

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH THỦY

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
**(CAPSTONE PROJECT)**

NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG  
CHUYÊN NGÀNH: TIN HỌC XÂY DỰNG

ĐỀ TÀI:  
**THIẾT KẾ CẦU BÔNG SƠN 2, THỊ XÃ HOÀI NHƠN, TỈNH BÌNH ĐỊNH**

Người hướng dẫn: TS. NGUYỄN NGỌC HẬU

Sinh viên thực hiện: MAI THƯỢNG HIỀN

Số thẻ sinh viên: 111200028

Lớp: 20THXD1

Đà Nẵng, 06/2025

## TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế cầu bông sơn 2, thị xã Hoài Nhơn, tỉnh Bình Định

Sinh viên thực hiện: Mai Thượng Hiền

Số thẻ SV: 111200028      Lớp: 20THXD-1

Đề tài tập trung nghiên cứu và ứng dụng các công cụ hiện đại nhằm tự động hoá quy trình thiết kế cầu, cụ thể là thiết kế kết cấu bằng phần mềm Middelas Civil, mô hình 3D bằng Bim revit và lập trình bố trí tự động cốt thép DUL dựa vào bảng tọa độ. Trong phạm vi đồ án, Middelas Civil được sử dụng để mô hình hóa, tính toán nội lực, phân tích kết cấu và xác định nhu cầu cốt thép của kết cấu bản mặt cầu.

Mục tiêu chính của đề tài là xây dựng một quy trình làm việc khép kín, kết nối dữ liệu giữa phần mềm phân tích kết cấu và mô hình BIM, từ đó rút ngắn thời gian thiết kế, tăng tính chính xác và đồng bộ giữa mô hình tính toán và mô hình thi công. Kết quả đạt được là một công cụ hỗ trợ kỹ sư bố trí tự động cốt thép trong Revit dựa trên tọa độ các điểm và các điều kiện đầu vào, giúp giảm thiểu thao tác thủ công và nâng cao hiệu quả làm việc.

Đề tài có ý nghĩa thực tiễn cao, phù hợp với xu hướng ứng dụng BIM và tự động hóa trong lĩnh vực thiết kế công trình giao thông hiện đại.

Với thời gian thực hiện đồ án 15 tuần với khối lượng tính toán lớn, số lượng bản vẽ phải triển khai nhiều, bản thân em kiến thức ít ỏi nên việc sai sót và kinh nghiệm có thể không sát với thực tế nên rất mong nhận được sự góp ý từ các thầy cô và các bạn để em có thể hoàn thiện đồ án một cách tốt nhất có thể. Em xin chân thành cảm ơn.

### *Lời cảm ơn*

5 năm học tại trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng không chỉ là những năm tháng tích lũy kiến thức chuyên môn mà còn là khoảng thời gian em học được rất nhiều bài học về sự kiên trì, tinh thần làm việc nhóm, và kỹ năng giải quyết vấn đề.

Những trải nghiệm đó sẽ là hành trang quý giá giúp em vững bước trên con đường sự nghiệp phía trước. Em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến các thầy cô giáo trong khoa Xây Dựng Công Trình Thủy đã tận tình giảng dạy, truyền đạt kiến thức chuyên môn cũng như những kinh nghiệm thực tiễn quý giá. Những bài giảng và sự hướng dẫn của các thầy cô là nền tảng vững chắc giúp tôi hoàn thành đề án tốt nghiệp này.

Đặc biệt em xin gửi lời cảm ơn đến thầy TS. Nguyễn Ngọc Hậu đã luôn kiên nhẫn, hỗ trợ và chỉ bảo em trong suốt quá trình thực hiện đề án tốt nghiệp này. Những kiến thức quý báu và những lời khuyên của thầy cô đã giúp em hoàn thiện đề án một cách tốt nhất. Em cũng xin cảm ơn các thầy cô đã tạo ra một môi trường học tập năng động và đầy cảm hứng, giúp em phát triển và nâng cao kiến thức chuyên môn. Cảm ơn trường đã cung cấp các cơ hội nghiên cứu và thực hành, giúp em hoàn thiện kỹ năng và kiến thức của mình. Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến tất cả các thầy cô trong trường, vì sự nhiệt huyết và tận tâm của các thầy cô đã góp phần vào sự thành công của em hôm nay. Cuối cùng, em xin cảm ơn các thầy đã đồng hành và hỗ trợ em trong suốt quá trình học tập.

## LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT

Tôi xin cam đoan rằng, đồ án tốt nghiệp với đề tài: “ Thiết kế cầu Bông Sơn 2, thị xã Hoà Nhon, tỉnh Bình Định ” là công trình nghiên cứu khoa học độc lập của cá nhân tôi. Các số liệu, kết quả, hình ảnh, bản vẽ và nội dung trình bày trong đồ án là trung thực, có nguồn gốc rõ ràng và chưa từng được sao chép hay sử dụng trái phép từ bất kì công trình nào khác.

Tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm trước hội đồng chấm đồ án và nhà trường về tính trung thực, liêm chính học thuật của đồ án này. Trong trường hợp phát hiện có hành vi gian lận, sao chép hoặc vi phạm bản quyền, tôi xin hoàn toàn chịu mọi hình thức xử lý theo quy định của nhà trường và pháp luật hiện hành.

Toi xin trân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của thầy TS. Nguyễn Ngọc Hậu, cùng sự hỗ trợ của quý thầy cô trong bộ môn và bạn bè đã giúp đỡ tôi trong quá trình thực hiện đồ án.

Đà Nẵng, ngày ... tháng ... năm 2025

Sinh viên thực hiện

Mai Thượng Hiền

## MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	vii
DANH MỤC BẢNG.....	x
DANH MỤC HÌNH.....	xii
<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH CẦU QUA SÔNG.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Giới thiệu vị trí, quy mô và nhiệm vụ của công trình .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Vị trí của công trình: .....	1
1.1.2. Quy mô công trình:.....	2
1.1.3. Nhiệm vụ của công trình:.....	2
<b>1.2. Sự cần thiết phải đầu tư, thời gian xây dựng để đưa vào vận hành: .....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Thực trạng giao thông:.....	4
1.2.2. Sự cần thiết phải đầu tư: .....	4
1.2.3. Thời gian xây dựng để đưa vào vận hành: .....	5
<b>1.3. Đặc điểm tự nhiên nơi xây dựng cầu: .....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Địa hình.....	6
1.3.2. Khí hậu.....	6
1.3.3. Thủy văn:.....	7
1.3.4. Địa chất:.....	8
1.3.5. Điều kiện cung cấp nguyên vật liệu:.....	8
<b>CHƯƠNG 2: ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN CẦU QUA SÔNG.....</b>	<b>9</b>
2.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật:.....	9
2.2. Giải pháp kết cấu: .....	9
<b>CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN SƠ BỘ PHƯƠNG ÁN CHÍNH .....</b>	<b>12</b>
3.1. Sơ bộ kết cấu:.....	12
3.1.1. Kết cấu phần trên: .....	13
3.1.2. Kết cấu phần dưới.....	14
3.2. Tính toán kết cấu nhịp:.....	14
3.2.1. Kích thước cơ bản của nhịp cầu chính.....	14
3.3. Tính toán trụ tháp:.....	18
3.4. Tính toán thân trụ chính. ....	19
<b>CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN CHÍNH</b>	<b>22</b>

<b>4.1. Tải trọng các giai đoạn:</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1.1. Tĩnh tải:</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1.2. Hoạt tải:</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2. Tính toán và bố trí cốt thép:</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2.1. Vật liệu chế tạo dầm:</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2.2. Nguyên tắc tính toán và bố trí cốt thép:</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2.3. Bố trí cốt thép và kiểm tra trong giai đoạn thi công theo điều kiện chịu uốn:</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2.4. Tính toán và bố trí cốt thép mặt cắt đỉnh trụ</b> .....	<b>34</b>
<b>4.3. Tính toán mất mát ứng suất:</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.1. Mất mát do ma sát: (Theo 5.9.5.2.2b)</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.2. Mất mát do thiết bị neo: (Theo điều 5.9.5.2)</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.3. Mất mát do co ngấn đàn hồi:(5.9.5.2.3b)</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3.4. Mất mát do co ngót: (5.9.5.4.2)</b> .....	<b>56</b>
<b>4.3.5. Mất mát do từ biến: (5.9.5.4.3)</b> .....	<b>56</b>
<b>4.3.6. Mất mát do tự chùng của cốt thép DƯL: (5.9.5.4.4)</b> .....	<b>57</b>
<b>4.3.7. Kiểm tra các giới hạn cốt thép:</b> .....	<b>58</b>
<b>4.4. Tính toán bản mặt cầu:</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4.1. Cấu tạo bản mặt cầu:</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4.2. Cấu tạo các lớp áo đường, lan can:</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4.3. Nguyên tắc tính toán bản mặt cầu:</b> .....	<b>61</b>
<b>4.4.4. Tính toán nội lực bản mặt cầu:</b> .....	<b>62</b>
<b>4.4.5. Tính toán và bố trí cốt thép bản mặt cầu:</b> .....	<b>65</b>
<b>4.4.6. Duyệt mặt cắt chịu uốn theo THGH CD1:</b> .....	<b>68</b>
<b>4.4.7. Duyệt mặt cắt gối chịu cắt theo THGH CD1:</b> .....	<b>69</b>
<b>4.4.8. Kiểm toán khả năng chống nứt của bản mặt cầu:</b> .....	<b>70</b>
<b>4.5. Tính duyệt cáp văng:</b> .....	<b>71</b>
<b>4.6. Tính toán thiết kế tháp trụ</b> .....	<b>77</b>
<b>4.6.1. Cấu tạo tháp trụ</b> .....	<b>77</b>
<b>4.6.2. Tải trọng tác dụng lên mặt cắt đáy bộ tháp</b> .....	<b>78</b>
<b>CHƯƠNG 5: ỨNG DỤNG TIN HỌC VÀO THIẾT KẾ TÍNH TOÁN</b> .....	<b>84</b>

---

<b>5.1. Ứng dụng Midas civil vào thiết kế tính toán:.....</b>	<b>86</b>
<b>5.2. Lập trình bố trí tự động cốt thép DUL dựa vào bảng tọa độ.....</b>	<b>148</b>

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 2. 1: So sánh các phương án cầu.....	10
Bảng 4. 1: Mômen theo các trạng thái giới hạn sơ đồ đúc hẫng chưa có cáp. ....	26
Bảng 4. 2: Mômen theo các trạng thái giới hạn sơ đồ đúc hẫng tối đa .....	26
Bảng 4. 3: Mômen theo các trạng thái giới hạn giai đoạn hợp long. ....	27
Bảng 4. 4: lực căng của cáp văng giai đoạn sử dụng. ....	28
Bảng 4. 5: Tổng hợp mômen do tĩnh tải giai đoạn II. ....	28
Bảng 4. 6: Tổng hợp mômen do hoạt tải. ....	31
Bảng 4. 7: Tổ hợp nội lực .....	31
Bảng 4. 8: Thông số của mặt cắt sau quy đổi.....	35
Bảng 4. 9: Tính toán cốt thép.....	36
Bảng 4. 10: Tính toán cốt thép.....	38
Bảng 4. 11: Tính toán cốt thép .....	40
Bảng 4. 12: Duyệt các mặt cắt. ....	43
Bảng 4. 13: kết quả lực cắt tại các mặt cắt từ mc S0 đến mc S15.....	44
Bảng 4. 14 tổng hợp nội lực trong cáp văng giai đoạn thi công: .....	74
Bảng 4. 15: Tổ hợp nội lực theo các THGH .....	79
Bảng 4. 16: Tổ hợp nội lực thiết kế.....	79
Bảng 4. 17: Sức chịu tải của cọc theo vật liệu. ....	80
Bảng 4. 18: Số liệu địa chất khảo sát tại khu vực thi công cọc khoan nhồi. ....	80
Bảng 4. 19: Sức chịu tải của cọc theo đất nền tại thân cọc. ....	82
Bảng 4. 20: Sức chịu tải của cọc theo đất nền tại mũi cọc.....	82
Bảng 5. 1: các bước thi công đốt K0.....	114
Bảng 5. 2: các bước thi công đốt K1.....	116
Bảng 5. 3: các bước thi công đốt K2.....	117
Bảng 5. 4: các bước thi công đốt K3.....	119
Bảng 5. 5: các bước thi công đốt K4.....	120
Bảng 5. 6: các bước thi công đốt K5.....	122
Bảng 5. 7: các bước thi công đốt K6.....	123
Bảng 5. 8: các bước thi công đốt K7.....	125
Bảng 5. 9: các bước thi công đốt K8.....	126
Bảng 5. 10: các bước thi công đốt K9.....	128
Bảng 5. 11: các bước thi công đốt K10 .....	129
Bảng 5. 12: các bước thi công đốt K11.....	131
Bảng 5. 13: các bước thi công đốt K12.....	132
Bảng 5. 14: các bước thi công đốt K13 .....	134

Bảng 5. 15: các bước thi công đôt K14.....	135
Bảng 5. 16: các bước thi công đôt K15.....	137
Bảng 5. 17: các bước thi công đôt hợp long nhịp biên.....	138
Bảng 5. 18: các bước thi công đôt hợp long nhịp giữa. ....	140

## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1: Vị trí cầu Bông Sơn tỉnh Bình Định.....	1
Hình 1.2: Biểu đồ lượng mưa trung bình các tháng huyện Bông Sơn. ....	7
Hình 3.1: Trắc dọc toàn cầu extradosed. ....	13
Hình 3.2: chia đốt cho dầm. ....	16
Hình 3.3: Mặt cắt dầm tại đỉnh trụ (S0). ....	16
Hình 3.4: Mặt cắt dầm tại S1 ....	16
Hình 3.5: Mặt cắt dầm từ S2 đến S16 ....	17
Hình 3.6: Hình ảnh 3D của đốt hợp long ....	17
Hình 3.7: Hình ảnh 3D của đốt K5 ....	17
Hình 3.8: Hình chiếu đứng, cạnh và hình 3D của tháp trụ.....	19
Hình 3.9: Mặt bằng bố trí cọc của đài móng.....	20
Hình 3.10: Hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh của thân trụ chính.....	21
Hình 3.11 : Hình ảnh 3D của thân trụ chính.....	21
Hình 4.1: Lực căng dây cáp. ....	22
Hình 4.2: Lan can tay vịn và làn người đi bộ.....	23
Hình 4.3: Lớp phủ mặt cầu.....	23
Hình 4.4: Tải trọng tĩnh tải giai đoạn II ....	24
Hình 4.5: Mô hình hoá trên Midas Civil.....	25
Hình 4.6: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phần cánh hẫng chưa có cáp văng.....	25
Hình 4.7: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phần đúc hẫng tối đa.....	26
Hình 4.8: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phần hợp long.....	27
Hình 4.9: Tĩnh tải giai đoạn II.....	27
Hình 4.10: Biểu đồ mômen giai đoạn II.....	28
Hình 4.11: Đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt đỉnh trụ.....	29
Hình 4.12: ĐAH lực cắt tại mặt cắt đỉnh trụ ....	30
Hình 4.13: ĐAH mômen tại mặt cắt giữa nhịp. ....	30
Hình 4.14: Đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt cắt giữa nhịp ....	30
Hình 4.15: Đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt L/4. ....	30
Hình 4.16: ĐAH lực cắt tại mặt cắt L/4. ....	30
Hình 4.17: Bố trí cốt thép DUL mặt cắt S0 và hợp long.....	42
Hình 4.18: Biểu đồ đường bao lực cắt. ....	44
Hình 4.19: Thông số của mặt cắt sau quy đổi. ....	45
Hình 4.20: Mặt cắt tháp trụ ....	78

Hình 5. 1: Khai báo vật liệu bê tông dầm.	86
Hình 5. 2: khai báo vật liệu tháp.	86
Hình 5. 3: khai báo vật liệu dây cáp văng.	87
Hình 5. 4: Khai báo mặt cắt S0.	87
Hình 5. 5: Khai báo mặt cắt hợp long.	88
Hình 5. 6: Khai báo mặt cắt chuyển đổi (đốt K0).	88
Hình 5. 7: Khai báo mặt cắt chuyển đổi. (đốt hợp long).	89
Hình 5. 8: toạ độ các nút của đốt dầm.	89
Hình 5. 9: Triển khai các mặt cắt dầm. (đốt K0)	90
Hình 5. 10: Đốt K1.	91
Hình 5. 11: Đốt hợp long giữa.	91
Hình 5. 12: Đốt hợp long trái và phải.	92
Hình 5. 13: Tổng thể các đốt dầm. (từ K0 đến hợp long)	92
Hình 5. 14: Triển khai các mặt cắt thân trụ.	93
Hình 5. 15: Toạ độ các nút của thân trụ.	93
Hình 5. 16: toạ độ các node tháp trụ.	94
Hình 5. 17: Triển khai các mặt cắt tháp trụ.	94
Hình 5. 18: Toạ độ các nút cáp văng.	95
Hình 5. 19: Triển khai mặt cắt cáp văng.	95
Hình 5. 20: Tổng thể cầu.	96
Hình 5. 21: Khai báo điều kiện biên tại đáy bộ trụ. (boundary)	96
Hình 5. 22: Khai báo điều kiện biên 1.( boundary)	97
Hình 5. 23: Khai báo điều kiện biên 2.(boundary)	97
Hình 5. 24: Khai báo điều kiện biên của đỉnh trụ.(elastic link)	98
Hình 5. 25: Khai báo điều kiện biên của cáp văng với các đốt dầm. (rigid link)	98
Hình 5. 26: Khai báo điều kiện biên của cáp văng với tháp trụ. (rigid link)	99
Hình 5. 27: Các loại tải trọng cần thiết.	99
Hình 5. 28: Khai báo tải trọng bản thân.	100
Hình 5. 29: Tải trọng giai đoạn thi công.	100
Hình 5. 30: Tải trọng giai đoạn 2.	101
Hình 5. 31: Lực căng cáp văng giai đoạn thi công.	101
Hình 5. 32: Tải trọng DW.	102
Hình 5. 33: Tải trọng bê tông ướt.	102
Hình 5. 34: Tải trọng xe đúc.	103
Hình 5. 35: Group các đốt dầm.	103
Hình 5. 36: Group trụ 1 và 2.	104
Hình 5. 37: Group các cáp văng trụ 1 và trụ 2.	104
Hình 5. 38: Làn xe chạy.	105

Hình 5. 39: Lane người đi bộ.	105
Hình 5. 40: Khai báo xe 2 trục.	106
Hình 5. 41: Khai báo xe 3 trục	107
Hình 5. 42: Khai báo 2 xe 3 trục cách nhau 15 m.	107
Hình 5. 43: Khai báo tải trọng lane.	108
Hình 5. 44: Khai báo tải trọng người đi bộ.	108
Hình 5. 45: Khai báo lớp xe 2 trục.	109
Hình 5. 46: Khai báo lớp xe 3 trục.	109
Hình 5. 47: Khai báo lớp 2 xe 3 trục cách nhau 15m.	110
Hình 5. 48: Khai báo lớp làn.	110
Hình 5. 49: Khai báo lớp người đi bộ.	111
Hình 5. 50: Khai báo lớp tải trọng xe 2 trục.	111
Hình 5. 51: Khai báo lớp tải trọng xe 3 trục.	112
Hình 5. 52: Khai báo lớp tải trọng 2 xe 3 trục cách nhau 15m.	112
Hình 5. 53: Khai báo lớp tải trọng làn.	113
Hình 5. 54: Khai báo lớp tải trọng người đi bộ.	113
Hình 5. 55: Thi công đốt K0. (đốt trên đỉnh trụ)	114
Hình 5. 56: Thi công đốt K0. (đốt trên đỉnh trụ)	115
Hình 5. 57: Thi công đốt K1.	115
Hình 5. 58: Thi công đốt K1.	116
Hình 5. 59: Thi công đốt K2.	117
Hình 5. 60: Thi công đốt K2.	118
Hình 5. 61: Thi công đốt K3.	118
Hình 5. 62: Thi công đốt K3.	119
Hình 5. 63: Thi công đốt K4.	120
Hình 5. 64: Thi công đốt K4.	121
Hình 5. 65: Thi công đốt K5.	121
Hình 5. 66: Thi công đốt K5.	122
Hình 5. 67: Thi công đốt K6.	123
Hình 5. 68: Thi công đốt K6.	124
Hình 5. 69: Thi công đốt K7.	124
Hình 5. 70: Thi công đốt K7.	125
Hình 5. 71: Thi công đốt K8.	126
Hình 5. 72: Thi công đốt K8.	127
Hình 5. 73: Thi công đốt K9.	127
Hình 5. 74: Thi công đốt K9.	128
Hình 5. 75: Thi công đốt K10.	129
Hình 5. 76: Thi công đốt K10.	130
Hình 5. 77: Thi công đốt K11.	130
Hình 5. 78: Thi công đốt K11.	131

Hình 5. 79: Thi công đốt K12.	132
Hình 5. 80: Thi công đốt K12.	133
Hình 5. 81: Thi công đốt K13.	133
Hình 5. 82: Thi công đốt K13.	134
Hình 5. 83: Thi công đốt K14.	135
Hình 5. 84: Thi công đốt K14.	136
Hình 5. 85: Thi công đốt K15.	136
Hình 5. 86: Thi công đốt K15.	137
Hình 5. 87: Thi công đốt hợp long nhịp biên.	138
Hình 5. 88: Thi công đốt hợp long nhịp biên.	139
Hình 5. 89: Thi công đốt hợp long nhịp giữa.	139
Hình 5. 90: Thi công đốt hợp long nhịp giữa.	140
Hình 5. 91: Biểu đồ mômen sau khi thi công đốt K0. (đốt trên đỉnh trụ)	141
Hình 5. 92: Biểu đồ mômen sau khi thi công đốt K4. ( phần đúc hẫng tối đa)	141
Hình 5. 93: Biểu đồ mômen sau khi thi công đốt K15.	142
Hình 5. 94: Biểu đồ mômen sau khi hợp long nhịp giữa.	142
Hình 5. 95: Khai báo lại tải trọng.	143
Hình 5. 96: Lực căng cáp văng sau khi thi công.	144
Hình 5. 97: Tổ hợp tải trọng.	145
Hình 5. 98: Giao diện khi điều chỉnh nội lực cáp văng.	145
Hình 5. 99: Khai báo điều kiện biên cho các nút.	146
Hình 5. 100: Lực căng sau khi điều chỉnh.	146
Hình 5. 101: Tổ hợp tải trọng sau khi điều chỉnh nội lực cable.	147
Hình 5. 102: Chuyển vị tại các vị trí neo cáp văng.	147
Hình 5. 103: Biểu đồ mômen sau khi điều chỉnh nội lực cáp văng.	147

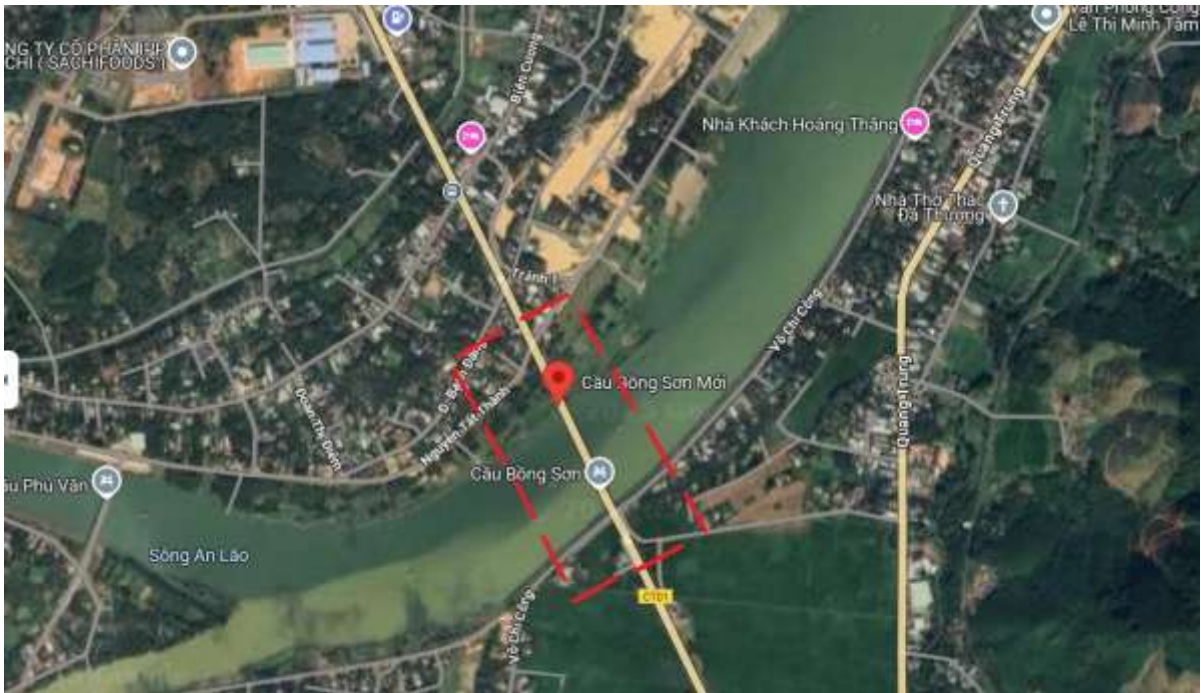
## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH CẦU QUA SÔNG

### 1.1. Giới thiệu vị trí, quy mô và nhiệm vụ của công trình:

#### 1.1.1. Vị trí của công trình:

Thị xã Hoài Nhơn là địa phương đông dân nhất tỉnh, với khoảng 212.000 người (theo thống kê gần đây). Khu vực này có địa hình đồng bằng ven biển, thuận lợi cho phát triển đô thị, thương mại và giao thông.

Khu vực quanh cầu trên đường Quang Trung được định hướng phát triển theo hướng đô thị hóa, trở thành trung tâm kinh tế - dịch vụ của Hoài Nhơn. Hạ tầng giao thông được nâng cấp nhằm kết nối với Quốc lộ 1A, cảng biển và các khu công nghiệp. Ngoài ra, khu vực này cũng chú trọng phát triển dịch vụ - thương mại, đặc biệt là các ngành nghề truyền thống như chế biến hải sản, sản xuất đồ gỗ và du lịch ven sông Lại Giang.



Hình 1.1: Vị trí cầu Bồng Sơn tỉnh Bình Định.

**1.1.2. Quy mô công trình:**

- + Tổng chiều dài cầu khoảng 400 m.
- + Chiều rộng bản mặt cầu 14m, gồm 4 lane xe cơ giới và 2 lane người đi bộ.
- + Kết cấu nhịp chính là dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực, kết hợp với nhịp chuyên là dầm supper T.
- + Tải trọng thiết kế HL-93.
- + Tuổi thọ công trình 100 năm.
- + Hệ số phụ trợ đèn chiếu sáng, lan can tay vịn, khe co giãn, rãnh thoát nước bản mặt cầu.

**1.1.3. Nhiệm vụ của công trình:**

- + Bảo đảm giao thông huyết mạch trên tuyến Quốc lộ 1A

Kết nối thông suốt Bắc – Nam: Cầu nằm trên Quốc lộ 1A – trục giao thông xuyên suốt đất nước, là tuyến vận tải chính từ Hà Nội vào TP. Hồ Chí Minh. Việc xây dựng, nâng cấp cầu giúp duy trì dòng chảy giao thông liên tục, tránh gián đoạn do cầu yếu, hẹp hay xuống cấp.

- + Giảm tải cho các tuyến đường phụ

Trước khi được nâng cấp, khu vực thường xảy ra ùn tắc do cầu cũ hẹp và xuống cấp. Cầu mới với thiết kế hiện đại sẽ phân bổ lại lưu lượng xe, giảm áp lực cho các tuyến đường địa phương như ĐT.630, ĐT.639.

- + Đảm bảo an toàn giao thông, giảm thiểu tai nạn

Tăng khả năng chịu tải và an toàn cho phương tiện: Cầu được thiết kế theo tiêu chuẩn tải trọng HL-93 (AASHTO) hoặc tương đương TCVN, đảm bảo vận hành an toàn cho xe tải nặng, xe container, xe khách liên tỉnh.

- + Tách làn xe và người đi bộ

Mặt cầu rộng, có dải phân cách, làn đi bộ rõ ràng giúp hạn chế xung đột giao thông, giảm nguy cơ tai nạn.

- + Đảm bảo an toàn trong mùa mưa lũ

Với cao độ thiết kế đảm bảo vượt mức nước lũ lịch sử, cầu giúp tránh tình trạng ngập cục bộ, tạo tuyến di chuyển an toàn trong mùa mưa bão.

+ Góp phần phát triển kinh tế – xã hội khu vực

Thúc đẩy thương mại, logistics: Là tuyến nối giữa các khu công nghiệp của tỉnh (như KCN Hoài Nhơn) với các cảng biển (cảng Quy Nhơn), quốc lộ 19, 19B, giúp tiết kiệm chi phí và thời gian vận chuyển.

+ Phát triển đô thị và du lịch

Với vị trí trung tâm của thị xã Hoài Nhơn, cầu tạo động lực mở rộng đô thị phía Bắc sông Lại Giang và khai thác tiềm năng du lịch như biển Hoài Hải, chùa Ông Núi, đầm Trà Ổ.

+ Tạo việc làm và thu nhập

Quá trình thi công và khai thác cầu tạo nhiều việc làm cho lao động địa phương, kích thích hoạt động dịch vụ hậu cần, vận tải và xây dựng.

+ Đáp ứng yêu cầu quy hoạch và phát triển bền vững

Phù hợp với Quy hoạch tổng thể phát triển hạ tầng giao thông tỉnh Bình Định đến 2030: Cầu Bồng Sơn là một trong những hạng mục ưu tiên đầu tư theo định hướng nâng cấp hệ thống kết nối quốc gia, liên kết vùng hiệu quả.

+ Hướng đến giao thông xanh – thông minh

Cầu tích hợp hệ thống đèn LED chiếu sáng tiết kiệm điện, bố trí dải cây xanh hai bên đường dẫn và sử dụng vật liệu thân thiện môi trường trong thi công.

+ Phục vụ quốc phòng – an ninh và cứu hộ cứu nạn

Tăng khả năng cơ động cho lực lượng vũ trang: Trong trường hợp khẩn cấp, cầu là tuyến vận chuyển chiến lược để điều động quân đội, xe chuyên dụng.

+ Đảm bảo tuyến sơ tán và tiếp tế trong thiên tai

Là tuyến ưu tiên cứu hộ, cứu nạn trong mùa mưa bão, cầu đảm bảo việc di tản dân cư và cung cấp hàng hóa cứu trợ nhanh chóng, đặc biệt cho các xã vùng sâu phía Bắc tỉnh.

+ Đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, nâng cao trình độ thi công – thiết kế trong nước

Ứng dụng công nghệ hiện đại: Cầu sử dụng công nghệ dầm hộp dự ứng lực – kỹ thuật tiên tiến trong xây dựng cầu ở Việt Nam, phù hợp với khẩu độ lớn, địa chất phức tạp.

Nâng cao năng lực đội ngũ kỹ sư, công nhân: Là công trình cấp I, cầu Bồng Sơn tạo điều kiện cho đội ngũ trong nước rèn luyện kỹ năng quản lý dự án, tổ chức thi công, ứng dụng tiêu chuẩn quốc tế.

+ Tác động tích cực đến môi trường và cộng đồng

Giảm thiểu khí thải giao thông: Giao thông thông suốt giúp giảm thời gian chờ đợi, tiết kiệm nhiên liệu và giảm lượng khí thải CO<sub>2</sub>, góp phần vào mục tiêu phát triển xanh.

Tăng giá trị đất đai và cải thiện đời sống người dân: Việc hình thành một tuyến cầu hiện đại đã trực tiếp làm tăng giá trị bất động sản và mở ra cơ hội kinh tế cho người dân địa phương.

➤ Tổng kết nhiệm vụ:

Công trình cầu Bồng Sơn đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong phát triển hạ tầng giao thông vùng duyên hải Nam Trung Bộ. Từ góc nhìn kỹ thuật, chiến lược đến kinh tế và môi trường, cầu hội tụ đầy đủ các yếu tố của một công trình tiêu biểu trong giai đoạn công nghiệp hóa – hiện đại hóa, đáp ứng đúng định hướng phát triển quốc gia trong thời kỳ chuyển đổi số và đô thị hóa bền vững.

## 1.2. Sự cần thiết phải đầu tư, thời gian xây dựng để đưa vào vận hành:

### 1.2.1. Thực trạng giao thông:

Thị xã Hoài Nhơn là địa phương đông dân nhất tỉnh, với khoảng 212.000 người (theo thống kê gần đây). Khu vực này có địa hình đồng bằng ven biển, thuận lợi cho phát triển đô thị, thương mại và giao thông.

Khu vực quanh cầu trên đường Quang Trung được định hướng phát triển theo hướng đô thị hóa, trở thành trung tâm kinh tế - dịch vụ của Hoài Nhơn. Hạ tầng giao thông được nâng cấp nhằm kết nối với Quốc lộ 1A, cảng biển và các khu công nghiệp. Ngoài ra, khu vực này cũng chú trọng phát triển dịch vụ - thương mại, đặc biệt là các ngành nghề truyền thống như chế biến hải sản, sản xuất đồ gỗ và du lịch ven sông Lại Giang.

### 1.2.2. Sự cần thiết phải đầu tư:

Cầu Bồng Sơn cũ được xây dựng từ nhiều năm trước, tải trọng thiết kế nhỏ, mặt cầu hẹp (khoảng 5–7 m), chỉ đáp ứng được lượng xe cơ giới nhẹ, không đủ khả năng phục vụ các phương tiện tải trọng lớn hiện nay, cầu bị hư hỏng cục bộ, thường xuyên

phải duy tu bảo dưỡng tốn kém và ảnh hưởng đến lưu thông. Trong mùa mưa lũ, nước sông Lại Giang dâng cao gây nguy cơ ngập lụt, xói mòn móng cầu, tiềm ẩn rủi ro mất an toàn nghiêm trọng, theo thống kê của Sở GTVT tỉnh Bình Định, lưu lượng xe qua tuyến Quốc lộ 1A đoạn qua Hoài Nhơn tăng trung bình từ 6–10%/năm.

Sự phát triển mạnh mẽ của các KCN như KCN Hoài Nhơn, các cụm công nghiệp Phù Mỹ, Bồng Sơn... kéo theo nhu cầu vận tải hàng hóa ngày càng lớn, lưu lượng xe container, xe tải nặng và xe khách liên tỉnh tăng cao, đòi hỏi công trình cầu có tải trọng và mặt cắt ngang phù hợp.

Cầu Bồng Sơn nằm trong quy hoạch tổng thể phát triển hạ tầng giao thông tỉnh Bình Định đến năm 2030, tầm nhìn 2045, theo quyết định của UBND tỉnh và Bộ GTVT. Đây là nút thắt cần tháo gỡ để hoàn thiện trục kết nối từ Quốc lộ 1A đến đường ven biển, cảng biển, sân bay và các vùng lân cận như Gia Lai, Kon Tum. Việc đầu tư cầu mới là bước đi phù hợp với chiến lược xây dựng hạ tầng đồng bộ, hiện đại hóa giao thông, tạo động lực phát triển vùng.

Khu vực Bồng Sơn – Hoài Nhơn nằm trong vùng ảnh hưởng nặng nề bởi bão lũ miền Trung. Việc có một cây cầu kiên cố, chịu được thời tiết khắc nghiệt là yêu cầu cấp bách. Cầu mới không chỉ phục vụ dân sinh mà còn phục vụ quốc phòng, là tuyến ưu tiên khi có tình huống khẩn cấp, thiên tai hoặc quốc phòng an ninh.

### **1.2.3. Thời gian xây dựng để đưa vào vận hành:**

Dự án xây dựng cầu Bồng Sơn được dự kiến hoàn thành trong vòng 720 ngày, với các giai đoạn bao gồm khảo sát, thiết kế, thi công và nghiệm thu. Thời gian xây dựng này đã được tính toán hợp lý nhằm đảm bảo công trình hoàn thành đúng tiến độ, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, chất lượng, an toàn và phù hợp với điều kiện thi công thực tế tại khu vực sông Lại Giang.

Sau khi hoàn tất công tác xây lắp, cầu sẽ được kiểm định và thử tải theo quy định, đồng thời kiểm tra kỹ lưỡng các hạng mục như kết cấu nhịp, móng trụ, khe co giãn, mặt cầu, hệ thống lan can, chiếu sáng và đường dẫn hai đầu cầu. Toàn bộ công tác này nhằm đảm bảo công trình sẵn sàng đưa vào vận hành với mức độ an toàn và độ ổn định cao nhất.

Dự kiến, công trình sẽ được hoàn thành và bàn giao trước ngày 31/12/2025, và chính thức đưa vào khai thác sử dụng trong quý I năm 2026. Sau khi đưa vào vận hành, cầu Bồng Sơn sẽ góp phần nâng cao năng lực vận tải cho khu vực, đảm bảo lưu

thông suốt trên tuyến Quốc lộ 1A, phục vụ người dân tỉnh Bình Định và các vùng lân cận trong phát triển kinh tế, giao thương và đảm bảo an toàn giao thông.

### 1.3. Đặc điểm tự nhiên nơi xây dựng cầu:

#### 1.3.1. Địa hình:

Khu vực xây dựng cầu Bồng Sơn nằm trên địa bàn thị trấn Bồng Sơn, huyện Hoài Nhơn, tỉnh Bình Định. Cầu bắc qua sông Lại Giang – một trong những con sông lớn nhất khu vực phía Bắc tỉnh Bình Định. Địa hình khu vực mang đặc điểm điển hình của vùng trung du ven biển miền Trung Việt Nam.

##### ➤ Đặc điểm địa hình:

Khu vực chủ yếu là địa hình đồng bằng thấp ven sông, xen kẽ các gò đồi thấp phía Tây Bắc. Cao độ địa hình dao động trung bình từ +2,0 m đến +6,5 m so với mực nước biển. Sông Lại Giang chảy từ Tây sang Đông, lòng sông rộng trung bình khoảng 90–120 m, hai bờ có bãi bồi và lớp đất yếu dày, thường xuyên chịu ảnh hưởng của dòng chảy thay đổi theo mùa. Khu vực bờ Bắc cầu có nền đất yếu, chủ yếu là lớp bùn sét pha cát, độ chặt thấp, cần có giải pháp xử lý móng phù hợp.

##### ➤ Ý nghĩa đối với thiết kế công trình:

Địa hình bằng phẳng thuận lợi cho thi công, đặc biệt là đường dẫn hai đầu cầu. Tuy nhiên, việc thi công móng trụ cầu cần tính toán đến khả năng xói lở bờ sông và sạt trượt trong mùa mưa lũ. Đề xuất sử dụng móng cọc khoan nhồi có chiều sâu xuyên qua lớp đất yếu, kết hợp tường chắn hoặc kè gia cố bảo vệ bờ sông.

#### 1.3.2. Khí hậu.

Khu vực Hoài Nhơn nói chung và thị trấn Bồng Sơn nói riêng nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, chia làm hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô.

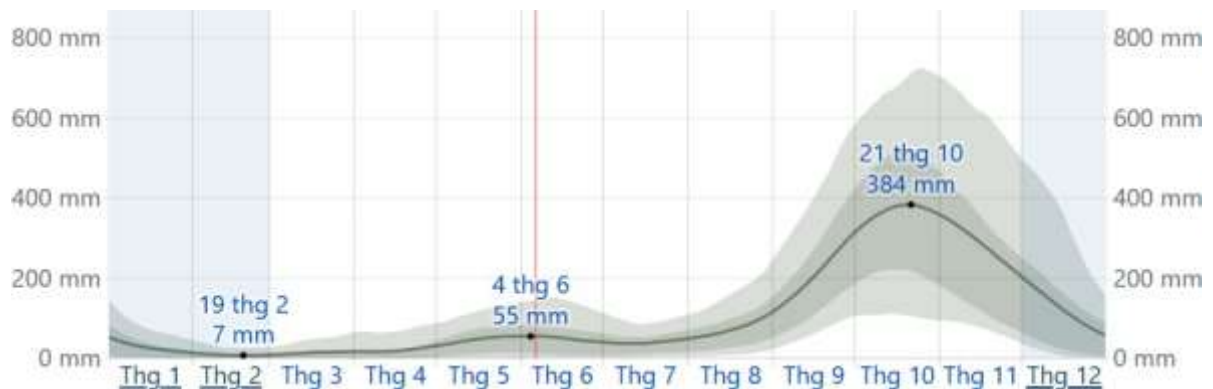
##### ➤ Thông số khí hậu cơ bản:

- + **Nhiệt độ trung bình năm:** 26 – 27°C
- + **Nhiệt độ cao nhất (tháng 6–8):** ~37°C
- + **Nhiệt độ thấp nhất (tháng 12–2):** ~17°C
- + **Lượng mưa trung bình năm:** 2.200 – 2.800 mm
- + **Mùa mưa:** Tháng 9 đến tháng 12, thường kèm theo bão và áp thấp nhiệt đới
- + **Mùa khô:** Tháng 1 đến tháng 8, nắng nóng kéo dài

+ Hướng gió chủ đạo: Đông Bắc vào mùa khô, Tây Nam vào mùa mưa

➤ Ảnh hưởng đến công trình:

Mùa mưa kéo dài và mưa lớn có thể gây cản trở tiến độ thi công, nhất là các hạng mục dưới nước như móng trụ cầu. Nhiệt độ cao vào mùa khô cần được lưu ý khi thi công bê tông để tránh nứt do nhiệt độ, mất nước nhanh. Gió mạnh cần được tính toán trong thiết kế lan can, khe co giãn và các kết cấu phụ trợ.



Hình 1. 2: Biểu đồ lượng mưa trung bình các tháng huyện Bông Sơn.

### 1.3.3. Thủy văn:

Sông Lại Giang là con sông lớn, chảy qua khu vực dự kiến xây dựng cầu. Thủy văn sông chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi chế độ mưa theo mùa và địa hình thượng nguồn.

➤ **Thông số thủy văn chính:**

- + **Lưu vực sông:** ~500 km<sup>2</sup>
- + **Chiều dài sông:** ~60 km
- + **Lưu lượng trung bình:** 15 – 30 m<sup>3</sup>/s
- + **Lưu lượng cực đại (mùa mưa):** > 500 m<sup>3</sup>/s
- + **Mực nước dâng cao nhất ghi nhận:** +5,2 m (so với mực nước biển)
- + **Tốc độ dòng chảy mùa lũ:** 1,5 – 2,0 m/s
- + **Mực nước kiệt mùa khô:** ~+1,2 m

➤ **Ảnh hưởng đến công trình:**

Dòng chảy mạnh và thay đổi lớn giữa các mùa đòi hỏi kết cấu nhịp có chiều dài phù hợp để đảm bảo thoát lũ. Thiết kế móng, trụ cần được bảo vệ bằng kè chắn, tường đá hộp hoặc gabion nhằm chống xói mòn nền móng. Khả năng xuất hiện lũ quét hoặc nước

dâng đột ngột do mưa lớn thượng nguồn cần được đưa vào tính toán an toàn cho kết cấu công trình.

#### 1.3.4. Địa chất:

Khu vực ven sông chủ yếu là đất pha cát và phù sa, độ ổn định không cao, trong quá trình khảo sát đã tiến hành khoan thăm dò địa chất và xác định được các lớp địa chất như sau:

- Lớp 1: Lớp bùn, sét pha cát (phù sa bồi tích) dày khoảng 2 - 5m, mềm yếu, dễ bị xói lở do dòng chảy.

- Lớp 2: Lớp cát mịn, cát pha sét dày từ 5 - 10m, có độ ổn định trung bình, có thể chịu lực nhưng cần gia cố móng.

- Lớp 3: Lớp đất sét bùn kết chặt dày 10 - 15m, có sức chịu tải khá tốt, thường là tầng đặt móng sâu.

- Lớp 4: Lớp đá gốc (đá phong hóa hoặc đá cứng) nằm ở độ sâu 20 - 30m, có khả năng chịu lực cao, thường được sử dụng làm nền móng chính cho các trụ cầu.

- Do địa chất yếu ở tầng trên, việc thi công cầu thường cần gia cố móng bằng cọc khoan nhồi hoặc cọc bê tông cốt thép để đảm bảo an toàn và độ bền của công trình.

