chất là phân tổng khối lượng bê tông của đốt dầm thành một số giai đoạn với khối lượng bê tông nhỏ hơn để phù hợp với điều kiện trang thiết bị và công suất, cấp bê tông ở công trường. Thông thường đối với dầm hộp kín được phân thành 2 ÷ 3 giai đoạn, phổ biến nhất là 2 giai đoạn: Đầu tiên đổ bê tông toàn bộ bản đáy dầm và một phần chiều cao của thân dầm dưới, sau đó mới thực hiện đổ tiếp các phần còn lại của kết cấu bao gồm: Bản trên và phần còn lại của thành bên. Để phù hợp với phương pháp công nghệ đổ bê tông 2 giai đoạn này, sự cần thiết phải sử dụng VK trong. Để tạo dựng VK trong người ta dùng các tấm ván chắn. Như vậy nhờ có một bộ đầy đủ các loại tấm ván chắn của VK mà lúc nào cũng có thể dễ dàng tạo được các chỗ vấu, các vách ngăn và các yếu tố gia cường mặt cắt khác ở bên trong đoạn dầm hộp. Cũng có một số trường hợp đặc biệt là các kết cấu dầm hộp theo sơ đồ bố trí bó thép DƯL chỉ nằm trong phạm vi diện tích tiết diện bê tông (không có vấu neo ra ngoài) thì người ta sử dụng thay các tấm ván bằng tấm thép đủ độ cứng để chịu tác động ngang của tĩnh tải bê tông thành hộp.




**Hình 2.26:** *Sơ đồ hệ VK trong (đổ 2 giai đoạn)*

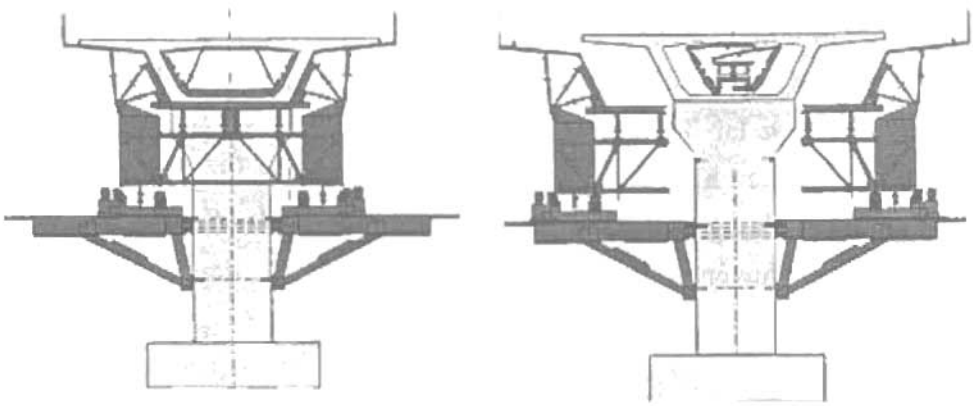
Hệ thống chống đỡ VK trong của bản trên được cấu tạo theo nguyên tắc "cơ động" trong lắp dựng, tháo dỡ và dễ di chuyển (Hình 2.26 và 2.30). Muốn vậy người ta cho toàn bộ hệ chống đỡ lên một xe goòng chạy trên đường goòng đặt lên bề mặt bê tông bản đáy vào thời điểm bê tông đạt cường độ cho phép. Trước khi đẩy nó vào vị trí đúc bê tông, hệ VK này nằm

trong lòng hộp của đốt đúc trước sau khi đã tháo dỡ xong và đặt lên xe goòng. Khi tháo dỡ VK trong cần thực hiện từng bước, bắt đầu từ các bộ phận kết cấu chịu lực nhỏ hoặc không chịu lực, sau đó đến việc tháo dỡ các bộ phận chịu lực chủ yếu. Trong quá trình tháo dỡ VK cần đặc biệt chú ý tránh gây tác động ngoại lực mạnh dẫn đến các hiện tượng nứt, vỡ bê tông.

### *2.3.2.8. Cấu tạo kết cấu công nghệ của hệ thống ĐG - VK*

#### *- Giải pháp VK liên kết cố định trên ĐG*

Hệ thống kết cấu công nghệ theo hướng VK liên kết cứng trên ĐG được biểu diễn ở hình 2.27.



a) b)

**Hình 2.27:** *Sơ đồ ĐG liên kết cố định với VK trong các giai đoạn vận hành*

*a) ĐG - VK trong giai đoạn đúc bê tông*

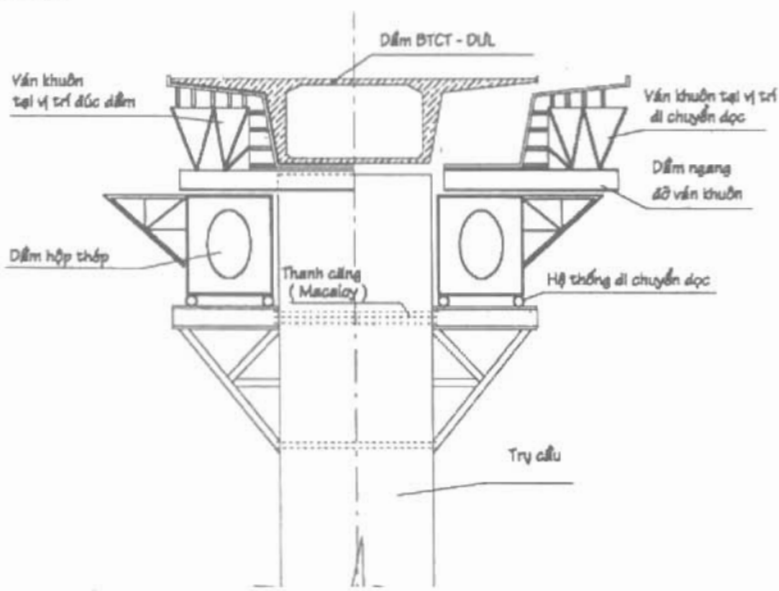
*b) ĐG - VK cùng tách ra để chuẩn bị di chuyển*

Nguyên tắc cấu tạo kết cấu của hệ thống là khi ĐG di chuyển kéo theo sự di chuyển đồng thời của VK, cụ thể: Đối với giải pháp sử dụng trụ phụ thì trong tất cả các giai đoạn di chuyển ngang và dọc cũng như đổ bê tông, ĐG và VK tạo thành một khối kết cấu cố định, thống nhất. Ưu điểm của giải pháp kết cấu công nghệ này thể hiện ở chỗ: Thao tác công nghệ không phức tạp, VK đặt cố định trên hệ thống dầm dọc, ngang và liên kết cố định với ĐG. Tuy nhiên trong quá trình ĐG di chuyển, do hệ thống kết cấu ĐG-VK

phải tách rời, nên kéo theo sự "buông thả" liên kết giữa hệ thống dầm dọc và ngang giữa hai mảng vì vậy nếu không có biện pháp gia cường độ cứng của ĐG sẽ dẫn đến VK mất tính ổn định và bị biến dạng. Đặc biệt cần phải chú ý trạng thái làm việc của hai mảng ĐG vào thời điểm khi tháo liên kết là sự mất cân bằng trọng lượng của hai mảng ĐG và sự cần thiết phải tính toán cấu tạo thêm đối trọng để ĐG đạt được độ ổn định tuyệt đối trong quá trình di chuyển.

***- Giải pháp VK không liên kết cố định trên ĐG***

Hệ thống kết cấu công nghệ theo hướng VK không liên kết cố định trên ĐG được biểu diễn ở hình 2.28. Nguyên tắc cấu tạo kết cấu của hệ thống là khả năng "di chuyển ngang" của hệ thống kết cấu VK và khung chống đỡ trên bề mặt ĐG. Vị trí di chuyển ngang từ vị trí đặt trên ĐG chuyển vào vị trí giữa và ngược lại. Trong trường hợp này ĐG chỉ có nhiệm vụ di chuyển dọc và "cõng" theo hệ thống VK - khung chống đỡ. Hệ thống kết cấu công nghệ này nhìn chung tỏ ra lợi thế vì đáp ứng yêu cầu ổn định về biến dạng của VK khi di chuyển do trọng tâm của nó được đặt trực tiếp lên dầm ngang đặt trên ĐG.




**Hình 2.28:** *Sơ đồ ĐG không liên kết cố định với VK*

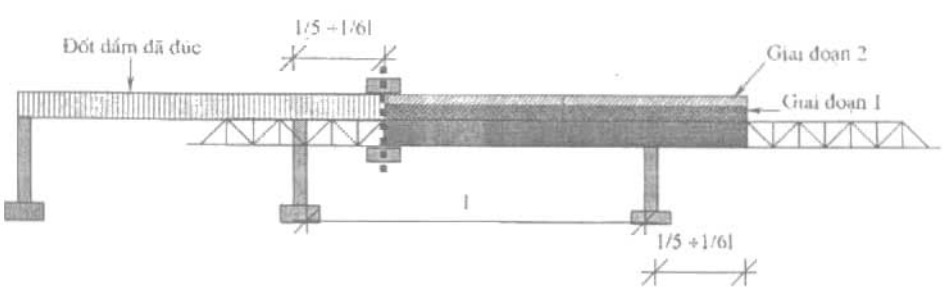
Tuy nhiên nếu xét sơ đồ chịu lực của kết cấu chung toàn hệ thì giải pháp này thực sự rất hạn chế do khoảng cách trọng tâm của ĐG-VK khi di chuyển khá lớn vì vậy sự cần thiết phải tăng cường độ cứng của hệ dầm dọc và ngang để bảo đảm VK không bị biến dạng lớn. Mặt khác cũng cần chú ý là khi hệ kết cấu VK + khung đỡ di chuyển ra phía ngoài để tiếp tục di chuyển dọc sẽ sinh ra sự mất cân bằng trọng lượng của 2 ĐG đầy. Vì vậy sự cần thiết phải tính toán bố trí thêm đối trọng để tạo khả năng chống lật.

### *2.3.2.9. Công nghệ đúc bê tông nhịp dầm*

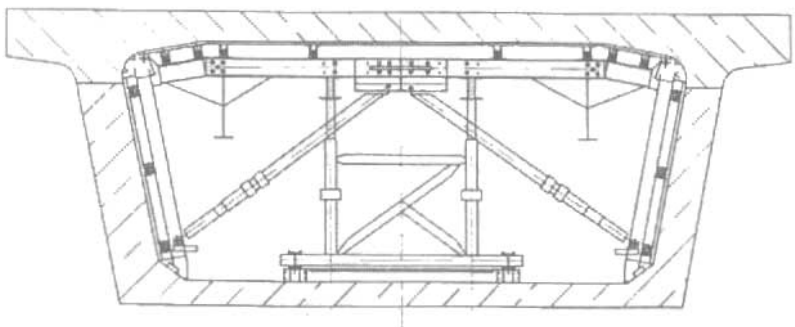
Khác với công nghệ đúc đẩy, trong công nghệ ĐGDĐ công tác đổ bê tông được triển khai với quy mô lớn về khối lượng vì chiều dài đúc thường cho cả một nhịp cầu (đối với nhịp từ 40 ÷ 50m khối lượng bê tông cần sử dụng từ 200 ÷ 300m$^3$). Trên cơ sở các kinh nghiệm truyền thống về công nghệ đổ bê tông ở trong nước và thành tựu KHCN tiên tiến của thế giới trong những năm gần đây có thể tiến hành công nghệ đổ bê tông bằng các giải pháp sau đây:

a) **Giải pháp 1**: *Đổ bê tông trên toàn nhịp theo nguyên tắc đổ 2 giai đoạn:*

Nguyên lý của giải pháp công nghệ là đổ bê tông trên toàn bộ diện tích bản đáy nhịp dầm và một phần thân dầm (giai đoạn 1), sau đó đổ phần còn lại và bản mặt dầm (giai đoạn 2) như đã áp dụng cho công nghệ đúc đẩy (hình 2.29).




**Hình 2.29:** *Sơ đồ công nghệ đúc bê tông 2 giai đoạn*



**Hình 2.30:** *Sơ đồ cấu tạo hệ thống chống đỡ VK trong giai đoạn đổ bê tông giai đoạn 2*

Để đổ bê tông dầm theo 2 giai đoạn phải cần hệ thống thiết bị ván khuôn trong. Nguyên tắc cấu tạo của VK trong là lợi dụng bản đáy dầm để đặt đường goòng chở hệ thống thiết bị (các thanh chống đứng và xiên) vào lòng hộp để lắp đặt và đỡ ván khuôn đúc bản mặt dầm hộp (Hình 2.30). Hệ thống ván khuôn và thanh chống đỡ sẽ được hạ xuống đặt lại trên xe goòng và đẩy ra khỏi lòng hộp sau khi bê tông đủ cường độ cho phép tháo dỡ VK.

Một vấn đề cần đặc biệt lưu ý trong quá trình công nghệ đổ bê tông là khi đúc xong giai đoạn 1, hệ ĐG-VK chịu tác động do tĩnh tải bê tông. Khi đổ bê tông giai đoạn 2, phần kết cấu bê tông giai đoạn 1 đang còn rất non tuổi (từ 1÷ 2 ngày) phải chịu tác động do bị võng, dẫn đến thớ dưới của phần bê tông bản đáy có thể chịu ứng suất kéo nếu dàn bị võng vượt quá giới hạn cho phép. Trong những trường hợp như vậy cần phải tính toán hệ kết cấu dàn và dầm bê tông nhằm xác định chính xác độ cứng của dàn và khối lượng bê tông cần phải đổ để bảo đảm "chịu võng" trong phạm vi cho phép và cũng để phù hợp với khả năng của những bộ phận kết cấu bê tông chịu kéo bất lợi .Cũng trên cơ sở các thông số tính toán đó cho phép xác định được đúng thời điểm đổ bê tông giai đoạn 2. Mặt khác cũng cần phải lưu ý gia tăng công suất đổ bê tông bằng cách sử dụng nhiều trạm trộn và điều kiện cấp bê tông trên công trường. Thời gian đổ bê tông không nên kéo dài, tốt nhất chấm dứt trong ngày. Nhìn chung công tác tổ chức đổ bê tông ở công trường đối với công nghệ ĐGDĐ không có gì khác biệt lớn so với các

công nghệ tiên tiến khác như đúc hẫng, đúc đẩy, theo đó trong thi công cần sử dụng các trạm trộn công suất lớn đặt cạnh công trường và ống truyền dẫn để bơm bê tông vào VK. Ở công nghệ ĐGDĐ có thể dùng giải pháp như đã nêu trên cho các nhịp gần đầu cầu. Tuy nhiên khi ĐG đã di chuyển khá xa (hàng chục nhịp) cần phải bố trí thêm các trạm trộn trung gian nhằm bảo đảm cự ly vận chuyển bê tông hợp lý để qua đó nâng cao chất lượng đổ bê tông. Ngoài ra cũng có thể lợi dụng phần cầu đã đúc trước đó để vận chuyển bê tông đến vị trí đang đúc bằng các phương tiện vận chuyển đặc chủng như xe Ben hoặc một số thiết bị máy móc trộn bê tông hiện đại khác.

+ Theo công nghệ đổ bê tông như đã trình bày ở trên, có thể dự kiến thời gian thi công xong 1 nhịp (2 giai đoạn) như sau:

Thời gian thi công xong 1 nhịp (2 giai đoạn) 16 ngày bao gồm:

- Dựng và đặt cốt thép thường, bó cáp DƯL giai đoạn 1 : 2ngày
- Đổ bê tông giai đoạn 1 : 1 ngày
- Tháo dỡ VK : 1 ngày
- Bảo dưỡng bê tông : 2 ngày
- Dựng và lắp đặt CT thường, bó cáp DUL : 2 ngày
- Đổ bê tông giai đoạn 2 : 1 ngày
- Bảo dưỡng BT : 3 ngày
- Căng kéo bó thép : 1 ngày
- Bơm vữa lấp lòng : 2 ngày
- Dẫy dàn giáo (kể cả thời gian chuẩn bị) : 1 ngày

**Ưu điểm và hạn chế:**

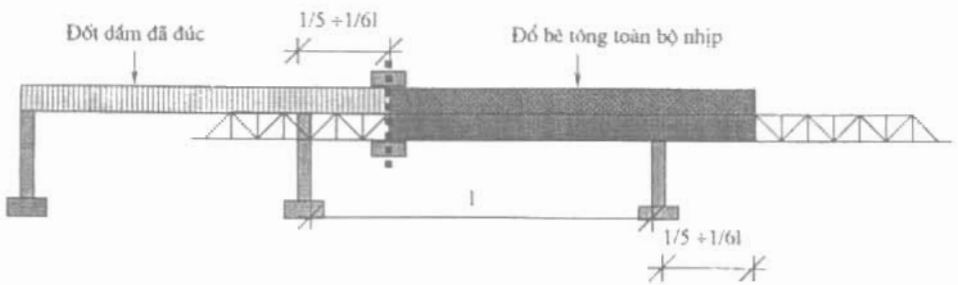
+ *Ưu điểm:*

- Thích ứng với trình độ và năng lực công nghệ của các nhà thầu trong nước
- Có khả năng tạo được dây chuyền công nghệ theo hướng cơ giới hoá và hợp lý hoá.