#### 1.3.5. Điều kiện cung cấp nguyên vật liệu:

➤ Nguồn cung địa phương:

– Cát, đá và xi măng:

+ Bình Định có mỏ cát, đá xây dựng nhưng phải đảm bảo công tác quản lý và khai thác theo dự án phát triển vật liệu giai đoạn 2021–2030: mỗi cơ sở đạt tối thiểu 50.000 m<sup>3</sup>/năm.

+ Phải kiểm tra trữ lượng mỏ, giấy phép khai thác và chất lượng vật liệu (độ sạch, kích thước hạt, độ ẩm...).

– Nhà sản xuất cốt thép, cấp DUL:

+ Cần lựa chọn nhà máy hoặc nhà phân phối có đủ cam kết về sản lượng, chứng chỉ, đảm bảo giao hàng theo tiến độ.

## CHƯƠNG 2: ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN CẦU QUA SÔNG

### 2.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật:

- Quy mô xây dựng: 100 năm.
- Tải trọng: Đoàn xe HL-93 và đoàn người 3 kN/m<sup>2</sup>.
- Khổ cầu:  $B = 14 + 2 \times 1,5$  (m).
- Khẩu độ cầu: 400 m.
- Độ dốc ngang: 1%.
- Sông thông thuyền: Cấp II.

### 2.2. Giải pháp kết cấu:

Từ các chỉ tiêu kỹ thuật, điều kiện địa chất, điều kiện thủy văn, khí hậu, căn cứ vào khẩu độ cầu, ... như trên ta có thể đề xuất các loại kết cấu như sau:

- Phương án I: Cầu dây văng nhịp cầu (100x200x100) m.
  - + Ưu điểm:
    - Thẩm mỹ cao.
    - Phù hợp với khẩu độ thông thuyền lớn (>200 m).
    - Đáp ứng yêu cầu về thông thuyền.
  - + Nhược điểm:
    - Kết cấu phức tạp, khó thi công.
    - Chi phí cao.
    - Bảo dưỡng phức tạp và khó khăn hơn các cầu BTCT thông thường.
- Phương án II: Cầu extradosed nhịp chính (75x120x75) m, nhịp dẫn supper T.
  - + Ưu điểm:
    - Thi công đơn giản hơn cầu dây văng.
    - Chi phí thấp hơn cầu dây văng.
    - Giảm chiều cao trụ tháp, phù hợp với cảnh quan nội thành.
  - + Nhược điểm:
    - Khẩu độ thông thuyền không quá lớn (<250 m), nếu muốn vượt nhịp lớn cần phải tăng số nhịp (tăng số lượng trụ ảnh hưởng thông thuyền).

- Bảo dưỡng phức tạp và khó khăn hơn các cầu BTCT thông thường.
- Phương án III: Cầu giàn thép 5 nhịp:  $2 \times 49 + 3 \times 100 = 398$  m
- + Ưu điểm:
- Đẹp thích hợp với cảnh quan đô thị.
  - Có thể vượt nhịp tốt.
  - Đáp ứng tốt yêu cầu về thông thuyền.
- + Nhược điểm:
- Kỹ thuật phức tạp.
  - Thi công cần đòi hỏi biện pháp tổ chức thi công tốt.
- Phương án IV: Cầu dầm hộp liên tục BTCT ĐƯC đúc hẫng.
- + Ưu điểm:
- Độ phổ biến cao, thi công không quá phức tạp.
  - Vật liệu có sẵn, chi phí thấp.
- + Nhược điểm:
- Chiều cao dầm lớn, ảnh hưởng đến thông thuyền.
  - Không tối ưu về mỹ quan thành phố.
- So sánh các phương án và chọn ra phương án tối ưu nhất.

Bảng 2. 1: So sánh các phương án cầu

Tiêu chí	Cầu dây văng	Cầu extradosed	Cầu dầm thép	Cầu đúc hẫng
Vượt nhịp	Tốt	Khá	Tốt	Trung bình
Chi phí	Cao	Trung bình	Cao	Thấp
Thi công	Phức tạp	Trung bình	Khó	Đễ
Mỹ quan	Rất tốt	Tốt	Tốt	Trung bình
Thông thuyền	Rất tốt	Tốt	Rất tốt	Trung bình
Tuổi thọ	Cao	Cao	Cao	Cao

- Kết luận: Lựa chọn phương án cầu extradosed nhịp chính (75x120x75), nhịp dẫn dầm supper T.
  - + Cân bằng giữa các yếu tố kỹ thuật - kinh tế - mỹ quan.
  - + Phù hợp với tải trọng HL93, sông cấp II và khẩu độ cầu lớn.
  - + Chi phí thấp hơn cầu dây văng nhưng vẫn đảm bảo tính mỹ quan và tuổi thọ cao.



### CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN SƠ BỘ PHƯƠNG ÁN CHÍNH

#### 3.1. Sơ bộ kết cấu:

Cầu chính là cầu Extradosed nhịp chính (75×120×75)m, tiết diện hộp thi công bằng phương pháp đúc hẫng cân bằng, chiều cao dầm thay đổi từ 4m tại đỉnh trụ đến 2,4m tại giữa nhịp.

Cầu dẫn là cầu đơn giản nhịp super T 39m. chiều cao nhịp 1.75m

Tổng chiều dài cầu 427.2m

#### ➤ Ưu, nhược điểm của phương án thiết kế cầu extradosed:

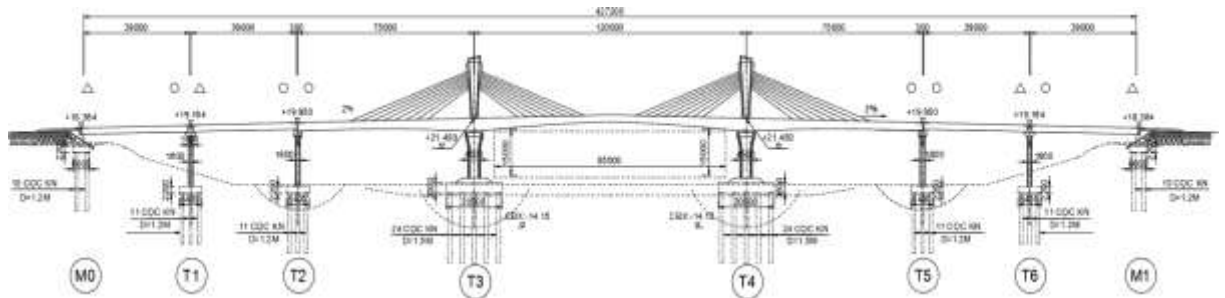
##### – Ưu điểm:

- + Ưu điểm nổi bật của cầu Extradosed( cầu dầm cáp hỗn hợp) là về mặt kết cấu: kết hợp giữa kết cấu của cầu dầm liên tục và cầu dây văng do vậy đã phát huy được ưu điểm của hai loại kết cấu trên. Trên quan điểm kết cấu, cầu dầm cáp hỗn hợp là một dạng đặc biệt của cầu dầm liên tục nhịp lớn được bố trí thêm cáp văng làm việc chịu kéo dọc theo chiều dài dầm để tăng cường khả năng chịu lực của toàn cầu cũng như vượt được khẩu độ lớn hơn. Kích thước dầm nhỏ hơn phương án 1 do đó kết cấu đỡ nặng nề hơn. Chiều dài của cáp văng ngắn, giảm được sự dao động của cáp văng do tải trọng gió do đó giảm ứng suất mỏi trong cáp văng.
- + Sự biến thiên ứng suất trong cáp văng nhỏ, do vậy ứng suất chịu kéo cho phép đối với cáp văng có thể được lấy bằng hoặc nhỏ hơn 60% cường độ giới hạn của cáp cường độ cao.
- + Không cần thiết phải điều chỉnh lực căng trong cáp văng sau khi thi công.
- + Sử dụng kết cấu yên ngựa đặt ở trên đỉnh cột tháp (Pylon) để lắp đặt cáp văng, do đó việc lắp đặt cáp văng rất đơn giản và giảm giá thành nhân công.
- + Hệ thống neo cáp văng có thể sử dụng như hệ thống neo trong cầu dầm cứng. Không nhất thiết phải sử dụng hệ thống neo đất tiền như trong cầu dây văng.
- + Giá thành xây dựng cũng như duy tu bảo dưỡng thấp hơn so với cầu dây văng.
- + Đoạn dầm có chiều cao thay đổi chỉ ở trong phạm vi từ tim trụ đến điểm neo dây đầu tiên, phần dầm còn lại có chiều cao không đổi do vậy thi công sẽ đơn

giản hơn so với dầm cứng có chiều cao thay đổi liên tục khi sử dụng công nghệ đúc hẫng cân bằng.

- + Hình dạng cầu đẹp, phù hợp với cảnh quan thiên nhiên, số trụ ít do đó ít ảnh hưởng đến dòng chảy.
- Nhược điểm:
  - + Công nghệ thi công đòi hỏi nhiều kinh nghiệm với độ phức tạp cao thi công đổ đúc trên đà giáo phức tạp hơn so với phương án 1 và 2 do đó việc kiểm tra chất lượng bê tông khó khăn hơn.

### 3.1.1. Kết cấu phần trên:



Hình 3. 1: Trắc dọc toàn cầu extradosed.

- Dầm liên tục 3 nhịp thi công theo phương pháp đúc hẫng cân bằng nhịp ( $75 \times 120 \times 75$ )m.
- Tiết diện đúc hẫng 3 hộp chiều cao thay đổi.
- Bê tông B45: (Dầm hộp, trụ tháp):
  - +  $f'_c = 45$  (MPA).
  - +  $\gamma_c = 25$  ( $\frac{KN}{m^3}$ ).
  - +  $E_c = 36056.6$  (MPA).
- Cốt thép DUL của hãng VSL theo tiêu chuẩn ASTM grade 270 có chỉ tiêu sau:
  - + Diện tích cốt thép  $A_s = 98.71$  ( $mm^2$ ).
  - + Đường kính danh định  $D = 15.2$  mm.
  - + Giới hạn bền  $f_{pu} = 1860$  (MPA).
  - + Giới hạn chảy  $f_y = 1670$  (MPA).

- + Mô đun đàn hồi  $E_p = 19700$  (MPA).
- + Độ chùng sau 1000 h ở  $200^{\circ}\text{C}$  là 2.5%.
- Neo cáp sử dụng loại neo EC-5-31, EC 5-22 và EC-5-12.
- Cốt thép thường sử dụng loại CB-400V, CB-300:
  - + Giới hạn chảy  $f_y = 400$  (MPA).
  - + Giới hạn bền  $f_u = 570$  (MPA).
  - + Mô đun đàn hồi  $E_s = 20 \times 10^4$  (MPA).
- Cáp dây văng:
  - + Cáp dây văng sử dụng loại 19 tao đường kính 15.7 mm, có độ tự chùng thấp theo tiêu chuẩn NF- A35-035 hoặc tương đương.

### 3.1.2. Kết cấu phần dưới.

- Trụ cầu, xà mũ trụ đỡ tại chỗ cáp bê tông B40
  - + Cường độ chịu nén của bê tông  $f'_c = 40$  (MPA).
  - + Khối lượng riêng  $\gamma_c = 25$  ( $\frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$ ).
  - + Mô đun đàn hồi  $E_p = 34000$  (MPA).
  - + Trụ cầu được liên kết cứng với nhịp dầm tạo thành khung cứng.
  - + Trụ cầu hình thân hẹp, đỡ tại chỗ bê tông B40.
- Cọc khoan nhồi  $D = 1.5$  m,  $D = 1,2$  m, bê trụ:
  - + Cáp bê tông B35.
  - + Cường độ chịu nén của bê tông  $f'_c = 35$  (MPA).
  - + Khối lượng riêng  $\gamma_c = 25$  ( $\frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$ ).
  - + Mô đun đàn hồi  $E_p = 31798.9$  (MPA).
  - + Sử dụng móng cọc đài cao đường kính  $D = 1.5$  m với trụ của nhịp chính,  $D = 1.2$  m với trụ của nhịp dẫn.

## 3.2. Tính toán kết cấu nhịp:

### 3.2.1. Kích thước cơ bản của nhịp cầu chính :

- + Chiều dài nhịp giữa (100 - 200)m chọn  $L = 120$  m.
- + Chiều dài nhịp biên  $(0.3 - 0.7)L = (36 - 84)$ m chọn  $L_{\text{biên}} = 75$  m.

- + Chiều cao của dầm tại mặt cắt đỉnh trụ:

$$H = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{35}\right)L = (3.4 - 4) \text{ m.}$$

⇒ Chọn H = 4 m.

- + Chiều cao dầm tại mặt cắt giữa nhịp.

$$H = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{60}\right)L = (4 - 2) \text{ m.}$$

⇒ Chọn h = 2.4 m.

- + Chiều cao bản mặt cầu tại cuối cánh vút 0.25 m.

- + Chiều cao bản mặt cầu tại vị trí đầu cánh vút 0.5 m.

- + Chiều cao bản mặt cầu tại vị trí giữa nhịp bản 0.5 m.

- + Bề dày sườn dầm tạo đỉnh trụ và vị trí điểm neo 0.7 m.

+ Bề dày bản đáy thay đổi từ 0.9 m đến 0.25 m theo phương trình đường cong parabol.

- + Dãy dầm biến thiên theo phương trình đường cong có phương trình.

$$Y = \frac{H - h}{L^2} * X^2 + h$$

Với: L là khoảng cách từ mép trụ đến giữa nhịp.

X là khoảng cách từ giữa nhịp đến đốt dầm cần tính.

- Phân chia đốt dầm:

Để đơn giản trong quá trình thi công và phù hợp với các thiết bị thi công ta nên chia nhịp dầm thành các đốt có chiều dài cố định như sau:

- + Đốt trên đỉnh trụ d = 6.5 m

- + Đốt hợp long nhịp giữa d = 2m.

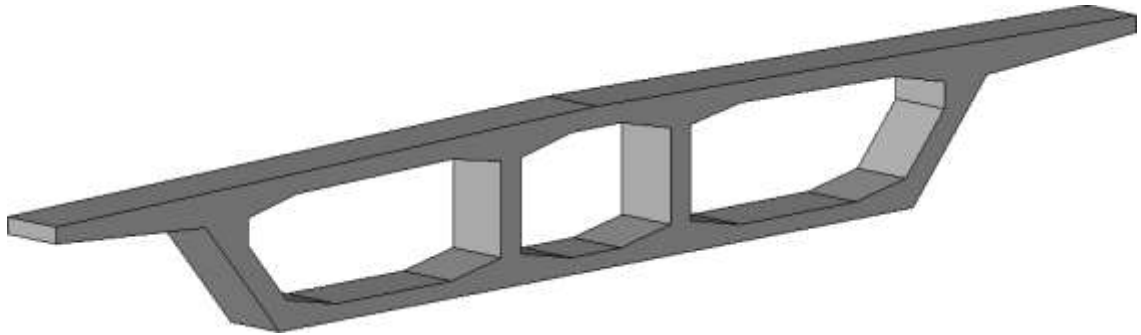
- + Đốt hợp long nhịp biên d = 2m.

- + Số đốt ngắn: n = 3 đốt, chiều dài mỗi đốt d = 3m.

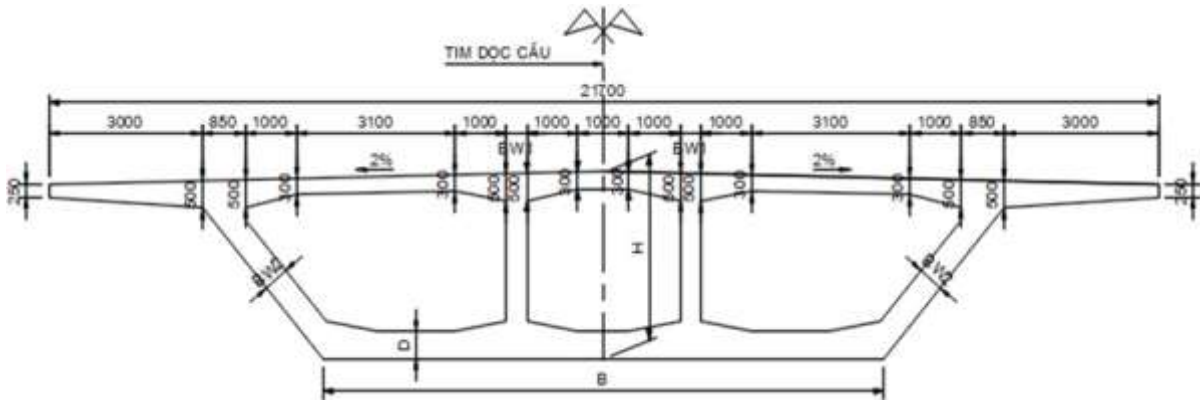
- + Số đốt trung: n = 1 đốt, chiều dài mỗi đốt d = 3.75m.

- + Số đốt dài n = 10 đốt, chiều dài mỗi đốt d = 4m.

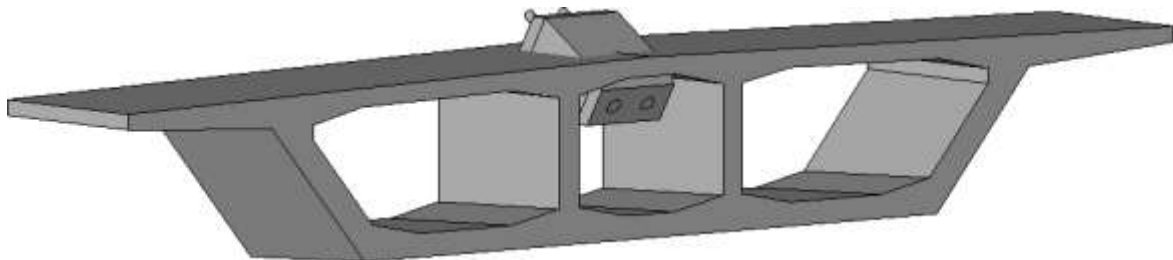




Hình 3. 5: Mặt cắt dầm từ S2 đến S16



Hình 3. 6: Hình ảnh 3D của đốt hợp long



Hình 3. 7: Hình ảnh 3D của đốt K5

Bảng 3.1: Các kích thước cơ bản của các mặt cắt dầm.

Mặt cắt	H (mm)	B (mm)	D (mm)	BW1 (mm)	BW2 (mm)
S2	3682	589	10542	400	500
S3	3453	529	10933	400	500
S4	3246	474	11286	400	500
S5	3062	425	11599	400	500
S6	2901	382	11874	400	500
S7	2720	335	12182	400	450

S8	2580	298	12421	400	450
S9	2480	271	12592	400	450
S10	2420	255	12694	400	450
S11	2400	250	12728	400	450
S12	2400	250	12728	400	400
S13	2400	250	12728	400	400
S14	2400	250	12728	400	400
S15	2400	250	12728	400	400
S16	2400	250	12728	400	400

### 3.3. Tính toán trụ tháp:

– Ta chọn kích thước sơ bộ của tháp trụ theo công thức kinh nghiệm:

+ Chiều cao tháp:  $H_{tr} = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{4}\right) L = (15 \div 30)m.$

+ Chọn  $H_{tr} = 20$  m .

+ Trong đó:

-  $H_{tr}$  là chiều cao của tháp trụ.

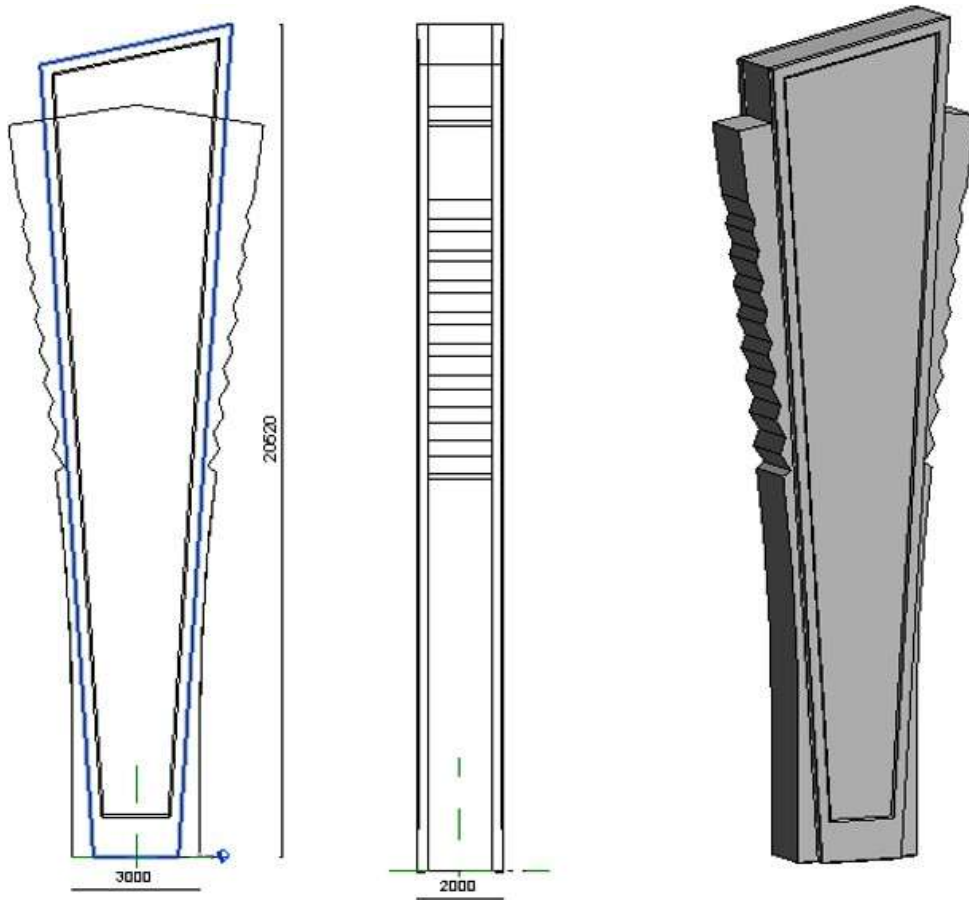
-  $L$  là chiều dài nhịp chính.

+ Chiều dài tháp trụ  $d_{tr} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{20}\right) L = (4 \div 6)m.$

+ Chọn  $d_{tr} = 3$  m.

+ Chiều rộng tháp trụ  $B_{tr} = \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{15}\right) H_{tr} = (1 \div 1.3)m.$

+ Chọn  $B_{tr} = 2m.$



Hình 3. 8: Hình chiếu đứng, cạnh và hình 3D của tháp trụ.

### 3.4. Tính toán thân trụ chính.

- Sử dụng kết cấu trụ chính thay đổi tiết diện theo chiều cao thay vì trụ có tiết diện không thay đổi:
  - + Giúp tiết kiệm vật liệu.
  - + Giảm tải trọng bản thân lên móng.
  - + Tăng hiệu quả chịu lực.
- ❖ Kích thước chung của trụ chính:
  - + Để đảm bảo yêu cầu về khoảng thông thuyền ta chọn chiều cao trụ  $H = 15\text{m}$ .
  - + Bề rộng và dày tại đỉnh trụ  $B_t = 10\text{m}$ ,  $D_t = 6.5\text{m}$ .
  - + Bề rộng và dày tại đáy trụ  $B_d = 6\text{m}$ ,  $D_d = 4.5\text{m}$ .
  - + Chiều cao đoạn vuốt  $H_v = 5\text{m}$  tính trụ đáy xà mũ trụ trở xuống chân trụ.
- ❖ Chọn sơ bộ kích thước đài móng:
  - + Chiều cao đài móng  $H_d = 3.5\text{m}$ .
  - + Mặt bằng đài móng  $(a*b) = 25\text{ m} * 20.5\text{ m}$ .
- ❖ Chọn sơ bộ số lượng cọc:

+ Cọc khoan nhồi đường kính  $D = 1.5 \text{ m}$  chiều dài  $L = 25.5 \text{ m}$ .

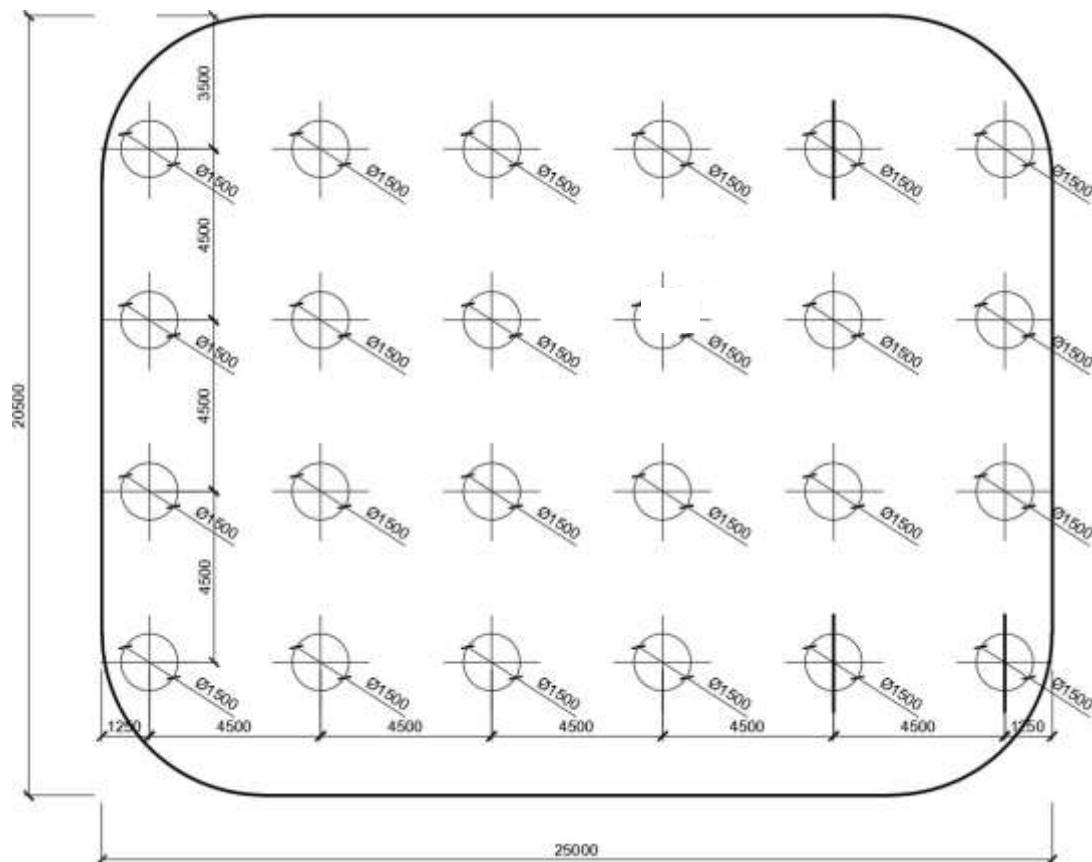
$$n = \frac{N}{R_c * \eta}$$

❖ Trong đó:

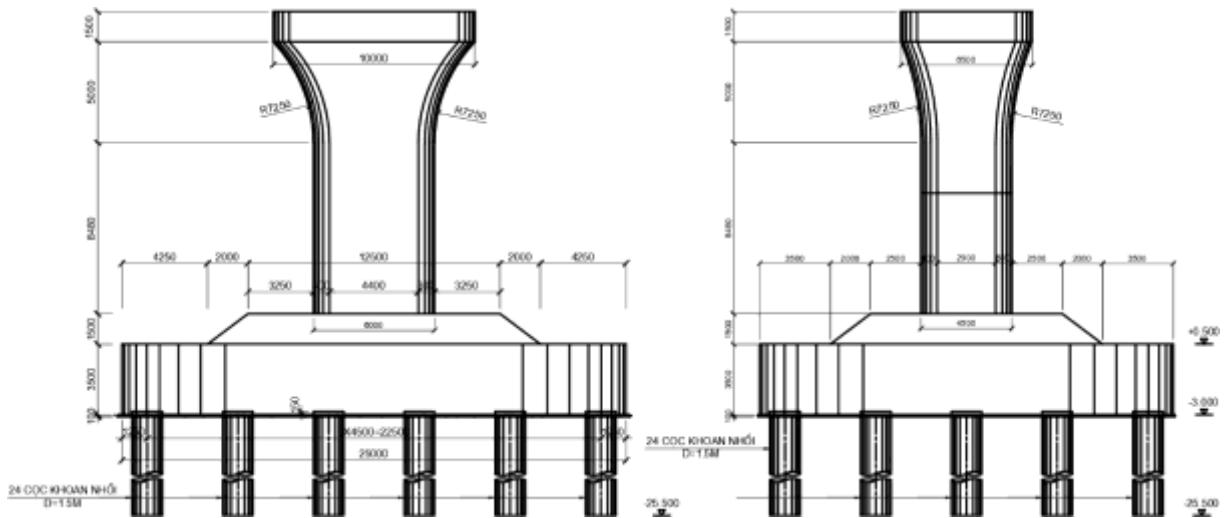
- +  $n$ : Số lượng cọc.
- +  $N$ : Tải trọng tính toán truyền xuống móng.
- +  $R_c$ : Là sức chịu tải thiết kế của cọc (cọc khoan nhồi  $D = 1.5 \text{ m}$   $R_c = 13000 \text{ KN}$ ).
- +  $\eta$ : hệ số sử dụng cọc thừng (0.85 – 0.9).

$$n = \frac{N}{R_c * \eta} = \frac{279600}{13000 * 0.9} = 23.89$$

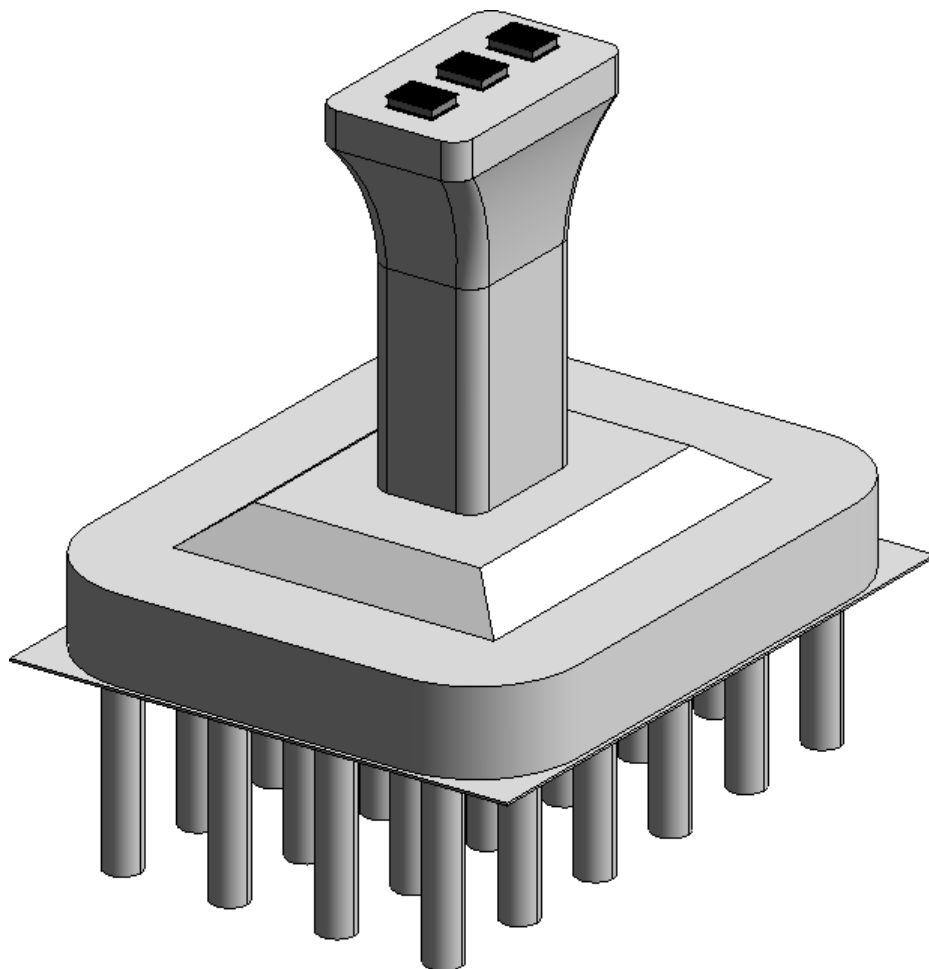
Chọn số cọc  $n = 24$  cọc đường kính  $D = 1.5 \text{ m}$ , chiều dài  $L = 25.5 \text{ m}$ .



Hình 3. 9: Mặt bằng bố trí cọc của đài móng.



Hình 3. 10: Hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh của thân trụ chính.



Hình 3. 11 : Hình ảnh 3D của thân trụ chính.

## CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN CHÍNH

### 4.1. Tải trọng các giai đoạn:

#### 4.1.1. Tĩnh tải:

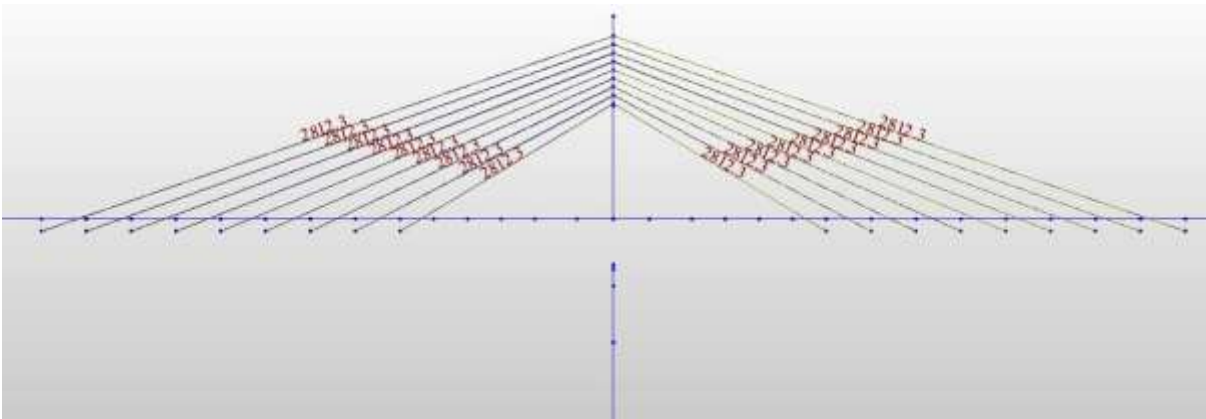
##### ➤ Giai đoạn 1:

- + Tĩnh tải giai đoạn I là trọng lượng bản thân của các dầm từ dầm K0 đến dầm K15 và lực căng cáp.
- + Mỗi dây cáp văng gồm 22 tao 15.2 mm diện tích mỗi dây cáp văng là:

$$A_{cv} = 0.00378 \text{ m}^2.$$

- + Do ứng suất cho phép trong cáp văng là  $(0.6 - 0.65)f_u$  nên dự định căng cáp trong giai đoạn thi công là  $0.4f_u$  vậy lực căng trong mỗi dây cáp văng là.

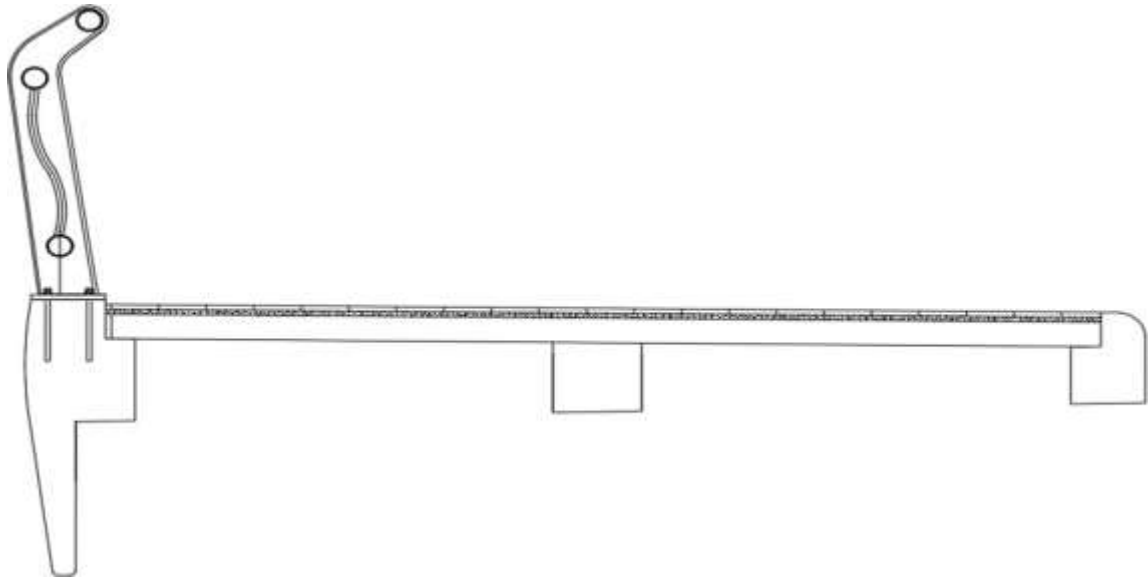
$$P_{cc} = 0.4 * A_{cv} * f_u = 0.4 * 0.00378 * 1860 * 10^3 = 2812.32 \text{ KN}.$$



Hình 4. 1: Lực căng dây cáp.

##### ➤ Giai đoạn 2:

- Tĩnh tải giai đoạn II gồm các thành phần sau:
  - + Trọng lượng lan can tay vịn.
  - + Trọng lượng lớp phủ mặt cầu.
- Trọng lượng lan can tay vịn và làn người đi bộ.

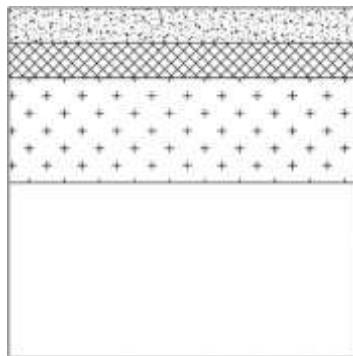


Hình 4. 2: Lan can tay vịn và làn người đi bộ.

$$DW_{lc} = 6 \text{ KN/m.}$$

$$DW_{pl} = 15.2 \text{ KN/m.}$$

- Trọng lợp phủ mặt cầu.



Hình 4. 3: Lớp phủ mặt cầu.

$$+ (1) \text{ Bê tông asphalt dày 50mm: } 0,05 \times 22,5 = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

$$+ (2) \text{ Bê tông xi măng bảo vệ dày 30mm: } 0,03 \times 22,977 = 0,69 \text{ kN/m}^2$$

$$+ (3) \text{ Lớp phòng nước dày 10mm: } 0,01 \times 17,75 = 0,1775 \text{ kN/m}^2$$

$$+ (4) \text{ Lớp mui luyện dày 10mm: } 0,01 \times 22,977 = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$DW_{lpmc} = 2.2225 \text{ KN/m.}$$

- + Tổng tĩnh tải II:

$$DW = 2.963 + 6 + 15.2 + 2.2225 = 26.39 \text{ KN/m.}$$

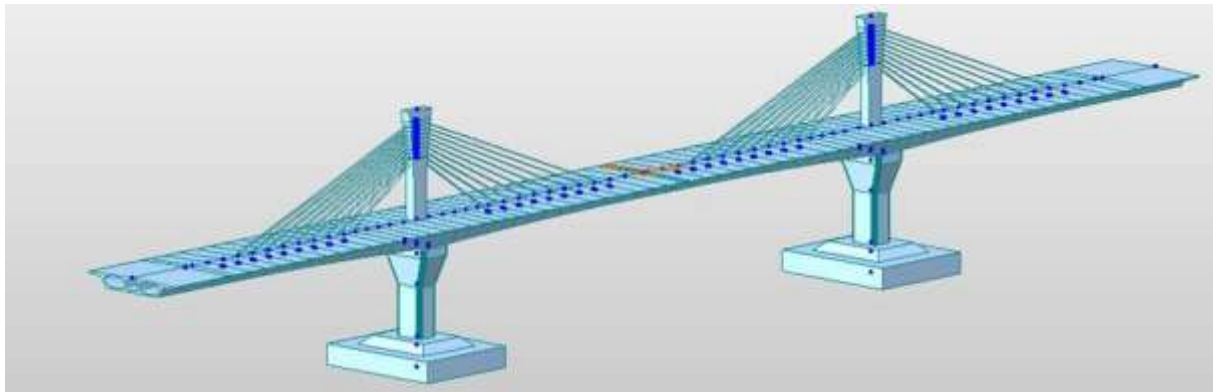


Hình 4. 4: Tải trọng tĩnh tải giai đoạn II.

➤ Trình tự thi công các đốt dầm:

❖ Các bước thi công:

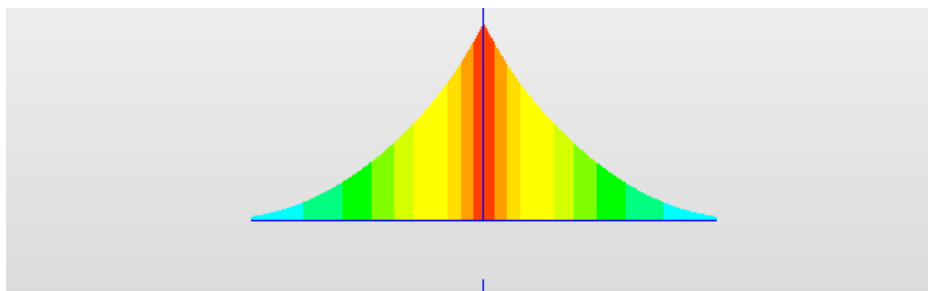
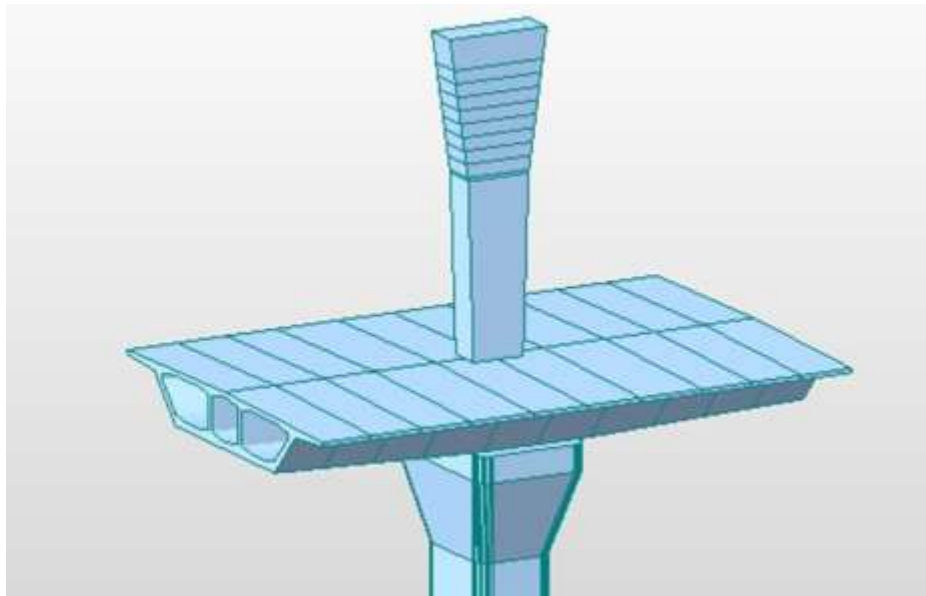
- + Bước 1: Thi công đốt K0 và căng cáp DUL.
- + Bước 2: Thi công đốt K1 và căng cáp DUL.
- + Bước 3: Thi công đốt K2 và căng cáp DUL.
- + Bước 4: Thi công đốt K3 và căng cáp DUL.
- + Bước 5: Thi công đốt K4 và căng cáp DUL.
- + Bước 6: Thi công đốt K5, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 7: Thi công đốt K6, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 8: Thi công đốt K7, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 9: Thi công đốt K8, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 10: Thi công đốt K9, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 11: Thi công đốt K10, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 12: Thi công đốt K11, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 13: Thi công đốt K12, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 14: Thi công đốt K13, lắp cáp văng và căng cáp DUL.
- + Bước 15: Thi công đốt K14 và căng cáp DUL.
- + Bước 16: Thi công đốt K15 và căng cáp DUL.
- + Bước 17: thi công phần hợp long nhịp biên và căng cáp DUL.
- + Bước 18: thi công phần hợp long nhịp giữa và căng cáp DUL.



Hình 4. 5: Mô hình hoá trên Midas Civil.

❖ Nội lực tại mặt cắt đỉnh trụ và giữa nhịp.