+ *Hạn chế:*

- Giải pháp này chỉ phù hợp cho những cầu có nhịp ngắn ≤ 30m. Nếu dài hơn sẽ nứt do co ngót tại vị trí tiếp giáp kết cấu bê tông của 2 giai đoạn
- Cần phải giải quyết bài toán về kết cấu hệ dàn để xác định thời điểm đổ bê tông giai đoạn 2.
- Bó cáp căng kéo dài và uốn cong vì vậy cần thiết kế cấu tạo sơ đồ căng kéo hợp lý (chiều dài bó cáp, mấu neo...vv). Nếu cần có thể sử dụng kết cấu DƯL ngoài.
- Sử dụng VK trong cho cả 2 giai đoạn

**- Giải pháp 2**: *Đổ bê tông một lần theo nguyên tắc đổ toàn khối*

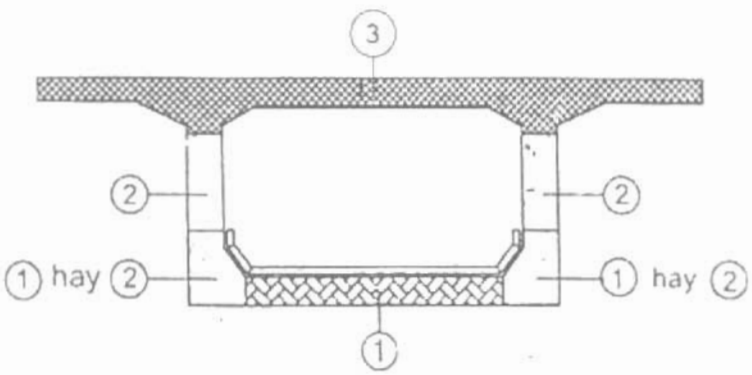



**Hình 2.31:** *Sơ đồ công nghệ đổ bê tông 1 giai đoạn (đổ đầy tiết diện hộp)*

Nguyên lý đổ bê tông của giải pháp này là đổ 1 lần. Để đổ bê tông 1 lần phủ đầy tiết diện hộp sự cần thiết phải sử dụng hệ thống VK trong (Hình 2.23 và 2.25). Khối lượng bê tông cần phải thực hiện rất lớn, vì vậy nhà thầu phải huy động tối đa trang thiết bị máy móc phục vụ công tác trộn, vận chuyển và cấp bê tông ở công trình. Ví dụ với công suất cần sử dụng từ 50 - 60 $m^3$/h đáp ứng yêu cầu chiều dài đốt đúc 50m (khối lượng bê tông ≈ 350$m^3$) thì thời gian đổ bê tông khoảng 8 ÷ 10 giờ. Để đáp ứng yêu cầu trên sự cần thiết phải sử dụng các trạm trộn công suất lớn, cụ thể: Sử dụng 2 trạm trộn với công suất 30$m^3$/h. Đối với các nhịp gần bờ có thể dùng hệ thống ống truyền dẫn bê tông từ trạm trộn đến vị trí ván khuôn. Đối với các nhịp nằm xa bờ, nếu xét thấy hệ thống truyền dẫn không phát huy hiệu quả,

cần sử dụng các loại xe Ben chở bê tông vận chuyển trên các nhịp dầm đã đúc trước đó hoặc sử dụng hệ nổi để đặt các máy trộn và dùng cần cẩu chuyển bê tông tươi từ dưới lên. Trong quá trình tiến hành công nghệ đổ bê tông cần bố trí đủ nhân lực và trang thiết bị bảo đảm chế độ đầm rung phù hợp với quy định của thiết kế. Ngoài ra cần phải xây dựng *chỉ dẫn công nghệ đổ bê tông* phù hợp với giải pháp đổ toàn khối trên 1 hệ ĐG-VK chịu uốn và thời gian đổ kéo dài. Nguyên tắc chung là nên bắt đầu đổ bê tông từ vị trí đà giáo có chuyển vị lớn nhất, theo đó, kiến nghị phương pháp đổ bê tông triển khai từ hai đầu dầm vào giữa nhịp và phải huy động hai mũi thi công làm việc đồng thời để đẩy nhanh nhịp độ với mục tiêu rút ngắn thời gian đổ bê tông.

Công nghệ đổ bê tông đối với dạng tiết diện dầm hộp kín tiến hành theo nguyên tắc: Bắt đầu từ bản đáy trước (có thể cả 2 phần góc dưới hộp), sau đó đổ phần thân dầm (2) và cuối cùng là phần bản mặt hộp (Hình 2.32). Để đảm bảo chất lượng kết cấu bê tông nên huy động đầy đủ thiết bị để đổ bê tông theo nguyên tắc đối xứng (Hình 2.32).




**Hình 2.32:** *Tuần tự đổ bê tông từ (1) đến (3)*

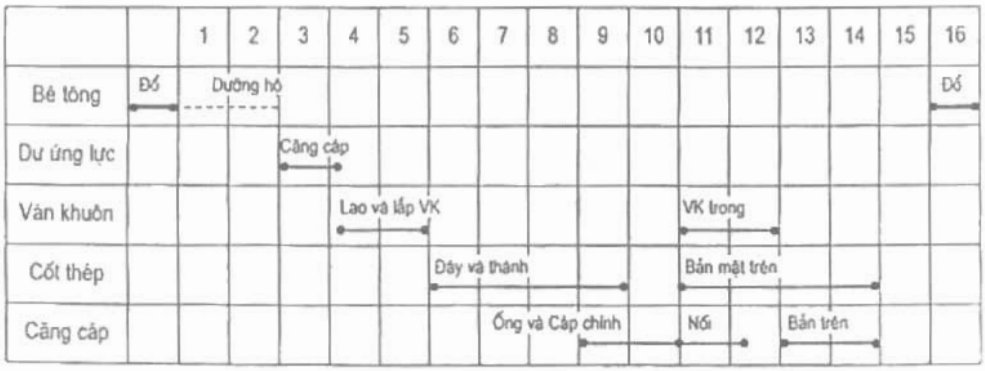
Theo hướng triển khai áp dụng giải pháp công nghệ đổ bê tông toàn khối, dự kiến thời gian cho từng hạng mục công nghệ như sau (trường hợp sử dụng VK trong theo cơ chế vận hành "cơ giới hoá"):

+ Thời gian thi công: 14 ngày bao gồm:

- Lắp dựng và đặt cốt thép thường và DƯL : 4 ngày
- Đổ bê tông : 1 ngày
- Bảo dưỡng bê tông : 3 ngày
- Tháo dỡ ván khuôn : 2 ngày
- Căng kéo : 1 ngày
- Bơm vữa lấp lòng : 2 ngày
- Di chuyển ĐG - VK : 1 ngày

Tuy nhiên trong trường hợp áp dụng công nghệ VK trong theo cơ chế vận hành thủ công thời gian thi công cho 1 chu kỳ có thể kéo dài thêm. Trên bảng 2.2 trình bày chi tiết về thời gian sử dụng cho từng hạng mục công nghệ cụ thể ở công trình cầu Thanh Trì (Hà nội).

**Bảng 2.2:** *Lịch công việc trong 1 chu kỳ xây dựng ở Cầu Thanh Trì.*




**Ưu điểm và hạn chế của giải pháp công nghệ**

*+ Ưu điểm:*

- Rút ngắn được thời gian thi công một cách đáng kể.
- Đổ bê tông toàn khối bảo đảm chất lượng công trình tốt hơn giải pháp 1.
- Tạo điều kiện thuận lợi để phát huy khả năng hợp lý hoá và cơ giới hoá.

*+ Hạn chế:*

- Sử dụng một khối lượng lớn trang thiết bị và nhân lực vì vậy cần vốn lớn để đầu tư ban đầu.
- Áp dụng công nghệ mới tiên tiến vì vậy cần tiến hành công tác thử nghiệm. Nếu cần phải thuê chuyên gia nước ngoài.

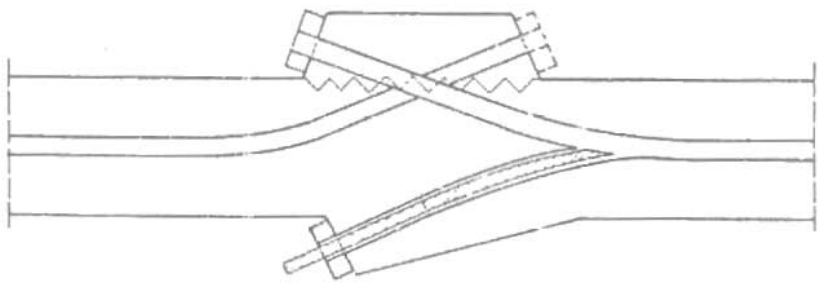
Trên cơ sở phân tích đánh giá ưu điểm và hạn chế của 2 giải pháp công nghệ đổ bê tông, có thể nêu lên một vài ý kiến nhận xét như sau:

- Với chủ trương nhằm phát huy nội lực trong nước cần tập trung tận dụng cơ sở trang thiết bị thi công tại chỗ. Bước đầu có thể chọn giải pháp 1 vì trong quá trình thực hiện các giai đoạn công nghệ, chúng ta có thể chủ động vận dụng những kinh nghiệm truyền thống sẵn có để đảm bảo sự ổn định và an toàn cao nhất. Thực tế những năm qua trong thi công hàng loạt cầu bằng công nghệ đúc hẫng hoặc đúc đẩy đội ngũ cán bộ kỹ thuật và công nhân đã trưởng thành nhanh chóng về tay nghề và làm chủ các công đoạn của phương pháp đổ bê tông 2 giai đoạn trên bệ như công nghệ đúc đẩy hoặc đổ bê tông các đốt như công nghệ đúc hẫng.

- Đối với giải pháp 2, khối lượng bê tông tương đối lớn và phạm vi diện tích đổ rộng có thể thuê chuyên gia hướng dẫn lần đầu để bảo đảm chất lượng và an toàn công trình. Ở các công trình cầu Phù Đổng, cầu Xương Giang (QL.1A - Hà Nội - Lạng Sơn) chúng ta đã thi công nhịp dài 45m dạng hộp và công nghệ đổ phải chia làm 3 giai đoạn. Mặc dù vị trí thi công trên cạn và sử dụng DƯL theo chiều đứng nhưng vẫn có sự cố nứt dầm diễn ra trong quá trình thi công dầm bê tông (chưa căng kéo bó cáp DƯL). Đây là bài học rút ra từ một công trình thực tế, qua đó có thể định hướng cách triển khai các Dự án phù hợp với yêu cầu và điều kiện ở trong nước.

### *2.3.2.10. Công nghệ thi công bó cáp DƯL:*

Công nghệ căng kéo bó cáp DƯL trong dầm BTCT DƯL thi công bằng công nghệ ĐGDĐ nhìn chung không có gì khác biệt lớn so với các công nghệ truyền thống khác. Tuy nhiên trong tính toán thiết kế và sử dụng trang thiết bị thi công DƯL cần chú ý những điểm sau đây:



**Hình 2.33:** *Một dạng mẫu neo ngoài*

- Chiều dài bó cáp DƯL được chế tạo khá dài: $l \approx L + (1/5 \div 1/6)L$, trong đó L: chiều dài nhịp. Các bó cáp được cấu tạo thành các đường cong dạng cung tròn hoặc parabol phù hợp với sơ đồ phân bố nội lực và chính vì thế khi căng kéo trị số mất mát ứng suất do ma sát sẽ rất lớn - vì vậy ngoài việc sử dụng các loại kích đặc chủng với công suất cao của các hãng có uy tín ở nước ngoài như: Fressinet, VT, OVM, VSL..., Dywidak...vv, còn phải áp dụng giải pháp làm mấu neo ngoài để neo cáp nhằm tạo khả năng giảm chiều dài căng kéo của bó cáp. Trên hình 2.33 thể hiện sơ đồ cấu tạo một loại mấu neo dùng để căng cáp. Các mấu neo ngoài không nên cấu tạo trên cùng một mặt cắt tiết diện, có thể bố trí dạng so le để phân tán ảnh hưởng tác động cục bộ ở đầu neo. Vị trí đặt điểm neo hoặc bộ nối nên chọn ở vị trí có trị số nội lực nhỏ nhất, ví dụ đối với dầm BTCT DƯL liên tục, vị trí này cách tim trụ khoảng $(1/5 \div 1/6)L$. Đối với cáp DƯL nên chọn loại có cường độ cao và cấu tạo bó chịu lực lớn như Hãng Freyssinet dùng loại bó xoắn 7 sợi có kích cỡ đường kính bó cáp từ 12,5 mm ÷15,24 mm với cường độ đạt tới 1670 MPa ÷1770 MPa hoặc hệ Dywidag của Hãng Dykerhof -

Widmann, cấu tạo bó từ 1 ÷19 tao (tao 7 sợi) với đường kính từ 20 ÷90mm và cường độ từ 136 ÷ 2590KN. Ở CHLB Đức trên thực tế còn sử dụng hệ "Leoba" của Hãng Seibert - Stirnes với cường độ 100 ÷ 5000KN. Ở nước ta hiện nay sử dụng phổ biến loại tao cáp cường độ cao 7 sợi xoắn có đường kính 12,7mm (đường kính danh định 13 mm). Từ loại cáp 12,7 mm có thể cấu tạo loại bó nhiều tao sợi như: 7K13, 12K13, 19K13, 27K13, 37K13... với cường độ từ 91,8 T ÷ 485T.

### *2.3.2.11. Hệ thống thiết bị đẩy ĐG - VK:*

Đối với công nghệ DGDĐ, công tác di chuyển ĐG là một nhiệm vụ quan trọng đòi hỏi phải thực hiện tốt để bảo đảm các yêu cầu về an toàn công trình, thao tác thuận lợi và chi phí thấp. Tùy theo đặc điểm kỹ thuật của từng giải pháp công nghệ để thiết kế cấu tạo hệ đẩy phù hợp. Nguyên tắc chung là sử dụng điểm tỳ để truyền lực kéo đẩy thông qua các trụ (T.C.T hoặc trụ phụ) và nhịp dầm đã đúc trước đó hoặc các trụ tạm, nếu tình huống và điều kiện sử dụng thích hợp, không gây các yếu tố bất lợi. Các giải pháp công nghệ như: Đẩy ĐG bằng kết cấu khung treo, bằng dầm ngang treo (giải pháp đẩy trên đúc dưới)... có thể áp dụng kéo bằng tời hoặc bánh răng vì ở những giải pháp này chủ yếu chỉ đẩy dọc ĐG. Khi đi qua trụ, dầm chịu lực vẫn giữ nguyên vị trí, công việc nặng nhọc nhất là việc điều chỉnh kết cấu khung hoặc dầm ngang đỡ VK để khỏi vướng trụ. Ngược lại, ở giải pháp công nghệ sử dụng trụ phụ (giải pháp đẩy dưới đúc lưng chừng), quá trình di chuyển diễn ra theo 2 phương: Phương ngang và phương dọc. Đây là giải pháp được nhiều nước tiên tiến trên thế giới chọn lựa áp dụng trong nhiều năm lại đây.

*a) Các loại thiết bị:*

- Thiết bị kích nâng hạ hệ thống kết cấu ĐG-VK là thiết bị được sử dụng để nâng hạ ĐG-VK đạt vị trí theo yêu cầu của thiết kế, bao gồm: Các kích nâng hạ và kích đẩy ngang, dọc. Đối với nhịp 50m, kết cấu ĐG-VK có trọng lượng ≈ 650T, khi đổ bê tông hệ ĐG-VK chịu thêm trọng tải bê tông khoảng

875T, vì vậy tổng trọng lượng ≈ 1500T, nên phải sử dụng loại kích nâng có công suất từ 500T÷800T và ở mỗi vị trí trên trụ phụ đặt 1 kích. Như vậy ở 4 vị trí đặt kích trên các trụ phụ có thể nâng được tổng trọng lượng của ĐG và trọng lượng dầm BTCT. Tuy vậy nếu cần có thể bố trí dự phòng thêm ở các trụ khác để tiết kiệm kinh phí vận chuyển. Với số lượng và công suất của kích như trên có thể sử dụng cho các loại cầu có cấp khẩu độ nhịp từ 40 ÷ 50m.

- Thiết bị kích nâng chuyên dùng điều chỉnh VK ngoài và VK trong:

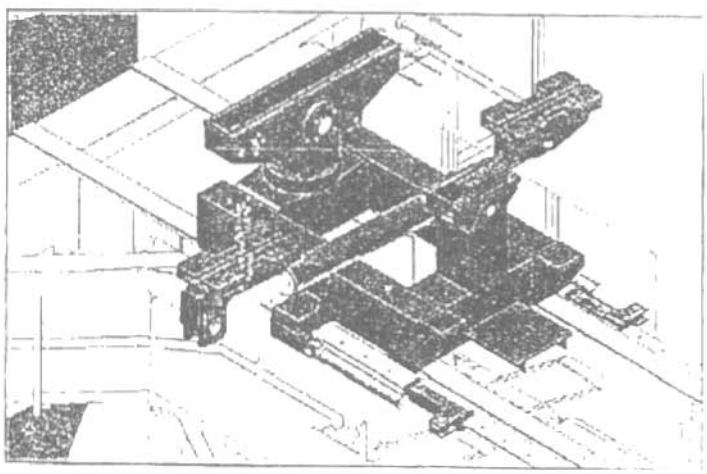
**Hình 2.34:** *VK ngoài và hệ thống kích điều chỉnh nâng hạ chuyên dụng (Tăng đơ, thủy lực)*

+ Kích chuyên dùng là các thiết bị được sử dụng để điều chỉnh nâng,hạ hoặc cụp xoè VK ngoài và VK trong, bao gồm: Các kích làm việc độc lập với nhau nhờ van gia tải hoặc van giảm tải. Công suất kích được xác định trên cơ sở trọng tải của VK và bê tông cũng như bảo đảm không bị tụt tải, trong quá trình thi công từ khi bắt đầu nâng ĐG-VK tới thời điểm bê tông đông cứng đủ cường độ. Dự kiến đối với nhịp từ 45 ÷ 50m công suất kích ≈15T, số lượng 70 chiếc.