+ Sơ đồ 1: Thi công phân cánh hằng không có cáp văng.

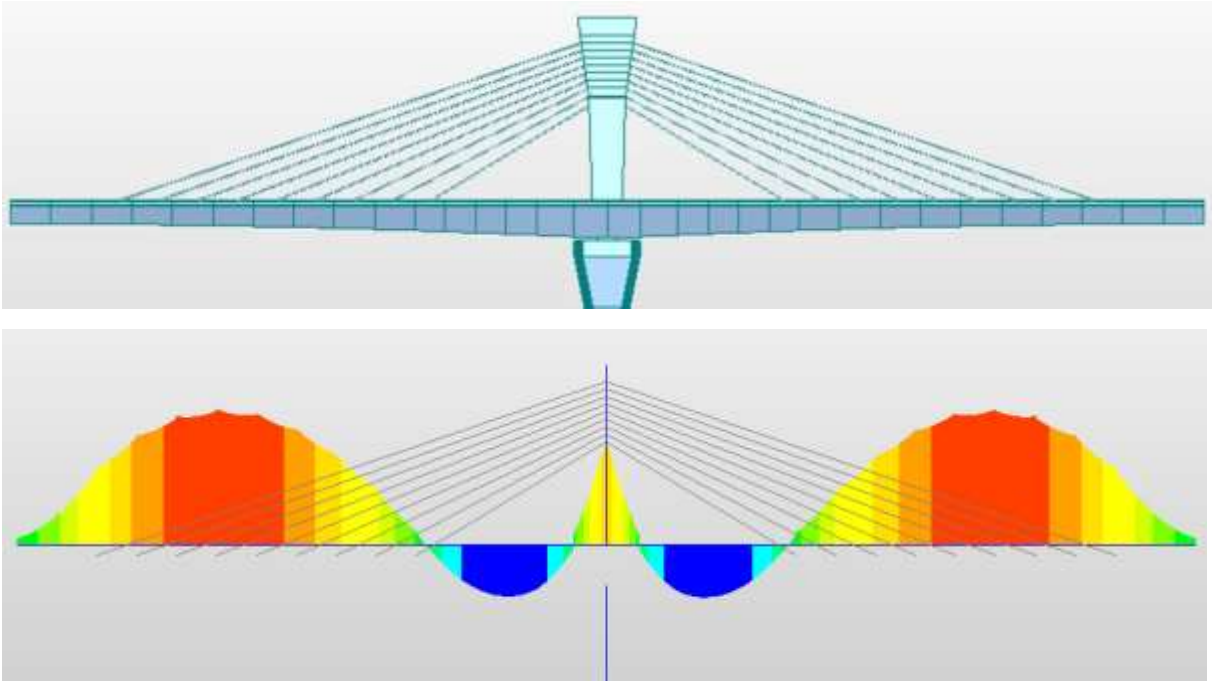


Hình 4. 6: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phân cánh hằng chưa có cáp văng.

Bảng 4. 1: Mômen theo các trạng thái giới hạn sơ đồ đúc hẫng chưa có cáp.

	TTGHCD1 (KN.m)	TTGHSD (KN.m)
M I-I	-103492.75	-82794.2

+ Sơ đồ 2: Thi công phần đúc hẫng tối đa

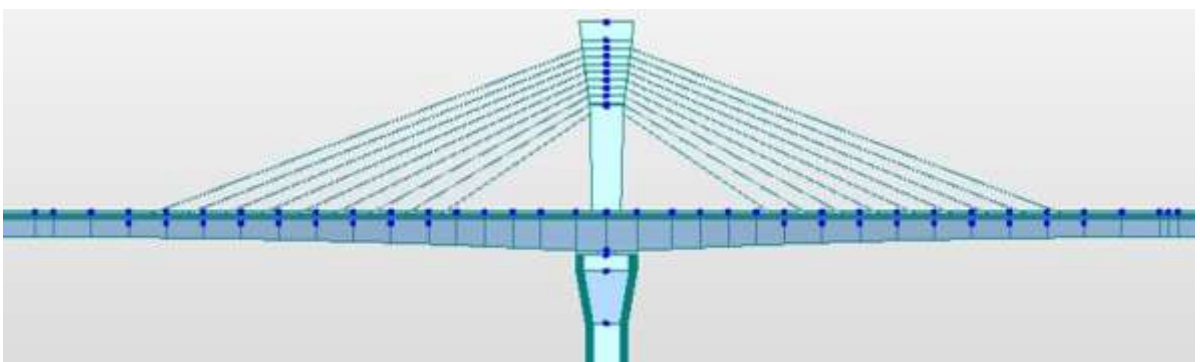


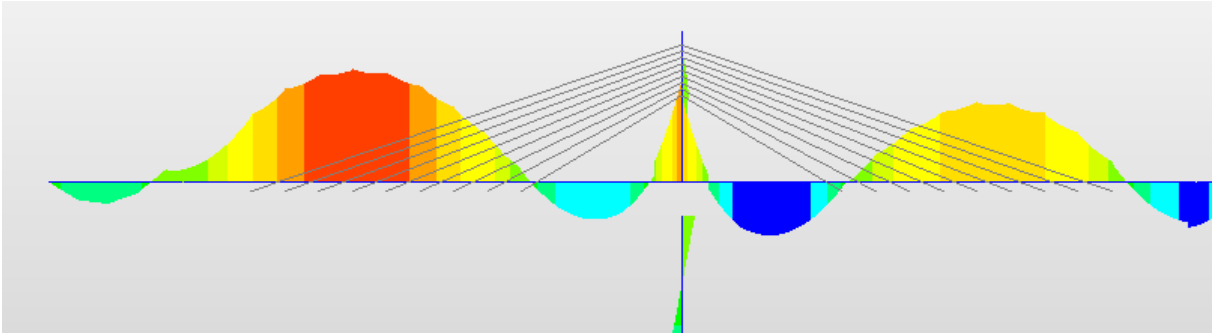
Hình 4. 7: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phần đúc hẫng tối đa.

Bảng 4. 2: Mômen theo các trạng thái giới hạn sơ đồ đúc hẫng tối đa.

	TTGHCD1 (KN.m)	TTGHSD (KN.m)
M I-I	-46139.25	-36911.4

- Sơ đồ 3: Thi công phân hợp long nhịp giữa.





Hình 4. 8: Sơ đồ thi công và biểu đồ mômen phân hợp long.

Bảng 4. 3: Mômen theo các trạng thái giới hạn giai đoạn hợp long.

	TTGHCD1 (KN.m)	TTGHSD (KN.m)
M I-I	-45482	-36385.6

**Tổng hợp nội lực giai đoạn thi công :**

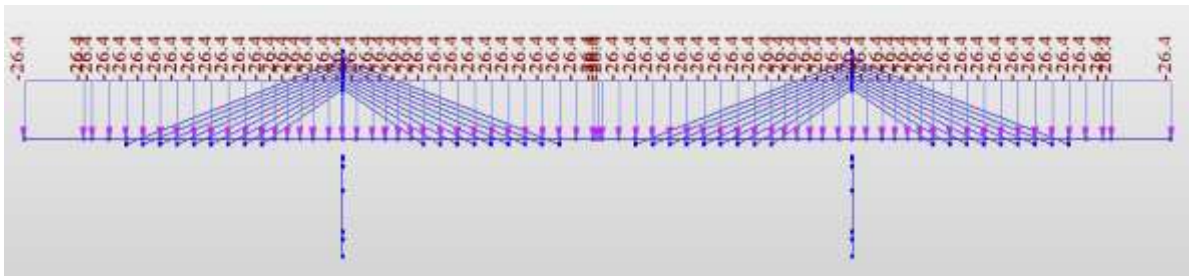
- Nội lực trong dầm chủ giai đoạn thi công được lấy với giá trị lớn nhất trong các giai đoạn thi công ứng với sơ đồ chịu lực tương ứng.

- Nội lực mặt cắt giai đoạn đúc hẫng phần không có cáp văng:  $M_{SD1}^{l-l} = -103492.75$  KN.m.

- Nội lực mặt cắt giai đoạn đúc hẫng :  $M_{SD2}^{l-l} = -46139.25$  KN.m.

- Nội lực mặt cắt giai đoạn hợp long :  $M_{SD3}^{l-l} = -45482$  KN.m.

=> Giá trị nội lực lớn nhất trong giai đoạn thi công :  $M_{TT}^{l-l} = -103492.75$  KN.m

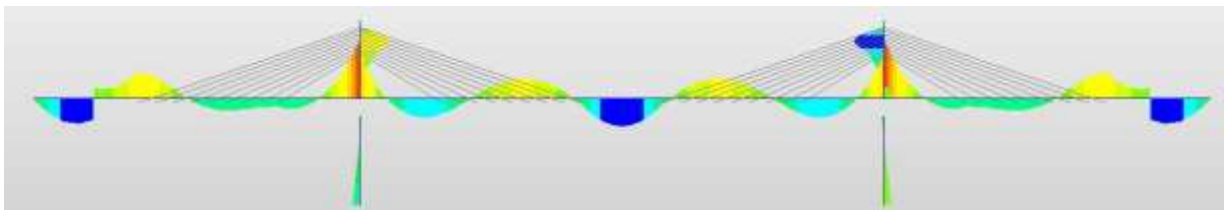
➤ **Giai đoạn II:**

Hình 4. 9: Tĩnh tải giai đoạn II.

- ❖ Sau khi thi công phân hợp long, tiến hành điều chỉnh lực căng của dây cáp văng sao cho chuyển vị tại các vị trí neo cáp văng xấp xỉ bằng 0.

Bảng 4. 4: lực căng của cáp văng giai đoạn sử dụng

Tên cáp văng	Lực căng KN	Chuyên vị	
		Giới hạn trên	Giới hạn dưới
CV1	367.6	0.001	-0.001
CV2	635.51	0.001	-0.001
CV3	900.73	0.001	-0.001
CV4	1140.77	0.001	-0.001
CV5	1330.86	0.001	-0.001
CV6	1444.62	0.001	-0.001
CV7	1459.16	0.001	-0.001
CV8	1357.94	0.001	-0.001
CV9	1130.88	0.001	-0.001
CV10	703.04	0.001	-0.001
CV11	627.23	0.001	-0.001
CV12	520.22	0.001	-0.001
CV13	359.55	0.001	-0.001
CV14	311.25	0.001	-0.001
CV15	470.63	0.001	-0.001
CV16	914.97	0.001	-0.001
CV17	1705.19	0.001	-0.001
CV18	2967.39	0.001	-0.001



Hình 4. 10: Biểu đồ mômen giai đoạn II.

Bảng 4. 5: Tổng hợp mômen do tĩnh tải giai đoạn II.

	TTGHCD I (KN.m)	TTGHSD (KN.m)
MC I-I	-21052.25	-16841.8

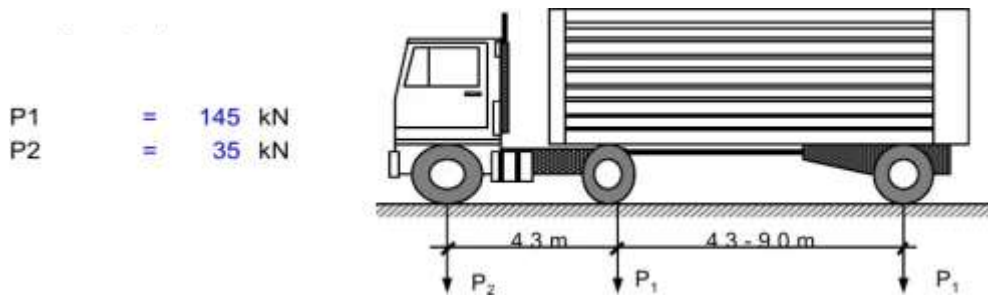
**4.1.2. Hoạt tải:**

+ Hoạt tải ô tô thiết kế HL-93 là tổ hợp của xe tải hoặc xe hai trục và tải trọng làn thiết kế.

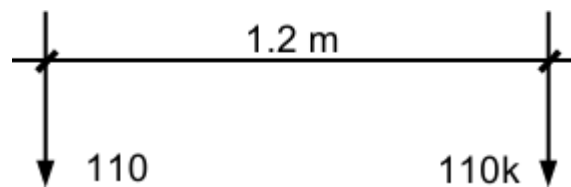
+ Nội lực do hoạt tải mặt cắt đỉnh trụ được lấy giá trị lớn nhất trong tổ hợp :

- Tổ hợp 1: Xe tải + Làn + Người.
- Tổ hợp 1: Xe 2 trục + Làn + Người.

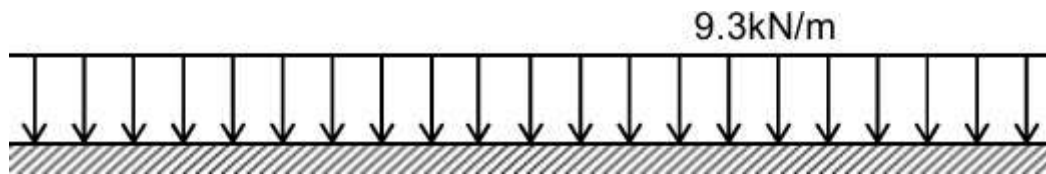
+ Xe tải thiết kế:



+ Xe hai trục thiết kế:



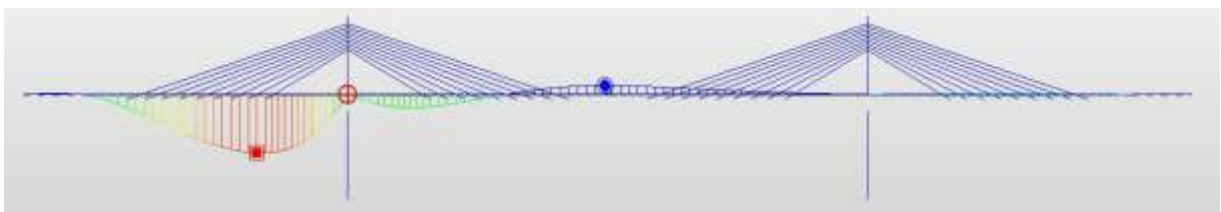
+ Tải trọng làn:



+ Tải trọng người đi bộ  $PL = 3 \left(\frac{\text{KN}^2}{\text{m}}\right)$ .

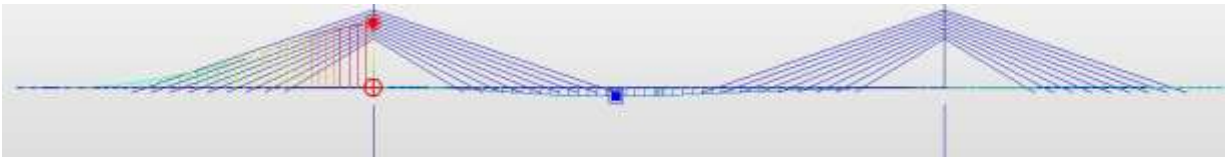
+ Với mặt cắt đỉnh trụ (MC I-I):

+ ĐAH mômen



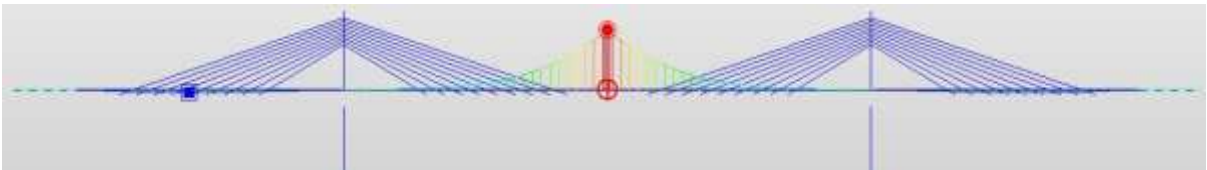
Hình 4. 11: Đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt đỉnh trụ.

+ ĐAH lực cắt



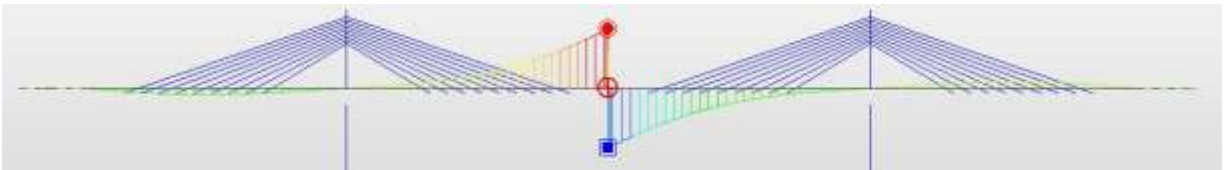
Hình 4. 12: ĐAH lực cắt tại mặt cắt đỉnh trụ.

- + Với mặt cắt giữa nhịp  $L/2$
- + ĐAH mômen



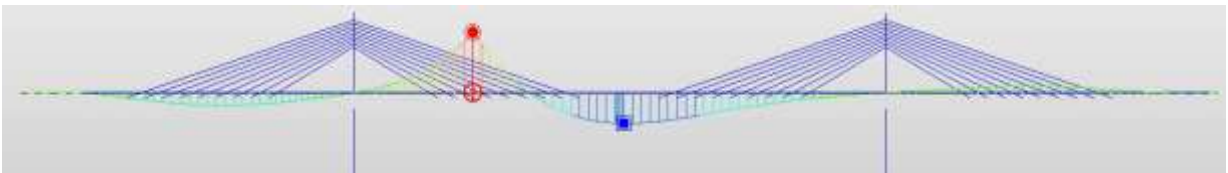
Hình 4. 13: ĐAH mômen tại mặt cắt giữa nhịp.

- + ĐAH lực cắt



Hình 4. 14: Đường ảnh hưởng lực cắt tại mặt cắt giữa nhịp.

- + Với mặt cắt  $L/4$ :
- + ĐAH mômen



Hình 4. 15: Đường ảnh hưởng mômen tại mặt cắt  $L/4$ .

- + ĐAH lực cắt



Hình 4. 16: ĐAH lực cắt tại mặt cắt  $L/4$ .

Bảng 4. 6: Tổng hợp mômen do hoạt tải.

Loại tải trọng	Đỉnh trụ		L/4		L/2	
	THGH CĐ	THGH SD	THGH CĐ	THGH SD	THGH CĐ	THGH SD
3T+L+N	0	0	14829.7	8474.1	26003.3	14859
2T+L+N	0	0	10738.8	6489.9	19318.6	11649.9
90%2X	0	0	16264.6	9294.1	28627.1	16358.3
MAX	0	0	16264.6	9294.1	28627.1	16358.3

+ Tổ hợp nội lực:

1. Mặt cắt I-I

Bảng 4. 7: Tổ hợp nội lực.

Mặt cắt	THGH CĐ	THGH SD
Giai đoạn thi công	-103492.75	-82794.2
Giai đoạn khai thác	-49679.35	-33200.1

#### 4.2. Tính toán và bố trí cốt thép:

##### 4.2.1. Vật liệu chế tạo dầm:

❖ Bê tông B45:

+ Trọng lượng riêng của bê tông :  $\gamma_c = 24 \text{ KN/m}^3$

+ Mô đun đàn hồi :  $E_c = 0,043 \cdot \gamma_c^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c} = 36056.6 \text{ Mpa}$

+ Cường độ chịu nén của bê tông lúc bắt đầu đặt tải tạo ứng suất trước.

+ Cường độ chịu nén:  $f'_c = 45 \text{ Mpa}$

+  $f_{ci}' = 0,85 \cdot f'_c = 0,85 \cdot 45 = 38,25 \text{ Mpa}$

+ Mô đun đàn hồi của BT tại thời điểm kích:  $E_{ci} = 0,043 \cdot \gamma_c^{1.5} \cdot \sqrt{f'_{ci}} = 31268 \text{ Mpa}$

+ Cường độ chịu kéo khi uốn :  $f_r = 0,63 \cdot \sqrt{f'_c} = 4,23 \text{ Mpa}$

– Cốt thép DUL

a) Với bố cốt thép chịu mômen âm tại đỉnh trụ và mômen dương tại giữa nhịp

– Sử dụng loại cáp Cường Độ Cao loại bó xoắn 27 tao 7 sợi của hãng VSL có các chỉ tiêu

+ Đường kính danh định : 15.2 mm

- + Diện tích mặt cắt danh định :  $140 \text{ mm}^2$
- + Giới hạn chảy:  $f_{py} = 1670 \text{ Mpa}$
- + Giới hạn bền:  $f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$
- Mô đun đàn hồi:  $E_{PS} = 197000 \text{ Mpa}$
- Hệ số ma sát thành ống ghen:  $\mu = 0.2$
- Ứng suất trong thép khi kích:  $f_{PL} = 1488 \text{ Mpa}$
- Hệ số ma sát lặc trên 1 mô men bó cáp :  $K = 6,6.10^{-7} (\text{mm}^{-1})$
- Chiều dài tụt neo:  $\Delta L = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$

*b) Với bó cốt thép chịu mômen dương tại nhịp biên.*

- Sử dụng loại cáp Cường Độ Cao loại bó xoắn 20 tao 7 sợi của hãng VSL có các chỉ tiêu :

- + Đường kính danh định:  $15.2 \text{ mm}$
- + Diện tích mặt cắt danh định:  $140 \text{ mm}^2$
- + Giới hạn chảy:  $f_{py} = 1670 \text{ Mpa}$
- + Giới hạn bền:  $f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$
- Mô đun đàn hồi:  $E_{PS} = 197000 \text{ Mpa}$
- Hệ số ma sát thành ống ghen:  $\mu = 0.2$
- Ứng suất trong thép khi kích:  $f_{PL} = 0,85 \times f_{pu} = 1581 \text{ Mpa}$
- Hệ số ma sát lặc trên 1 mô men bó cáp:  $K = 6,6.10^{-7} (\text{mm}^{-1})$
- Chiều dài tụt neo:  $\Delta L = 4 \text{ mm/neo}$

❖ **Cốt thép thường**

- Giới hạn chảy của thép:  $f_y = 400 \text{ Mpa}$ 
  - Mô đun đàn hồi của thép:  $E_S = 200000 \text{ Mpa}$

**4.2.2. Nguyên tắc tính toán và bố trí cốt thép:**

- Cốt thép phải được bố trí phù hợp với công nghệ thi công: Trong lúc thi công sẽ lần lượt kéo các bó cốt thép, số bó được kéo trong mỗi giai đoạn phải đối xứng để tránh xoắn vặn.
- Ta bố trí cốt thép theo mô men sau đó kiểm toán theo điều kiện nén uốn và cắt.

- Khi kiểm duyệt mặt cắt thi quy đổi mặt cắt hộp về mặt cắt chữ T rồi tiến hành kiểm toán.
- Nguyên tắc quy đổi:
  - + Chiều cao mặt cắt không đổi
  - + Diện tích mặt cắt không đổi
- Đối với 1 số giai đoạn thi công do tiến hành căng cáp văng nên nội lực tại một số mặt cắt rất bé, do đó các giai đoạn này không cần căng DUL trong ( cốt thép cấu tạo đã đủ chịu lực), sau đó các giai đoạn tiếp theo lại tiến hành căng DUL do đó các mặt cắt đó vẫn được DUL.
- Các bó cốt thép cốt thép chịu mômen âm sẽ được căng luôn trong quá trình thi công.

#### 4.2.3. Bố trí cốt thép và kiểm tra trong giai đoạn thi công theo điều kiện chịu uốn:

- Bố trí cốt thép thường
  - + Cốt thép thường chịu kéo và chịu nén trong được bố trí theo cấu tạo:
  - + Cốt thép DUL được bố trí sao cho thỏa mãn TTGH cường độ và TTGH SD trong các giai đoạn thi công và khai thác tại các mặt cắt.
- Bố trí cốt thép DUL
  - + Cốt thép được bố trí như trong bản vẽ. Các bó được kéo lần lượt trong các giai đoạn thi công để thỏa mãn được các THGH trong giai đoạn thi công. Tuy nhiên để thuận tiện cho thi công thì các bó cốt thép chịu tĩnh tải giai đoạn 2 và hoạt tải cũng được kéo trong giai đoạn thi công, sau đó tiến hành kiểm tra các mặt cắt theo các THGH trong tổng giai đoạn thi công.
  - + **Nguyên tắc chung:**
    - Do kết cấu nhịp được tiến hành đúc hẫng cân bằng đến đôt thứ 8 mới tiến hành căng cáp văng nên có 1 số mặt cắt trong 1 số giai đoạn thi công chỉ chịu uốn, trong 1 số giai đoạn khác lại chịu uốn và nén(lực nén từ cáp văng).
    - Nội dung tính duyệt bao gồm:
      - ✓ Kiểm toán khả năng chịu lực của mặt cắt theo điều kiện cường độ.
      - ✓ Kiểm toán chống nứt trong giai đoạn thi công.

- + Nguyên tắc kiểm toán theo điều kiện cường độ:
- Do mặt cắt dầm chủ chịu uốn đồng thời do đó kiểm toán tiết diện theo điều kiện về cường độ thì ta phải tiến hành kiểm theo điều kiện sau:

$$M_r = P M_n \geq M_u$$

#### 4.2.4. Tính toán và bố trí cốt thép mặt cắt đỉnh trụ:

a. Các công thức tính toán và bố trí cốt thép:

- Xác định vị trí TTH của mặt cắt

- Giả thiết TTH đi qua mép dưới bản cánh khi đó ta có:  $a = h_f$

$$M^t = M_c = A'_s \cdot f_y \cdot (d - d'_p) + A_s \cdot f_y \cdot (d - d_p) + 0,85 f_c \beta_1 h_f \left( d - \frac{h_f}{2} \right)$$

- Lấy tổng mômen với trong tâm cốt thép DUL ta có :

+ Nếu  $M^{TT}_{max} < M_C \Rightarrow$  Thì TTH đi qua bản cánh khi đó ta tính toán theo các công thức của mc chữ nhật

+ Nếu  $M^{TT}_{max} > M_C \Rightarrow$  Thì TTH đi qua sườn dầm khi đó ta tính toán theo các công thức của mc chữ T.

- Sau khi xác định được vị trí TTH thì ta giải hệ phương trình bậc 2 để tìm được chiều cao vùng chịu nén tương đương a.

- Xác định chiều cao vùng chịu nén c theo công thức :  $c = a/\beta_1$

- Tính diện tích cốt thép DUL cần thiết:

+ Trường hợp TTH đi qua sườn dầm

$$A_{ps} = \frac{A'_s \cdot f_y + 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot h_f \cdot (b - b_w) + \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_w - A_s \cdot f_y}{f_{ps}}$$

+ Trường hợp TTH đi cánh dầm

$$A_{ps} = \frac{A'_s \cdot f_y + 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot a - A_s \cdot f_y}{f_{ps}}$$

Trong đó :

+  $A_{ps}$  : Diện tích cốt thép DUL

+  $d_p$  : Khoảng cách từ thớ ngoài cùng chịu nén đến trọng tâm cốt thép DUL

+  $f'_c$  : Cường độ của bê tông ở tuổi 28 ngày,  $f'_c = 50$  Mpa

+ b : Bề rộng mặt cắt chịu nén

- +  $b_w$  : Bề dày bản bụng
- +  $h_f$  : Chiều dày cánh chịu nén
- +  $\beta_1$  : Hệ số chuyển đổi hình khối ứng suất,  $\beta_1 = 0.8$  theo 5.7.2.2.
- +  $f_{pu}$  : Cường độ chịu kéo quy định của thép DUL,  $f_{pu} = 1860$  MPa.
- +  $f_y$  : Giới hạn chảy của thép DUL,  $f_y = 85\%f_{pu} = 1581$  MPa. (bó 12 tao)
- +  $c$  : Khoảng cách từ thớ chịu nén ngoài cùng đến trục trung hoà với giả thiết là thép DUL đã bị chảy dẻo.

- +  $a = c \cdot \beta_1$  : Chiều dày của khối ứng suất tương đương
- +  $f_{ps}$ : ứng suất trung bình trong cốt thép DUL ở sức kháng uốn danh định tính theo công thức 5.7.3.1.1-1.

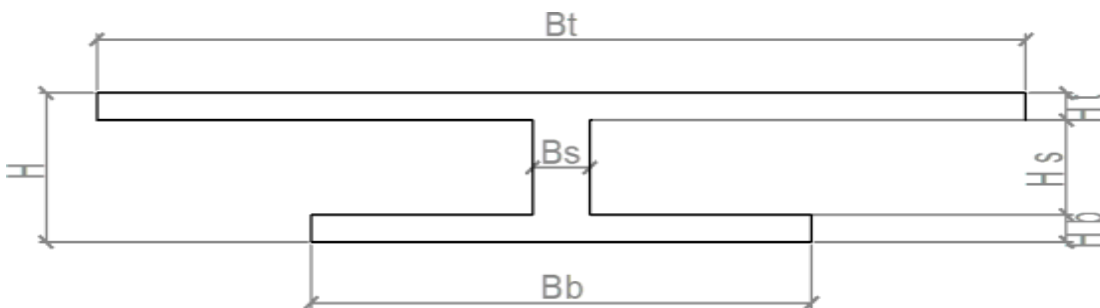
Với

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - k \cdot \frac{c}{d_p} \right) \quad k = 2 \cdot \left( 1.04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}} \right)$$

- Hàm lượng thép DUL và thép thường phải được giới hạn sao cho :

$$\frac{c}{d_p} \leq 0,42$$

b. Mặt cắt quy đổi.



Bảng 4. 8: Thông số của mặt cắt sau quy đổi

M/c	H (m)	Bb (m)	Bt (m)	Bs (m)	Ht (m)	Hb (m)	Hs (m)	A (m <sup>2</sup> )	S (m <sup>3</sup> )	Yt (m)	Yd (m)	Ix (m <sup>4</sup> )
I-I	4	10	21.7	0.75	0.5	0.8	2.7	20.515	49.596	1.582	2.418	49.260

c. Bố trí cốt thép dự ứng lực.

- Mặt cắt đỉnh trụ (S0)
- + Chọn loại tao sợi xoắn 15.2 mm, mỗi bó có 22 tao.

Bảng 4. 9: Tính toán cốt thép.

Tên gọi các đại lượng	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Tổng giá trị mô men tại mặt cắt đỉnh trụ	Mu	-103492.75	kN.m
Chiều cao mặt cắt	h	400	cm
Chiều cao bố trí cốt thép DƯL	atp	18	cm
Chiều cao có hiệu mặt cắt	dp	382	cm
Bề rộng bản cánh chịu kéo	bk	2170	cm
Chiều dày bản cánh chịu kéo	hk	50	cm
Bề rộng bản cánh chịu nén	b	1000	cm
Chiều dày bản cánh chịu nén	hf	80	cm
Bề dày bản bụng	bw	75	cm

Diện tích cốt thép vùng chịu kéo:

$$A'_s = 301.2 \text{ cm}^2$$

Diện tích cốt thép vùng chịu nén:

$$A_s = 100.4 \text{ cm}^2$$

Giả thiết trục trung hoà đi qua cánh: Diện tích cốt thép DƯL là:

$$A_{ps} = \frac{A'_s \cdot f_y + 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot a - A_s \cdot f_y}{f_{ps}}$$

$$= \frac{301.2 \cdot 15810 + 0.85 \cdot 0.8 \cdot 500 \cdot 1000 \cdot 193.44 - 100.4 \cdot 500}{14126}$$

$$= 6152.98 \text{ cm}^2$$

Kết luận: Bố trí cốt thép DƯL mặt cắt đỉnh trụ giai đoạn thi công.

+ Số bó thép DƯL bố trí là: n = 210 bó ( 22 tao 15,24mm)

+ Diện tích cốt thép bố trí:  $A_{ps} = 210 \cdot 22 \cdot 1.4 = 6468 \text{ cm}^2$

– Kiểm toán mặt cắt đỉnh trụ.

❖ Xác định vị trí TTH của mặt cắt

+ Giả thiết TTH đi qua mép dưới bản cánh khi đó mặt cắt làm việc giống như mặt cắt chữ nhật.

+ Cân bằng phương trình lực theo phương ngang ta có :

$$N_1 = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot h_f + A_s' \cdot f_y$$

$$N_2 = A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y$$

+ Nếu  $N_1 > N_2$  : thì TTH đi qua bản cánh => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ nhật.

+ Nếu  $N_1 < N_2$ : thì TTH đi qua sườn => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ T.

Ta có :

$$N_1 = 502 \cdot 15810 + 0,85 \cdot 0,8 \cdot 500 \cdot 2170 \cdot 241,8 \text{ (KN)}$$

$$N_2 = 6486 \cdot 14126 + 100,4 \cdot 500 \text{ (KN)}$$

=>  $N_1 > N_2$  => TTH đi qua bản cánh

+ Số bó cốt thép được kéo 20 bó => diện tích cốt thép DƯỠ  $A_{ps} = 616 \text{ cm}^2$

+ Các công thức tính duyệt mặt cắt

Công thức tính chiều cao vùng chịu nén (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

$$c = \frac{A_{ps} f_{pu} + A_s f_y - A' f_{s,y}}{0,85 f_c' \beta_1 b + K A_{ps} \frac{f_{ps}}{d_p}}$$

$$+ k = 2 \cdot \left(1,04 - \frac{f_y}{f_{pu}}\right) = 0,197$$

$$+ c = 23,94 \text{ cm}$$

$$+ f_{ps} = f_{pu} \left(1 - k \cdot \frac{c}{d_p}\right) = 1837,03 \text{ KN/cm}^2$$

$$+ a = c \cdot \beta_1 = 19,2 \text{ cm}$$

– Công thức tính mômen kháng uốn danh định của mặt cắt (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s f_y \left(d_p - \frac{a}{2}\right) - A' f_{s,y} \left(d_p' - \frac{a}{2}\right)$$

$$- M_n = 436619,9 \text{ KN.m}$$

– Công thức tính sức kháng uốn tính toán của mặt cắt

$$M_r = \phi \cdot M_n = 1 \cdot 436619,9 = 436619,9 \text{ KN.m}$$

$$\Rightarrow M_r > M_u = 103492.75 \text{KN.m THOẢ MÃN}$$

– Mặt cắt S15 (phần đúc hằng tối đa)

Bảng 4. 10: Tính toán cốt thép.

Tên gọi các đại lượng	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Tổng giá trị mô men tại mặt cắt đỉnh trụ	Mu	179904.2	kN.m
Chiều cao mặt cắt	h	218	cm
Chiều cao bố trí cốt thép DƯL	atp	18	cm
Chiều cao có hiệu mặt cắt	dp	200	cm
Bề rộng bản cánh chịu kéo	bk	2170	cm
Chiều dày bản cánh chịu kéo	hk	50	cm
Bề rộng bản cánh chịu nén	b	1272.8	cm
Chiều dày bản cánh chịu nén	hf	225	cm
Bề dày bản bụng	bw	40	cm

Diện tích cốt thép vùng chịu kéo:

$$A'_s = 88.8 \text{ cm}^2$$

Diện tích cốt thép vùng chịu nén:

$$A_s = 29.6 \text{ cm}^2$$

Giả thiết trục trung hoà đi qua cánh: Diện tích cốt thép DƯL là:

$$A_{ps} = \frac{A'_s \cdot f_y + 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot a - A_s \cdot f_y}{f_{ps}}$$

$$= \frac{88.8 \cdot 15810 + 0.85 \cdot 0.8 \cdot 500 \cdot 1272.8 \cdot 129.36 - 29.6 \cdot 500}{14126}$$

$$= 606.87 \text{ cm}^2$$

**Kết luận:** Bố trí cốt thép DƯL mặt cắt đỉnh trụ giai đoạn thi công

+ Số bó thép DƯL bố trí là : n = 20 bó ( 22 tao 15,24mm)

+ Diện tích cốt thép bố trí :  $A_{PS} = 20 \cdot 22 \cdot 1.4 = 616 \text{ cm}^2$

– Duyệt mặt cắt S15 (đúc hằng tối đa)

❖ Xác định vị trí TTH của mặt cắt

+ Giả thiết TTH đi qua mép dưới bản cánh khi đó mặt cắt làm việc giống như mặt cắt chữ nhật.

+ Cân bằng phương trình lực theo phương ngang ta có :

$$N_1 = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot h_f + A_s' \cdot f_y$$

$$N_2 = A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y$$

+ Nếu  $N_1 > N_2$  : thì TTH đi qua bản cánh => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ nhật.

+ Nếu  $N_1 < N_2$  : thì TTH đi qua sườn => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ T.

Ta có:

$$N_1 = 88,8 \cdot 15810 + 0,85 \cdot 0,8 \cdot 500 \cdot 2170 \cdot 241,8 \text{ (KN)}$$

$$N_2 = 616 \cdot 14126 + 29,6 \cdot 15810 \text{ (KN)}$$

=>  $N_1 > N_2$  => TTH đi qua bản cánh

+ Số bó cốt thép được kéo 20 bó => diện tích cốt thép DƯỠ  $A_{ps} = 616 \text{ cm}^2$

+ Các công thức tính duyệt mặt cắt.

Công thức tính chiều cao vùng chịu nén: (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

$$c = \frac{A_{ps} f_{pu} + A_s f_y - A' f_{s y}}{0,85 f_c' \beta_1 b + K A_{ps} \frac{f_{pu}}{d_p}}$$

$$+ k = 2 \cdot \left(1,04 - \frac{f_y}{f_{pu}}\right) = 0,197$$

$$+ c = 23,71 \text{ cm}$$

$$+ f_{ps} = f_{pu} \left(1 - k \cdot \frac{c}{d_p}\right) = 18165,62 \text{ KN/cm}^2$$

$$+ a = c \cdot \beta_1 = 18,97 \text{ cm}$$

– Công thức tính mômen kháng uốn danh định của mặt cắt (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s f_y \left(d_p - \frac{s}{2}\right) - A' f_{s y} \left(d_p' - \frac{a}{2}\right)$$

$$- M_n = 1846486,56 \text{ KN.m}$$

– Công thức tính sức kháng uốn tính toán của mặt cắt:

$$M_r = \phi \cdot M_n = 1 \cdot 1846486,56 = 1846486,56 \text{ KN.m}$$

$\Rightarrow M_r > M_u = 179904.2 \text{ KN.m}$  THỎẢ MÃN.

– Mặt cắt giữa nhịp (hợp long)

Bảng 4. 11: Tính toán cốt thép.

Tên gọi các đại lượng	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Tổng giá trị mô men tại mặt cắt đỉnh trụ	Mu	182896.2	kN.m
Chiều cao mặt cắt	h	218	cm
Chiều cao bố trí cốt thép DUL	atp	18	cm
Chiều cao có hiệu mặt cắt	dp	200	cm
Bề rộng bản cánh chịu kéo	bk	2170	cm
Chiều dày bản cánh chịu kéo	hk	50	cm
Bề rộng bản cánh chịu nén	b	1272.8	cm
Chiều dày bản cánh chịu nén	hf	22.5	cm
Bề dày bản bụng	bw	75	cm

Diện tích cốt thép vùng chịu kéo:

$$A'_s = 88.2 \text{ cm}^2$$

Diện tích cốt thép vùng chịu nén:

$$A_s = 29.4 \text{ cm}^2$$

Giả thiết trục trung hoà đi qua cánh, diện tích cốt thép DUL là:

$$A_{ps} = \frac{A'_s \cdot f_y + 0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot a - A_s \cdot f_y}{f_{ps}} = \frac{88.2 \cdot 15810 + 0.85 \cdot 0.8 \cdot 500 \cdot 1272.8 \cdot 193.44 - 29.4 \cdot 500}{14126} = 787.65 \text{ cm}^2$$

**Kết luận:** Bố trí cốt thép DUL mặt cắt đỉnh trụ giai đoạn thi công.

+ Số bó thép DUL bố trí là : n = 26 bó ( 22 tao 15,24mm)

+ Diện tích cốt thép bố trí :  $A_{PS} = 26 \cdot 22 \cdot 1.4 = 800.80 \text{ cm}^2$

– Kiểm toán mặt cắt đỉnh trụ.

❖ Xác định vị trí TTH của mặt cắt:

+ Giả thiết TTH đi qua mép dưới bản cánh khi đó mặt cắt làm việc giống như mặt cắt chữ nhật.

+ Cân bằng phương trình lực theo phương ngang ta có :

$$N_1 = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot h_f + A_s' \cdot f_y$$

$$N_2 = A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y$$

+ Nếu  $N_1 > N_2$  : thì TTH đi qua bản cánh => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ nhật.

+ Nếu  $N_1 < N_2$  : thì TTH đi qua sườn => tính toán theo công thức của mặt cắt chữ T.

Ta có :

$$N_1 = 88.2 \cdot 15810 + 0.85 \cdot 0.8 \cdot 500 \cdot 2170 \cdot 241.8 \text{ (KN)}$$

$$N_2 = 800.8 \cdot 14126 + 29.4 \cdot 500 \text{ (KN)}$$

=>  $N_1 > N_2$  => TTH đi qua bản cánh

+ Số bó cốt thép được kéo 26 bó => diện tích cốt thép DƯỠ  $A_{ps} = 800.8 \text{ cm}^2$

– Các công thức tính duyệt mặt cắt:

Công thức tính chiều cao vùng chịu nén (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

$$c = \frac{A_{ps} f_{pu} + A_s f_y - A' f_{s y}}{0.85 f_c' \beta_1 b + K A_{ps} \frac{f_{pu}}{d_p}}$$

$$+ k = 2 \cdot \left(1.04 - \frac{f_y}{f_{pu}}\right) = 0.197$$

$$+ c = 31.21 \text{ cm}$$

$$+ f_{ps} = f_{pu} \left(1 - k \cdot \frac{c}{d_p}\right) = 18028.15 \text{ KN/cm}^2$$

$$+ a = c \cdot \beta_1 = 24397 \text{ cm}$$

– Công thức tính mômen kháng uốn danh định của mặt cắt (tính theo công thức của mặt cắt chữ nhật)

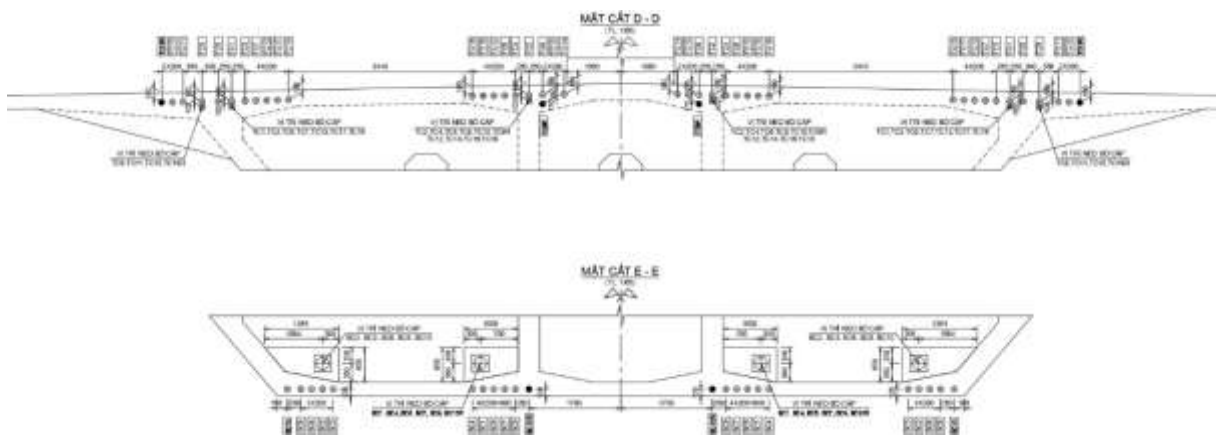
$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s f_y \left(d_p - \frac{s}{2}\right) - A' f_{s y} \left(d_p' - \frac{a}{2}\right)$$

$$- M_n = 242452.43 \text{ KN.m}$$

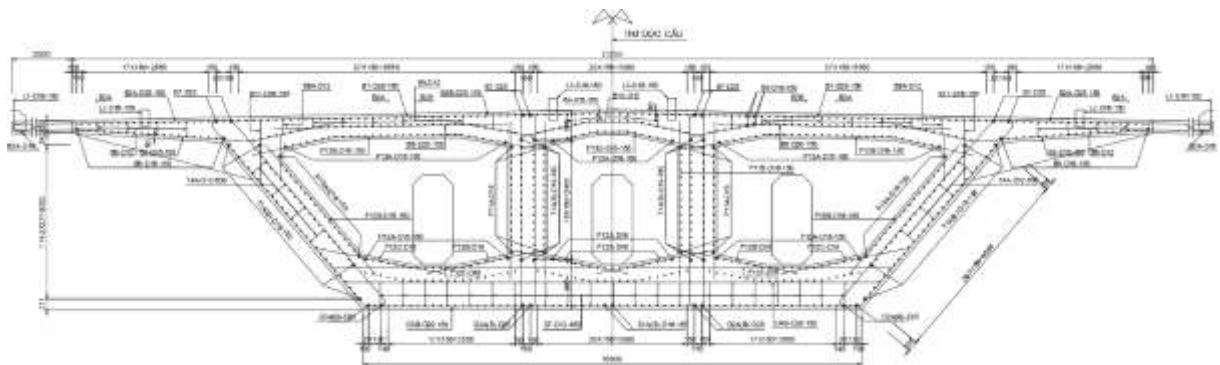
– Công thức tính sức kháng uốn tính toán của mặt cắt

$$M_r = \phi \cdot M_n = 1 \cdot 242452.43 = 242452.43 \text{ KN.m}$$

⇒  $M_r > M_u = 182896.2 \text{ KN.m}$  THỎẢ MÃN



Hình 4. 17: Bố trí cột thép DUL mặt cắt S0 và hợp long.