+ Thiết bị chuyên dùng điều chỉnh khác bao gồm: Xe di chuyển ĐG (cơ chế vận hành theo nguyên lý trượt hoặc goòng).

*- Các cụm xe:*

Nhiệm vụ của các cụm xe chủ yếu để thực hiện các quá trình chuyển động ngang và dọc của hệ ĐG-VK (toàn bộ hệ kết cấu ĐG-VK đặt trên xe). Xe được đặt trên đường trượt hoặc bánh xe và chuyển động nhờ các xi lanh đẩy ngang và dọc (Hình 2.35).



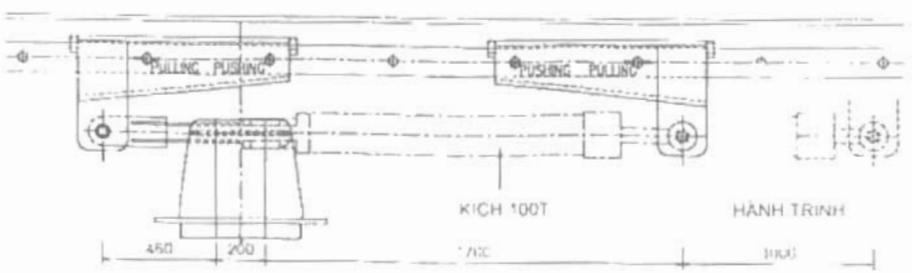
**Hình 2.35:** *Sơ đồ cấu tạo tổng thể xe vận hành ĐG - VK*

+ Kích (xi lanh) đẩy ngang có nhiệm vụ đưa toàn bộ xe cùng hệ ĐG-VK dịch chuyển sang ngang. Khi thực hiện dịch chuyển cần chú ý xử lý tốc độ và nhịp độ đồng thời của các cụm xe để không xảy ra hiện tượng lệch, vênh gây mất ổn định và an toàn trong quá trình chuyển động. Mỗi cụm xe bố trí hai xi lanh đẩy ngang (tổng toàn bộ 8 cái). Các xi lanh đẩy ngang làm việc theo chu kỳ, chiều dài vận hành từng chu kỳ phụ thuộc vào chỉ tiêu kỹ thuật của kích thông thường (≈ 20cm). Tổng chiều dài đẩy ngang phụ thuộc vào kích thước khổ rộng của dầm BTCT DƯL và chiều rộng của hệ dàn đẩy. Đối với nhịp 50m chiều rộng cầu 12m, tổng chiều dài của hành trình đẩy ngang ≈ 250cm. Xi lanh làm việc 2 chiều, một đầu liên kết chốt với xe, đầu kia chốt với khung thép cứng của trụ phụ. Tốc độ chuyển động của xi

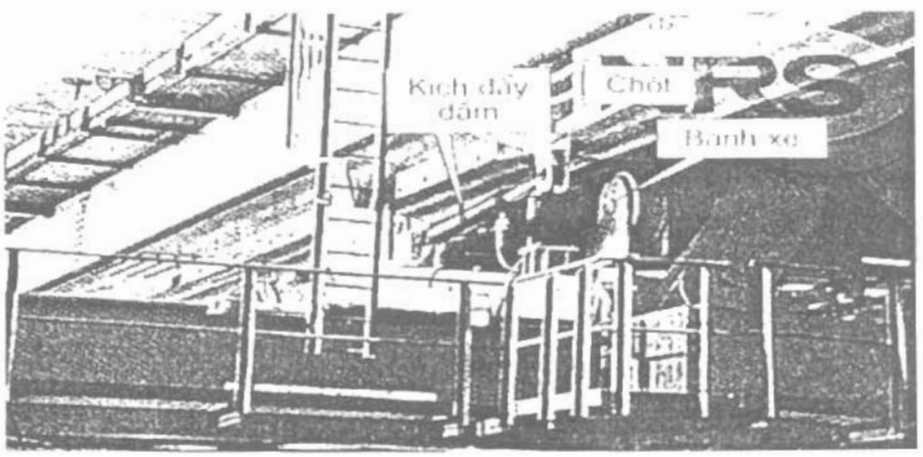
lanh ≈ 1m/phút.

+ Kích (xi lanh) đẩy dọc có nhiệm vụ chuyển dịch toàn bộ hệ ĐG-VK theo phương dọc cầu ( các cụm xe lúc này đứng yên) tới vị trí đúc đốt dầm BTCT mới. Mỗi một mảng dàn đẩy (ĐG-VK) được bố trí 2 đường trượt liên kết cố định với đáy của dàn đẩy. Trên mỗi cụm xe chỉ bố trí 1 xi lanh đẩy dọc (tổng toàn bộ 4 cái). Cũng giống như xi lanh đẩy ngang, các xi lanh đẩy dọc làm việc theo chu kỳ,thông thường mỗi chu kỳ có hành trình 100cm. Tổng toàn bộ hành trình bằng chiều dài của khẩu độ nhịp (= 50m). Để giảm thời gian di chuyển dọc, áp dụng tiến bộ kỹ thuật tự động hoá việc tháo và lắp chốt xi lanh. Xi lanh làm việc 2 chiều, một đầu liên kết cố định với xe, đầu kia liên kết với dàn đẩy (Hình 2.36).

(a)




(b)




**Hình 2.36:** *a) Sơ đồ bố trí kích (xi lanh) đẩy dọc*
*b) Hình ảnh cụm kết cấu vận hành đẩy (kích, chốt và bánh xe)*

Tốc độ chuyển động của xi lanh đạt 1,5m/phút. Với vận tốc này, thời gian đẩy cho 1 nhịp có khẩu độ 50m mất từ 35 ÷ 40 phút (theo lý thuyết).

- *Bộ nguồn thủy lực:*

Để truyền chuyển động cho các xi lanh, kích nâng, kích chuyên dùng cần phải có bộ nguồn thuỷ lực. Các bộ nguồn thuỷ lực đặt ở các trụ cầu, bên cạnh các xe goòng. Mỗi một bộ nguồn thuỷ lực truyền chuyển động cho 1 xi lanh đẩy dọc, 1 xi lanh đẩy ngang, 1 kích nâng ĐG và một phần của các kích chuyên dùng điều chỉnh VK. Việc liên kết từ bộ nguồn tới các xi lanh và kích bằng các đường ống thuỷ lực (ống cứng và ống mềm cao áp).

*b) Một vài thông số kỹ thuật chủ yếu:*

Có thể nêu lên một vài thông số kỹ thuật chủ yếu của các chủng loại thiết bị máy móc dùng cho ĐGĐ có khẩu độ nhịp 40m và 50m.

- Tải trọng tác động trực tiếp lên các thiết bị:
  - + Trọng lượng của hệ kết cấu ĐG-VK:
    - Khẩu độ nhịp 40m ≈ 400T
    - Khẩu độ nhịp 50m ≈ 650T
  - + Trọng lượng của trọng tải bê tông:
    - Khẩu độ nhịp 40m ≈ 530T
    - Khẩu độ nhịp 50m ≈ 875T.
  - + Trọng lượng của xe và các thiết bị khác đặt trên xe ≈ 10T
- Xác định công suất của các loại kích sử dụng phù hợp với trọng tải (xem bảng 2.3).

- Đối với bộ nguồn thuỷ lực:
  - + Lưu lượng cần thiết : 20 lít/ phút
  - + áp lực cần thiết : 30MPa
  - + Nguồn điện : 380V
  - + Số khoang phân phối : 2

- Các cụm van của hệ thống thuỷ lực:

  + Van khoá tải: Đảm bảo sự an toàn làm việc trong những trường hợp đường ống bị bục vỡ, sự cố của bộ nguồn thuỷ lực và kích giữ tải.

  + Van gia tải: Điều khiển nâng dàn đẩy với tốc độ và chiều cao theo ý muốn.

  + Van giảm tải: Điều khiển giảm chiều cao của VK theo ý muốn.

**Bảng 2.3:** *Các thông số kỹ thuật của một số trang thiết bị chủ yếu dùng cho thi công cầu có khẩu độ nhịp 40 và 50m*

| Chủng loại thiết bị | CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lực nâng (T) | Lực đẩy ngang (T) | Hành trình (cm) | Áp lực làm việc (MPa) | Chế độ làm việc (chiều) | Thời gian giữ tải ổn định (ngày) | Tốc độ chuyển động (m/phút) |
| Kích nâng dàn đẩy (ĐG-VK) | 500 ÷ 800 | | 25 | ≤ 30 | 1 | 20 | |
| Kích chuyên dùng điều chỉnh VK | 15 | | 15 | ≤ 30 | 1 | 20 | |
| Xi lanh đẩy ngang | - | 25 | 30 | ≤ 30 | 2 | - | 1 |
| Xi lanh đẩy dọc | - | 30 | 100 | ≤ 25 | 2 | - | 1,5 |

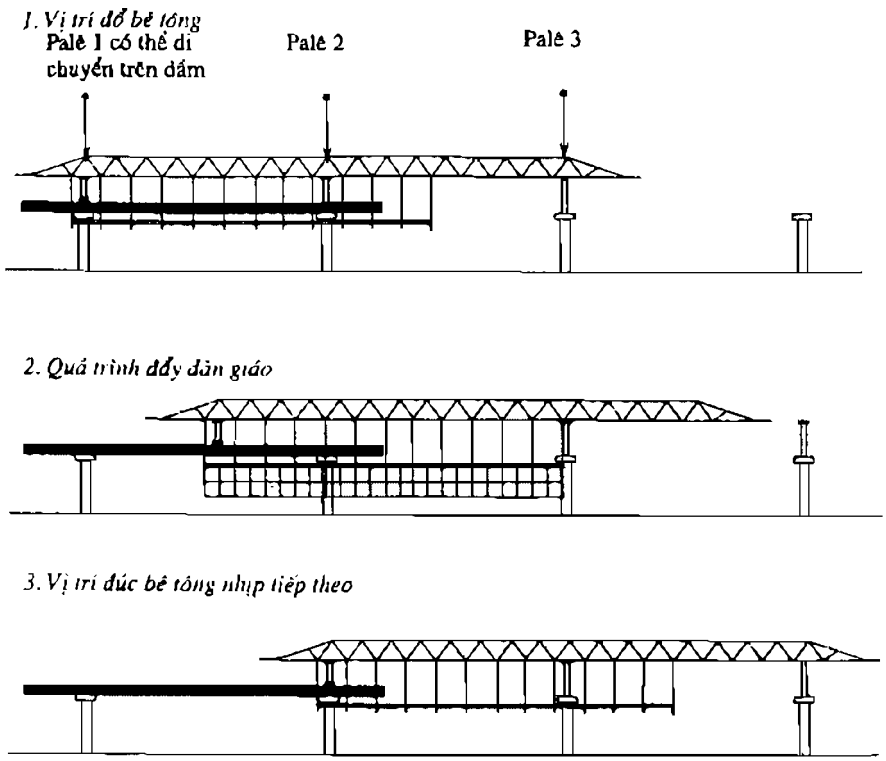
### 2.3.3. Công nghệ ĐGDĐ - *Giải pháp đẩy trên đúc dưới.*

#### *2.3.3.1. Cấu tạo và cơ chế làm việc*

Trên hình 2.36 mô tả sơ đồ nguyên lý làm việc của giải pháp công nghệ đẩy trên đúc dưới.

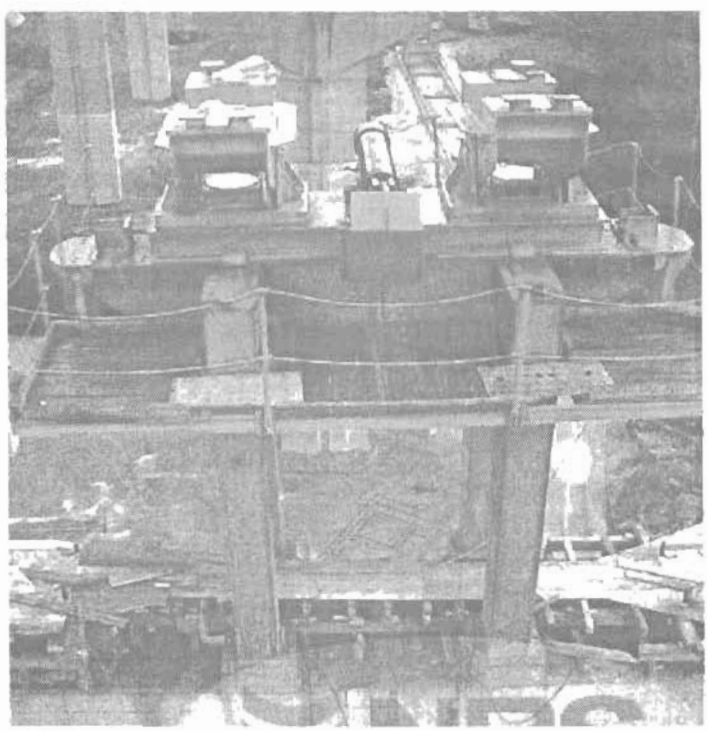
ĐG được cấu tạo theo kiểu khung hình hộp hoặc dàn treo dưới dầm thép có độ cứng lớn. Trong lòng khung bố trí các hạng mục kết cấu công nghệ đổ bê tông dốt dầm bao gồm: Hệ dầm đỡ VK, VK và một số hạng mục kết cấu công nghệ liên quan khác. Kết cấu khung được cấu tạo có thể điều chỉnh di chuyển ngang về 2 phía hoặc một đầu có thể quay được xuống dưới để khi đẩy qua trụ khung và dầm ngang không bị vướng. Chiều dài của khung bằng chiều dài của nhịp dầm BTCT. Dầm thép cứng (dầm treo) có các nhiệm vụ sau:

+ Chịu tải trọng của trọng lượng toàn bộ kết cấu ĐG-VK và trọng lượng của bê tông
+ Di chuyển hệ thống kết cấu ĐG- VK đến vị trí đúc dầm mới.




**Hình 2.37:** *Sơ đồ nguyên lý làm việc của giải pháp công nghệ đẩy trên đúc dưới*

Dầm treo được chế tạo theo kiểu kết cấu dầm thép dạng hộp. Dầm hộp thép trong quá trình đúc dầm BTCT và di chuyển được đặt trên các Pale (Hình 2.38). Các Palê được cấu tạo bằng kết cấu thép, làm nhiệm vụ như các gối tạm thời để ĐG di chuyển và đưa cao độ đáy của khung thép lên cao nhằm tạo lợi thế trong việc tăng khoảng tĩnh không phía dưới trong quá trình thi công. Để giảm nhẹ tĩnh tải của dầm thép, khi dầm làm việc theo sơ đồ "công son", phần đầu của dầm hộp được cấu tạo bằng kết cấu mũi dẫn. Kết cấu mũi dẫn có thể được chế tạo kiểu dạng hộp nhưng quy mô cấu tạo nhỏ hơn hoặc bằng kết cấu dạng dàn thép để giảm đáng kể tĩnh tải phần cong son. Cơ chế làm việc của giải pháp *đẩy trên đúc dưới* cũng giống như giải pháp *đẩy dưới đúc trên*, cụ thể: Sau khi đúc xong một nhịp, hệ ĐG được di chuyển đến nhịp tiếp theo để đúc mới dầm BTCT. Tuy nhiên ở bất cứ trạng thái nào, ĐG cũng được đặt trên 3 vị trí (3 vị trí trên 3 đỉnh của Palê) trong đó 2 Palê đặt trên trụ và 1 Palê đặt trên dầm đã đúc trước đó.



**Hình 2.38:** *Một kiểu Pale đỡ dầm thép của Hãng NRS*

*- Ưu điểm của giải pháp công nghệ*

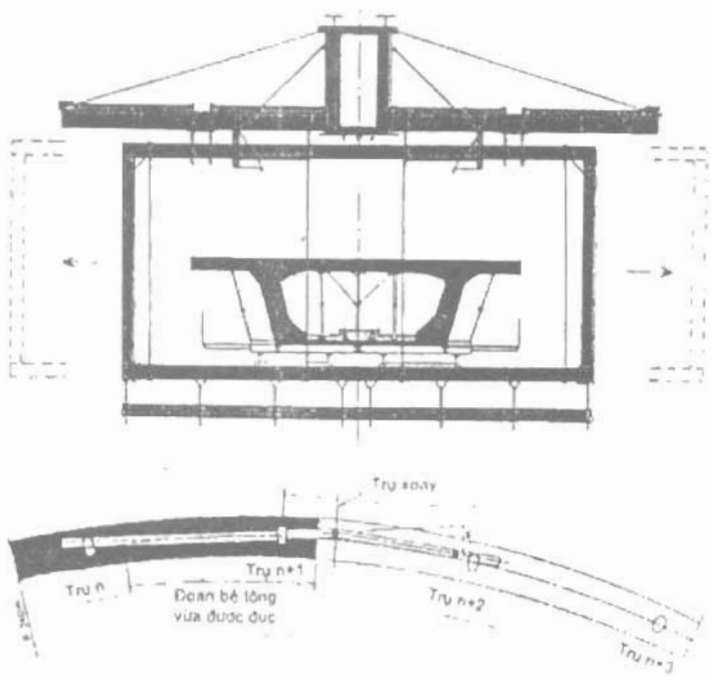
+ Không sử dụng trụ tạm, lợi dụng triệt để khả năng chịu lực lớn của trụ để truyền trọng tải của hệ thống kết cấu ĐG – VK và tải trọng dầm BTCT.