Hình 4. 18: Bố trí cột thép thường.

Bảng 4. 12: Duyệt các mặt cắt.

Giai đoạn	$M_{umax}$	Số bó	Tổng	$A_{ps}$	H	$d_p$	c	$f_{ps}$	$M_n$	P.Mn	Duyệt
Đúc K0	405507.10	10.00	10.00	308.00	400.00	382.00	7.45	18528.56	300998284.20	3009982.84	ĐẠT
Đúc K1	92954.95	10.00	20.00	308.00	400.00	382.00	11.23	18492.30	1051370784.73	1051370.78	ĐẠT
Đúc K2	112056.20	10.00	30.00	308.00	347.00	329.00	12.27	18463.38	1191410352.66	1191410.35	ĐẠT
Đúc K3	135962.45	10.00	40.00	308.00	324.00	306.00	11.96	18456.80	1128869828.74	1128869.83	ĐẠT
Đúc K4	164378.83	10.00	50.00	308.00	301.00	283.00	11.71	18448.39	1062680146.81	1062680.15	ĐẠT
Đúc K5	144625.08	10.00	60.00	308.00	285.00	267.00	11.52	18441.95	1020990054.64	1020990.05	ĐẠT
Đúc K6	143797.20	26.00	86.00	800.80	268.00	250.00	33.20	18113.34	3017459593.37	3017459.59	ĐẠT
Đúc K7	153844.45	18.00	104.00	554.40	250.00	232.00	184.85	15680.53	1072719030.32	1072719.03	ĐẠT
Đúc K8	170449.20	28.00	132.00	862.40	236.00	218.00	34.43	18021.21	2844518362.73	2844518.36	ĐẠT
Đúc K9	69435.95	18.00	150.00	554.40	226.00	208.00	21.32	18224.34	1703743471.13	1703743.47	ĐẠT
Đúc K10	177465.58	26.00	176.00	800.80	220.00	202.00	31.26	18032.94	2445246616.77	2445246.62	ĐẠT
Đúc K11	184101.45	18.00	194.00	554.40	218.00	200.00	21.14	18212.69	1641829977.10	1641829.98	ĐẠT
Đúc K12	215354.95	18.00	212.00	554.40	218.00	200.00	21.18	18211.90	1647433780.08	1647433.78	ĐẠT
Đúc K13	74416.45	20.00	232.00	616.00	218.00	200.00	23.71	18165.62	1846468557.61	1846468.56	ĐẠT
Đúc K14	187689.95	20.00	252.00	616.00	218.00	200.00	23.71	18165.62	1846468557.61	1846468.56	ĐẠT
Đúc K15	179904.20	20.00	272.00	616.00	218.00	200.00	23.71	18165.62	1846468557.61	1846468.56	ĐẠT
HL	182896.20	26.00	298.00	800.80	218.00	200.00	31.21	18028.15	2424522426.27	2424522.43	ĐẠT

**4.2.4.1. Kiểm tra theo THGH CD1:**

+ Công thức kiểm tra:

$$V_u \leq \varphi \cdot V_n$$

+ Trong đó:

+  $\varphi$ : Hệ số sức kháng cắt được xác định theo quy định trong bảng 5.5.2.2-1.  $\varphi = 0.7$

+  $V_n$ : Sức kháng cắt danh định được xác định theo quy định của điều 5.8.3.2.

$$V_n = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{n1} = V_c + V_s + V_p \\ V_{n2} = 0.25f_c b_v d_v + V_p \end{array} \right.$$

với:

$$V_c = 0.083\beta\sqrt{f_c}b_v d_v$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d_v (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha}{s}$$

$$V_p = A_{str} \cdot f_p \cdot \sum_{i=1}^5 \sin\gamma_i$$

$d_v$ : chiều cao chịu cắt có hiệu được xác định trong điều 5.8.2.7.

$b_v$ : bề rộng bụng có hiệu, lấy bằng bề rộng lớn nhất trong chiều cao  $d_v$ .

$s$ : Cự ly cốt thép đai.

$\beta$ : Hệ số chỉ khả năng bê tông bị nứt chéo truyền lực keo được quy định trong điều 5.8.3.4.

$\theta$ : Góc nghiêng của ứng suất nén chéo được xác định trong điều 5.8.3.4 (độ).

Khi tính, giả thiết trước góc  $\theta$ , sau đó tính các giá trị để tra bảng ngược lại  $\theta$  và  $\beta$ , nếu hai giá trị  $\theta$  gần bằng nhau thì có thể chấp nhận được, nếu không thì giả thiết lại.

$\alpha$ : Góc nghiêng của cốt thép đai đối với trục dọc (độ). Nếu cốt đai thẳng đứng,  $\alpha = 90^\circ$ .

$A_v$ : Diện tích cốt thép chịu cắt trong cự ly  $s$  (mm<sup>2</sup>).

$V_p$ : Thành phần lực ứng suất trước có hiệu trên hướng lực cắt tác dụng, là dương nếu ngược chiều lực cắt (N).

Do cốt thép DUL được bố trí gần như vuông góc với phương của lực cắt nên thành phần  $V_p$  coi như không đáng kể, do đó sức kháng cắt của mặt cắt chỉ bao gồm sức kháng cắt của cốt thép ngang và bản thân BT. Do đó khi kiểm tra sức kháng cắt ta chỉ

chỉ kiểm tra giai đoạn khai thác (lực cắt lớn nhất) tại các mặt cắt từ 0 đến mặt cắt 8( Mặt cắt thay đổi từ 0 đến 8, các mặt cắt còn lại không đổi)

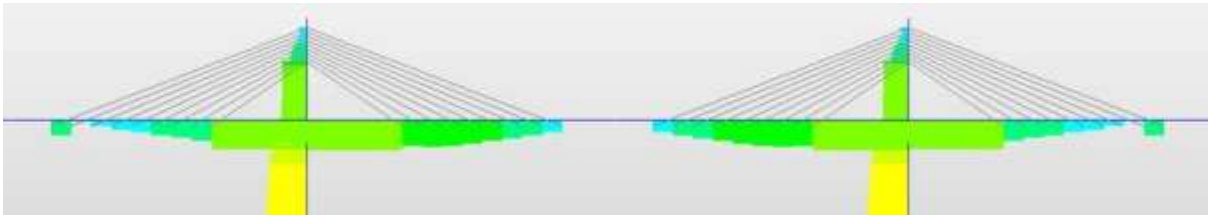
– Xác định  $V_u$  tại các mặt cắt

+ Lực cắt tính toán được lấy bằng giá trị lớn nhất của 2 TH sau:

Tĩnh tải gđ1+gđ2+Người+Truck

Tĩnh tải gđ1+gđ2+Người+Tandom

Sử dụng Midas ta có kết quả sau.

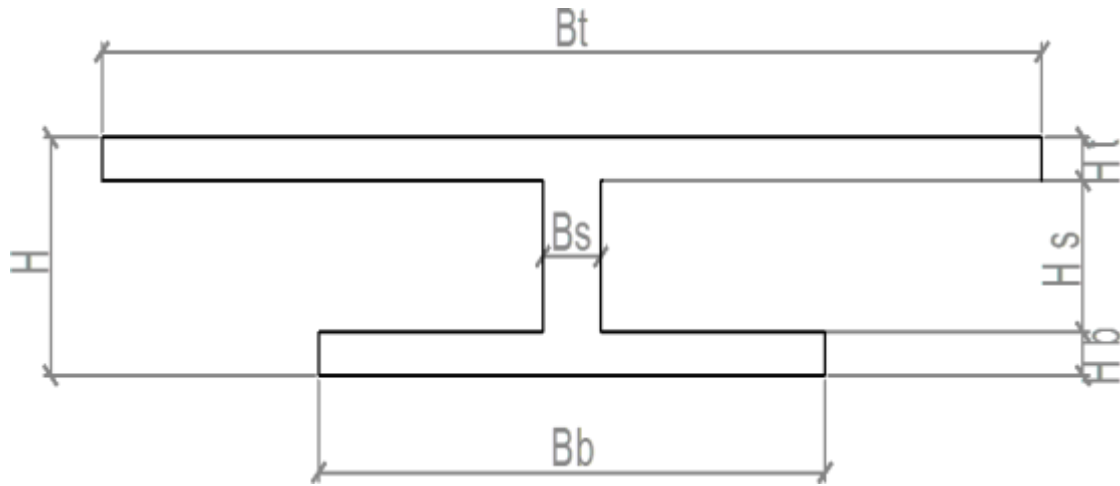


Hình 4. 19: Biểu đồ đường bao lực cắt.

Bảng 4. 13: kết quả lực cắt tại các mặt cắt từ mc S0 đến mc S15.

Mặt cắt	$V_u(KN)$
S0	-13334.66
S1	-5973.64
S2	-2196.23
S3	1529.12
S4	3130.56
S5	4657.6
S6	1448.95
S7	4197.05
S8	5041.6
S9	5497.41
S10	4613.2
S11	4229.13
S12	3814.67
S13	3803.92
S14	-5105.81
S15	-3063.11

- Xác định  $V_n$  tại mặt cắt S0
- + Mặt cắt S0 sau khi quy đổi:



Hình 4. 20: Thông số của mặt cắt sau quy đổi.

M/c	H (m)	Bb (m)	Bt (m)	Bs (m)	Ht (m)	Hb (m)	Hs (m)	A (m <sup>2</sup> )	S (m <sup>3</sup> )	Yt (m)	Yd (m)	Ix (m <sup>4</sup> )
I-I	4	10	21.7	0.75	0.5	0.8	2.7	20.515	49.596	1.582	2.418	49.260

- Xác định  $d_v$  và  $b_v$ :

Chiều cao chịu cắt có hiệu  $d_v$ :

Chiều cao chịu cắt có hiệu lấy bằng cự ly đo thẳng góc với trục trung hoà giữa hiệu ứng lực do kéo và nén do uốn, tức là:

$$d_v = \max \left\{ \begin{matrix} 0,9d_e \\ 0,72h \\ d_e - \frac{a}{2} \end{matrix} \right.$$

$a = \beta_1 \cdot c = 19.2 \text{ cm}$  ( đã tính ở trên)

$d_e = 3.82 \text{ m}$

$h = 4,0 \text{ m}$

Suy ra  $d_v = \max \left\{ \begin{matrix} 0,9d_e \\ 0,72h \\ d_e - \frac{a}{2} \end{matrix} \right. = \max \left\{ \begin{matrix} 0,9 \cdot 3.82 \\ 0,72 \cdot 4,0 \\ 3,82 - \frac{0,192}{2} \end{matrix} \right. = 3.438 \text{ m} = 3438 \text{ mm}$

Bề rộng chịu cắt có hiệu của tiết diện  $b_v$ :

Tại các tiết diện kiểm toán, bề rộng có hiệu được lấy bằng bề rộng sườn có hiệu của tiết diện dầm,  $b_v = 0,75 \text{ m} = 750 \text{ mm}$

Xác định  $\theta$  và  $\beta$ :

Được tra từ bảng 5.8.3.4.2-1

Để xác định được  $\theta$  và  $\beta$  ta phải thông qua các giá trị sau  $\frac{v}{f_c}$  và  $\epsilon_x$ .

Trong đó:

$v$ : ứng suất cắt trong bê tông

$$v = \frac{V_u = \phi \cdot V_p}{\phi \cdot b_v d_v} = 5.317 \text{ (MPa)}.$$

$$\zeta \frac{v}{f_c} = \frac{v}{45} = 0.106.$$

$$\epsilon_x = \frac{M_u + 0.5 V_u \cot \theta - A_{ps} f_{po}}{E_s A_s + E_p A_{ps}}$$

$f_{po}$ : ứng suất trong thép dự ứng lực khi ứng suất trong bê tông xung quanh nó bằng 0.

$$f_{po} = f_{pe} + f_{pc} \frac{E_p}{E_c} = -113.34 \text{ (MPa)}.$$

$f_{pe}$ : ứng suất có hiệu trong thép ứng suất trước sau mất mát.

$$f_{pe} = -\frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{A_g} - \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot e}{I} y_t = -18.33 \text{ (MPa)}.$$

$$E_p = 197000 \text{ (Mpa)}.$$

$$E_c = 33941 \text{ (Mpa)}.$$

Tra bảng 5.8.3.4.2-1, ta có các giá trị của  $\theta$  và  $\beta$  như sau:

$$\theta = 30.40^\circ$$

$$\beta = 2.33$$

Tính  $V_c$

$$V_c = 0,083 \cdot b \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_v \cdot d_v = 4162.8 \text{ KN}$$

$$V_c = 4162,8 \text{ KN}$$

Tính  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v f_y d_v (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha}{s}$$

Cốt đai bước 0,2m  $\Rightarrow s = 200 \text{ mm}$ , đặt vuông góc với trục dọc  $\Rightarrow \alpha = 90^\circ$

$$\text{Do dầm có 3 sườn nên } A_v = 2 \cdot 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 25^2}{4} = 2945,24 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 1581 \text{ MPa}$$

$$V_s = \frac{2945,24 \cdot 1581 \cdot 3438 \cdot (\cot 30,40 + \cot 90) \cdot \sin 90}{200} = 18041,05 \text{ KN}$$

$$V_s = 18041,05 \text{ KN}$$

#### Tính $V_n$

$$V_n = \min(V_c + V_s; 0,25 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot d_v)$$

$$V_c + V_s = 4162,8 + 18041,05 = 22203,85 \text{ KN}$$

$$0,25 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot d_v = 0,25 \cdot 500 \cdot 75 \cdot 343,8 = 3223125 \text{ KN}$$

$$\text{Vậy } V_n = 22203,85 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow V_r = \phi \cdot V_n = 0,7 \cdot 22203,85 = 15542,415 \text{ KN} > V_u = 13334,66$$

Kết luận: Mặt cắt đều thỏa mãn ĐK kháng cắt.

#### 4.2.4.2. Kiểm tra theo THGHSD:

- Trong giai đoạn thi công chỉ có các mất mát tức thời, bao gồm
  - + Mất mát do ma sát:  $Df_{pF}$
  - + Mất mát do tụt neo:  $Df_{pA}$
  - + Mất mát do co ngấn đàn hồi:  $Df_{pES}$
- Trong giai đoạn thi công phải tính mất mát US tại từng mặt cắt tại các giai đoạn thi công.
- ❖ Tính đặc trưng hình học tại các mặt cắt
- Hệ số quy đổi từ thép sang bê tông

Đặc trưng hình học của mặt cắt được tính với tiết diện quy đổi với các hệ số

như sau:

+) Hệ số quy đổi từ cốt thép thường sang bê tông:

$$m_S = \frac{E_{St}}{E_C} = \frac{200000}{33915} = 5,897$$

+) Hệ số quy đổi từ cốt thép DUL sang bê tông:

$$m_{PS} = \frac{E_{PS}}{E_C} = \frac{197000}{33915} = 5,808$$

- Tiết diện mặt cắt trước khi kéo cáp DUL sẽ gồm có tiết phần mặt cắt bê tông có trừ đi diện tích các lỗ đặt các ống ghen để bố trí cáp DUL.

– Các công thức tính ĐTHH của mặt cắt trước khi kéo cáp DƯL:

+ Diện tích của mặt cắt tính đôi:

$$A_{td} = b_w \cdot h + (b - b_w) h_c - (n_{APS} + n_{APS'}) \cdot A_{ogh}$$

+ Mômen tĩnh của tiết diện  $F_{td}$  với đáy dầm:

$$S_x = \frac{b_w \cdot h^2}{2} + (b - b_w) h_c \left( h - \frac{h_c}{2} \right) - n_{APS} \cdot A_{ogh} \cdot a_{PS} - n_{APS'} \cdot A_{ogh} \cdot (h - a_{PS'})$$

$a_{PS'}$ )

+ Các khoảng cách từ trục quán tính chính (I-I) của tiết diện tới đáy dầm và tới đỉnh dầm:

$$y_d^1 = \frac{S_x}{A_{td}} ; \quad y_t^1 = h - y_d^1$$

+ Mômen quán tính của mặt cắt quy đổi:

$$J_X^I = \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot \left( \frac{h}{2} - Y_d^I \right) + \frac{(b - b_w) \cdot h_c^3}{12} + (b - b_w) \cdot h_c \cdot \left( Y_t^I - \frac{h}{2} \right)^2 - n_{AP,P} \cdot A_{ogh} \cdot (Y_d^I - a_{tp})^2 - n_{AP,P'} \cdot A_{ogh} \cdot (Y_t^I - a_{tp}')^2 + m_S \cdot A_S \cdot (Y_d^I - a_S)^2 + m_{S'} \cdot A_{S'} \cdot (Y_t^I - a_{S'})^2$$

+ Xác định  $a_t$  (Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến đáy dầm)

$$a_t = \frac{\sum n_i y_i}{\sum n_i} \text{ (cm)}$$

Trong đó :

+  $b$ : Bề rộng tính toán bản cánh trên.

+  $b_w$ : Bề rộng sườn dầm.

+  $n_{PS}$ : Số bó cáp DƯL dưới.

+  $n_{PS'}$ : Số bó cáp DƯL trên..

+  $A_{PS}$ : Diện tích cốt thép DƯL dưới.

+  $A_{PS'}$ : Diện tích cốt thép DƯL trên.

+  $A_{ogh}$ : Diện tích tiết diện ống ghen bố trí thép DƯL..

+  $A_S$ : Diện tích cốt thép thường thớ dưới.

+  $A_{S'}$ : Diện tích cốt thép thường thớ trên.

+  $a_{TP}$ : KC từ trọng tâm cốt thép DƯL thớ dưới đến mép dưới mặt cắt.

+  $a_{TP'}$ : KC từ trọng tâm cốt thép DƯL thớ trên đến mép trên mặt cắt.

- +  $a_s$ : Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép thường thớ dưới đến mép dưới.
- +  $a_s'$ : Khoảng cách từ trọng tâm cốt thép thường thớ trên đến mép trên.
- +  $Y_d^I$ : Khoảng cách từ TTH đến mép dưới mặt cắt.
- +  $Y_T^I$ : Khoảng cách từ TTH đến mép trên mặt cắt.

### 4.3. Tính toán mất mát ứng suất:

#### 4.3.1. Mất mát do ma sát: (Theo 5.9.5.2.2b)

Mất mát do ma sát giữa các bó thép ứng suất trước và ống bọc được tính theo công thức sau:

$$\Delta f_{pF} = f_{pj}(1 - e^{-(Kx + \mu\alpha)}).$$

Trong đó:

- +  $f_{pj}$ : ứng suất trong bó thép DUL tại thời điểm kích,  $f_{pj} = 1488$  Mpa
- +  $x$ : Chiều dài bó thép ứng suất trước từ đầu kích đến điểm đang xét (mm).
- +  $K$ : Hệ số ma sát lặc trên mm của bó cáp.
- +  $\mu$ : Hệ số ma sát của bó cáp với thành ống ghen.
- +  $\alpha$ : Tổng giá trị tuyệt đối thay đổi góc của đường cáp ứng suất trước từ đầu kích gần nhất đến điểm đang xét (rad). ống gen được sử dụng là loại ống Polyethylene có các đặc trưng được tra trong bảng 5.9.5.2.2b-1:

$$K = 6.6 \times 10^{-7} \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

$$\mu = 0.15$$

#### 4.3.2. Mất mát do thiết bị neo: (Theo điều 5.9.5.2)

Tạm thời tính theo công thức:

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta L}{L} E_p$$

Trong đó:

- +  $\Delta L$ : Chiều dài tụt neo.
- +  $L$ : chiều dài cáp dự ứng lực.
- +  $E_p$ : Môđun đàn hồi của thép,  $E_p = 197000$  MPa

#### 4.3.3. Mất mát do co ngắn đàn hồi: (5.9.5.2.3b)

- Mất mát do co ngắn đàn hồi về bản chất là khi căng bó sau sẽ gây mất mát cho bó trước. Và được tính theo công thức:

$$\Delta f_{pES} = \frac{N-1}{N} \cdot \frac{E_p}{E_{ci}} f_{cgp}$$

+ Trong đó:

+ N: Số lượng các bó thép ứng suất trước giống nhau.

+  $f_{cgp}$ : Tổng ứng suất bê tông ở trọng tâm các bó thép ứng suất trước do lực DUL sau khi kích và tự trọng của cầu kiện ở các mặt cắt có mômen max (MPa).

$$f_{cgp} = -\frac{F}{A^I} - \frac{F \cdot e^2}{J^I} + \frac{M_{ttbt}}{J^I}$$

+ F : lực nén trong bê tông do ứng suất trước gây ra tại thời điểm sau khi kích, tức là đã xảy ra mất mát do ma sát và tụt neo.

$$+ F = (f_{pj} - \Delta f_{pF} - \Delta f_{pA}) A_{ps}$$

+ e : Độ lệch của trọng tâm các bó thép so với trục trung hoà của tiết diện.

+  $A_{ps}$  : Tổng diện tích của các bó cáp ứng suất trước.

+  $A^I, J^I$  : là đặc trưng hình học của mặt cắt trước khi căng cốt thép DUL

– Mặt cắt ngang:

Số ống gen	Đường kính	Cách mép dưới	Diện tích	S ống
42	0.107	3.80	0.377	1.435

H(m)	Btf(m)	tft(m)	Bbf(m)	tbft(m)	tw(m)	hw(m)
4.000	21.7	0.5	10	0.8	0.75	2.7

A(m <sup>2</sup> )	Sd(m <sup>3</sup> )	Yd(m)	I(m <sup>4</sup> )	Yt(m)
20.497	49.676	2.242	48.944	1.576

– Các mất mát ứng suất:

Giai đoạn	số bó kéo	Mtc	mất mát ứng suất do tụt neo	
			chiều dài bó kéo	DfpA(Mpa)
Đúc K0	4	2726.5	12.3	128.1300813

Đúc K1	2	12447.45	18.3	86.12021858
Đúc K2	2	24947.85	24.3	64.85596708
Đúc K3	2	41395.5	30.3	52.01320132
Đúc K4	2	61581.44	36.3	43.41597796
Đúc K5	2	63843.18	42.3	37.25768322
Đúc K6	2	68844.47	50.3	31.33200795
Đúc K7	4	70752.67	58.3	27.03259005
Đúc K8	2	70062.25	66.3	23.77073906
Đúc K9	2	67619.36	74.3	21.21130552
Đúc K10	2	64445.23	82.3	19.14945322
Đúc K11	2	61577.32	90.3	17.45293466
Đúc K12	4	59921.46	98.3	16.03255341
Đúc K13	4	60129.77	106.3	14.82596425
Đúc K14	6	63567.36	114.3	13.78827647
Đúc K15		65661.2		
HL giữa		64460.43		

mất mát ứng suất do ma sát				mất mát ứng suất do co ngắn đàn hồi			
f <sub>pj</sub> (Mpa)	x	a	D <sub>fp</sub> F(Mpa)	e	f <sub>cgp</sub> (Mpa)	N	D <sub>fp</sub> ES(Mpa)
1488	2	0	1.96E-03	1.38	-1.527325	4	3.609
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	-0.451942	2	0.712
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	-0.100393	2	0.158
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	0.3621637	2	0.570
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	0.9298525	2	1.465
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	0.9934594	2	1.565
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	1.1341106	2	1.786
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	0.3857738	4	0.911
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	1.1683582	2	1.840
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	1.0996568	2	1.732

1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	1.0103908	2	1.591
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	0.9297366	2	1.464
1488	3	0.21	4.61E+01	1.38	0.0811679	4	0.192
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	0.0870262	4	0.206
1488	2	0.1	2.22E+01	1.38	-0.6183	6	1.623

❖ Tính US trong BT tại mặt cắt S0:

- Sử dụng tải trọng được tổ hợp theo TTGH sử dụng, tức là tải trọng tiêu chuẩn:
  - + Tĩnh tải không xét hệ số tải trọng.
  - + Hoạt tải không xét hệ số tải trọng.
- Ta tiến hành kiểm toán với tất cả các mặt cắt, trong 2 giai đoạn là giai đoạn thi công và giai đoạn khai thác.
- Điều kiện kiểm toán :
  - + Tiết diện dầm phải đảm bảo khả năng chịu ứng suất nén lớn nhất.
  - + Nếu xuất hiện ứng suất kéo thì giá trị ứng suất kéo phải đảm bảo không gây nứt cho bê tông.
  - + Giới hạn US kéo tạm thời trong BT DUL hoàn toàn trước mắt mắt đối với các cấu kiện DUL hoàn toàn:

+ US kéo cho phép:  $0,25\sqrt{f_{ci}'} = 0,25 \cdot \sqrt{38,25} = 1,546 \text{ MPa}$

+ US nén cho phép:  $0,6f_{ci}' = 0,6 \cdot 38,25 = 22,95 \text{ MPa}$

Công thức tính toán ứng suất trong bê tông:

❖ Tính ứng suất thớ trên mặt cắt:

Công thức tính ứng suất nén tại thớ trên của mặt cắt.

1 – Giai đoạn thi công

$$f_{TC}^{tren} = \frac{F_{PS}}{A^I} - \frac{F_{PS} \cdot e^I_d}{J^I} \cdot Y^I_t + \frac{F_{PS}'}{A^I} + \frac{F_{PS}' \cdot e^I_t}{J^I} \cdot Y^I_t + \frac{M^{TC}_{TC}}{J} \cdot Y^I_t - \frac{N^{TC}_{TC}}{A^I} + \frac{N^{TC}_{TC} \cdot e^{I}_{dv}}{J^I} \cdot Y^I_t$$

2 – Giai đoạn khai thác

$$f_{KT}^{tren} = f_{TC}^{tren} + \frac{M_{KT}^{TC}}{J^{II}} \cdot Y_t^{II} - \frac{N_{KT}^{TC}}{A^{II}} + \frac{N_{KT}^{TC} \cdot e_{dv}^{II}}{J^{II}} \cdot Y_t^{II}$$

Trong đó :

- +  $M_{TC}^{TC}$  : Mômen tiêu chuẩn trong giai đoạn thi công tại mặt cắt kiểm toán.
- +  $M_{KT}^{TC}$  : Mômen tiêu chuẩn giai đoạn khai thác tại mặt cắt kiểm toán.
- +  $N_{TC}^{TC}$  : Lực dọc trục tiêu chuẩn trong giai đoạn thi công.
- +  $N_{KT}^{TC}$  : Lực dọc trục tiêu chuẩn trong giai đoạn khai thác.
- +  $F_{PS}$  : lực căng trong các bó thép DUL thứ dưới.
- +  $F_{PS}'$  : lực căng trong các bó thép DUL thứ trên.
- +  $A^I$  : Diện tích tính đối mặt cắt trước khi căng cốt thép DUL.
- +  $J^I$  : Mômen quán tính tính đối mặt cắt trước khi căng cốt thép DUL.
- +  $Y_t^I$  : Khoảng cách từ TTH I-I đến mép trên mặt cắt.
- +  $Y_d^I$  : Khoảng cách từ TTH I-I đến mép dưới mặt cắt.
- +  $A^{II}$  : Diện tích tính đối mặt cắt sau khi căng cốt thép DUL.
- +  $J^{II}$  : Mômen quán tính tính đối mặt cắt sau khi căng cốt thép DUL.
- +  $Y_t^{II}$  : Khoảng cách từ TTH II - II đến mép trên mặt cắt.
- +  $Y_d^{II}$  : Khoảng cách từ TTH II - II đến mép dưới mặt cắt.
- +  $e_{dv}^I$  : Độ lệch tâm của lực dọc trong dầm chủ với TTH I - I.
- +  $e_{dv}^{II}$  : Độ lệch tâm của lực dọc trong dầm chủ với TTH II - II.
- +  $f_{TC}^{tren}$  : ứng suất tại mép trên của mặt cắt trong giai đoạn thi công.
- +  $f_{KT}^{tren}$  : ứng suất tại mép trên của mặt cắt trong giai đoạn khai thác.

❖ Tính ứng suất thứ dưới mặt cắt:

➤ Công thức tính ứng suất nén tại thứ dưới của mặt cắt:

1 - Giai đoạn thi công:

$$f_{TC}^{tren} = \frac{F_{PS}}{A^I} + \frac{F_{PS} \cdot e_d^I}{J^I} \cdot Y_t^I + \frac{F_{PS}'}{A^I} - \frac{F_{PS}' \cdot e_t^I}{J^I} \cdot Y_t^I - \frac{M^{TC}}{J} \cdot Y_t^I - \frac{N}{A^I} - \frac{N \cdot e_{dv}^I}{J^I} \cdot Y_t^I$$

2 - Giai đoạn khai thác:

$$f_{KT}^{tren} = f_{TC}^{tren} - \frac{M_{KT}^{TC}}{J^{II}} \cdot Y_t^{II} - \frac{N_{KT}^{TC}}{A^{II}} - \frac{N_{KT}^{TC} \cdot e_{dv}^{II}}{J^{II}} \cdot Y_t^{II}$$

Giai đoạn	M-(KNm)	M+(KNm)	Pcv(KN)	Số bó CT được căng kéo	Pps(KN)
Đúc K0	-2726.50	0.00	0.00	4	16709.12
Đúc K1	-12447.45	0.00	0.00	6	25203.83
Đúc K2	-24947.85	0.00	0.00	8	33832.95
Đúc K3	-41395.50	0.00	0.00	10	42538.64
Đúc K4	-61581.44	0.00	0.00	12	51291.78
Đúc K5	-63843.18	0.00	12176.88	14	59934.46
Đúc K6	-68844.47	0.00	3764.20	16	68612.28
Đúc K7	-70752.67	0.00	4806.65	20	86031.67
Đúc K8	-70062.25	0.00	4685.78	22	94755.74
Đúc K9	-67619.36	0.00	5618.04	24	103496.24
Đúc K10	-64445.23	0.00	5018.43	26	112250.31
Đúc K11	-61577.32	0.00	4744.84	28	121015.61
Đúc K12	-59921.46	0.00	4058.77	32	138579.39
Đúc K13	-60129.77	0.00	12132.52	36	156453.40
Đúc K14	-63567.36	0.00	0.00	42	183257.41
Đúc K15	-65661.20	0.00	0.00	42	183257.41
HL giữa	-64460.43	0.00	0.00	42	183257.41

Ứng suất thớ trên(KN/m <sup>2</sup> )			
Do mômen	Do cáp văng	Do lực DƯL	Tổng
87.82	0.00	-1555.97	-1.47
400.92	0.00	-2347.01	-1.95
803.55	0.00	-3150.57	-2.35
1333.32	0.00	-3961.25	-2.63
1983.49	0.00	-4776.35	-2.79
2056.34	-594.07	-5581.17	-4.12

2217.43	-183.64	-6389.26	-4.36
2278.89	-234.50	-8011.37	-5.97
2256.66	-228.60	-8823.77	-6.80
2177.97	-274.09	-9637.70	-7.73
2075.74	-244.83	-10452.89	-8.62
1983.36	-231.49	-11269.12	-9.52
1930.03	-198.01	-12904.68	-11.17
1936.74	-591.91	-14569.13	-13.22
2047.46	0.00	-17065.15	-15.02
2114.90	0.00	-17065.15	-14.95
2076.22	0.00	-17065.15	-14.99
Ứng suất thớ dưới(KN.m <sup>2</sup> )			
Do mômen	Do cáp văng	Do lực DƯỠ	Tổng
-135.01	0.00	323.67	0.19
-616.36	0.00	488.22	-0.13
-1235.34	0.00	655.37	-0.58
-2049.78	0.00	824.00	-1.23
-3049.33	0.00	993.56	-2.06
-3161.32	-594.07	1160.97	-2.59
-3408.97	-183.64	1329.07	-2.26
-3503.46	-234.50	1666.49	-2.07
-3469.27	-228.60	1835.48	-1.86
-3348.31	-274.09	2004.79	-1.62
-3191.13	-244.83	2174.37	-1.26
-3049.12	-231.49	2344.16	-0.94
-2967.13	-198.01	2684.38	-0.48
-2977.45	-591.91	3030.61	-0.54
-3147.67	0.00	3549.82	0.40
-3251.35	0.00	3549.82	0.30

-3191.89	0.00	3549.82	0.36
----------	------	---------	------

**Kết luận:** Thớ trên và thớ dưới của mặt cắt S0 trong giai đoạn thi công đều chịu nén và US nén nằm trong giới hạn cho phép.

❖ Tính duyệt các mặt cắt trong giai đoạn khai thác:

Các mất mát US trong giai đoạn khai thác bao gồm cả mất mát tức thời và mất mát theo thời gian.

Các mất mát tức thời: ((Đã tính ở trên)

+ Mất mát do ma sát:  $Df_{pF}$

+ Mất mát do tụt neo:  $Df_{pA}$

+ Mất mát do co ngấn đàn hồi:  $Df_{pES}$

Các mất mát theo thời gian

+ Mất mát do co ngót:  $Df_{pSR}$

+ Mất mát do từ biến:  $Df_{pCR}$

+ Mất mát do hiện tượng tự chùng của cốt thép:  $Df_{pR1}+Df_{pR2}$

#### 4.3.4. Mất mát do co ngót: (5.9.5.4.2)

❖ Mất mát do co ngót bê tông trong cấu kiện kéo sau được xác định theo công thức:

$$\Delta f_{pSR} = 93 - 0.85H$$

Trong đó:

+ H: Độ ẩm tương đối bao quanh kết cấu, được lấy trung bình hàng năm.

Lấy  $H = 80\%$ .

=> Suy ra mất mát ứng suất do co ngót tính đến mặt cắt 21-21 là:

$$\Delta f_{pSR} = 93 - 0.85 \times 80\% = 25 \text{ (MPa)}.$$

#### 4.3.5. Mất mát do từ biến: (5.9.5.4.3)

$$\Delta f_{pCR} = 12f_{cgp} - 7\Delta f_{cdp}$$

Trong đó:

+  $f_{cgp}$ : Tổng ứng suất bê tông ở trọng tâm các bó thép ứng suất trước do lực DUL sau khi kích và tự trọng của cấu kiện ở các mặt cắt có mômen max (MPa).

+  $\Delta f_{cdp}$ : Thay đổi trong ứng suất bê tông tại trọng tâm thép ứng suất trước do tải trọng thường xuyên, trừ tải trọng tác động vào lúc thực hiện các lực ứng suất trước, được tính cùng các mặt cắt tính  $f_{cgp}$ (MPa).

$$\Delta f_{cdp} = -\frac{M_{ds}.e}{J^I} - \frac{M_{da}.e}{J^I}$$

+  $M_{ds}$  : moment do trọng lượng các lớp phủ và lớp bảo vệ mặt cầu.

+  $M_{da}$  : là momen do tĩnh tải chất thêm sau khi bê tông đông cứng.

+  $e$  : là khoảng cách từ trọng tâm bó thép đến trục trung hoà của tiết diện

#### 4.3.6. Mất mát do tự chùng của cốt thép DUL: (5.9.5.4.4)

$$\Delta f_{pR} = \Delta f_{pR1} + \Delta f_{pR2}$$

Trong đó:

+  $\Delta f_{pR1}$ : Mất mát do dãn lúc truyền lực

+  $\Delta f_{pR1}$ : Mất mát sau khi truyền.

Như vậy mất mát do tự chùng phải được tính ở hai thời điểm:

❖ Mất mát do tự chùng tại thời điểm truyền lực (5.9.5.4.4b).

Sử dụng các tao thép có độ tự chùng thấp nên mất mát do dãn lúc truyền lực là

$$\Delta f_{pR1} = \frac{\log(24t)}{40} \left[ \frac{f_{pj}}{f_{py}} - 0,55 \right] f_{pj}$$

Trong đó:

+  $t$ : Thời gian từ lúc tạo ứng suất trước đến lúc truyền, (ngày),  $t = 4$  ngày

+  $f_{pj}$ : ứng suất ban đầu trong bó thép vào cuối lúc kéo (Mpa).

$$f_{pj} = 0.74f_{pu} - \Delta f_{pES} - \Delta f_{pF} - \Delta f_{pA}$$

+  $f_{py}$  : Cường độ chảy quy định ở bó thép (MPa).

❖ Mất mát do dãn thép sau khi truyền lực: (5.9.5.4.4c)

Với thép có độ tự chùng thấp cho cấu kiện kéo sau, mất mát do dãn thép sau khi truyền được tính như sau:

$$\Delta f_{pR2} = \frac{30}{100} [138 - 0,3\Delta f_{pF} - 0,4\Delta f_{pES} - 0,2(\Delta f_{pSR} + \Delta f_{pCR})]$$

❖ Điều kiện kiểm tra:

– Giới US nén trong BT DUL ở trạng thái giới hạn sử dụng sau mất mát cho các cấu kiện DULhoàn toàn:

+ Với cầu xây dựng phân đoạn do tổng DƯL hữu hiệu và các tải trọng thường xuyên gây ra:  $0,45 f_c' = 0,45 \cdot 45 = 18(\text{MPa})$

+ Do tổng DƯL hữu hiệu, tải trọng thường xuyên, tải trọng nhất thời, và các tải trọng tác dụng khi vận chuyển bốc xếp:  $0,6 f_c' = 0,6 \cdot 45 = 27(\text{MPa})$

– Giới US kéo trong BT DƯL ở trạng thái giới hạn sử dụng sau mất mát cho các cầu kiện DƯL hoàn toàn:  $0,25 f_c'$

**❖ Tính mất mát US theo thời gian tại mặt cắt S0 và duyệt theo TTGH SD**

Kiểm tra US:

– Do tổng DƯL hữu hiệu và các tải trọng thường xuyên gây ra:

US thớ trên(KN/m <sup>2</sup> )			Tổng MPa	US thớ dưới(KN.m <sup>2</sup> )			Tổng MPa
Do Mômen	Do cáp văng	Do DƯL		Do Mômen	Do cáp văng	Do DƯL	
10377.41	-1958.88	-15315.67	-6.90	-10987.90	-1958.88	3514.32	-9.43

– Do tổng DƯL hữu hiệu, tải trọng thường xuyên, tải trọng nhất thời, và các tải trọng tác dụng khi vận chuyển bốc xếp:

US thớ trên(KN/m <sup>2</sup> )			Tổng MPa	US thớ dưới(KN.m <sup>2</sup> )			Tổng MPa
Do Mômen	Do cáp văng	Do DƯL		Do Mômen	Do cáp văng	Do DƯL	
18561.13	-1958.88	-15315.67	1.29	-19653.06	-1958.88	3514.32	-18.10

Nhận xét: US thớ trên và thớ dưới mặt cắt 0 đều nằm trong giới hạn cho phép.

**4.3.7. Kiểm tra các giới hạn cốt thép:**

– Lượng cốt thép tối đa (A5.7.3.3.1)

Phải thoả mãn điều kiện  $\frac{c}{d_e} \leq 0.42$

c: khoảng cách từ thớ chịu nén ngoài cùng đến trục TH

d<sub>e</sub>: Khoảng cách hữu hiệu từ thớ nén ngoài cùng đến trọng tâm lực kéo của cốt thép chịu kéo

$$d_e = \frac{A_{ps} f_{ps} d_p \pm A_s f_s d_s}{A_{ps} f_{ps} + A_s f_s}$$

– Lượng cốt thép tối đa (A5.7.3.3.2)

$$\text{Phải thỏa mãn } \rho_{\min} = 0,03 \frac{f'_c}{f_y}$$

Trong đó:

$\rho_{\min}$ : Tỷ lệ giữa thép chịu kéo và diện tích nguyên

$f'_c$ : Cường độ quy định của bê tông (MPa)

$f_y$ : Cường độ chảy dẻo của thép chịu kéo (MPa)

– Tại mặt cắt S0: Mặt cắt đỉnh trụ

Mặt cắt S0 có 210 bó cốt thép DƯL loại 22 tao 15,2

$$\Rightarrow A_{ps} = 0.6468 \text{ m}^2$$

$$f_{ps} = 1488 \text{ MPa}$$

$$d_p = 3820 \text{ mm}$$

$$c = 781 \text{ mm}$$

Do mặt cắt được DƯL hoàn toàn nên không tính đến cốt thép thường chịu kéo

$$\Rightarrow d_e = d_p = 3820 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \frac{c}{d_e} = \frac{781}{3820} = 0,2029 \leq 0.42 \text{ Thỏa mãn}$$

Diện tích nguyên mặt cắt S0:  $A_g = 13,873 \text{ m}^2$

$$\Rightarrow \rho_{\min} = \frac{0,07448}{13,873} = 0.005369$$

$$0,03 \frac{f'_c}{f_y} = 0,03 \cdot \frac{45}{0,9.1860} \cdot 0,02 = 8,04 \cdot 10^{-4}$$

$$\Rightarrow \rho_{\min} = 0,03 \frac{f'_c}{f_y} \text{ thỏa mãn}$$

– Tại mặt cắt S16 (mặt cắt giữa nhịp giữa)

Mặt cắt S16 có 88 bó cốt thép DƯL loại 19 tao 15,2

$$\Rightarrow A_{ps} = 0.234 \text{ m}^2$$

$$f_{ps} = 1818,434 \text{ MPa}$$

$$d_p = 2165 \text{ mm}$$

$$c = 201 \text{ mm}$$

Do mặt cắt được DƯL hoàn toàn nên không tính đến cốt thép thường chịu kéo

$$\Rightarrow d_e = d_p = 2350 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \frac{c}{d_e} = \frac{201}{2350} = 0,0855 \leq 0.42 \text{ Thỏa mãn}$$

- Diện tích nguyên mặt cắt 0:  $A_g=10,517 \text{ m}^2$

$$\Rightarrow \rho_{\min} = \frac{0,03724}{10,517} = 3,54.10^{-3}$$

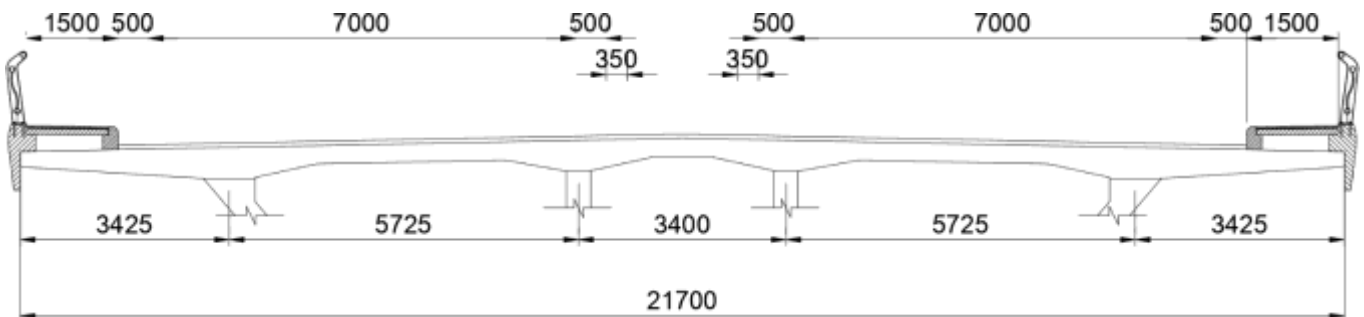
$$0,03f'_c = 0,03 \cdot \frac{45}{0,9.1860} \cdot 0,02 = 8,04.10^{-4}$$

$$\Rightarrow \rho_{\min} = 0,03 \frac{f'_c}{f_y} \text{ thỏa mãn}$$

#### 4.4. Tính toán bản mặt cầu:

##### 4.4.1. Cấu tạo bản mặt cầu:

- Sơ đồ tính toán bản mặt cầu
- + Bản dài 21700mm
- + Phần bản giữa được tính theo sơ đồ ngàm hai đầu với chiều dài nhịp: 5725 mm
- + Phần cánh hẫng tính theo sơ đồ côngxon nhịp: 3425 mm



##### 4.4.2. Cấu tạo các lớp áo đường, lan can:

- Lớp phủ mặt cầu:
  - + Bê tông asphalt : dày 5cm trọng lượng riêng là 22.5 kN/m
  - + Bê tông bảo hộ : dày 3cm trọng lượng riêng là 24 kN/m
  - + Lớp phòng nước: dày 1cm trọng lượng riêng là 15 kN/m
  - + Lớp bê tông mui luyên: dày 3cm trọng lượng riêng là 24 kN/m

Lớp phủ mặt cầu	Chiều dày (cm)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	DW (kN/m <sup>2</sup> )
Lớp bê tông Atphan	5	22.5	1.125
Lớp bê tông bảo vệ	3	24	0.72

Lớp phòng nước	1	15	0.15
Lớp bê tông mũi luyến dày	3	24	0.72
Trọng lượng lớp phủ mặt cầu		$DW_{\text{Lớp phủ}}$	2.715

- Lan can tay vịn: Ta dùng loại lan can tay vịn bằng thép, bệ đỡ bằng BTCT có:

$DC_{\text{Lan can 1}}$	1.5	kN/m
$DC_{\text{Lan can 2}}$	0.9	kN/m
$DC_{\text{Lan can 3}}$	1.03	kN/m
$DC_{\text{Lan đi bộ}}$	15.2	kN/m

#### 4.4.3. Nguyên tắc tính toán bản mặt cầu:

- Sử dụng phương pháp phân tích gần đúng để thiết kế bản mặt cầu BTCT liên khối đúc tại chỗ. (Điều 4.6.2.1.6).

- Khi tính toán hiệu ứng tải trọng bản, cho phép phân tích một dải bản rộng 1m theo chiều dọc cầu. Mô hình hoá sơ đồ làm việc của kết cấu như một dầm liên tục, với các sườn dầm hộp là các gối và được giả thiết là có độ cứng tuyệt đối.

- Do bản mặt cầu làm việc theo phương ngang, xét 1 m bề rộng bản mặt cầu theo phương dọc.

- Nhịp phía trong xét mô hình tính toán là sơ đồ hai đầu ngàm.
- Nhịp phía bản hẫng xét mô hình tính toán là thanh ngàm 1 đầu
- Các tải trọng tác dụng lên kết cấu là :

+ Lan can:  $DC_{lc}$

+ Gờ chắn:  $DC_{dc}$

+ Trọng lượng bản thân bản:  $DC$

+ Trọng lượng lớp mặt đường:  $DW_{mc}$

+ Tải trọng người:  $PL$

+ Tải trọng xe:  $LL$

+ Lực xung kích:  $IM$ , lấy bằng 33% $CLL$

- Tính toán hiệu ứng tải do tổ hợp như điều 3.4.1-1 quy trình 22 TCN 272-05, gồm hai tổ hợp tải trọng nguy hiểm là tổ hợp tải trọng cường độ 1 và tổ hợp tải trọng

theo trạng thái giới hạn sử dụng. Sử dụng nội lực này để tính toán và kiểm tra tiết diện bản.

- Mặt cắt tính toán hiệu ứng lực :
  - + Tính  $M^+$  : Tính toán cho mặt cắt giữa nhịp bản.
  - + Tính  $M^-$  : Tính toán cho mặt cắt tại phân ngàm của mút thừa.

#### 4.4.4. Tính toán nội lực bản mặt cầu:

- Tải trọng tính toán bản mặt cầu
  - + Trọng lượng bản thân bản : DC
  - + Trọng lượng phần lan can, gờ chắn bánh :  $DC_{lc}$ ,  $DC_{gc}$
  - + Trọng lượng lớp phủ mặt cầu :  $DW_2$
  - + Hoạt tải : LL ( xếp trên 2 làn tạo hiệu ứng bất lợi nhất).
  - + Tải trọng làn.
  - + Lực xung kích :  $IM = 25\%$ .
- Các tổ hợp tải trọng thiết kế bản :
  - + Tổ hợp theo trạng thái cường độ I : để tính toán cường độ bản.
  - + Tổ hợp theo trạng thái cường độ sử dụng : để tính toán chống nứt bản.
- Các công thức tính toán nội lực bản mặt cầu

Công thức tính toán nội lực do tĩnh tải

$$M_i = q_i \cdot S_i + P_i \cdot Y_i$$

$$Q_i = q_i \cdot S_i + P_i \cdot Y_i$$

Trong đó :

- +  $M_i$  : Mômen tại tiết diện i.
- +  $Q_i$  : Lực cắt tại tiết diện i.
- +  $q$  : Tĩnh tải phân bố ngang cầu trên dải rộng 1m.
- +  $S_i$  : Diện tích ĐAH nội lực.
- +  $y_i$  : tung độ ĐAH tại vị trí đặt lực tập trung.

Công thức tính toán nội lực do hoạt tải

- Bản mặt cầu được phân tích theo phương pháp dải gần đúng được quy định trong điều 4.6.2.1. Với dải phân tích là ngang và có chiều dài nhịp tính toán  $L = 7413 \text{ mm} > 4600 \text{ mm}$ . Do đó bản được thiết kế với tải trọng xe tải và tải trọng làn thiết kế

- + Tải trọng 1 bánh xe là  $P = 72.5\text{KN}$ .
- + Tải trọng làn :  $q_{\text{làn}} = 9,3 \text{ KN/m}$  phân bố đều trên chiều rộng  $b = 3\text{m}$ . Hiệu ứng của tải trọng làn không xét đến lực xung kích.
- Khi thiết kế thì theo phương ngang cầu hoạt tải được xếp trên 2 làn và được xếp sao cho tạo được hiệu ứng bất lợi nhất. Vị trí tâm bánh xe đặt cách mép gờ chắn bánh được quy định như sau :

- + Khi tính toán phần cánh hẫng :  $a = 300 \text{ mm}$
- + Khi tính toán các bộ phận khác :  $a = 600 \text{ mm}$
- + Cự ly giữa 2 xe :  $\geq 1200 \text{ mm}$

- Đối với hoạt tải, bề rộng làm việc của bản mặt cầu được quy định như sau:

- + Khi tính toán phần cánh hẫng:  $SW = 1140 + 0,833.X \text{ (mm)}$
- + Khi tính mômen âm:  $SW = 660 + 0,55.S$ .
- + Khi tính mômen dương:  $SW = 1220 + 0,25.S$

Trong đó :

- +  $S$  : Là khoảng cách giữa các gối đỡ
- +  $X$  : Khoảng cách từ tim gối đến điểm đặt tải.
- Kết quả tính toán vệt bánh xe tương đương như sau :

- + Khi tính toán phần hẫng:

Do mặt cầu được thiết kế có gờ chắn không cho phép xe chạy sang phần cánh hẫng nên  $X=0$ , suy ra  $SW = 1140 + 0,833.0 = 1140 \text{ mm} = 1,14 \text{ m}$

- + Khi tính toán mômen âm :  $SW = 660 + 0,55.5725 = 4737 \text{ mm} = 4,737 \text{ m}$
- + Khi tính toán mômen dương :  $SW = 1220 + 0,25.5725 = 3073 \text{ mm} = 3,073 \text{ m}$
- Nội lực trong bản mặt do hoạt tải được tính theo công thức sau :

$$S = m \cdot P \cdot \sum_i \frac{Y_i}{b} + q \cdot \sum_i \varpi_i$$

Trong đó :

- +  $S_{i,r}$  : Nội lực cần tính toán tại mặt cắt  $i$ .
- +  $m$  : Hệ số làn.
- +  $P$  : Tải trọng 1 bánh xe.
- +  $b$  : Chiều rộng vệt bánh xe tương đương.

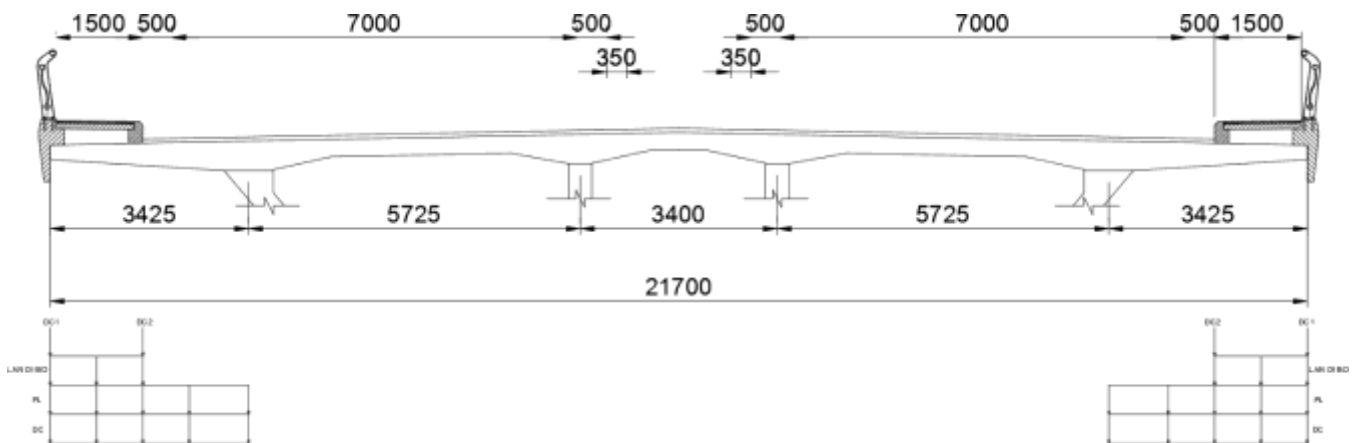
- +  $Y_i$  : Tung độ ĐAH tại vị trí đặt bánh xe.
- +  $q_i$  : Tải trọng làn thiết kế.
- +  $v_i$  : Diện tích ĐAH nội lực.

Chiều dài nhịp tính toán của bản mặt cầu được xác định như sau:

- + Với nhịp phía bên trong thì lấy nhịp tính toán bằng: 5.725m
- + Với cánh hẫng thì nhịp tính toán bằng: 3.425m

### Tính toán moment phần bản hẫng

a. Sơ đồ tính:



b. Tải trọng:

- + Trọng lượng bản thân  $DC_{bt}$
- + Trọng lượng lớp phủ  $DW$
- + Trọng lượng Lan can  $DC_{lc}$
- + Trọng lượng gờ chắn  $DC_{gc}$
- + Tải trọng người đi bộ

c. Kết quả tính toán nội lực:

– Moment ở mặt cắt ngàm:

- + TTGH1 :  $M_u = 182.6 \text{ kN.m}$
- + TTGHSD:  $M_u = 138.8 \text{ kN.m}$

– Lực cắt ở mặt cắt ngàm:

- + TTGH1 :  $V_u = 89.2 \text{ kN.m}$
- + TTGHSD:  $V_u = 68 \text{ kN.m}$

**Tính toán moment phần bản phía trong**

- Mômen tại gối:
- +  $M_u = 288.7$  kNm (TTGHCD 1)
- +  $M_u = 176.6$  kNm (TTGHSD)
- Moment giữa nhịp:
- +  $M_u = 254.4$  kNm (TTGHCD 1)
- +  $M_u = 151.2$  kNm (TTGHSD)
- Lực cắt tại gối:
- +  $V_u = 442.3$  kNm (TTGHCD 1)
- +  $V_u = 264.9$  kNm (TTGHSD)

**4.4.5. Tính toán và bố trí cốt thép bản mặt cầu:**

a. vật liệu chế tạo dầm.

**- Bê tông chế tạo dầm :**

- + Mác bê tông : Cấp 45 MPa
- + Trọng lượng riêng của bê tông :  $g_{bt} = 24$  KN/m<sup>3</sup>
- + Mô đun đàn hồi :  $E_c = 33915$  Mpa
- + Cường độ chịu nén :  $f_c' = 45$  Mpa
- + Cường độ chịu nén của bê tông lúc bắt đầu đặt tải tạo ứng suất trước :

$$f_{ci}' = 0,85 \cdot f_c'' = 0,85 \cdot 45 = 38,25 \text{ Mpa}$$

- Hệ số quy đổi hình khối ứng suất :  $b = \max(0,65 ; 0,85 \cdot \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}) = 0.7285$
- Cường độ chịu kéo khi uốn :  $f_r = 0,63 \cdot \sqrt{f_c'} = 4,23$  Mpa

**b. Thép thường chế tạo dầm.**

- Sử dụng loại cấp cường độ cao, loại bó xoắn 3 tao của hãng VSL có các chỉ tiêu

sau:

Tên các đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính danh định 1 tao	d	15.2	mm
Diện tích mặt cắt 1 tao	$A_{tao}$	2.8	cm <sup>2</sup>
Giới hạn chảy của thép	$f_{py}$	1674	Mpa
Giới hạn bền của thép	$f_{pu}$	1860	Mpa

Môđun đàn hồi của thép	Es	197000	Mpa
Hệ số ma sát thành ống ghen	m	0.2	
ứng suất trong thép khi kích	f <sub>pj</sub>	1488	Mpa
Hệ số ma sát lắc/1 mômen bó cáp	K	6.60E-07	mm <sup>-1</sup>
Chiều dài tụt neo	DL	1	cm
Sử dụng loại neo chuyên dụng của hãng VSL			
<b>Cốt thép thường chế tạo BMC</b>			
Cốt thép tròn trơn	AIII		
Giới hạn chảy của thép	f <sub>y</sub>	420	Mpa
Môđun đàn hồi của thép	Et	200000	Mpa
Đường kính thanh thép	D	16	mm
Số thanh thép sử dụng	n	8	thanh
Khoảng cách giữa các thanh thép	a	125	cm

### c. Bố trí cốt thép chịu mômen

#### ❖ Nguyên tắc bố trí thép bản mặt cầu

– Về nguyên tắc bố trí cốt thép DƯỠ thì ta sẽ bố trí các bó cốt thép DƯỠ ở thớ dưới tại mặt cắt giữa nhịp bản, còn tại mặt cắt gối chịu mômen âm thì các bó cốt thép DƯỠ lại được uốn lên bố trí ở thớ trên. Cách bố trí như hình vẽ.

#### ❖ Các công thức tính toán và bố trí cốt thép

– Mặt cắt bản mặt cầu là mặt cắt chữ nhật do đó ta dùng các công thức của mặt cắt chữ nhật để tính toán và kiểm duyệt khả năng chịu lực của mặt cắt. Khi kiểm toán ta bỏ qua cốt thép thường chịu nén, chỉ tính đến cốt thép thường chịu kéo và cốt thép DƯỠ.

– Các công thức kiểm toán:

+ Công thức xác định chiều cao vùng chịu nén

$$c = \frac{A_{ps} f_{pu} + A_s f_y - A_s' f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b + k A_{ps} \frac{f_{pu}}{d_p}}$$

+ Công thức tính mômen kháng uốn danh định của mặt cắt

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left( d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y \left( d_s - \frac{a}{2} \right)$$

- + Công thức tính sức kháng uốn tính toán của mặt cắt

$$M_r = j.M_n$$

Trong đó :

- +  $A_{ps}$ : Diện tích cốt thép DUL
- +  $d_p$ : Khoảng cách từ thớ ngoài cùng chịu nén đến trọng tâm cốt thép DUL
- +  $f'_c$ : Cường độ của bê tông ở tuổi 28 ngày,  $f'_c = 50$  Mpa
- +  $j$ : Hệ số sức kháng,  $j$  lấy bằng 1,0 đối với cấu kiện chịu uốn
- +  $b$ : Bề rộng tính toán của mặt cắt.
- +  $b_1$ : Hệ số chuyển đổi hình khối ứng suất,  $b_1 = 0.7285$  theo 5.7.2.2.
- +  $f_{pu}$ : Cường độ chịu kéo quy định của thép DUL,  $f_{pu} = 1860$  MPa.
- +  $f_{py}$ : Giới hạn chảy của thép DUL,  $f_{py} = 80\%f_{pu} = 1581$  MPa. (bó 12 tao)
- +  $c$ : Khoảng cách từ thớ chịu nén ngoài cùng đến trục trung hoà với giả thiết là thép DUL đã bị chảy dẻo.
- +  $a = c$ .  $b_1$ : Chiều dày của khối ứng suất tương đương
- +  $f_{ps}$ : ứng suất trung bình trong cốt thép DUL ở sức kháng uốn danh định tính theo công thức 5.7.3.1.1-1

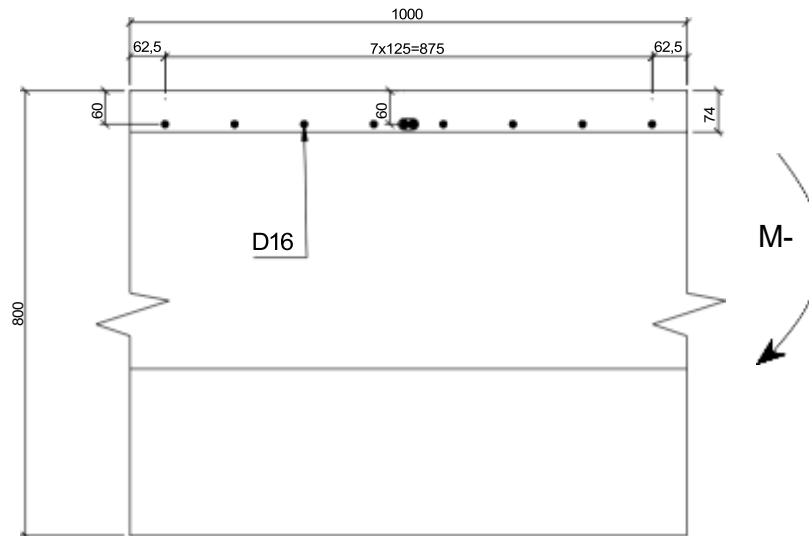
$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - K * \frac{c}{d_p} \right)$$

$$K = 2 * \left( 1.04 - \frac{f_{py}}{f_{pu}} \right)$$

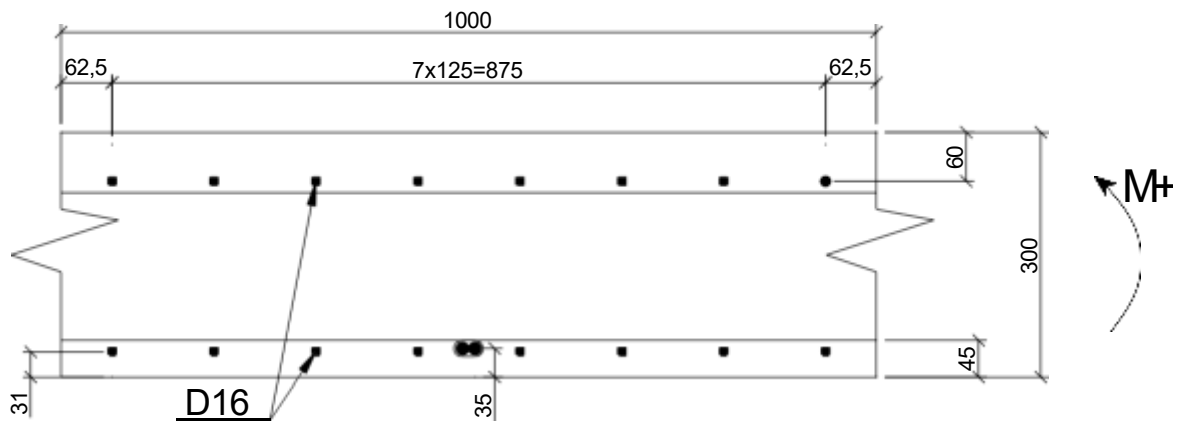
Hàm lượng thép DUL và thép thường phải được giới hạn sao cho :

$$\frac{c}{d_e} \leq 0,42$$

- Bố trí cốt thép thường và cốt thép DUL cho 1m dài cầu:
- Cốt thép DUL sử dụng loại bó dệt 2 tao 15,2, cứ 1 mét dài cầu kéo 1bó theo phương ngang cầu.
- Cốt thép thường sử dụng loại đường kính 16 mm bước cốt thép 125mm, bố trí chỉ 1 mét dài cầu như hình vẽ.
- + Cốt thép tại mặt cắt gối:



+ Cốt thép tại mặt cắt giữa nhịp bản:



#### 4.4.6. Duyệt mặt cắt chịu uốn theo THGH CD1:

a. Mặt cắt tại gối:

– Diện tích cốt thép DUL:  $A_{ps}=2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

– Diện tích cốt thép thường chịu kéo:  $A_s=16,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

+  $d_p=0,74\text{m}$  ;  $d_s=0,74\text{m}$  ;

+  $k=0,28$  ;  $b_1=0,7285$

+  $c=0,03112$  ;  $a=c \cdot b_1=0,7285 \cdot 0,03112=0,02267$

+  $f_{ps}=1860 \cdot (1-0,28 \cdot 0,03112/0,74) \cdot 10^3=1838100 \text{ KN/m}^2$

– Sức kháng uốn danh định của mặt cắt:

$$M_n = A_{ps} f_{ps} (d_p - \frac{a}{2}) + A_s \cdot f_y \cdot (d_s - \frac{a}{2}) = 867,28 \text{ KNm}$$

$M_r = j \cdot M_n = 1.867,28 = 867,28 \text{ KNm}$  so sánh với  $M_u = 182.6 \text{ KNm} \Rightarrow$  Đạt

❖ **Kết luận** : Mặt cắt bản mặt cầu đảm bảo khả năng chịu mômen uốn âm

b. Mặt cắt tại giữa nhịp bản:

– Diện tích cốt thép DUL:  $A_{ps}=2,8.10^{-4} \text{ m}^2$

– Diện tích cốt thép thường chịu kéo:  $A_s=16,1.10^{-4} \text{ m}^2$

+  $d_p=0,265\text{m}$  ;  $d_s=0,269\text{m}$  ;

+  $k=0,28$  ;  $b_1=0,7285$

+  $c=0,03083$  ;  $a=c. b_1=0,7285.0,03083=0,02246$

+  $f_{ps}=1860.(1-0,28.0,03083/0,265).10^3=1799402 \text{ KN/m}^2$

– Sức kháng uốn danh định của mặt cắt:

$$M_n = A_{ps} f_{ps} (d_p - \frac{a}{2}) + A_s \cdot f_y \cdot (d_s - \frac{a}{2}) = 301,997 \text{ KNm}$$

$M_r = j \cdot M_n = 1. 301,997 = 301,997 \text{ KNm}$  so sánh với  $M_u = 254.4 \text{ KNm} \Rightarrow$  Đạt

**Kết luận** : Mặt cắt bản mặt cầu đảm bảo khả năng chịu mômen uốn dương

#### 4.4.7. Duyệt mặt cắt gôì chịu cắt theo THGH CĐ1:

Công thức kiểm toán

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

Trong đó:

+  $\phi$ : Hệ số sức kháng cắt được xác định theo bảng 5.5.2.2-1,

+  $\phi = 0.9$  (với kết cấu BTCT thông thường)

+  $V_n$ : Sức kháng cắt danh định được xác định theo quy định của điều 5.8.3.2.

$$V_n = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{n1} = V_c + V_s + V_p \\ V_{n2} = 0.25 f_c b_c d_v + V_p \end{array} \right.$$

Với:

$$+ V_c = 0.083 \beta \sqrt{f_c'} b_v d_v$$

$$+ V_s = \frac{A_v f_y d_v (\cot \theta \pm \cot \alpha) \sin \alpha}{s}$$

$$+ V_p = A_{str} \cdot f_p \cdot \sum_{i=1}^5 \sin \gamma_i$$

+  $d_v$  : chiều cao chịu cắt có hiệu được xác định trong điều 5.8.2.7

Lấy  $d_v = 0,72. h = 0,72. 800 = 576 \text{ mm}$

+  $b_v$  : bề rộng bụng có hiệu, lấy bằng bề rộng lớn nhất trong chiều cao  $d_v$ .

$$b_v = 1000 \text{ mm}$$

+ s : Cự ly cốt thép đai.

+  $\beta$ : Hệ số chỉ khả năng bê tông bị nứt chéo truyền lực kéo được quy định trong điều 5.8.3.4., lấy  $\beta = 2$

+  $\theta$ : Góc nghiêng của ứng suất nén chéo được xác định trong điều 5.8.3.4

$$\text{Lấy } \theta = 45^\circ$$

+  $\alpha$ : Góc nghiêng của cốt thép đai đối với trục dọc (độ). Nếu cốt đai thẳng đứng,  $\alpha = 90^\circ$ .

+  $A_v$ : Diện tích cốt thép chịu cắt trong cự ly S (mm<sup>2</sup>).

+  $V_p$ : Thành phần lực ứng suất trước có hiệu trên hướng lực cắt tác dụng, là dương nếu ngược chiều lực cắt (N). Với kết cấu BTCT thường  $V_p = 0$

**Nhận xét:**  $V_c$ : Khả năng chịu cắt của mặt cắt BT khi chưa có cốt thép:

$$V_{u_{cu}} = 0,083.2.\sqrt{45}.1000.432 = 641411.63 \text{ N}$$

$$V_c = 641,411 \text{ KN}$$

Khi đó sức kháng cắt danh định của mặt cắt khi không cần cốt thép

$$V_n = V_c = 641,411 \text{ KN} \Rightarrow V_r = 0,9.641,411 = 577,27 \text{ KN} > V_u = 442.3 \text{ KN}$$

**Kết luận:** Vậy mặt cắt đủ khả năng chịu cắt khi không cần cốt thép. Tuy nhiên trong thiết kế ta vẫn bố trí cốt đai theo cấu tạo.

#### 4.4.8. Kiểm toán khả năng chống nứt của bản mặt cầu:

– Các quy định về việc không chế vết nứt của bản mặt cầu phải được thoả mãn các điều kiện dưới đây trừ mặt cầu được thiết kế theo điều A.9.7.2. (Thiết kế theo kinh nghiệm)

– Cấu kiện phải được cấu tạo sao cho ứng suất kéo trong cốt thép thường ở trạng thái giới hạn sử dụng  $f_{sa}$  không vượt quá.

$$f_s = \frac{Z}{(d_{c,A})^{1/3}} \leq 0.6f_y \quad (\text{A.5.7.3.4-1})$$

Trong đó :

+  $d_c$ : Chiều cao phần bê tông tính từ thớ ngoài cùng chịu kéo cho đến tâm của thanh haysợi đặt gần nhất (nhằm mục đích tính toán phải lấy chiều dày tịnh của lớp bê tông bảo vệ  $d_c$  không được lớn hơn 50mm;  $d_c = 50\text{mm}$

+ A: Diện tích phần bê tông có cùng trọng tâm với cốt thép chủ chịu kéo và được bao bởi các mặt cắt ngang và đường thẳng song song với trục trung hoà, chia cho số lượng của các thanh hay sợi ( $\text{mm}^2$ ), nhằm mục đích tính toán phải lấy chiều dày tịnh của lớp bê tông bảo vệ không được lớn hơn 50mm.

+ Z: Thông số bề rộng vết nứt ( $\text{N/mm}$ )  $Z = 30000 \text{ N/mm}$

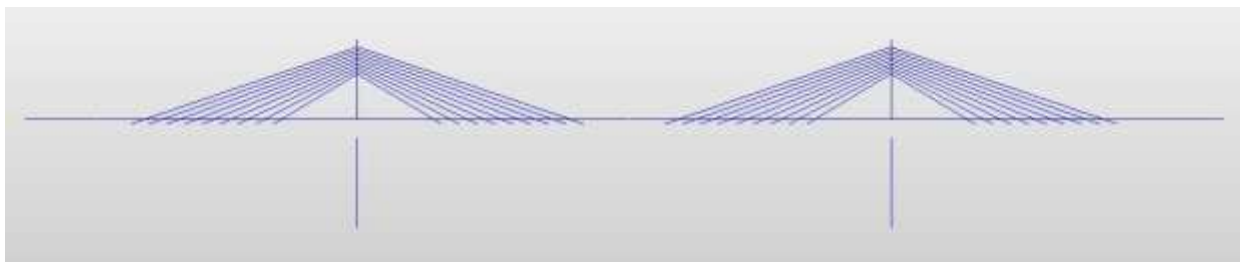
– Kiểm toán điều kiện không chế vết nứt ta thấy: **Đạt**

**Kết luận:** Bản mặt cầu thiết kế đảm bảo khả năng chịu lực cũng như các yêu cầu đặt ra.

#### 4.5. Tính duyệt cáp văng:

Đặc điểm cấu tạo của hệ cáp văng

– Sơ đồ phân bố



Các tính chất của thép làm cáp văng:

– Sử dụng loại cáp CĐC loại bó xoắn 7 sợi của hãng VSL có các chỉ tiêu như sau:

+ Đường kính danh định : 15,2 mm

+ Diện tích mặt cắt danh định : 140  $\text{mm}^2$

+ Giới hạn chảy :  $f_{py} = 1670 \text{ Mpa}$

+ Giới hạn bền :  $f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$

Mô đun đàn hồi:  $E_{PS} = 197000 \text{ Mpa}$

– Các dây 1 đến 9 sử dụng bó 22 tao

#### Nhận xét sự làm việc của cáp văng:

– Thực chất cáp văng là 1 hình thức DUL ngoài. Các bó cáp văng được đưa lên khỏi bề mặt của dầm cứng và liên kết với cột tháp có chiều cao thấp đặt trên đỉnh trụ. Vai trò của cáp văng khác hẳn với dây văng trong cầu dây văng. Đối với cầu dây văng, các

dây có nhiệm vụ chịu tĩnh tải giai đoạn 1 và 1 phần hoạt tải, do đó sự thay đổi US trong dây văng là rất lớn khi chịu tĩnh tải gđ2 và hoạt tải nên US không chế trong dây văng chỉ được phép  $0,45 f_{pu}$ . Còn đối với cầu Extradosed ứng xử gần giống với cầu dầm hơn, do dầm có độ cứng rất lớn, còn cáp văng thông thường sử dụng các loại bó 19, 22, 27, 31 tao hơn nữa các bó có góc nghiêng rất bé, do đó đối với tĩnh tải gđ2 và hoạt tải thì chủ yếu là dầm cứng chịu, sự thay đổi US trong cáp căng tương đối ít khi chịu tĩnh tải gđ 2 và hoạt tải, ứng suất trong cáp văng cho phép đến  $0,6-0,65 f_{pu}$ .

- Tính toán nội lực trong cáp văng.

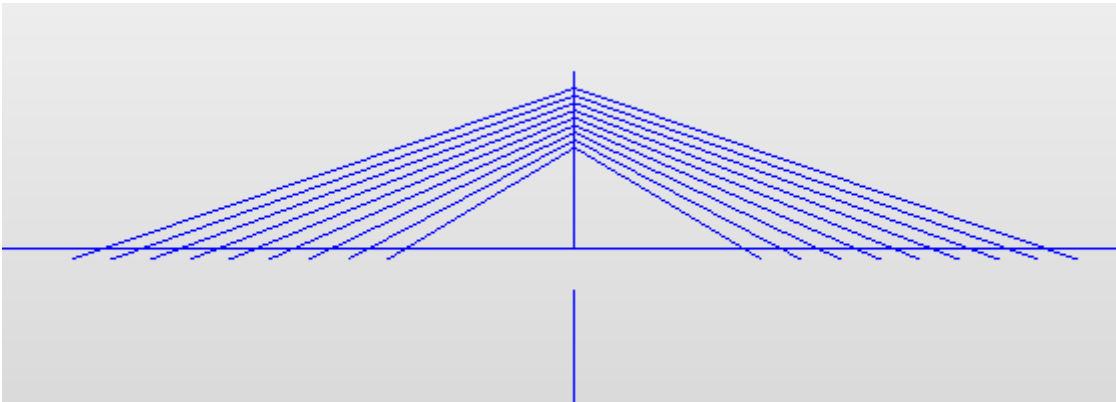
Tính nội lực dây văng trong giai đoạn thi công

- Với cầu Extradosed, lực căng trong cáp văng thường được chọn sẵn giá trị, ở đây lực căng trong cáp văng các dây 1 đến 6 được căng đến  $0,4f_{pu}$ , các dây 7 và 8 được căng đến  $0,35 f_{pu}$  từ đó xác định được lực căng trong các dây:

Dây	Loại tao	Số tao	Tiết diện dây	Lực căng KN
D1	15.2	22	0.00308	12176.88
D2	15.2	22	0.00308	3764.2
D3	15.2	22	0.00308	4806.65
D4	15.2	22	0.00308	4685.78
D5	15.2	22	0.00308	5618.04
D6	15.2	22	0.00308	5018.43
D7	15.2	22	0.00308	4744.84
D8	15.2	22	0.00308	4058.77
D8	15.2	22	0.00308	4058.77

Nội lực trong các dây trong giai đoạn thi công bằng tổng hợp của các lực sau:

- + Lực căng trong dây.
- + Lực căng tăng thêm do TLBT của các đốt dầm.
- + Lực căng tăng thêm do đặt và dỡ các tải trọng thi công
- + Lực nén trong dây do sự căng các dây sau ảnh hưởng đến các dây đã căng trước.
- + Sử dụng Midas/Civil 6.3.0 để tính toán.
- + Sơ đồ xác định nội lực trong dây: Gồm 20 sơ đồ đã nêu trong phần TK sơ bộ.



Sơ đồ đúc hẫng các đốt dầm kết hợp căng cáp văng

Tải trọng :

- + Trọng lượng bản thân các đốt dầm
- + Tải trọng thi công tính toán :  $q_{TC} = 0.002 * 21.7 * 9.81 = 5.2 \text{ KN/m}$ .
- + Trọng lượng 1 xe đúc :  $P_{XD} = 800 \text{ KN}$
- + Lực căng ban đầu trong cáp văng

Bảng 4. 14 tổng hợp nội lực trong cáp văng giai đoạn thi công:

Dây	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Giai đoạn thi công	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
K5	2439.7								
K6	2218.4	2536.6							
K7	2044.5	2341.9	2549.8						
K8	1826.1	2116.2	2313.9	2511.3					
K9	1798.9	2062.4	2236.1	2412.7	2638.0				
K10	1719.6	1972.4	2134.1	2297.9	2511.2	2612.2			
K11	1659.4	1905.2	2058.3	2212.7	2416.3	2508.3	2633.2		
K12	1612.1	1854.2	2002.2	2150.6	2347.7	2433.1	2551.9	2654.1	
K13	1573.0	1814.1	1960.1	2105.8	2299.6	2381.7	2497.0	2596.1	2675.8
K14	1602.1	1887.9	2088.9	2300.5	2570.8	2737.8	2942.7	3131.9	3298.1
K15	1613.1	1947.1	2209.2	2496.0	2855.5	3123.9	3438.7	3741.5	4020.5
HL giữa	1571.0	1905.6	2166.1	2449.6	2804.5	3067.6	3376.8	3674.6	3949.5

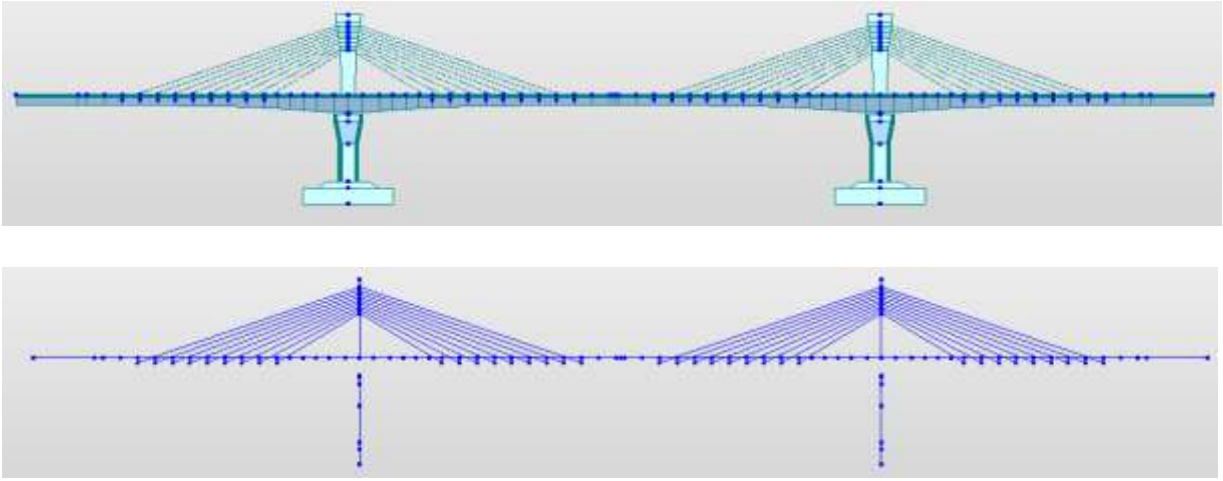
– Tính nội lực cáp văng giai đoạn khai thác:

- + Giai đoạn khai thác là giai đoạn kết cấu cầu đã hình thành hoàn chỉnh, đó là sơ đồ kết cấu liên tục 8 nhịp.
- + Nội lực dây văng trong giai đoạn khai thác được lấy theo nguyên lý cộng tác dụng giá trị nội lực của dây văng trong 2:

Sơ đồ cầu dây văng chịu tĩnh tải giai đoạn II

Tải trọng: Tải trọng gđ2 TC:  $DW=23.6$  KN/m

Mô hình hoá trên Midas để xác định nội lực trong dây văng:



### Sơ đồ cầu dây văng chịu hoạt tải

Tải trọng :

- + Hoạt tải thiết kế : HL 93 và tải trọng Người
- + Nội lực do hoạt tải thiết kế được lấy giá trị lớn nhất trong 2 tổ hợp :
- + Tổ hợp 1 : Xe tải + Làn + Người
- + Tổ hợp 2 : Xe 2 trục + Làn + Người

Sơ đồ: cầu liên tục 3 nhịp.

- Nội lực trong dây văng do tĩnh tải giai đoạn 2 và hoạt tải được xác định bằng chương trình Midas/Civil 6.3.0

Kết quả tính nội lực dây văng giai đoạn khai thác:

Nội lực lớn nhất trong dây do Hoạt tải +TT gđ2 (KN)

Dây văng	3T	2T
D1	1172.9	1135.7
D2	1089.7	1054.7
D3	969.7	938.8
D4	787.1	762.0
D5	734.4	705.3

D6	908.5	873.0
D7	1358.9	1343.9
D8	2232.0	2183.7
D9	3569.5	3515.3

Tổng hợp nội lực cáp văng trong cả 2 giai đoạn:

- Nội lực dây văng trong cả 2 giai đoạn được lấy tổng giá trị lớn nhất trong giai đoạn thi công với giá trị lớn nhất trong giai đoạn khai thác.
- Bảng tổng hợp nội lực dây văng trong cả 2 giai đoạn :

Tổ hợp nội lực của dây văng trong cả 2 giai đoạn (KN):

Dây văng	Giai đoạn thi công	Giai đoạn khai thác	
		Xe 3 trục	Xe 2 trục
D1	2439.7	1172.9	1135.7
D2	2536.6	1089.7	1054.7
D3	2549.8	969.7	938.8
D4	2511.3	787.1	762.0
D5	2638.0	734.4	705.3
D6	2612.2	908.5	873.0
D7	2633.2	1358.9	1343.9
D8	2654.1	2232.0	2183.7
D9	3298.1	3569.5	3515.3

Tính toán và kiểm duyệt cáp văng:

- Cường độ tính toán của cáp làm dây văng
- + Sử dụng loại cáp CĐC loại bó xoắn 7 sợi của hãng VSL có các chỉ tiêu như sau :

- + Đường kính danh định : 15,2 mm
- + Diện tích mặt cắt danh định : 140 mm<sup>2</sup>
- + Giới hạn chảy :  $f_{py} = 1670$  Mpa
- + Giới hạn bền :  $f_{pu} = 1860$  Mpa
- + Cường độ sử dụng :  $f_{sa} = 0,45.1860 = 837$  Mpa
- + Công thức kiểm tra ứng suất trong dây văng.

$$\sigma = \frac{N}{A_{dv}} \leq f_{sa}$$

Trong đó :

- + N : Tổng nội lực tính toán lớn nhất trong dây văng cả 2 giai đoạn.
- +  $A_{dv}$  : Diện tích mặt cắt ngang của dây.
- +  $f_{sa}$  : Cường độ sử dụng của dây văng.
- Ứng suất cho phép trong cáp văng: 0,6 – 0,65  $f_{pu}$  tương ứng lực kéo cho phép trong các dây
  - + Với các dây 19 tao, lực kéo cho phép trong khoảng: 2968.56 – 3215.94 KN
  - + Với các dây 22 tao, lực kéo cho phép trong khoảng: 3437.28 – 3723.72 KN

kiểm duyệt cáp văng

- Nhận xét: Các dây cáp văng dưới tác dụng của hoạt tải không có dây nào bị nén
- Như vậy theo kết quả tính toán thì nội lực trong các dây đều không vượt quá giới hạn cho phép.

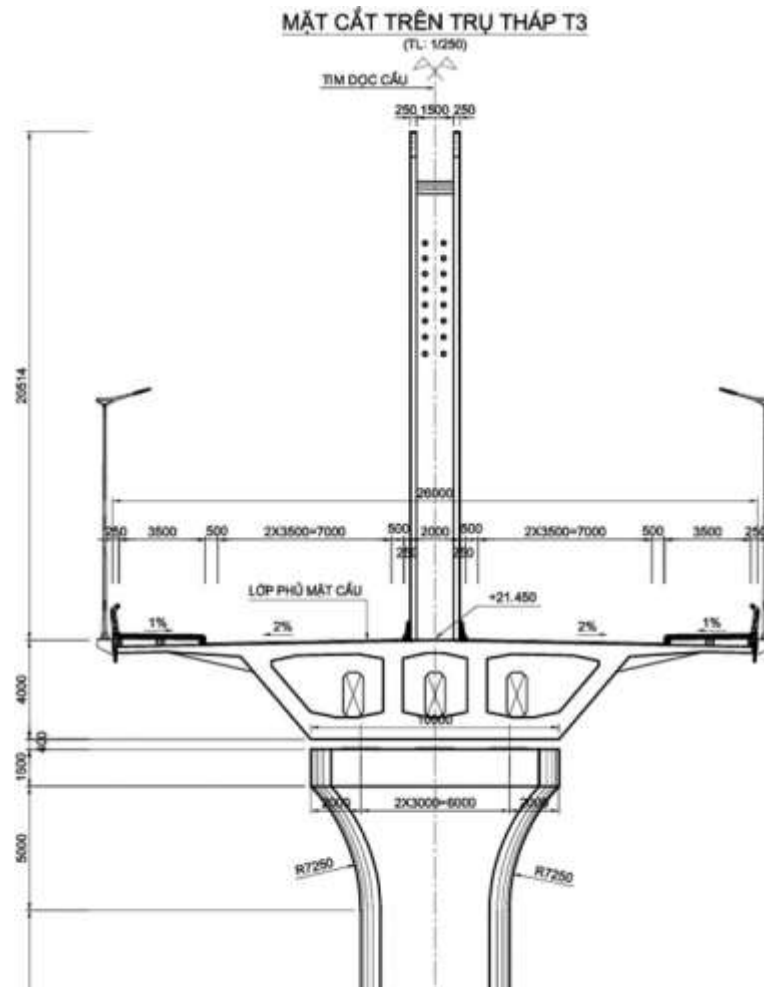
Kết luận: Ta thấy tất cả các dây văng đều đảm bảo khả năng chịu lực.

#### 4.6. Tính toán thiết kế tháp trụ:

##### 4.6.1. Cấu tạo tháp trụ:

- Tháp trụ cầu được thiết kế bằng BTCT, phần dưới được thiết kế đặc ngàm trực tiếp vào kết cấu nhịp.
- Phương án móng : Móng cọc đài cao, cọc khoan nhồi đường kính  $\phi 1,5$ m.
- Tháp cầu được cấu tạo như sau :
  - + Chiều cao toàn bộ của tháp  $h_{th} = 40$  m

- + Chiều cao từ đỉnh bệ tháp đến bản mặt cầu  $h_{ct} = 19.5 \text{ m}$
- + Chiều cao từ bản mặt cầu đến đỉnh tháp  $h_{tt} = 20.5 \text{ m}$



Hình 4. 21: Mặt cắt tháp trụ.