+ Thuận lợi trong việc tạo hình dáng kết cấu dầm BTCT, đặc biệt loại dầm cong. Khi thi công dầm cong (cong trên mặt bằng), VK được cấu tạo cong với bán kính cong R của dầm theo đồ án thiết kế (Hình 2.39).

+ Đối với những cầu có chiều cao trụ thấp hoặc cầu thi công vượt qua vùng sông nước chịu ảnh hưởng trực tiếp của lũ lụt thì việc áp dụng giải pháp công nghệ này sẽ rất phù hợp.

(a)

(b)




**Hình 2.39:** *Sơ đồ cấu tạo kết cấu công nghệ thi công cầu dạng cong*

*a) Mặt cắt ngang sơ đồ kết cấu công nghệ.*

*b) Mặt chiếu bằng của kết cấu ĐG (di chuyển theo hướng thẳng) và VK đúc dầm (dạng cong).*

Xem sơ đồ hình 2.39 có thể thấy: Mặc dù VK đúc đốt dầm bê tông dạng cong nhưng dầm treo vẫn được cấu tạo thẳng. Để phù hợp với kết cấu nhịp cong, cơ cấu chuyển hướng của dầm treo khi di chuyển dọc thông qua một trục xoay đặt sẵn (Hình 2.39b).

- ***Những hạn chế:***

+ Khối lượng thép cần để chế tạo hệ ĐG-VK lớn (lớn hơn 2 lần so với giải pháp *đẩy dưới đúc trên*).

+ Việc treo toàn bộ hệ thống kết cấu ĐG-VK lên một dầm treo "di chuyển" trên các Palê không bảo đảm tính ổn định cao, đặc biệt trong quá trình di chuyển, nếu không có các biện pháp gia cường, chống đỡ sẽ khó khăn trong việc đảm bảo tối đa yêu cầu an toàn công trình.

+ Cấu tạo kết cấu của hệ khung phức tạp, đặc biệt khi đi qua trụ phải điều chỉnh sang ngang toàn bộ hệ khung đứng và ngang phía dưới. Sự phức tạp đó dẫn đến khối lượng công việc gia tăng, chi phí tốn kém và mất nhiều thời gian.

***2.3.3.2. Một số dạng kết cấu của giải pháp đẩy trên đúc dưới.***

Ngoài giải pháp *đẩy trên đúc dưới* bằng kết cấu VK đặt trong khung thép và treo trên dầm thép cứng (Hình 2.39) còn một số dạng kết cấu công nghệ khác được các nước trên thế giới sử dụng trong những năm trước đây.

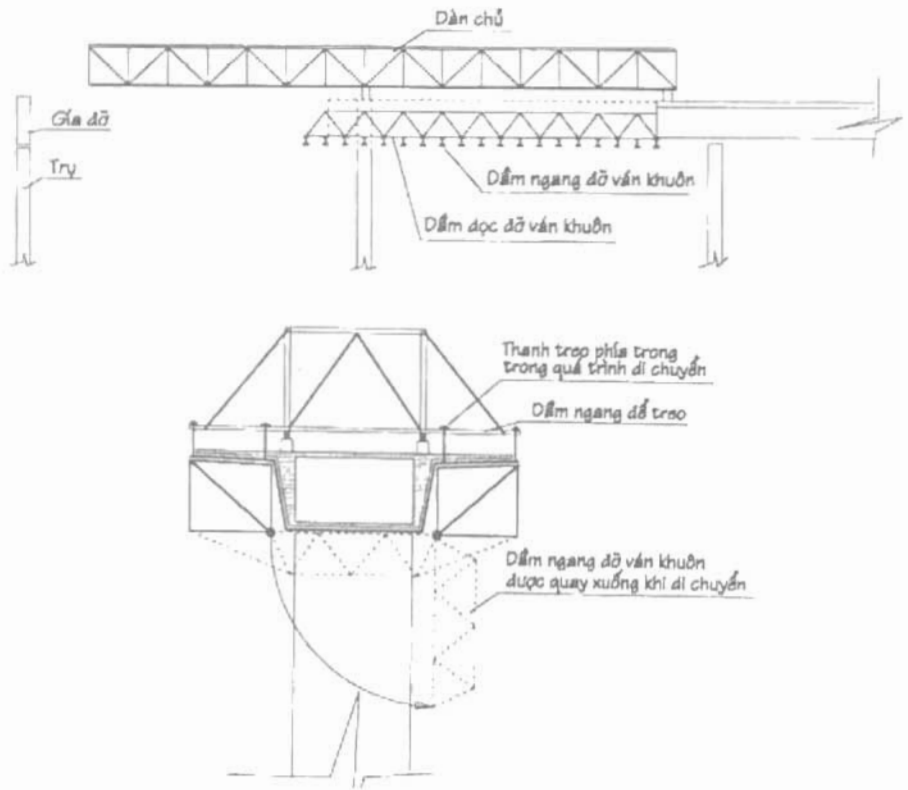
*a) Giải pháp VK treo trên một dầm cứng dạng dàn.*

Hệ thống kết cấu công nghệ theo hướng cấu tạo *VK treo lên một dầm cứng dạng dàn* được biểu diễn ở hình 2.40.

Theo sơ đồ, nguyên tắc cấu tạo của hệ thống kết cấu công nghệ có thể được trình bày tóm tắt như sau:

VK đặt trên hệ dầm ngang chịu lực. Ở 2 đầu mỗi dầm ngang cũng được treo lên tại các vị trí của dầm ngang cứng dạng dàn. Dàn cứng này di chuyển trên các Pale đặt trên các trụ và dầm BTCT đã đúc trước đó. Hệ dầm ngang

đỡ VK và dầm treo là các dàn thép hình tam giác. Số lượng dầm ngang đỡ VK bằng số lượng dầm ngang dạng dàn của dầm treo. Dầm ngang đỡ VK được cấu tạo sao cho khi dàn di chuyển qua trụ có thể tháo lỏng một đầu cho quay xuống dưới để vượt qua trụ dễ dàng. Giải pháp này được một số nước áp dụng trong giai đoạn đầu khi công nghệ mới ra đời và chỉ áp dụng cho những cầu có chiều cao trụ lớn.




**Hình 2.40:** *Giải pháp VK treo lên một dầm cứng dạng dàn*

*a) Mặt cắt dọc*

*b) Mặt cắt ngang*

***- Ưu điểm của giải pháp công nghệ:***

+ Lợi dụng triệt để khả năng chịu lực của T.C.T (không sử dụng trụ tạm) và dầm bê tông đã đúc trước đó để truyền trọng tải của hệ thống ĐG-VK và bê tông đốt dầm.

+ Ở trạng thái đúc bê tông, việc sử dụng kết cấu đỡ VK bằng các dầm ngang dạng dàn tạo thê ổn định cao cho hệ thống kết cấu.

***- Những hạn chế:***

+ Trong quá trình di chuyển, đặc biệt khi đi qua trụ toàn bộ hệ dầm ngang đỡ VK phải tháo lỏng để quay xuống dưới, vì vậy làm giảm tính ổn định và độ cứng của VK. Nếu nhịp dài có thể dẫn đến hiện tượng biến dạng cục bộ, thậm chí biến dạng tổng thể.

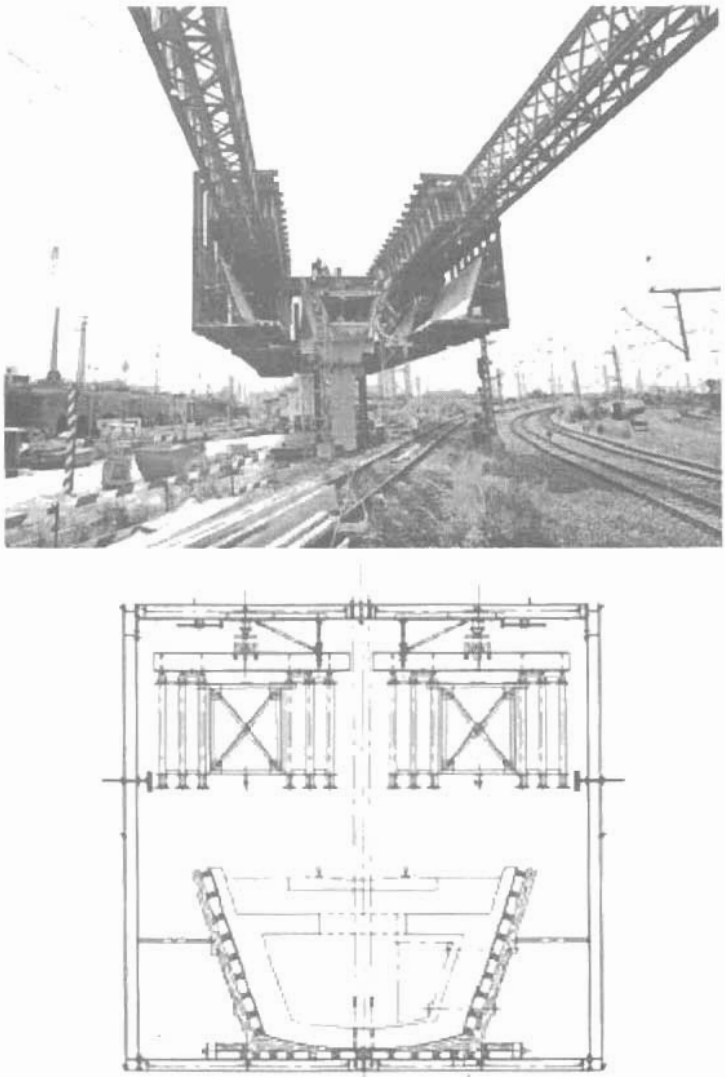
+ Do phải quay xuống dưới nên chiếm chỗ không gian tĩnh không, gây cản trở giao thông khu vực. Vì vậy giải pháp này không phù hợp với các cầu có chiều cao trụ thấp.