#### 4.6.2. Tải trọng tác dụng lên mặt cắt đáy bệ tháp:

- Các loại tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên mặt cắt I-I :
- Tĩnh tải:
  - + Do trọng lượng bản thân của trụ, của KCN
  - + Tĩnh tải giai đoạn 2( Lớp phủ mặt cầu và các tiện ích khác)
  - + Do lực căng của cáp văng
  - + Các loại tải trọng nằm ngang

Do KCN làm việc cùng trụ tạo thành khung cứng nên nội lực tại các mặt cắt sẽ được tổ hợp từ giai đoạn thi công đến giai đoạn khai thác.

– Hoạt tải:

Nội lực do hoạt tải gây ra được lấy giá trị lớn nhất trong các hiệu ứng sau :

+ Hiệu ứng 1 : Xe tải thiết kế + tải trọng làn + tải trọng Người. Cụ ly bánh giữa các trục sau của xe tải thay đổi từ 4,3 ÷ 9,0.

+ Hiệu ứng 2 : Xe 2 trục thiết kế + tải trọng làn + tải trọng Người

+ Hiệu ứng 3 : 90% 2 Xe tải thiết kế + 90% tải trọng làn + tải trọng Người. Khoảng cách giữa 2 xe tải là 15 m. Cụ ly bánh giữa các trục sau của xe tải không đổi bằng 4,3.

- Các tải trọng nằm ngang gồm có các tải trọng:

+ Lực hãm xe

+ Lực ma sát gói cầu

+ Tải trọng gió

+ áp lực nước

- Tổng hợp nội lực tại các mặt cắt

Bảng 4. 15: Tổ hợp nội lực theo các THGH.

TH	Dọc cầu (Hướng ra sông)			Dọc cầu (Hướng về bờ)			Ngang cầu		
	Mômen	Lực cắt	Lực dọc trục	Mômen	Lực cắt	Lực dọc trục	Mômen	Lực cắt	Lực dọc trục
CĐ1	-44449.91	-2721.81	-6070.30	154681.19	7664.30	-99154.85	-2486.66	-79.50	-20779.81
SD	-27420.49	-1668.90	-3468.74	101087.19	4291.59	-82447.27	-3749.02	-173.50	-16115.28

Nội lực để thiết kế:

Bảng 4. 16: Tổ hợp nội lực thiết kế.

TH	Dọc cầu			Ngang cầu		
	Mômen	Lực cắt	Lực dọc trục	Mômen	Lực cắt	Lực dọc trục
CĐ1	154681.19	7664.30	-99154.85	-10165.07	-959.67	-20779.81
SD	101087.19	4291.59	-82447.27	-8387.34	-785.26	-16115.28

#### 4.6.3. Tính toán và bố trí cọc trong móng:

##### 4.6.3.1. Tính toán sức chịu tải của cọc theo vật liệu:

Công thức tính toán sức chịu tải của cọc theo vật liệu

$$Q_{coc} = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot A_c + f_y \cdot A_s)$$

Trong đó :

- +  $f_c'$  : Cường độ chịu nén của bê tông
- +  $A_c$  : Diện tích phần bê tông trên mặt cắt ngang cọc
- +  $f_y$  : Cường độ chịu kéo của thép
- +  $A_s$  : Diện tích phần thép trên mặt cắt ngang cọc
- +  $\phi$  : Hệ số uốn dọc,  $\phi = 0,75$

Bảng 4. 17: Sức chịu tải của cọc theo vật liệu.

Tên gọi các đại lượng	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính cọc thiết kế	D	1.5	m
Đường kính cốt thép	d	32	
Số thanh thép thiết kế	nthanh	24	
Diện tích phần bê tông	$A_c$	1.767	m <sup>2</sup>
Diện tích phần cốt thép	$A_s$	0.019	m <sup>2</sup>
Hệ số uốn dọc	$\phi$	0.75	
Cường độ chịu nén của bê tông	$f_c'$	1150	T/cm <sup>2</sup>
Cường độ chịu kéo của thép	$f_y$	24000	T/m <sup>2</sup>
Sức chịu tải của cọc theo vật liệu	$Q_{vl}$	<b>1642.978</b>	T

#### 4.6.3.2. Tính toán sức chịu tải của cọc theo đất nền:

Bảng 4. 18: Số liệu địa chất khảo sát tại khu vực thi công cọc khoan nhồi.

STT	Loại đất	H (m)	e	B	g T/m <sup>3</sup>	C KG/cm <sup>2</sup>	$s_v$ KG/cm <sup>2</sup>	j (độ)
Lớp 1	Sét hạt vừa	1.23	0.81	0.1	1.95	0.39	2.1	17
Lớp 2	Sét chảy dẻo	3.75	0.97	0.6	1.82	0.31	1.2	8
Lớp 3	Sét pha cát	8.42	0.91	0.4	1.87	0.18	2.6	20
Lớp 4	Cát hạt vừa	8.50	0.75		1.92	0.06	1.8	32
Lớp 5								

Cát pha sỏi sạn	Vô hạn	0.63		1.95	0.01	2.4	36	
-----------------	--------	------	--	------	------	-----	----	--

Lớp địa chất cọc xuyên qua:

STT	Loại đất	Li (m)	e	B	g T/m <sup>3</sup>	C KG/cm <sup>2</sup>	s <sub>v</sub> KG/cm <sup>2</sup>	j (độ)
Lớp 3	Sét pha cát	6.30	0.91	0.4	1.87	0.18	2.6	20
Lớp 4	Cát hạt vừa	8.50	0.75		1.92	0.06	1.8	32
Lớp 5	Cát pha sỏi sạn	15.20	0.63		1.95	0.01	2.4	36

Công thức tính toán sức chịu tải của cọc theo đất nền:

$$Q_R = \varphi_{pq} \cdot Q_p + \varphi_{ps} \cdot Q_s - W$$

Trong đó :

- +  $Q_R$  : Sức chịu tải của cọc theo đất nền
- +  $Q_s = q_s \cdot A_s$  : Sức kháng tại thân cọc
- +  $Q_p = q_p \cdot A_p$  : Sức kháng tại chân cọc
- +  $q_s$  : Sức kháng đơn vị tại thân cọc
- +  $q_p$  : Sức kháng đơn vị tại chân cọc
- +  $A_s$  : Diện tích bề mặt thân cọc
- +  $A_p$  : Diện tích bề mặt chân cọc
- +  $\phi_{qs}$  : Hệ số sức kháng tại thân cọc
- +  $\phi_{qp}$  : Hệ số sức kháng tại chân cọc
- +  $W$  : Trọng lượng của cọc

Theo Reese và o'neill (1999) ta có :  $q_s = a \cdot S_u$ ,  $q_p = 9 S_u$

Nếu cọc nhồi có đường kính 0.7-1.8m đất không quá yếu ( $S_u > 50$  kpa)

Thì 1.5m đoạn cọc đầu tiên  $a=0$

1d cọc cuối cùng  $a=0$

đoạn cọc giữa  $a=0.55$  nếu  $S_u < 150$  kN/m<sup>2</sup>

Trong đó :

- +  $N$  : Số búa SPT chưa hiệu chỉnh (búa /300 mm)
- +  $a$  : Hệ số dính bám

+  $S_u$  : Cường độ kháng cắt không thoát nước trung bình. Giá trị  $S_u$  phải được xác định từ kết quả thí nghiệm hiện trường hoặc kết quả trong phòng thí nghiệm của các mẫu nguyên dạng lấy trong khoảng độ sâu  $2D$  ở dưới chân cọc.

Giá trị  $S_u$  còn được tính theo công thức :  $S_u = \sigma \tan \phi + C$

Nhận xét: Đất dính có tính thấm kém, đối với đất dính bão hòa nước trường hợp nguy hiểm nhất là khi áp lực nước lỗ rỗng chưa kịp tiêu tán và sức kháng bên khi đó gọi là sức kháng bên không thoát nước khi đó  $\phi = 0$ , suy ra  $S_u = C_u$

Bảng 4. 19: Sức chịu tải của cọc theo đất nền tại thân cọc.

Loại đất	D (m)	Li (m)	As (m <sup>2</sup> )	Su (T/m <sup>2</sup> )	a	qs (T/m <sup>2</sup> )	Qs (T)	jqs
<b>Sức kháng tại thân cọc</b>								
Sét chảy dẻo	1.5	7.09	23.99	3.100	0.55	1.705	40.89633	0.65
Sét pha cát	1.5	8.42	39.68	5.986	0.55	3.292	130.626	0.55
Cát hạt vừa	1.5	8.5	40.06	16.222	0.5	8.111	324.8849	0.45
Cát pha sỏi sạn	1.5	15.99	68.28	32.795	0.49	16.069	1097.256	0.45
<b>Tổng sức kháng thành cọc</b>		40		Qthan			<b>738.3902</b>	T

Bảng 4. 20: Sức chịu tải của cọc theo đất nền tại mũi cọc.

Loại đất	D(m)	Ap (m <sup>2</sup> )	N	qp (kN/m <sup>2</sup> )	Qp (kN)	φqp
Cát pha sỏi sạn	1.5	1.767	45	288	508.9392	0.65
Sức kháng tại mũi cọc				Qmui	<b>330.8105</b>	
Sức chịu tải của cọc theo đất nền				Qr	<b>1069.201</b>	
Sức chịu tải của cọc theo vật liệu				Qvl	<b>1642.978</b>	
Sức chịu tải tính toán của cọc				Qcoc	<b>1069.201</b>	
Tổng chiều dài của cọc				L coc	40	

#### 4.6.3.3. Bố trí cọc cho móng:

$$n = \beta * \frac{P}{Q_{coc}}$$

Trong đó :

+  $\beta$ : Hệ số xét đến loại móng và độ lớn của mô men với móng cọc đài thấp ta lấy  $\beta = 1,4$

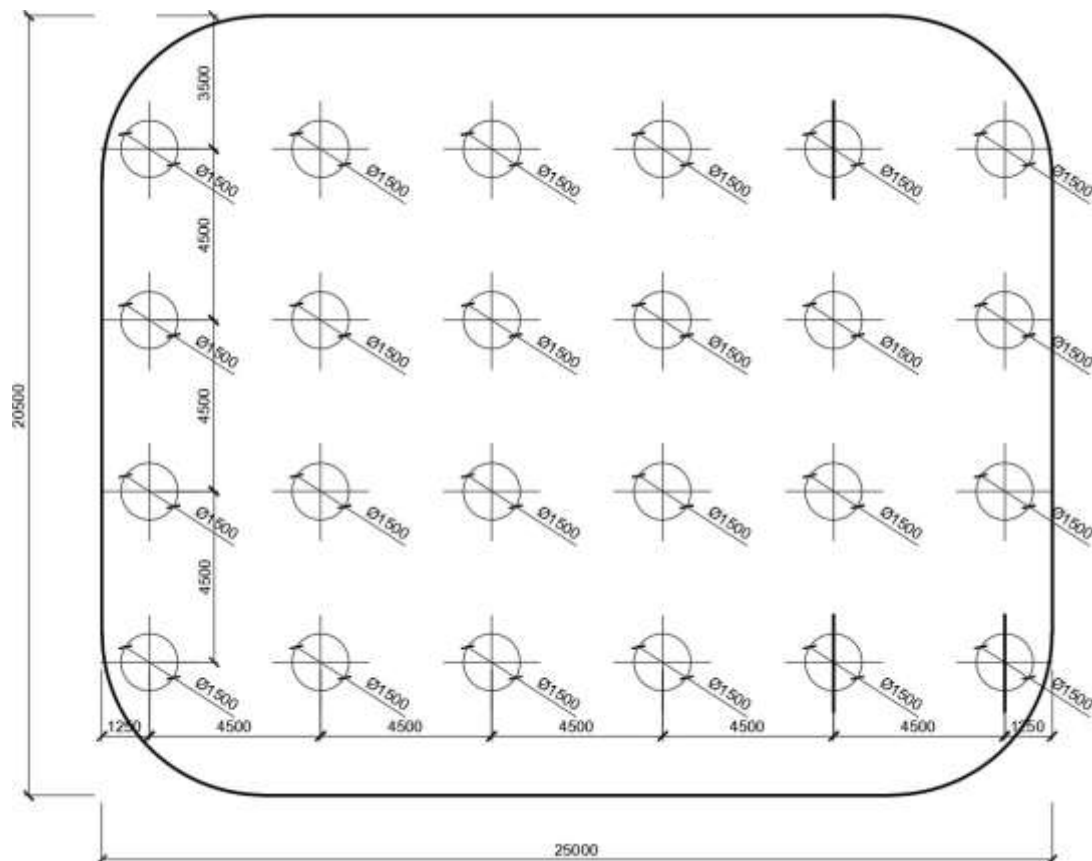
+  $Q_{coc}$  : Sức chịu tải tính toán của cọc :  $Q_{coc} = 1069.2$  T

+  $P$  : Tổng áp lực thẳng đứng truyền lên bệ cọc :  $P = 9915.49$ T

$$n = \beta * \frac{P}{Q_{coc}} = 1,4 * \frac{9915.49}{1069.2} = 12.98$$

=> Chọn số cọc bố trí trong móng là  $n = 24$  (cọc).

Sơ đồ bố trí cọc:



## CHƯƠNG 5: ỨNG DỤNG TIN HỌC VÀO THIẾT KẾ TÍNH TOÁN

❖ Ứng dụng tin học trong thiết kế tính toán Trong thời đại công nghệ hiện nay, tin học đóng vai trò then chốt trong các hoạt động thiết kế, mô phỏng và tính toán kỹ thuật. Việc ứng dụng các phần mềm chuyên dụng giúp nâng cao độ chính xác, tiết kiệm thời gian và tăng hiệu quả trong quá trình thực hiện đồ án. Cụ thể, trong quá trình thiết kế và tính toán của đồ án, các công cụ tin học được áp dụng như sau:

### 1. Ứng dụng phần mềm thiết kế kỹ thuật: (CAD)

AutoCAD / SolidWorks / Inventor: Được sử dụng để xây dựng mô hình 2D và 3D của chi tiết, cụm chi tiết, hoặc hệ thống máy. Giúp dễ dàng kiểm tra kích thước, hình dạng và bố trí hợp lý của các bộ phận trong sản phẩm.

Lợi ích: Tăng độ chính xác trong bản vẽ, hỗ trợ trình bày chuyên nghiệp, dễ dàng sửa đổi và lưu trữ.

### 2. Ứng dụng phần mềm phân tích và mô phỏng:

Revit: Dùng để mô phỏng chi tiết các cấu kiện, bố trí cốt thép và thiết kế cảnh quan công trình. Mặc dù không phải phần mềm chuyên tính toán kết cấu, Revit hỗ trợ rất tốt trong việc phối hợp thiết kế giữa các bộ môn kiến trúc, kết cấu, MEP. Ngoài ra, Revit có thể liên kết với phần mềm tính toán như Robot Structural Analysis hoặc ETABS để truyền mô hình kết cấu, từ đó giúp thống nhất và đồng bộ quá trình thiết kế – tính toán.

Lợi ích: Với Revit, mô hình 3D trực quan giúp phát hiện xung đột thiết kế (clash detection), tự động thống kê khối lượng, và hỗ trợ truyền dữ liệu cho phần mềm tính toán, từ đó tăng hiệu quả và giảm sai sót trong tính toán.

### 3. Ứng dụng phần mềm tính toán:

Excel: Dùng để tổ chức bảng tính, thực hiện các phép toán lặp, tra bảng số liệu kỹ thuật, xử lý dữ liệu đầu vào và đầu ra.

Lợi ích: Tự động hóa quá trình tính toán, tăng độ chính xác, dễ dàng kiểm tra và sửa lỗi

Midas civil: Là phần mềm chuyên dụng trong lĩnh vực kết cấu, được sử dụng để tính toán nội lực, kiểm tra điều kiện bền, ổn định kết cấu trong điều kiện tải trọng thực tế.

MIDAS còn hỗ trợ kiểm tra các tiêu chuẩn thiết kế theo TCVN, Eurocode hoặc AASHTO.

Lợi ích: MIDAS giúp mô hình hóa kết cấu trực quan, nhanh chóng kiểm tra điều kiện an toàn của công trình, tự động hóa kiểm tra tiêu chuẩn thiết kế, và tăng độ tin cậy trong quá trình phân tích kết cấu.

#### 4. Ứng dụng lập trình:

Visual Studio (C#, VB.NET, C++): Được sử dụng làm môi trường lập trình và phát triển phần mềm kỹ thuật chuyên biệt. Trong đồ án, Visual Studio có thể dùng để:

Xây dựng giao diện người dùng (GUI) cho các công cụ tính toán hoặc mô phỏng. Phát triển ứng dụng tính toán riêng cho từng hạng mục công việc (ví dụ: tính toán thép cốt, truyền nhiệt, phân tích nội lực).

Kết nối với cơ sở dữ liệu để lưu trữ và truy xuất dữ liệu đầu vào/đầu ra.

Sử dụng thư viện .NET hoặc thư viện khoa học để thực hiện các thuật toán tính toán kỹ thuật. Lợi ích:

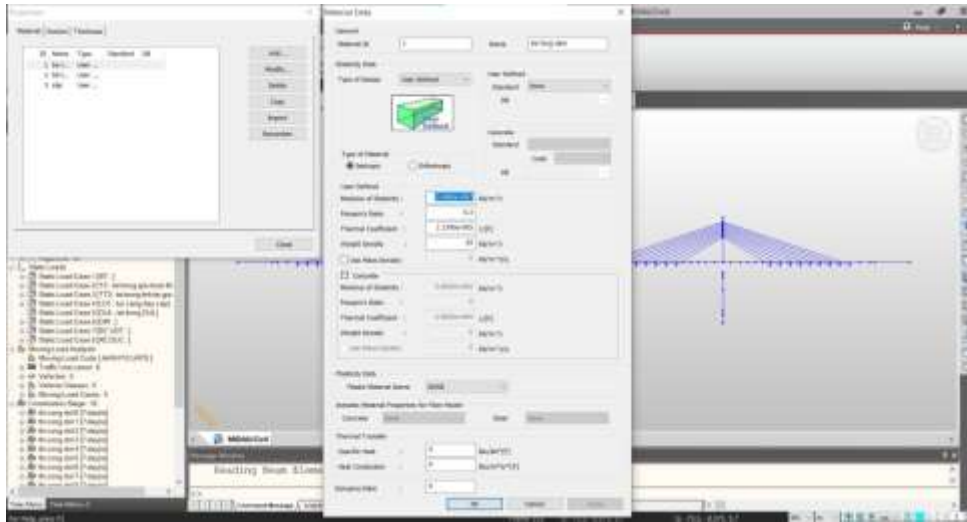
Tùy biến cao: Có thể phát triển phần mềm theo đúng nhu cầu của đồ án, không phụ thuộc vào phần mềm thương mại.

Tự động hóa: Giảm thao tác thủ công, đặc biệt hữu ích khi cần xử lý nhiều phương án tính toán.

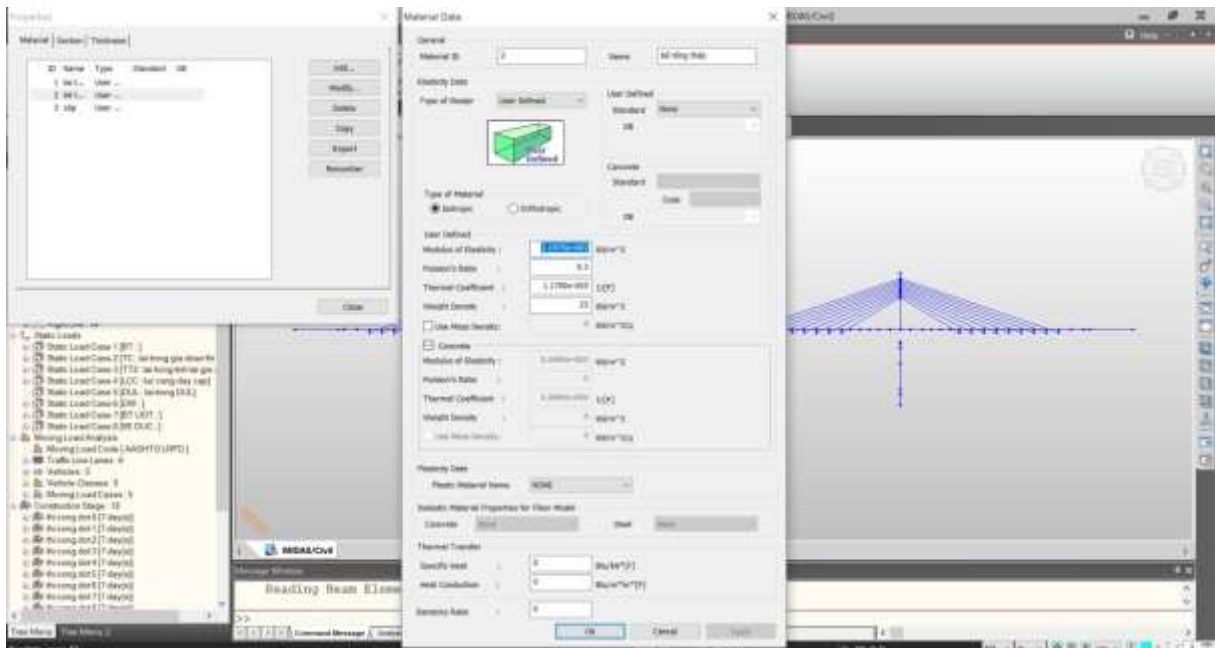
Mở rộng được: Dễ dàng phát triển thêm tính năng, giao diện người dùng, hoặc liên kết với các phần mềm khác như Excel, AutoCAD.

### 5.1. Ứng dụng Midas civil vào thiết kế tính toán:

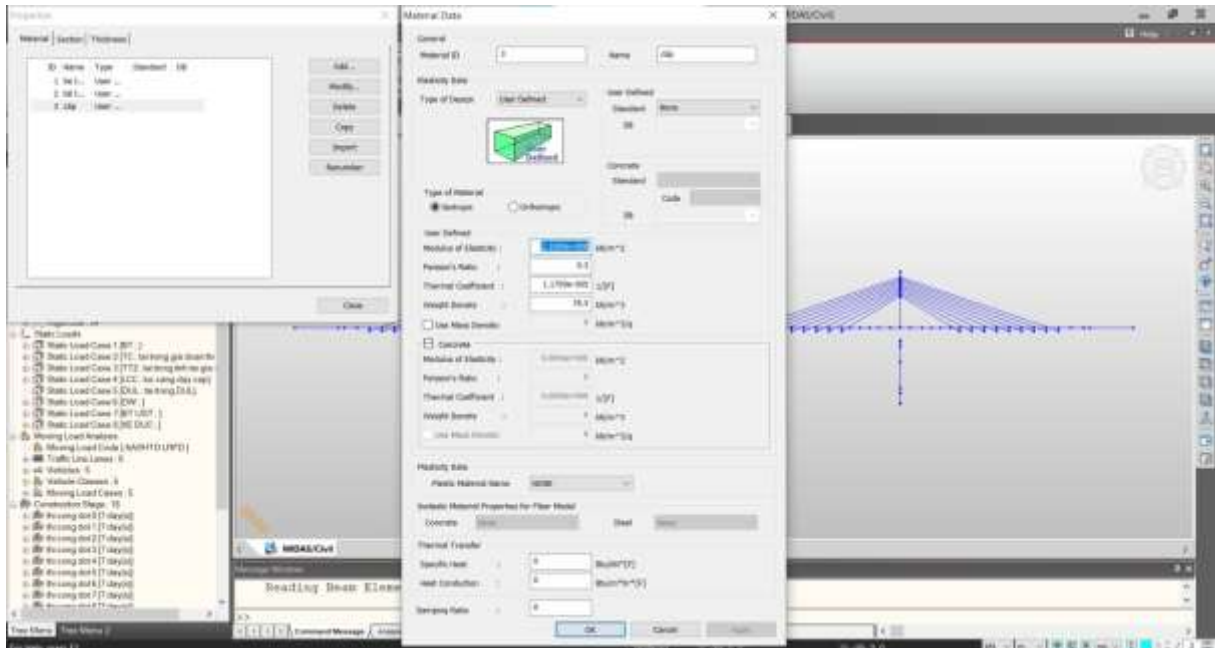
Bước 1: Khai báo vật liệu cho các cầu kiện



Hình 5. 1: Khai báo vật liệu bê tông dầm.

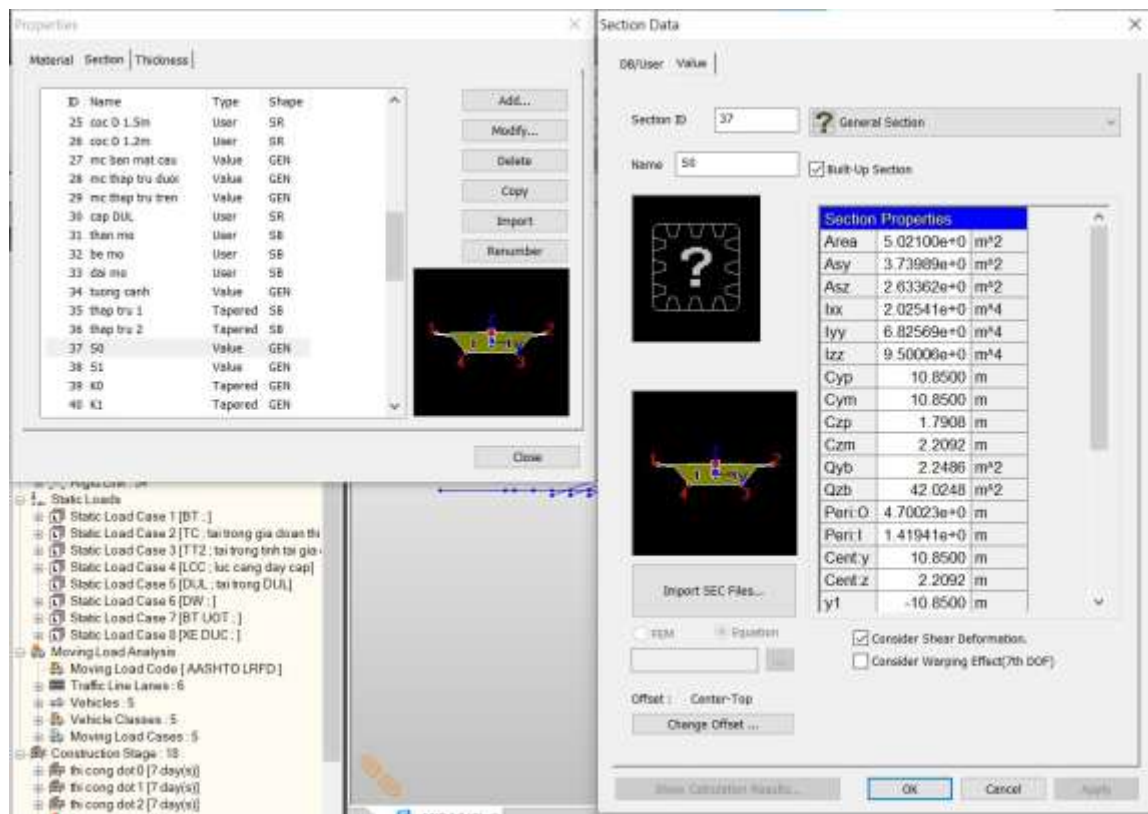


Hình 5. 2: khai báo vật liệu thép.

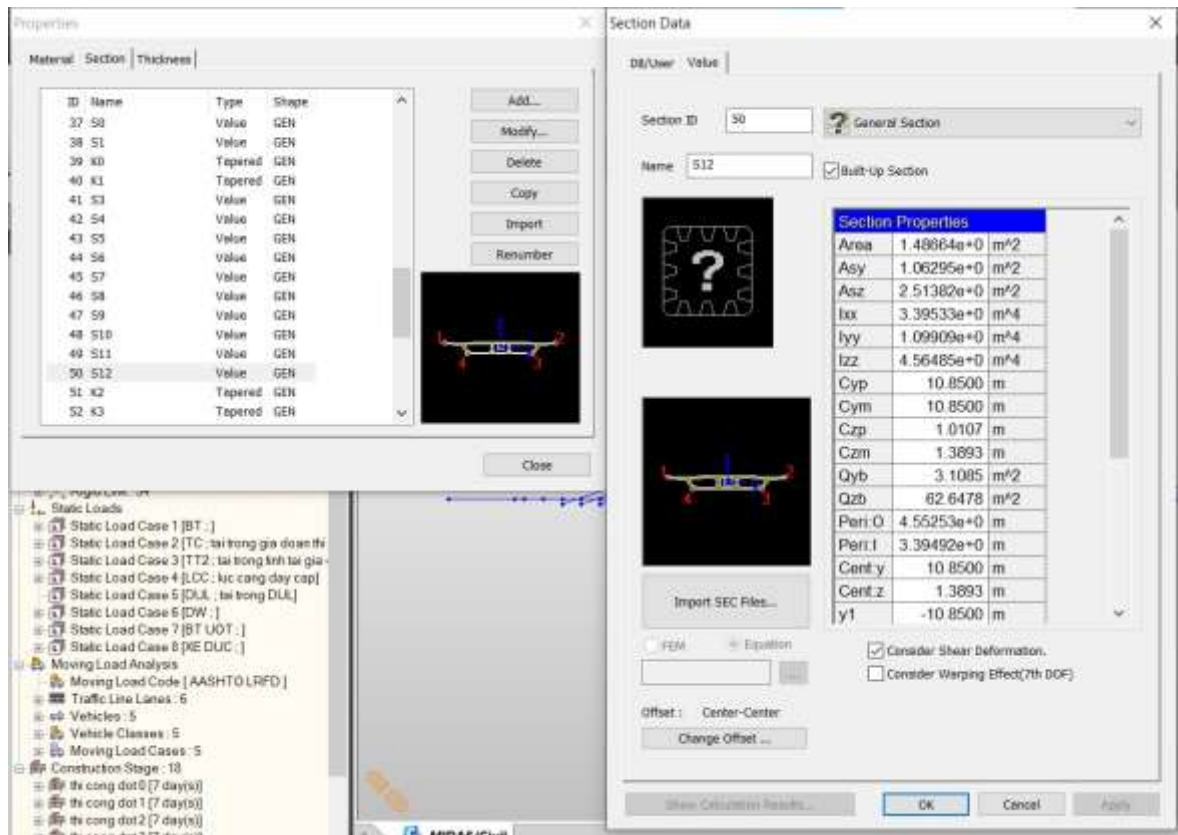


Hình 5. 3: khai báo vật liệu dây cáp văng.

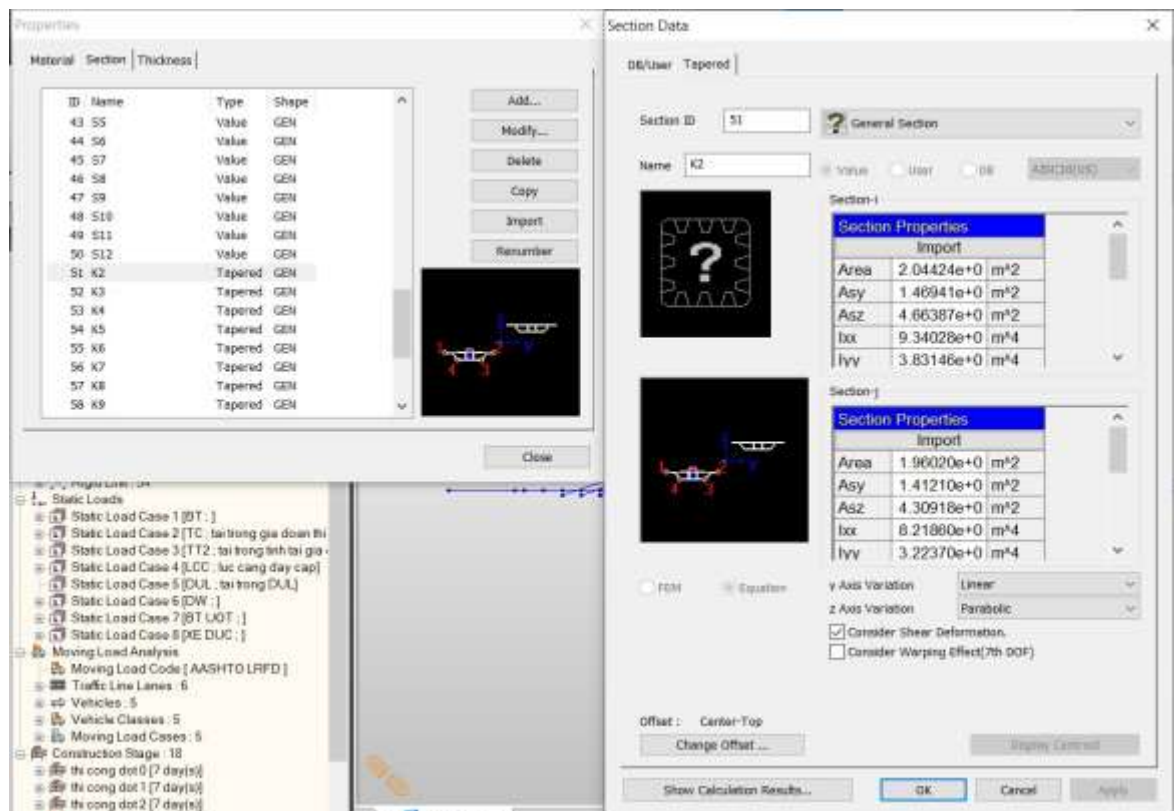
**Bước 2: Khai báo mặt cắt của các cột dầm và các cấu kiện khác**



Hình 5. 4: Khai báo mặt cắt S0.

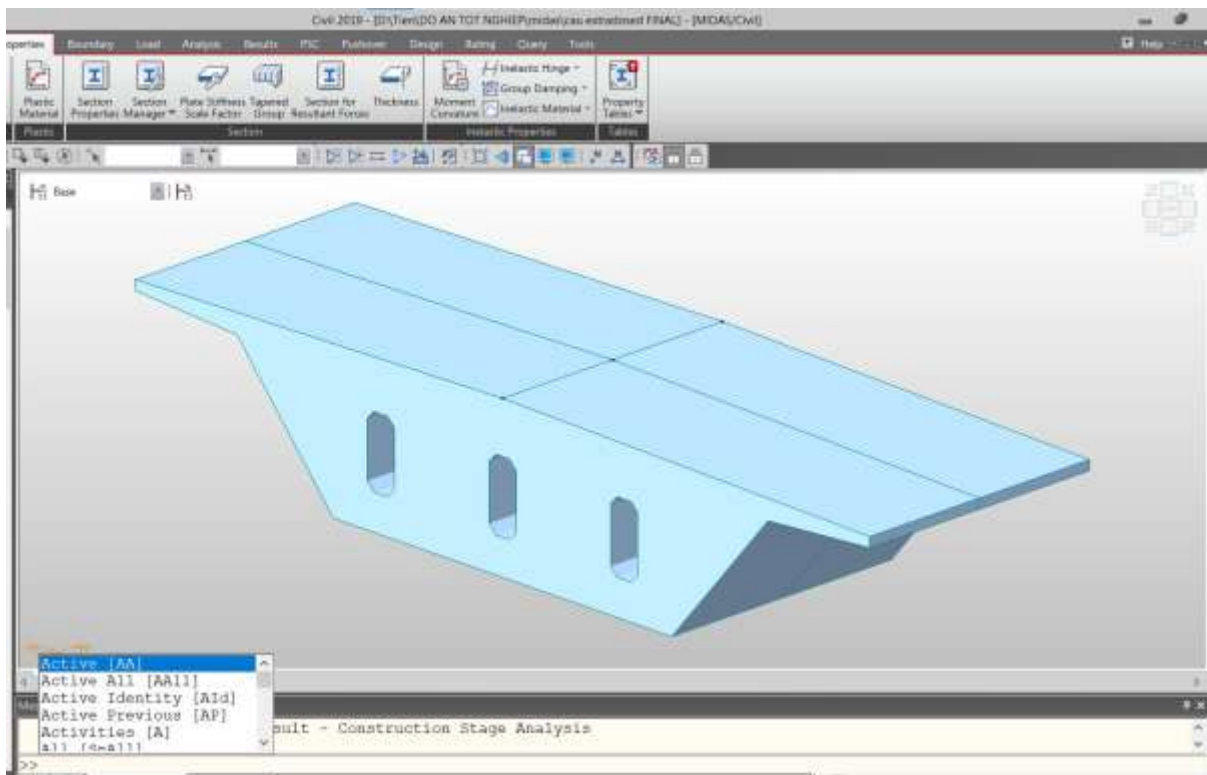


Hình 5. 5: Khai báo mặt cắt hợp long.

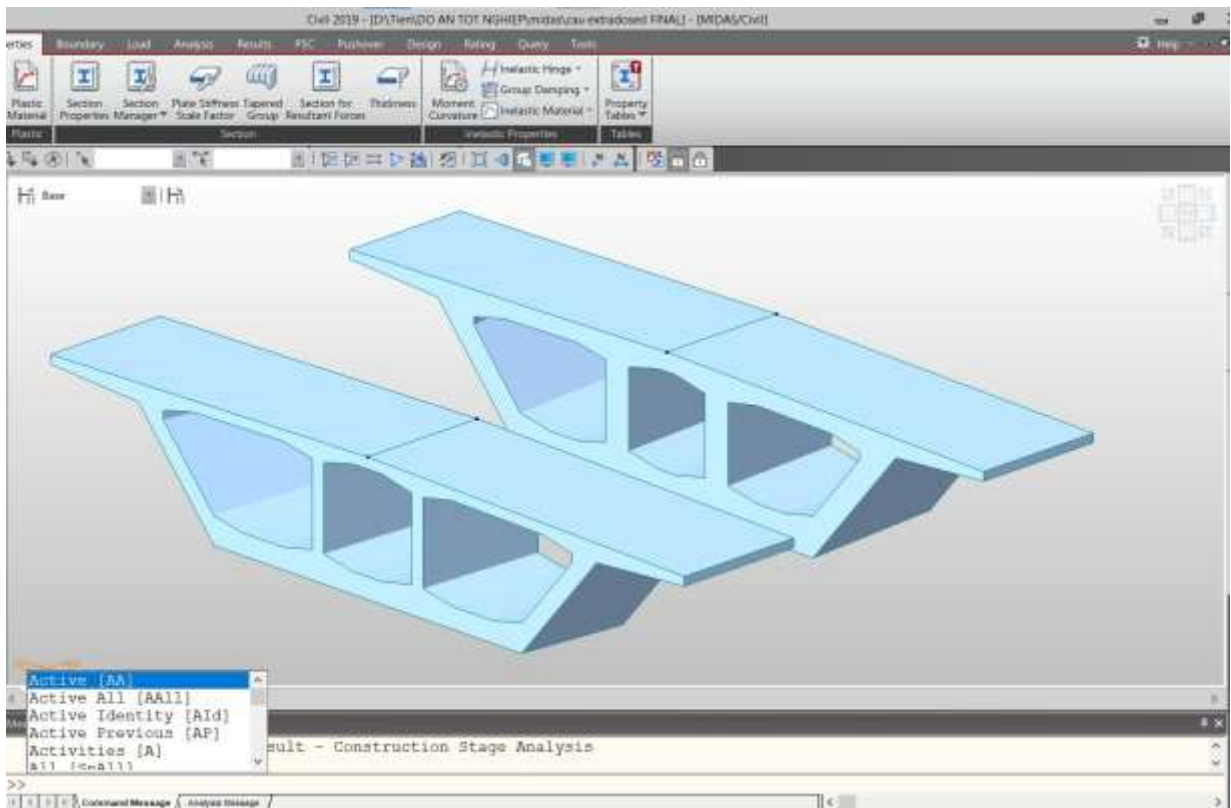


Hình 5. 6: Khai báo mặt cắt chuyển đổi (đốt K0).

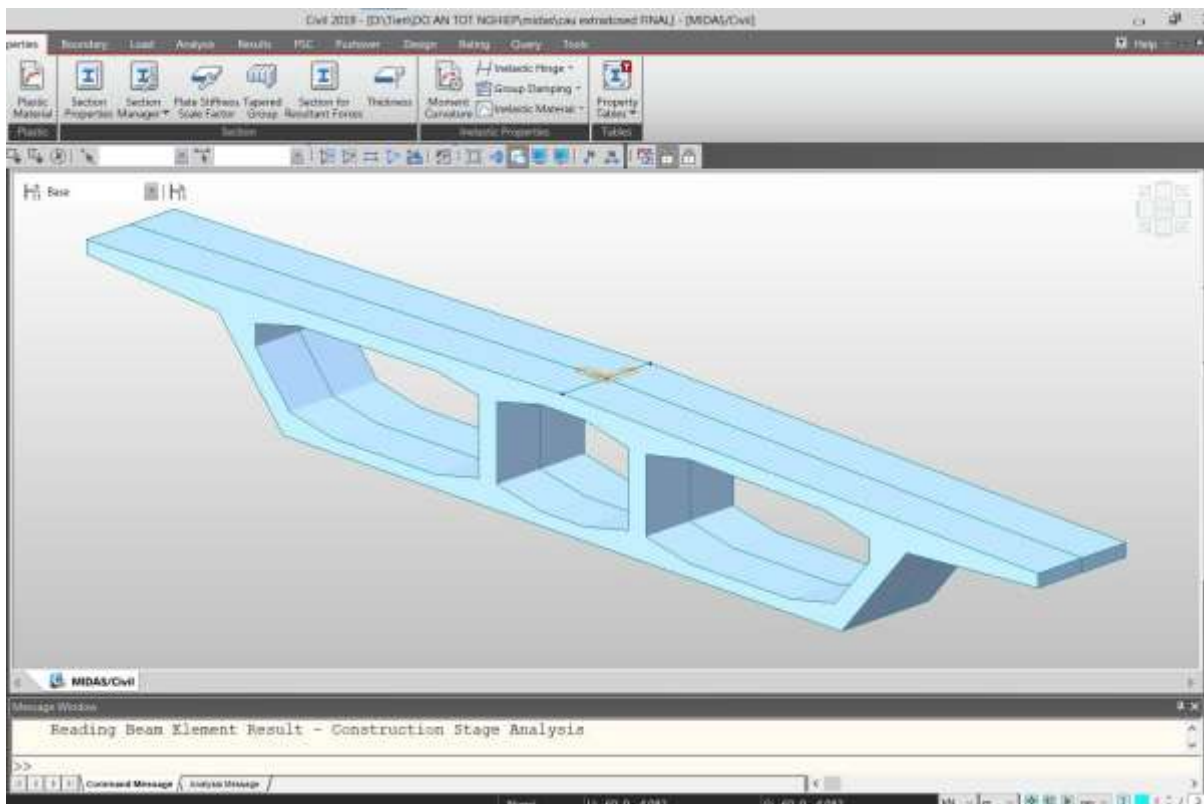




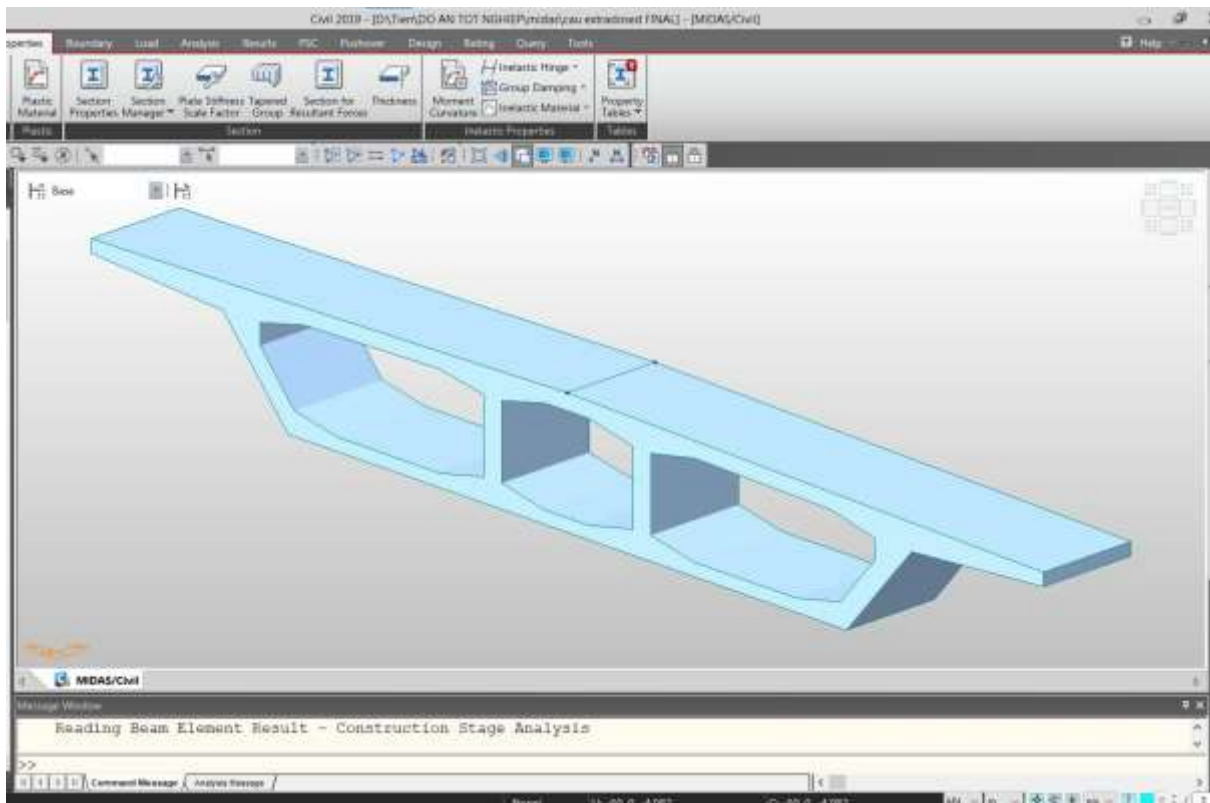
Hình 5. 9: Triển khai các mặt cắt dầm. (đốt K0)



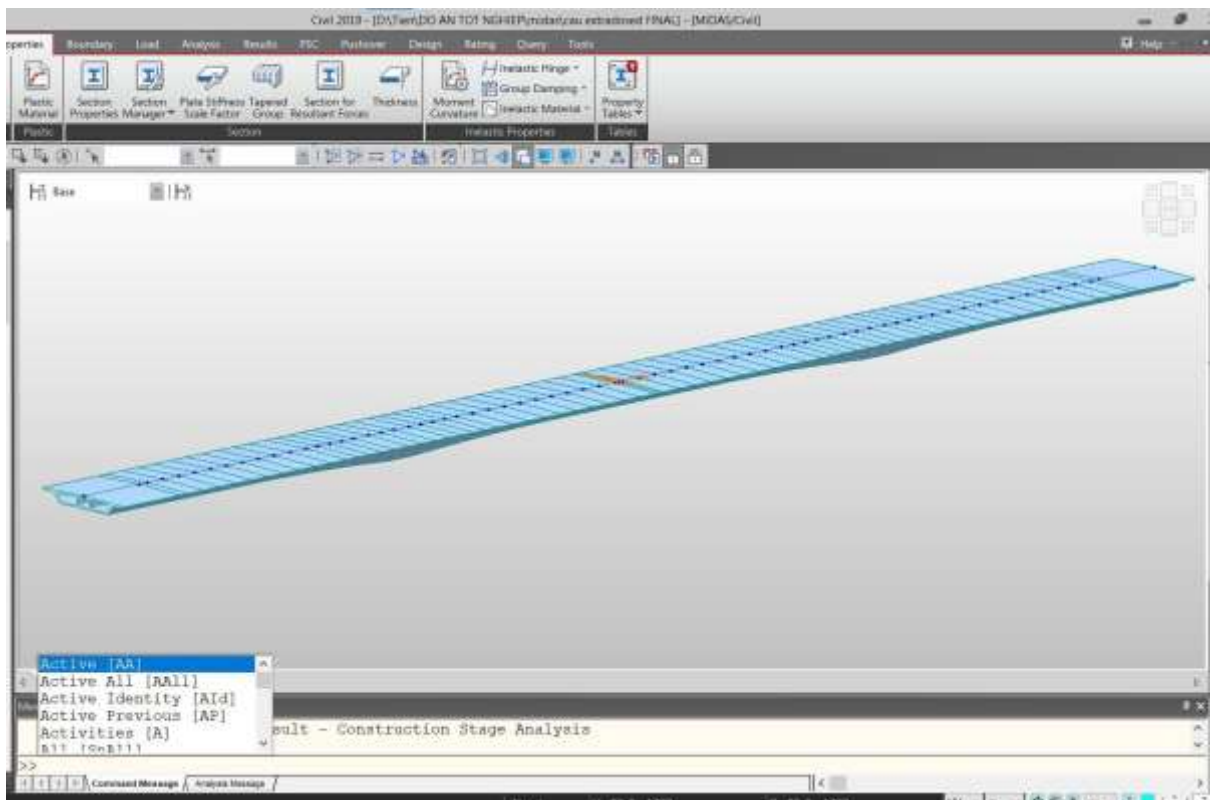
Hình 5. 10: Đốt K1.



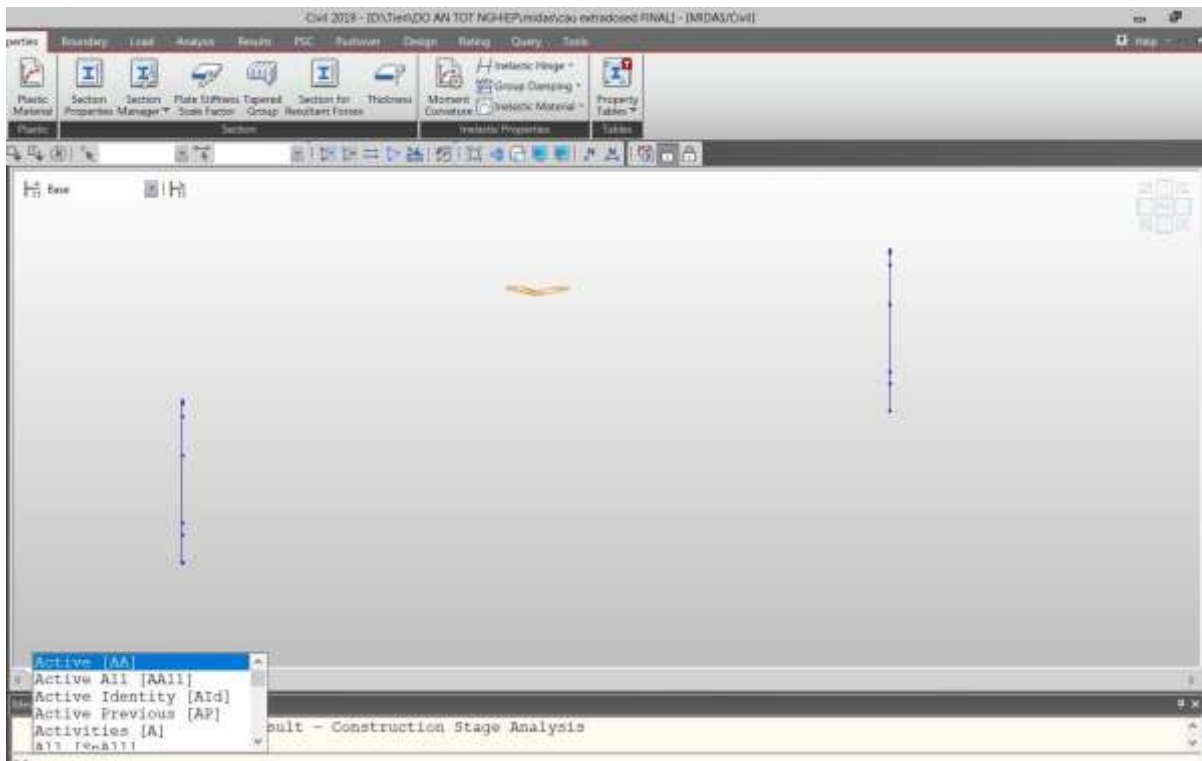
Hình 5. 11: Đốt hợp long giữa.



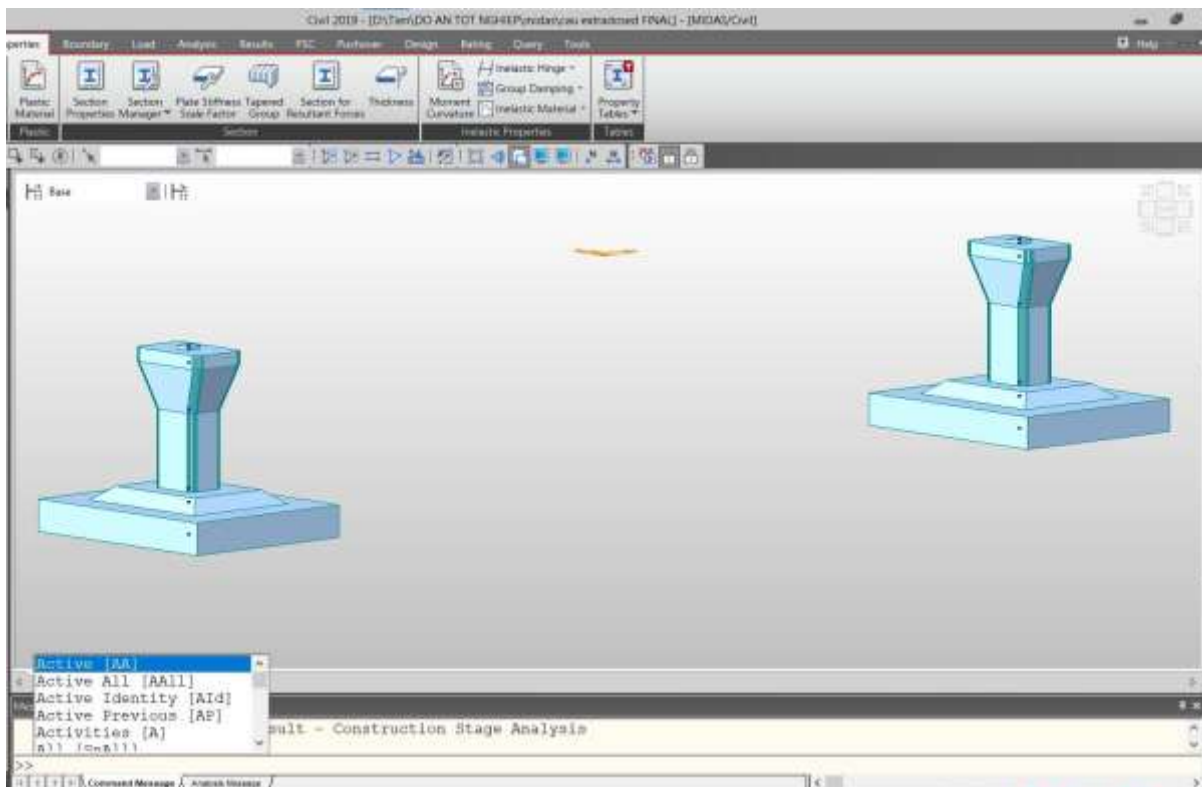
Hình 5. 12: Đốt hợp long trái và phải.



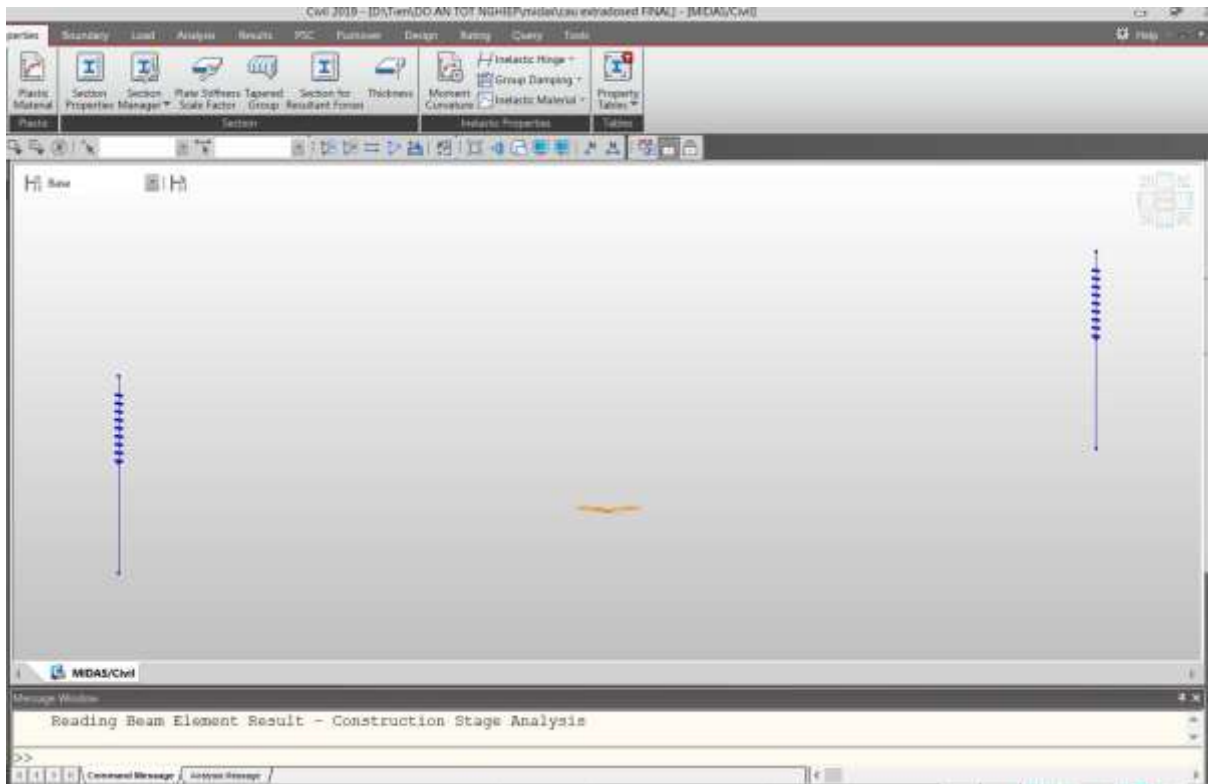
Hình 5. 13: Tổng thể các đốt dầm. (từ K0 đến hợp long)



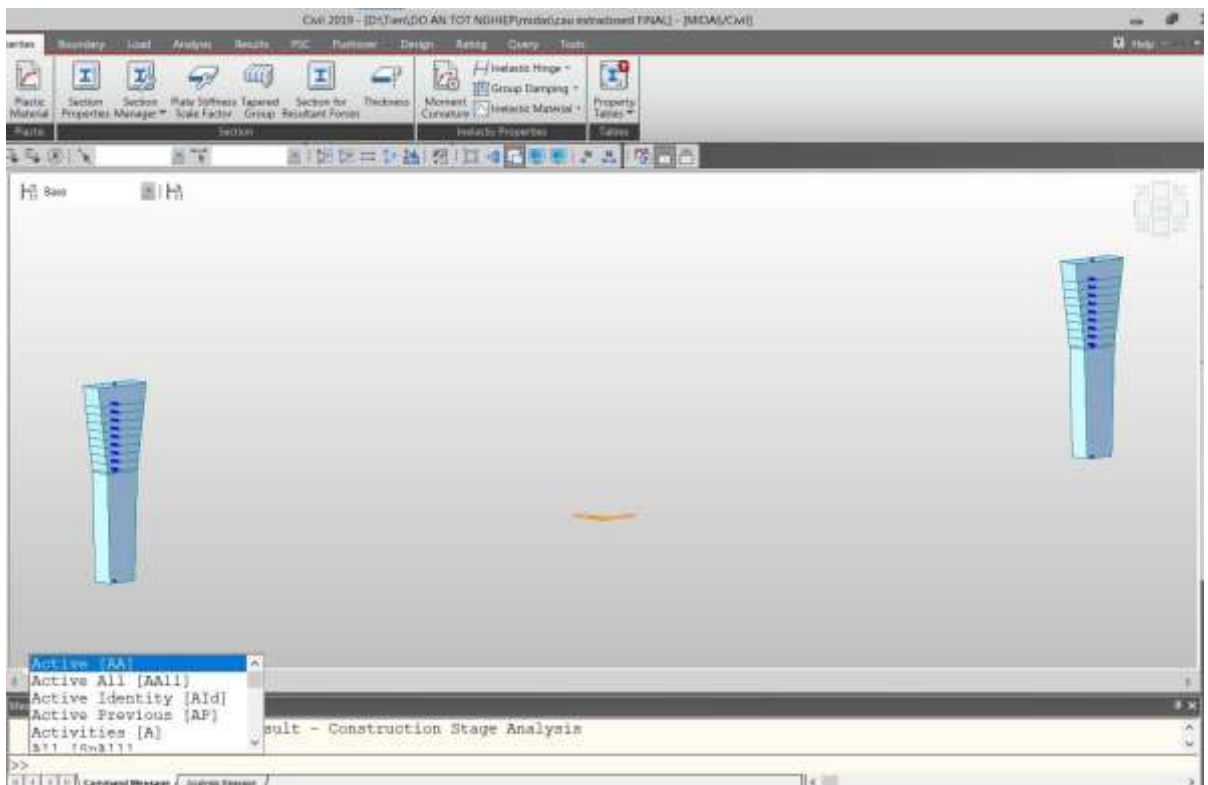
Hình 5. 14: Triển khai các mặt cắt thân trụ.



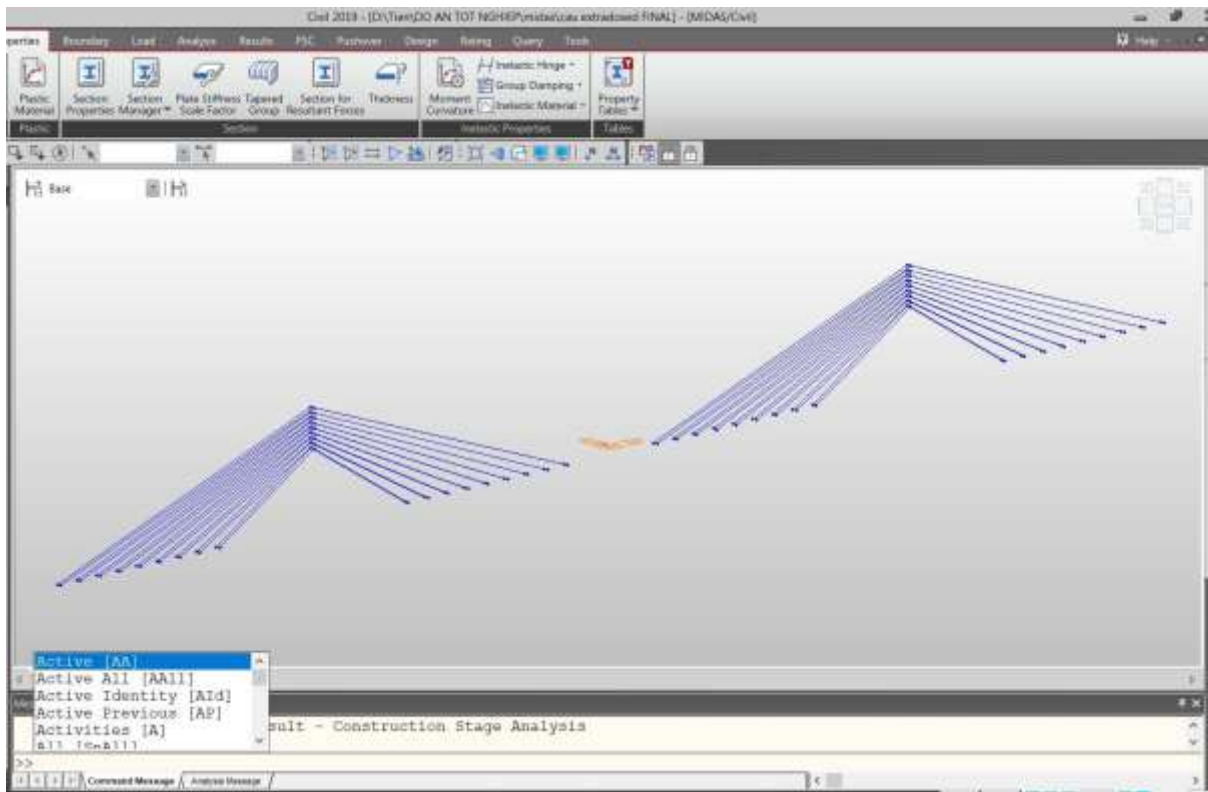
Hình 5. 15: Toạ độ các nút của thân trụ.



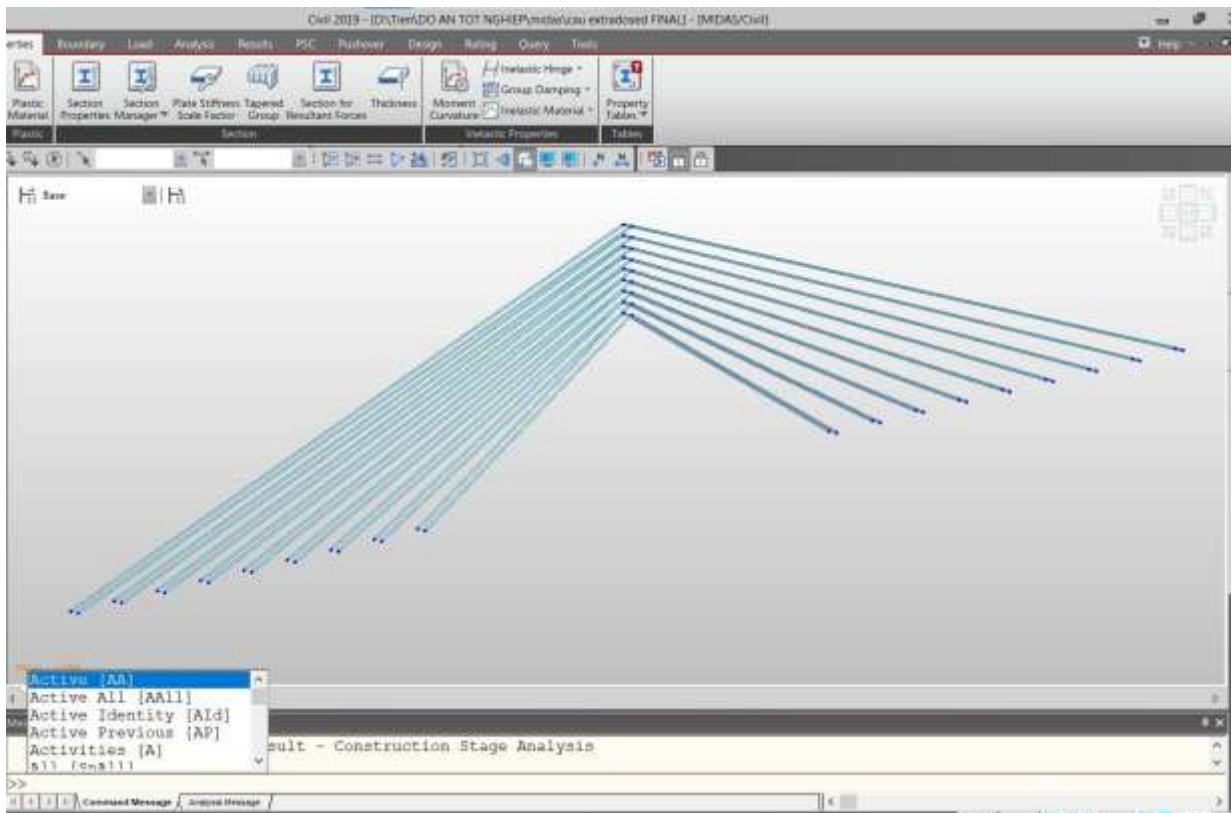
Hình 5. 16: tọa độ các node tháp trụ.



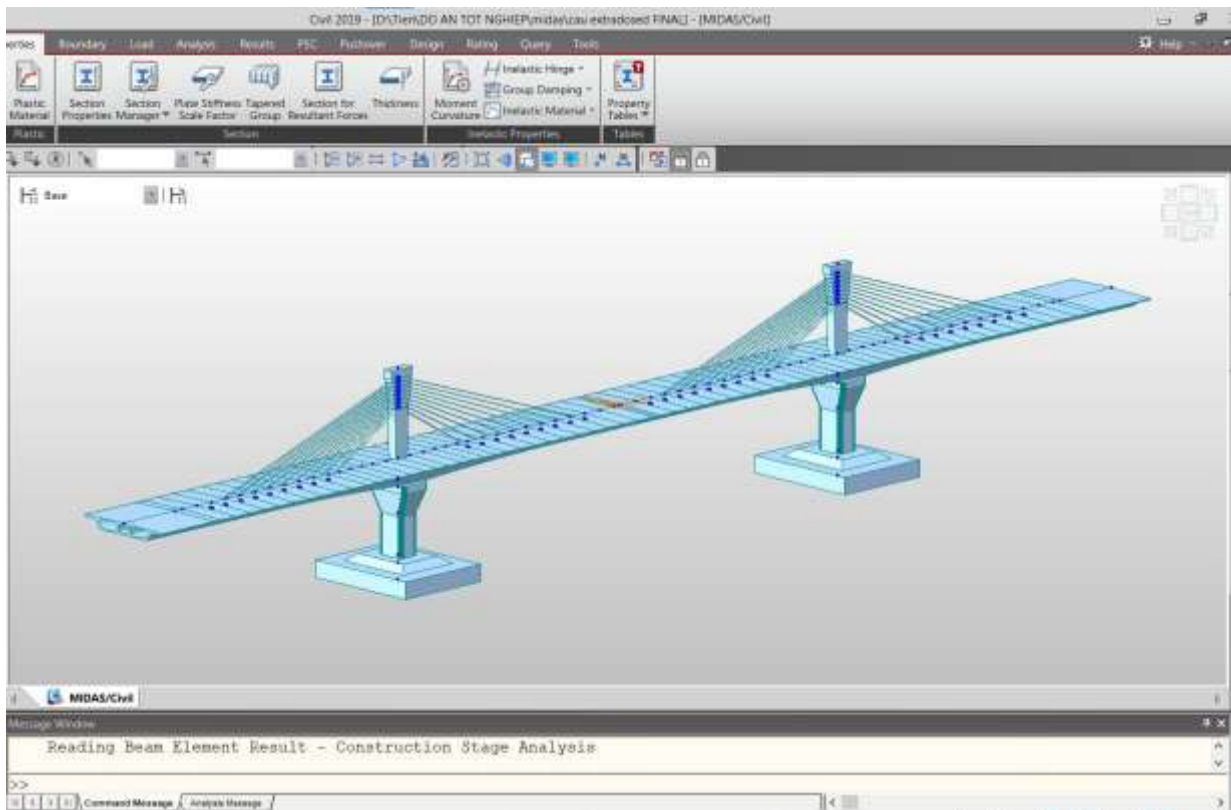
Hình 5. 17: Triển khai các mặt cắt tháp trụ.



Hình 5. 18: Toạ độ các nút cáp văng.

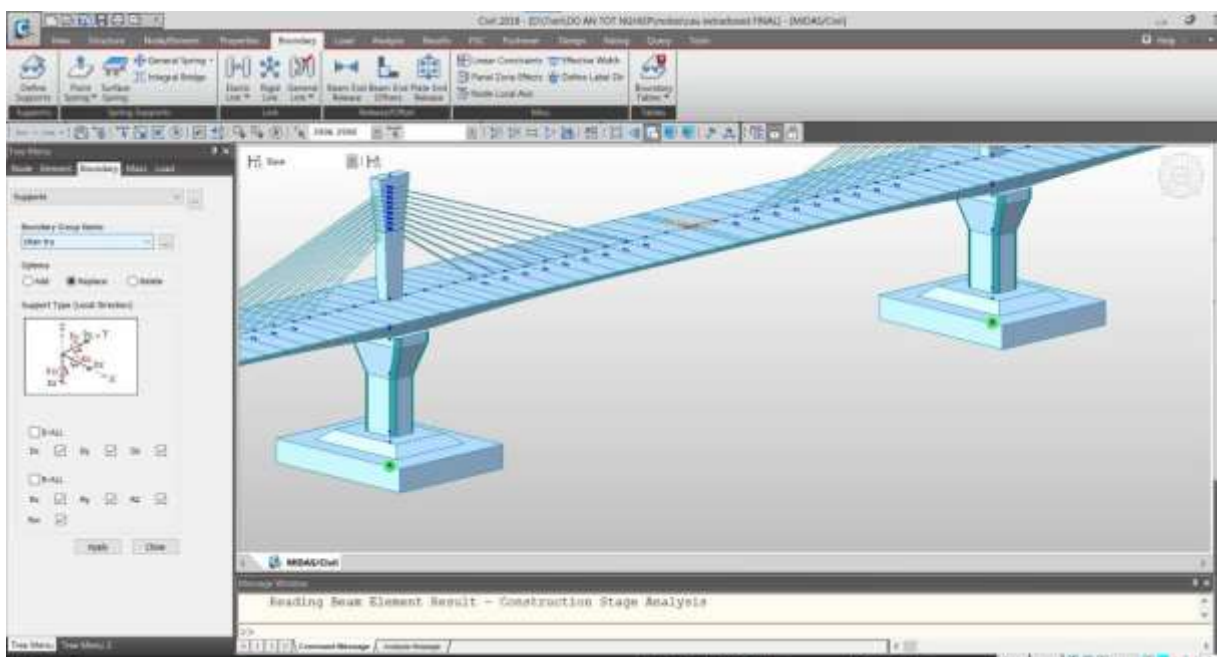


Hình 5. 19: Triển khai mặt cắt cáp văng.

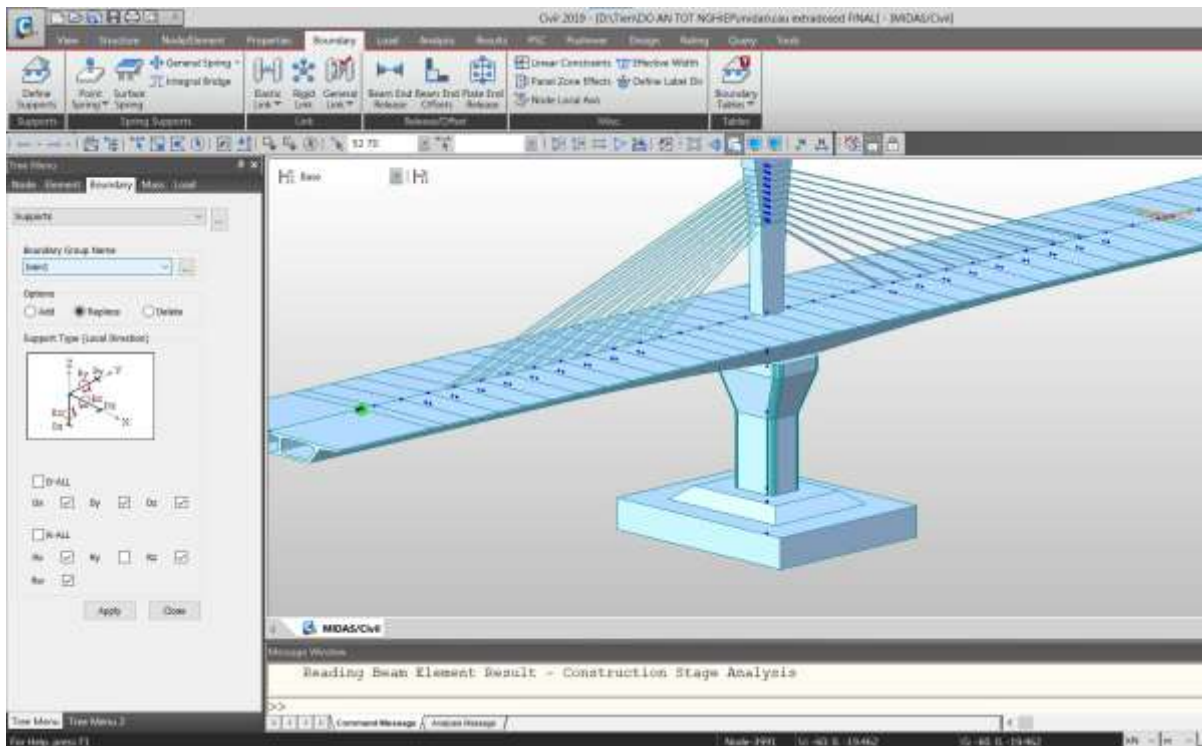


Hình 5. 20: Tổng thể cầu.

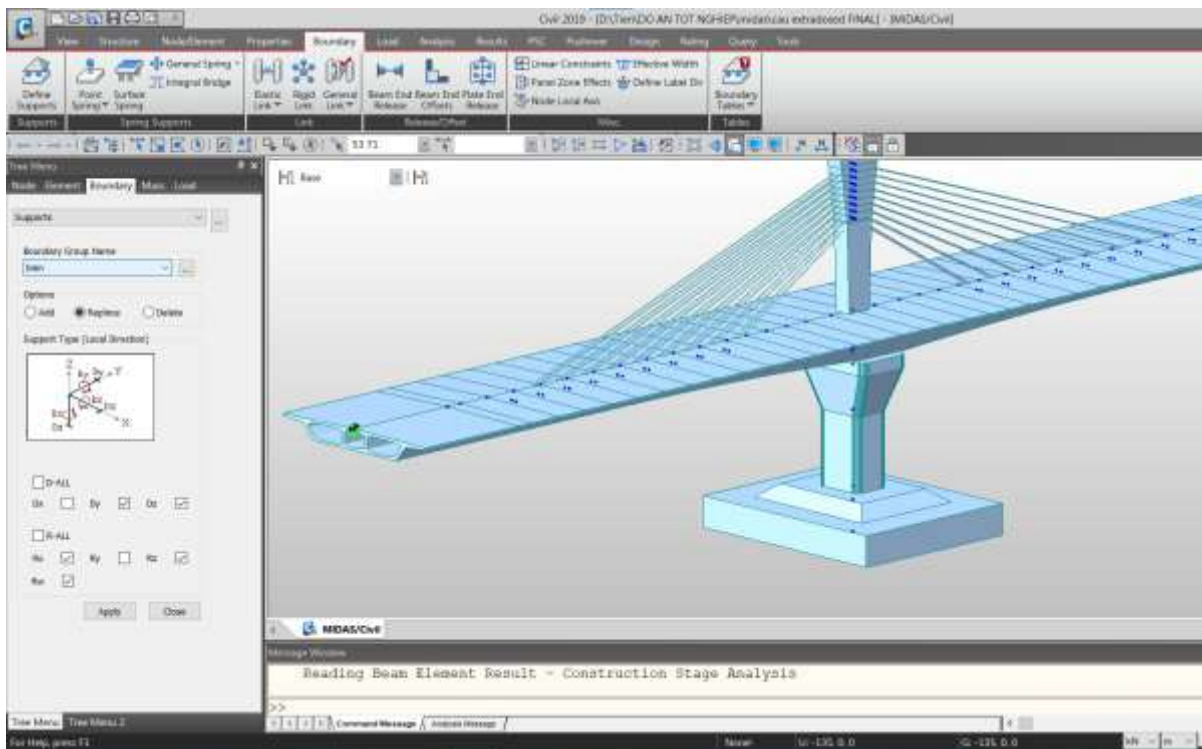
Bước 4: Khai báo điều kiện biên:



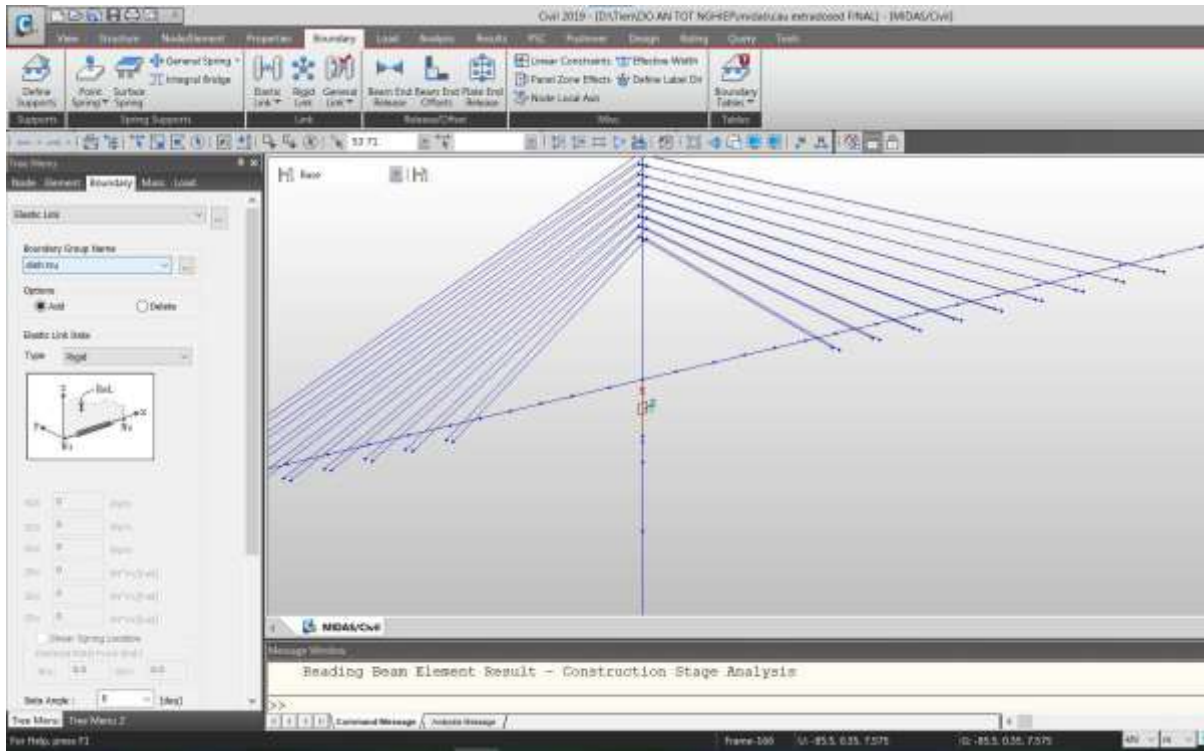
Hình 5. 21: Khai báo điều kiện biên tại đáy bệ trụ. (boundary)



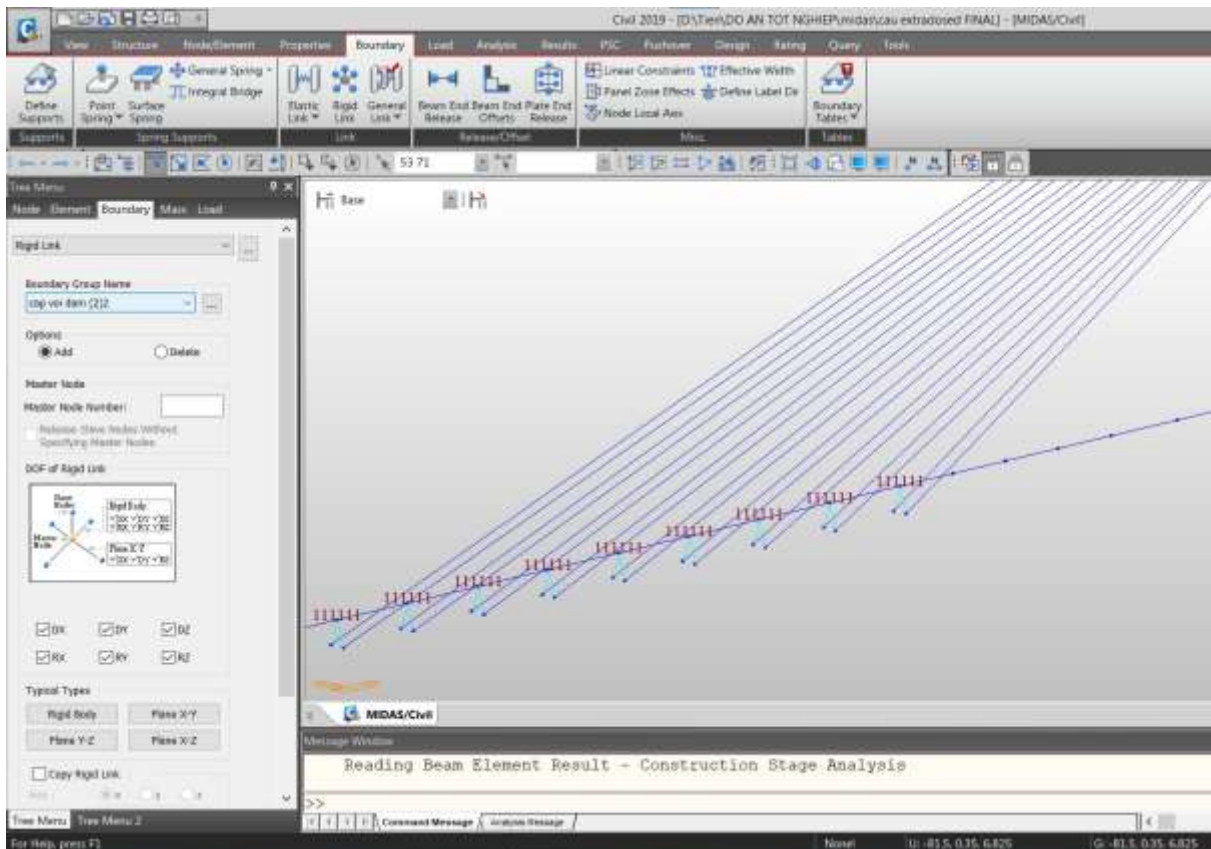
Hình 5. 22: Khai báo điều kiện biên 1.( boundary)



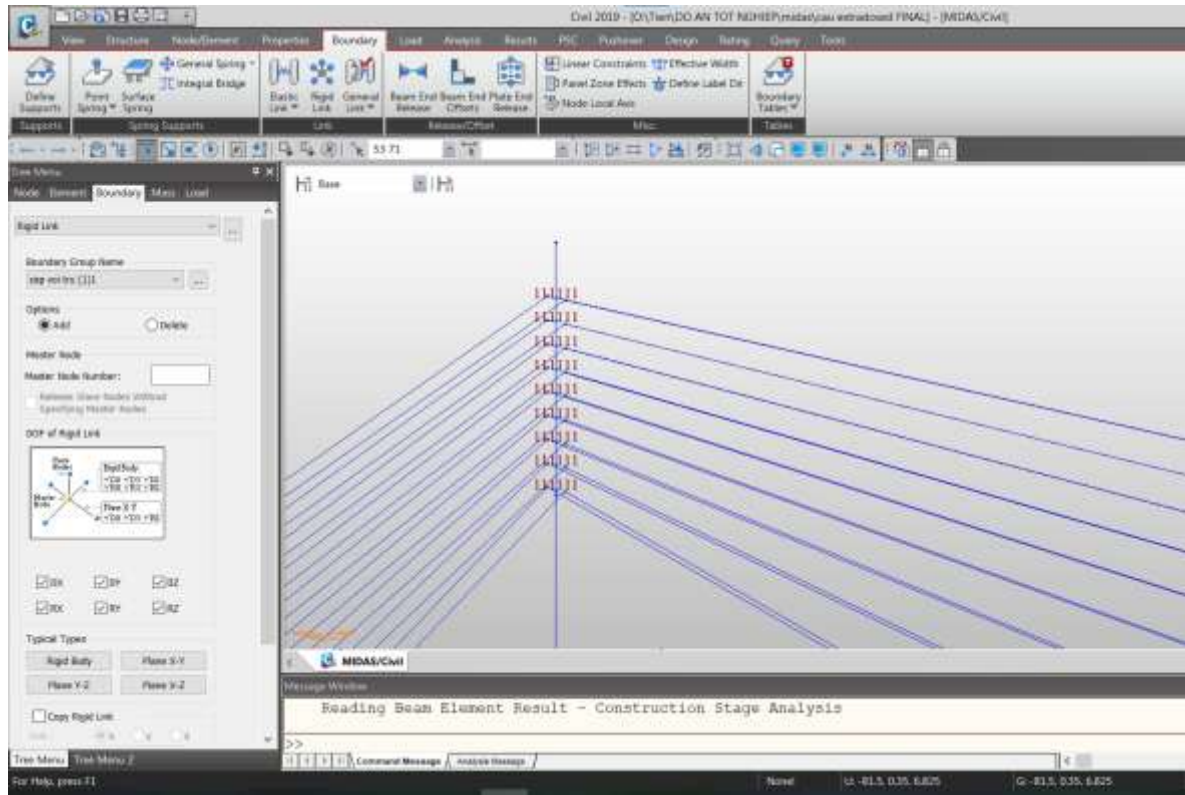
Hình 5. 23: Khai báo điều kiện biên 2.(boundary)



Hình 5. 24: Khai báo điều kiện biên của đỉnh trụ.(elastic link)

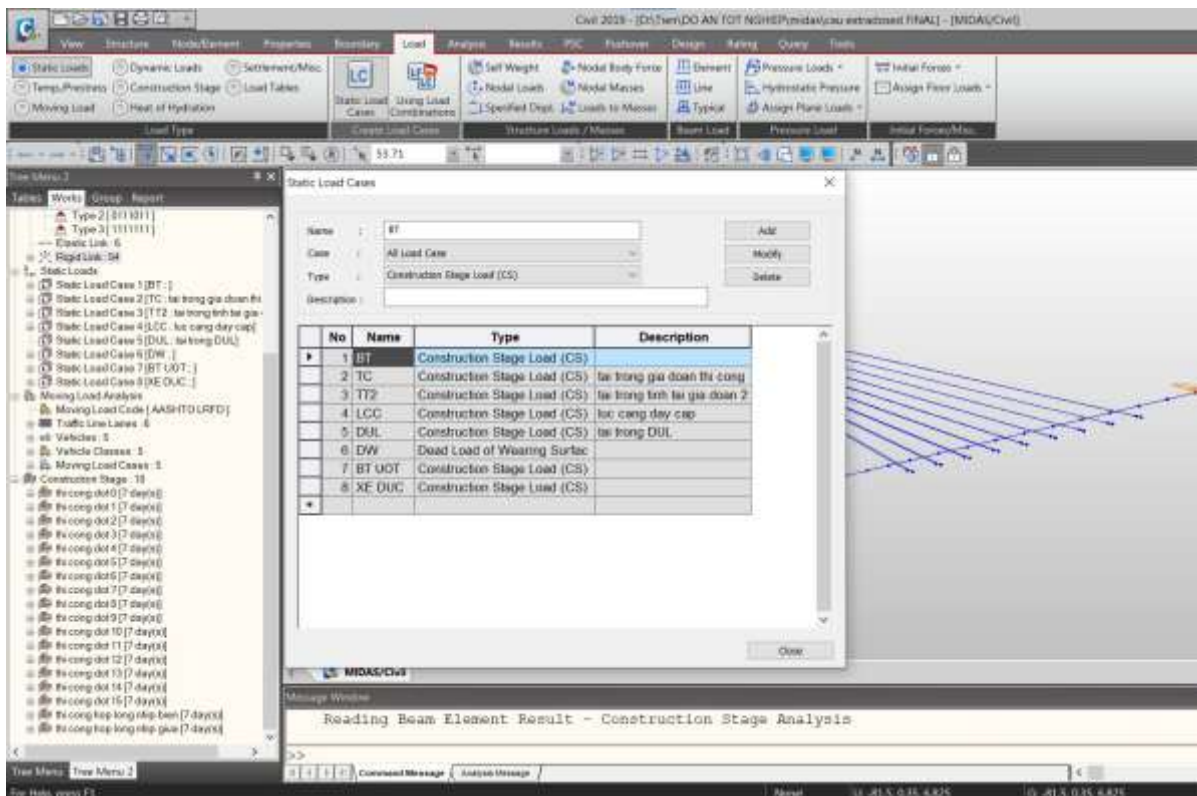


Hình 5. 25: Khai báo điều kiện biên của cáp văng với các đốt dầm. (rigid link)



Hình 5. 26: Khai báo điều kiện biên của cáp văng với tháp trụ. (rigid link)

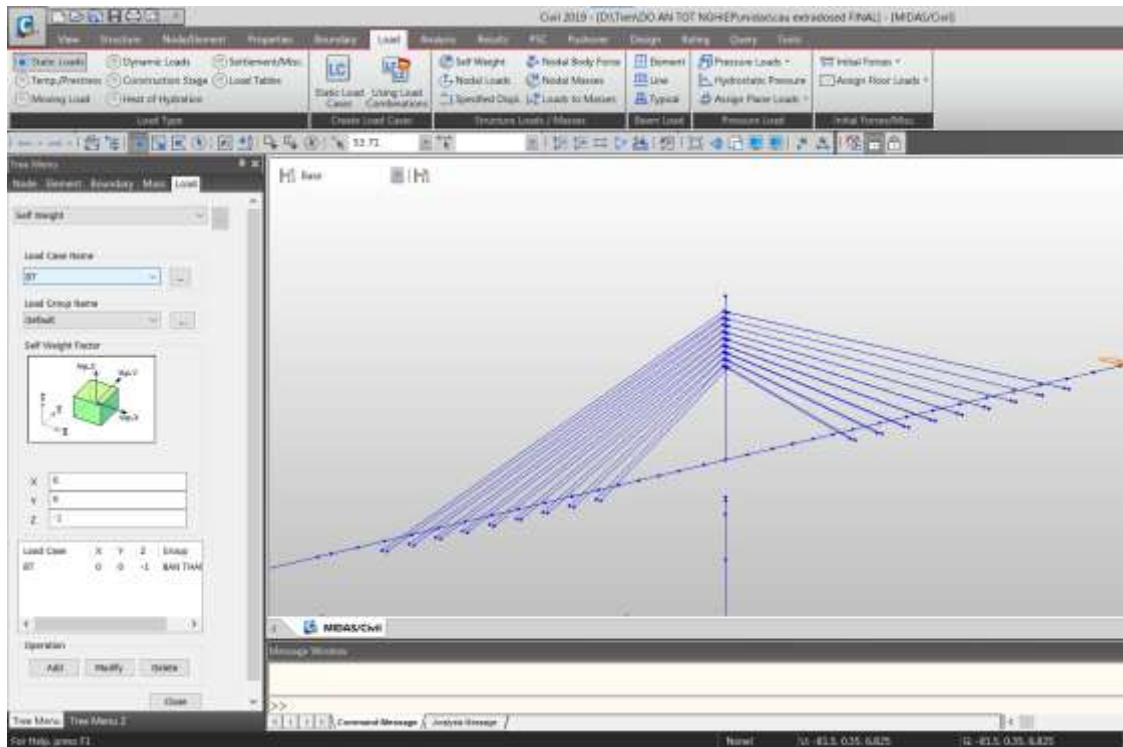
Bước 5: Khai báo các loại tải trọng:



Hình 5. 27: Các loại tải trọng cần thiết.