+ Công việc tháo lỏng để quay xuống dưới toàn bộ dầm ngang đỡ VK tốn nhiều công sức va phức tạp, đặc biệt khi thi công các nhịp cầu vượt sông và cầu có chiều cao trụ thấp đòi hỏi phải hết sức cẩn trọng, bằng cách bổ sung các giải pháp an toàn lao động trong quá trình thao tác công nghệ. Mặt khác chính những công việc này là nguyên nhân phát sinh khối lượng công việc và qua đó làm tăng giá thành công trình.

*b). Giải pháp VK treo trên 2 dầm cứng dạng dàn*

Hệ thống kết cấu công nghệ theo hướng cấu tạo VK treo lên 2 dầm cứng dạng dàn thể hiện trên hình 2.41.

Theo sơ đồ cấu tạo công nghệ, hệ thống kết cấu VK được phân thành 2 mảng, trong mỗi mảng bao gồm: 1 dầm cứng dạng dàn và các thanh treo, 2 mảng kết cấu, một đầu được đặt trên dầm ngang. Dầm ngang này đặt trên bề mặt hộp dầm BTCT đã đúc tại vị trí gần đầu hẫng. Đầu còn lại được đặt trên hệ thống trụ phụ (có dầm ngang phía trên). Loại hình công nghệ này lắp ráp và vận hành đơn giản. Tuy nhiên công nghệ này chỉ thích hợp với các cầu cạn thi công trên đất liền vì trụ phụ được xây dựng thuận lợi. Trong trường hợp cầu vượt sông, giải pháp công nghệ như đã nêu trên không tỏ ra thích hợp.

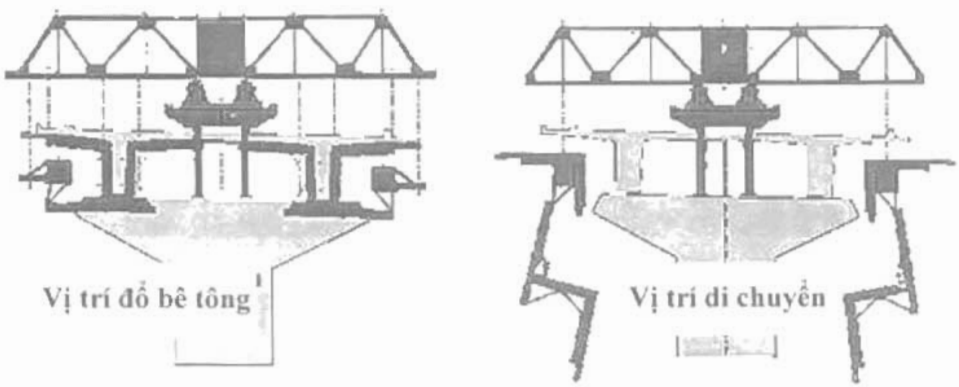


**Hình 2.41:** *Giải pháp công nghệ ĐG- VK treo lên 2 dầm cứng dạng dàn.*

*c). Giải pháp treo ĐG-VK để thi công nhịp dầm BTCT có mặt cắt dạng Π*

Khác với giải pháp VK treo trên dầm ngang dạng dàn, ở giải pháp này trong quá trình đúc bê tông, hệ thống ĐG-VK được bố trí nhiều điểm treo để nó có thể chịu lực dưới tác động của tĩnh tải bê tông. Ngược lại khi di chuyển, hệ ĐG-VK được tách ra khỏi dầm BTCT và được treo lên tại 2 đầu

dầm ngang để không vướng trụ. Giải pháp này rất phù hợp khi thi công các công trình cầu BTCT có mặt cắt dạng Π (Hình 2.42). Cũng giống như các giải pháp công nghệ sử dụng dầm ngang dạng dàn để treo VK trong quá trình đúc bê tông và di chuyển, giải pháp công nghệ này có những ưu điểm và hạn chế tương tự. Tuy nhiên do dạng kết cấu kiểu bản (dạng Π) nên tạo được nhiều điểm treo, qua đó cải thiện sơ đồ chịu lực theo hướng phân cực hợp lý, tránh được các hiện tượng chịu lực cục bộ bất lợi).




a) b)

**Hình 2.42 :** *Sơ đồ cấu tạo giải pháp công nghệ thi công dầm có mặt cắt dạng Π*
*a) Giai đoạn đúc bê tông*
*b) Giai đoạn di chuyển*

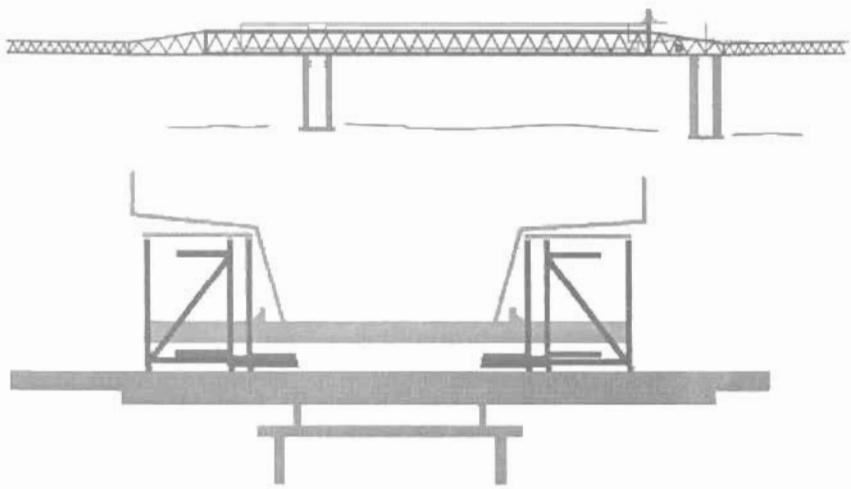
### 2.3.4. Công nghệ ĐGDĐ - *Giải pháp đẩy dưới đúc lưng chừng*

Trên hình 2.43 và ảnh 2.6 biểu diễn sơ đồ mặt cắt dọc và ngang của hệ thống dàn đẩy theo nguyên lý *đẩy dưới đúc lưng chừng*.

Nguyên lý cấu tạo kết cấu và công nghệ thi công: Cấu tạo kết cấu hệ dàn đẩy theo nguyên lý *đẩy dưới đúc lưng chừng* nói chung gần giống với *giải pháp đẩy dưới đúc trên* (giải pháp 1). Điểm khác nhau chủ yếu chỉ ở hệ kết cấu ván khuôn, cụ thể: Thay vì ván khuôn liên kết cứng với hệ dàn đẩy ở vị trí phía trên cùng của ĐG thì ở giải pháp này nằm phía trong thành lòng ĐG. Trong trường hợp này, bản đáy ván khuôn vì vậy được hạ thấp xuống dưới để tạo khả năng nâng cao độ của hệ dàn đẩy lên trên (xem hình 2.43b).

a)

b)



**Hình 2.43:** *a) Sơ đồ mặt cắt dọc*
*b) Sơ đồ mặt cắt ngang*

**- Ưu điểm và hạn chế của giải pháp công nghệ**

Nói chung đối với giải pháp công nghệ *đẩy dưới đúc lưng chừng* cũng có những ưu điểm và hạn chế như giải pháp đẩy dưới đúc trên. Tuy nhiên điểm nổi trội về tính lợi thế của giải pháp này thể hiện ở chỗ: Nhờ việc điều chỉnh VK đáy xuống dưới nên trong thi công giải quyết tốt hơn vấn đề tĩnh không so với giải pháp *đẩy dưới đúc trên*. Yếu tố này rất phù hợp khi thi công những cầu vượt sông có mức nước cao trong mùa mưa lũ hoặc vượt qua các trục đường giao thông chính trong thành phố mà không gây cản trở cho các phương tiện giao thông trên đường.

Điểm hạn chế của giải pháp chủ yếu về cấu tạo liên kết ván khuôn với dàn đẩy. Trong trường hợp này phải tính toán để hệ dàn đẩy không bị lật, cách tốt nhất là phải bố trí đối trọng khi tháo rời liên kết để dịch chuyển sang ngang.