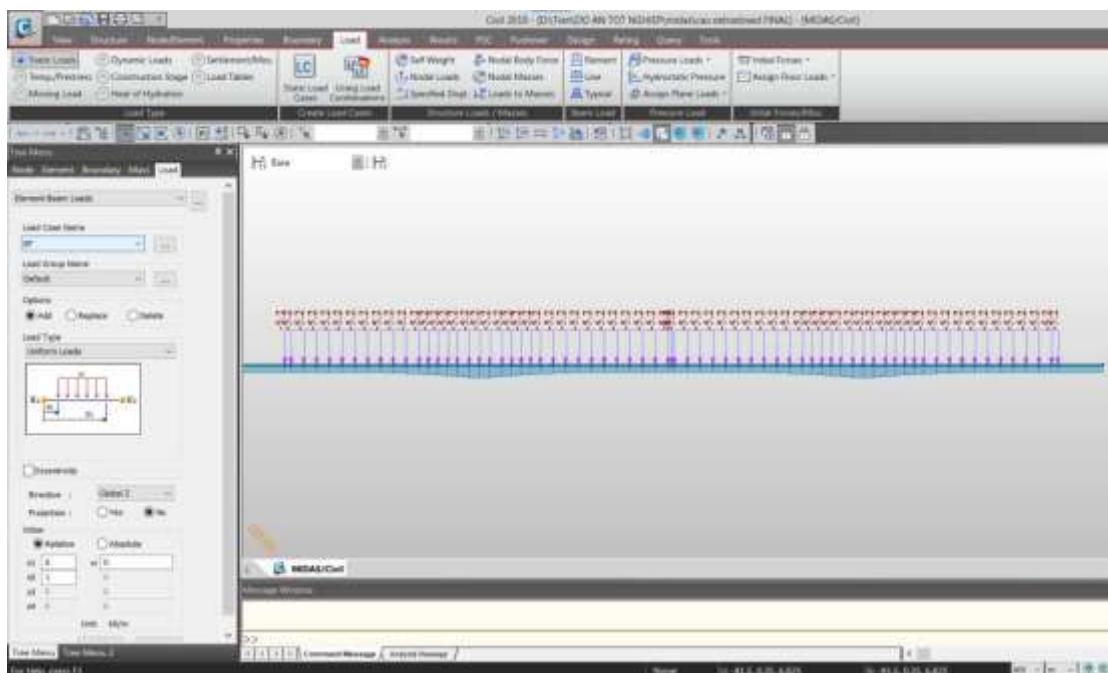
Bước 6: Gắn tải trọng:

Tải trọng bản thân khai báo loại tải trọng là self weight



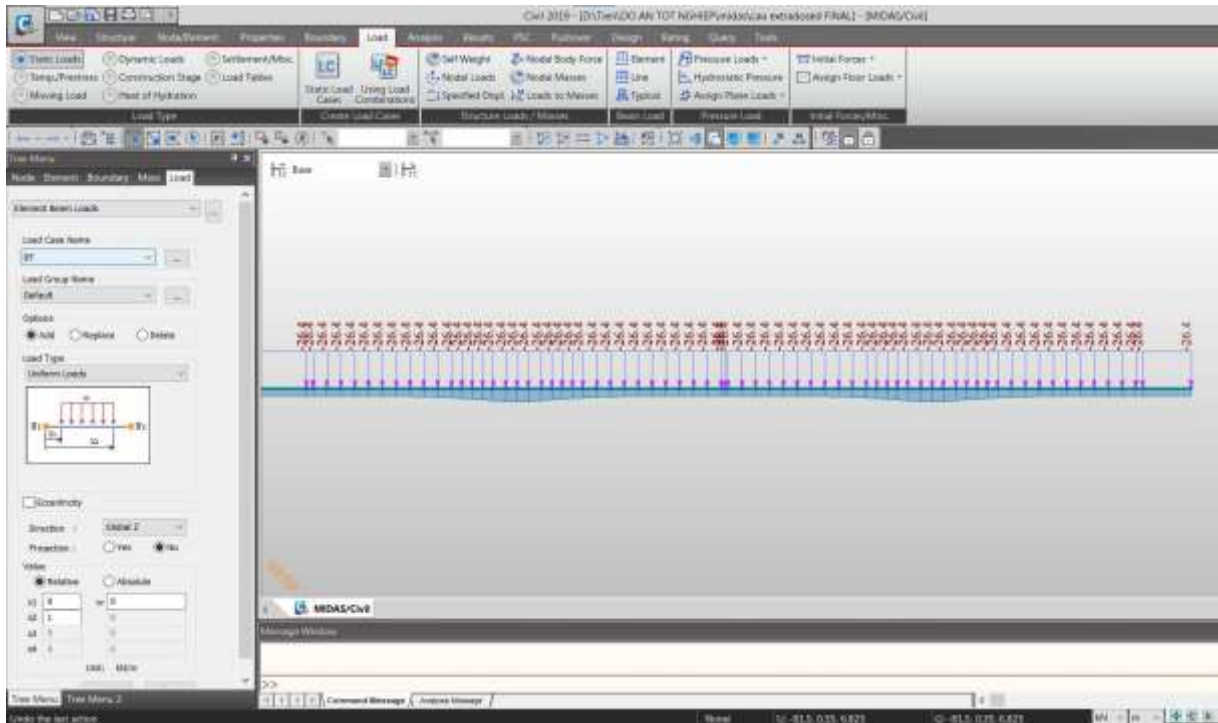
Hình 5. 28: Khai báo tải trọng bản thân.

- Tải trọng giai đoạn thi công khai báo loại tải trọng là element load



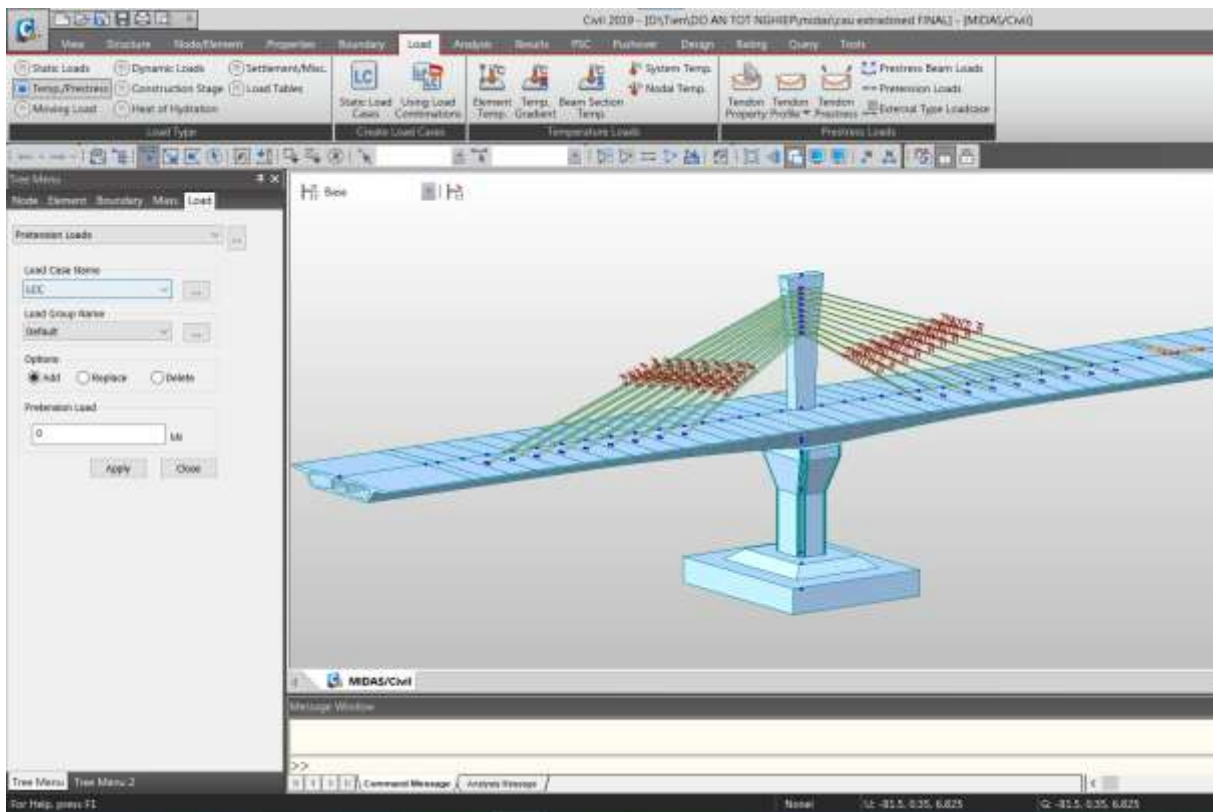
Hình 5. 29: Tải trọng giai đoạn thi công.

- Tĩnh tải giai đoạn 2



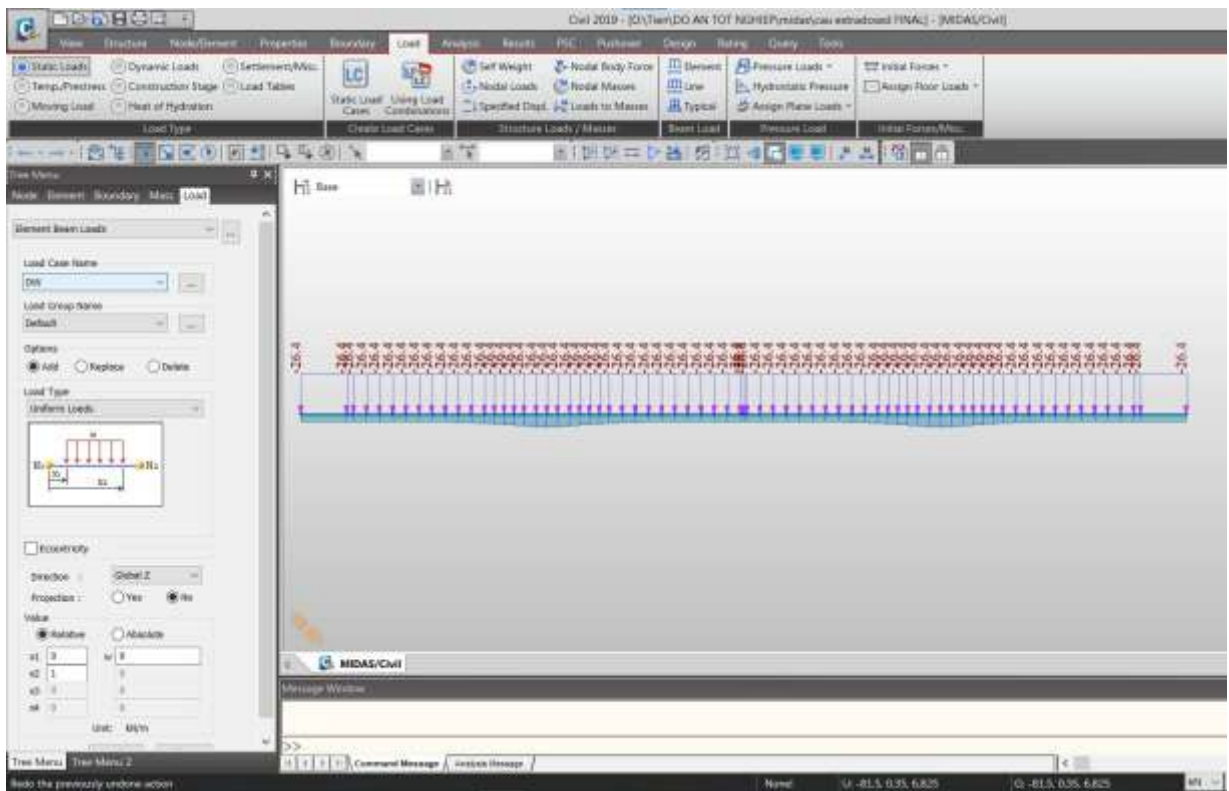
Hình 5. 30: Tải trọng giai đoạn 2.

- Lực căng cáp văng giai đoạn thi công



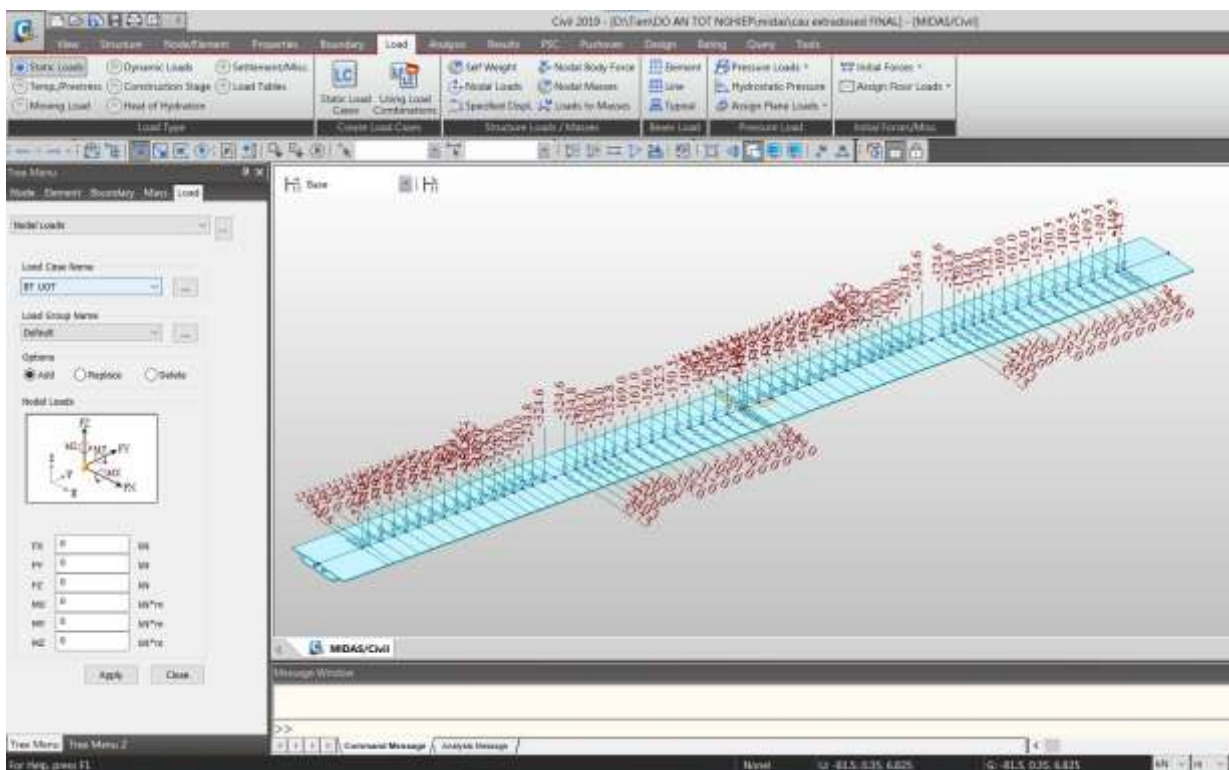
Hình 5. 31: Lực căng cáp văng giai đoạn thi công.

- Tải trọng DW (lớp phủ mặt cầu + lan can tay vịn + đá vữa)



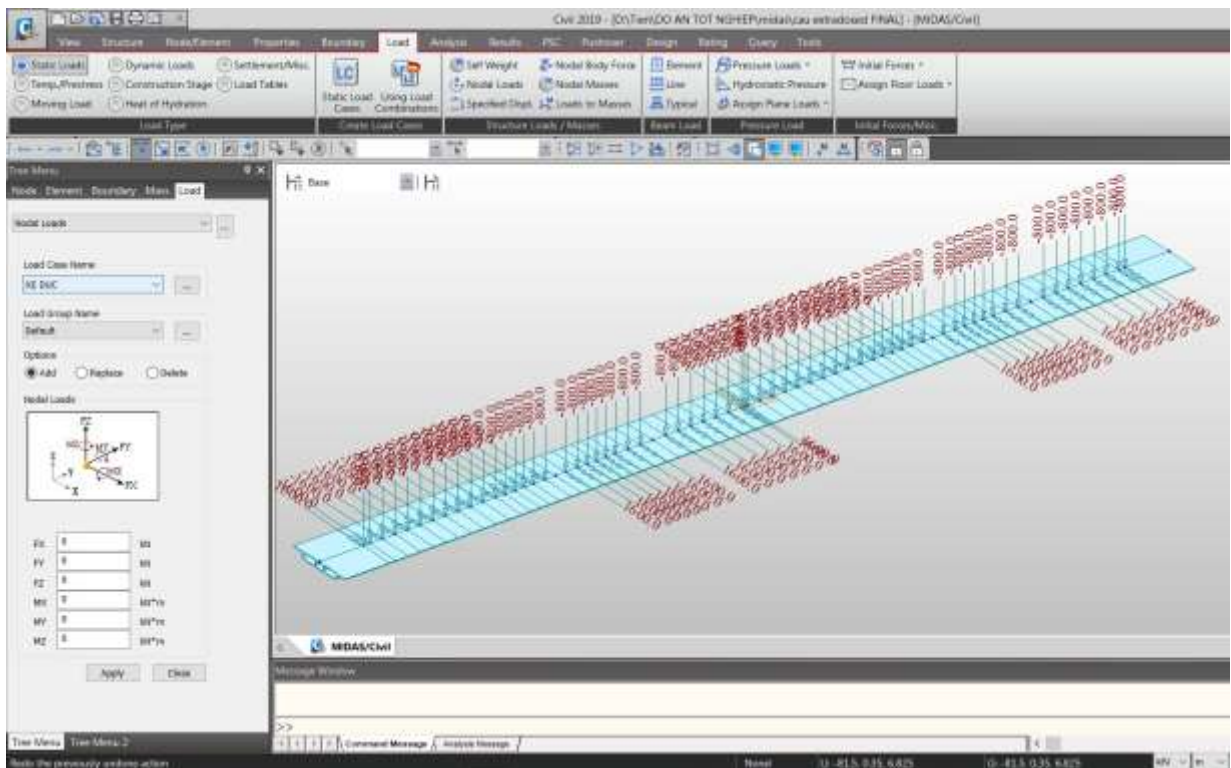
Hình 5. 32: Tải trọng DW.

- Tải trọng bê tông ướt (giai đoạn đổ bê tông các đốt dầm)



Hình 5. 33: Tải trọng bê tông ướt.

– Tải trọng xe đúc



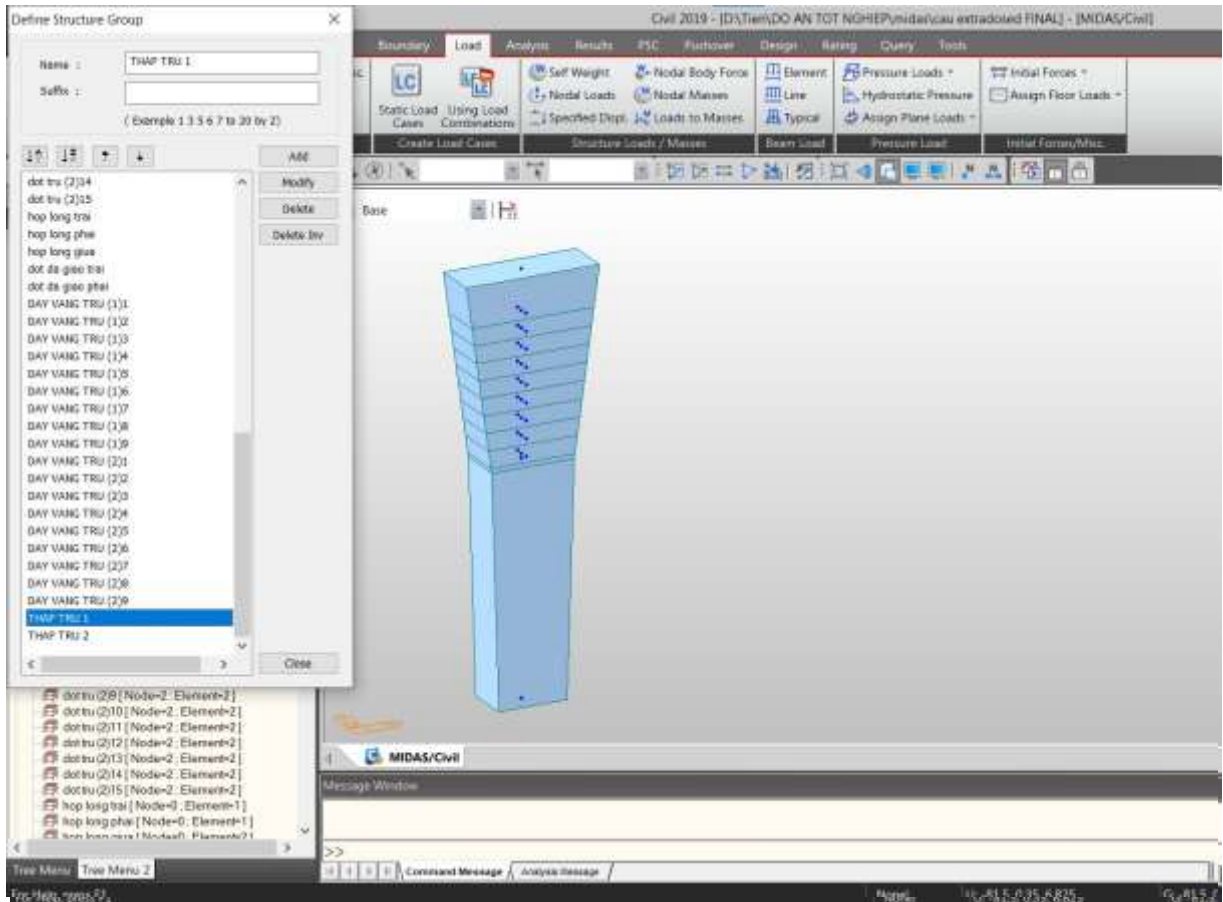
Hình 5. 34: Tải trọng xe đúc.

Bước 7: Tạo các group

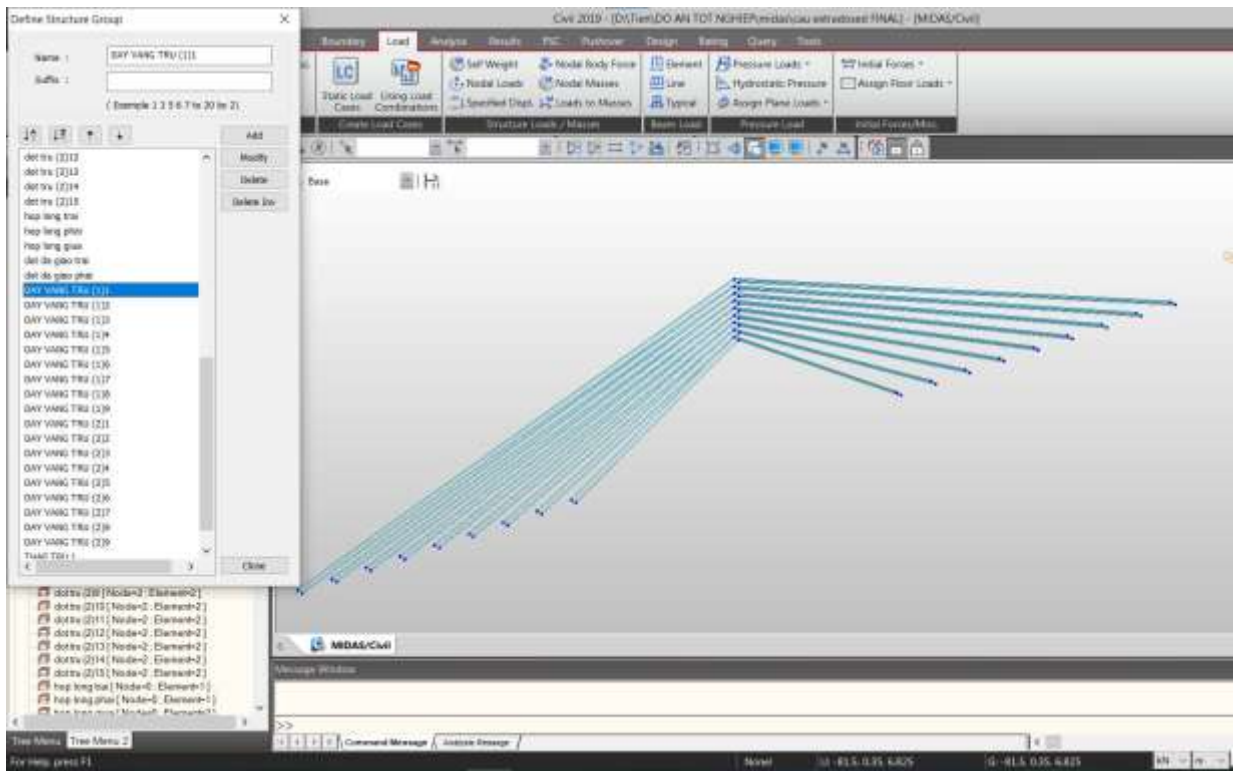
Trong quá trình làm ta nên tạo các grup như grup đối tượng, grup điều kiện biên, grup tải trọng để dễ làm và chính xác hơn.



Hình 5. 35: Group các đốt dầm.



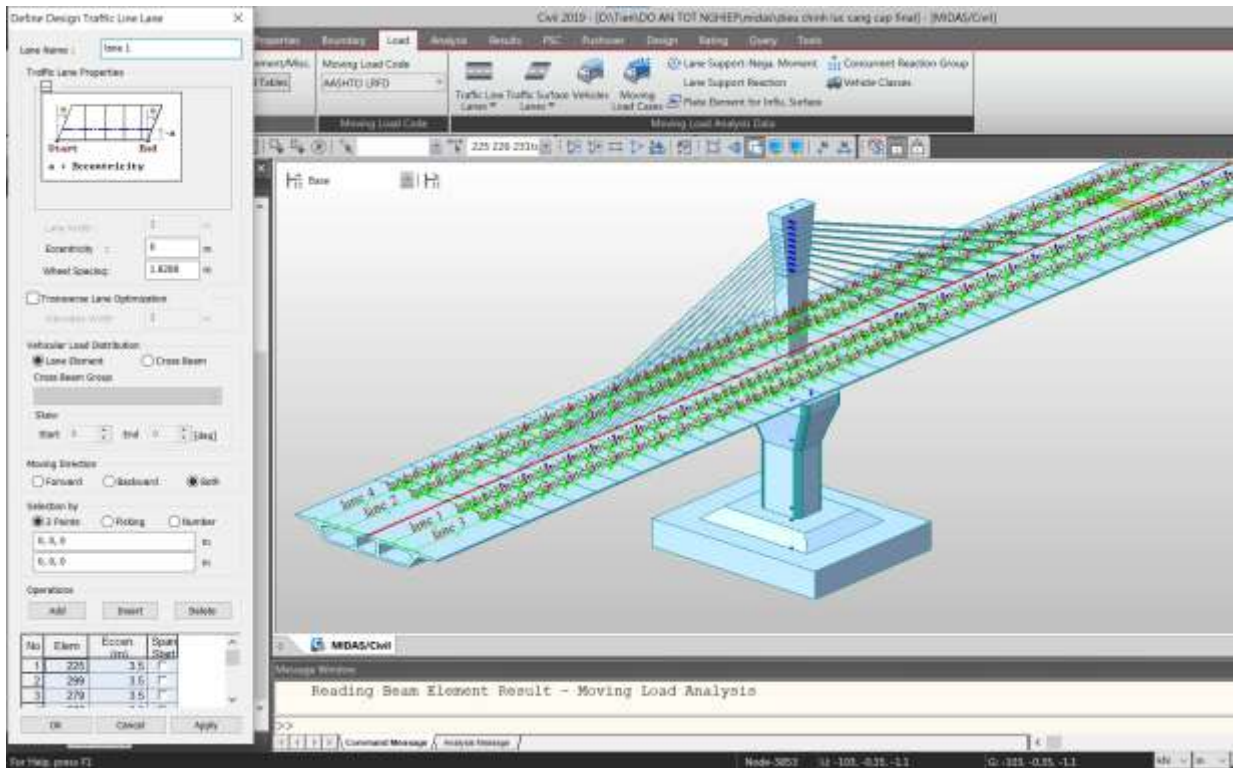
Hình 5. 36: Group trụ 1 và 2.



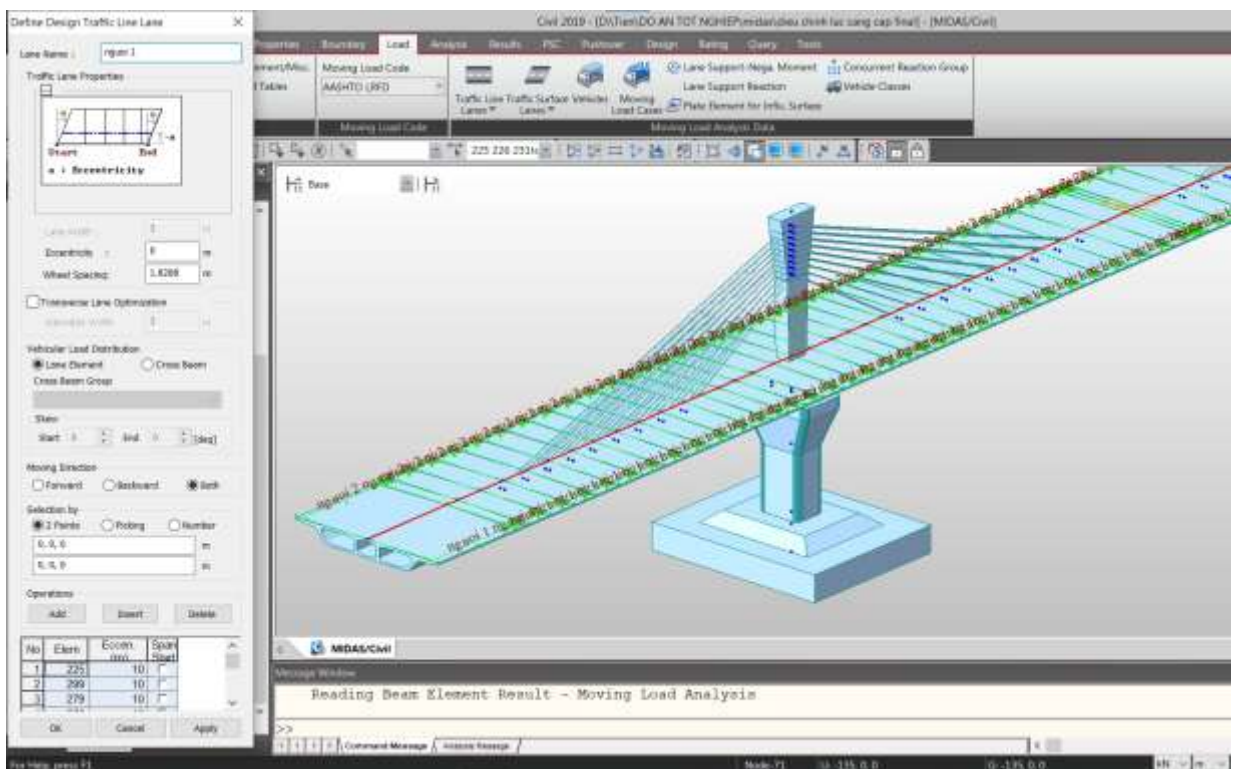
Hình 5. 37: Group các cáp văng trụ 1 và trụ 2.

Bước 8: Khai báo hoạt tải (Moving load) theo tiêu chuẩn AASHTO)

- Khai báo lane (lane xe chạy và lane đi bộ)

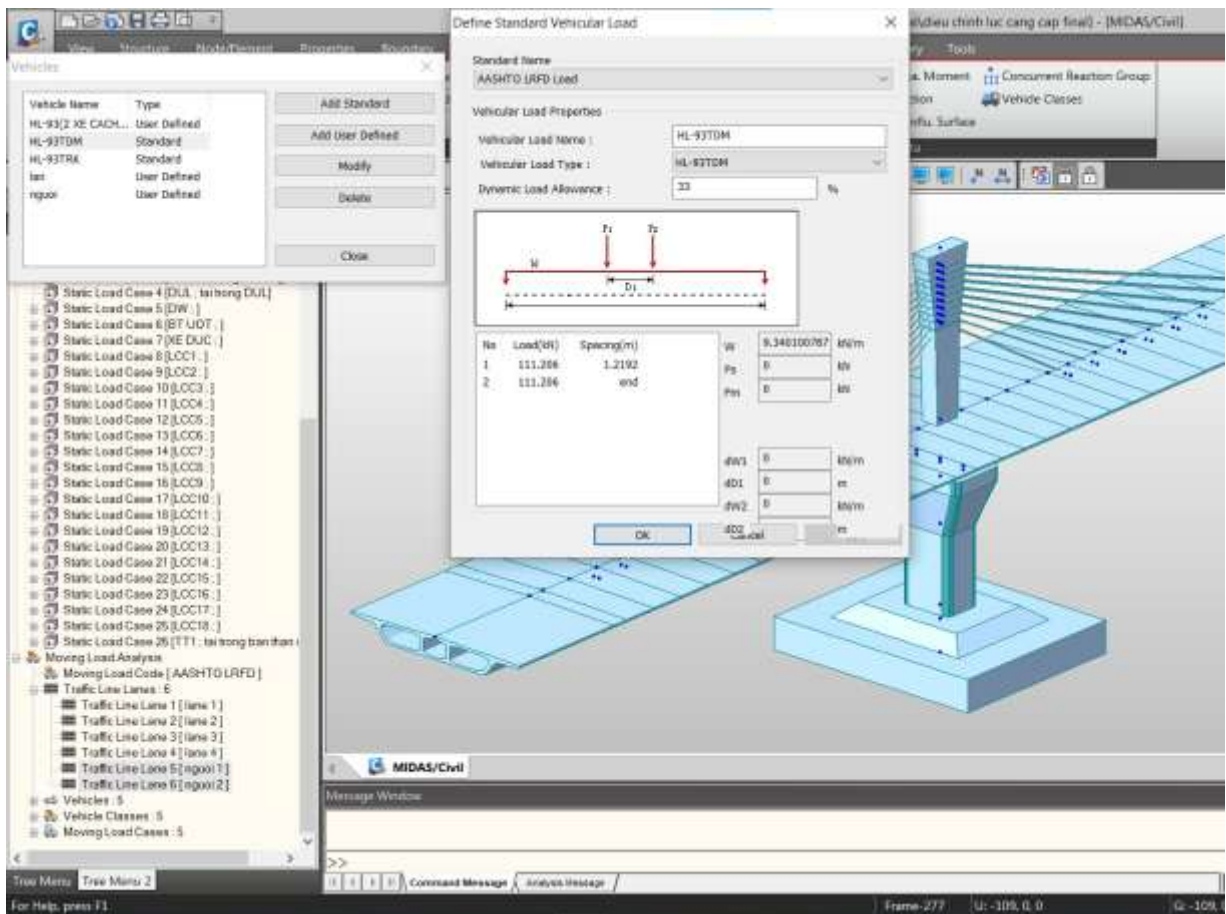


Hình 5. 38: Lane xe chạy.

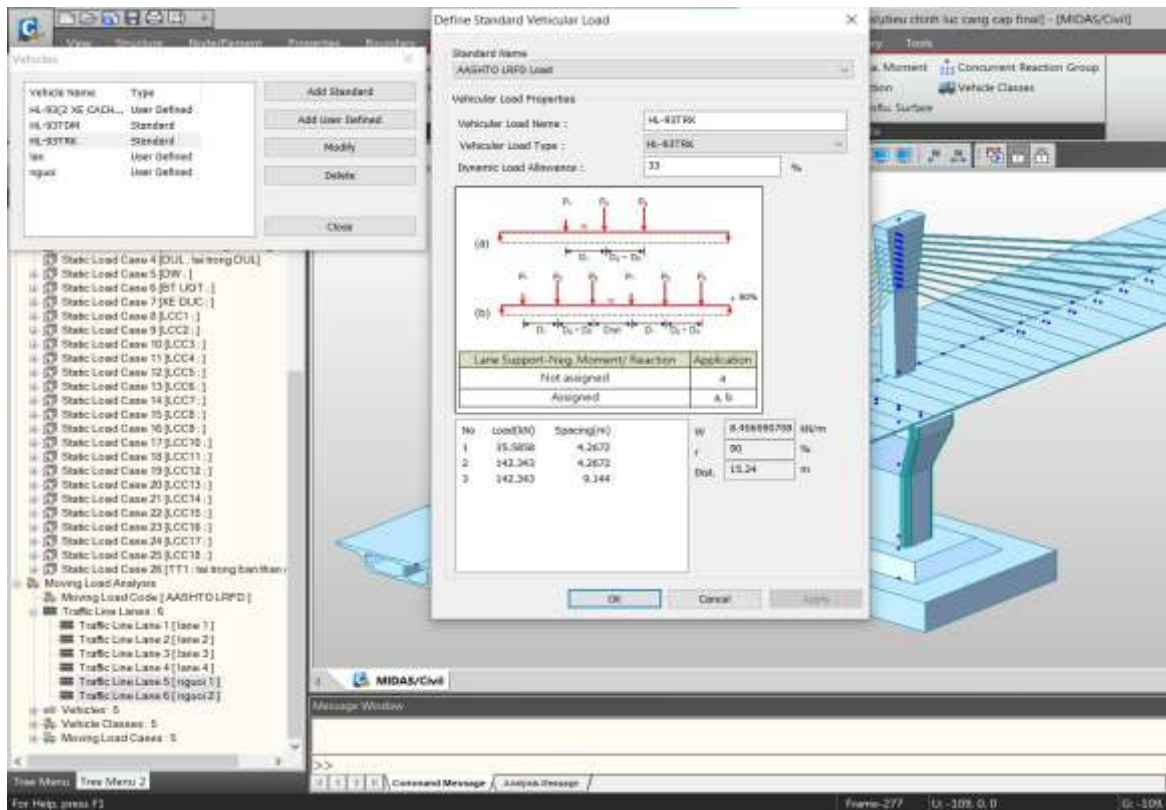


Hình 5. 39: Lane người đi bộ.

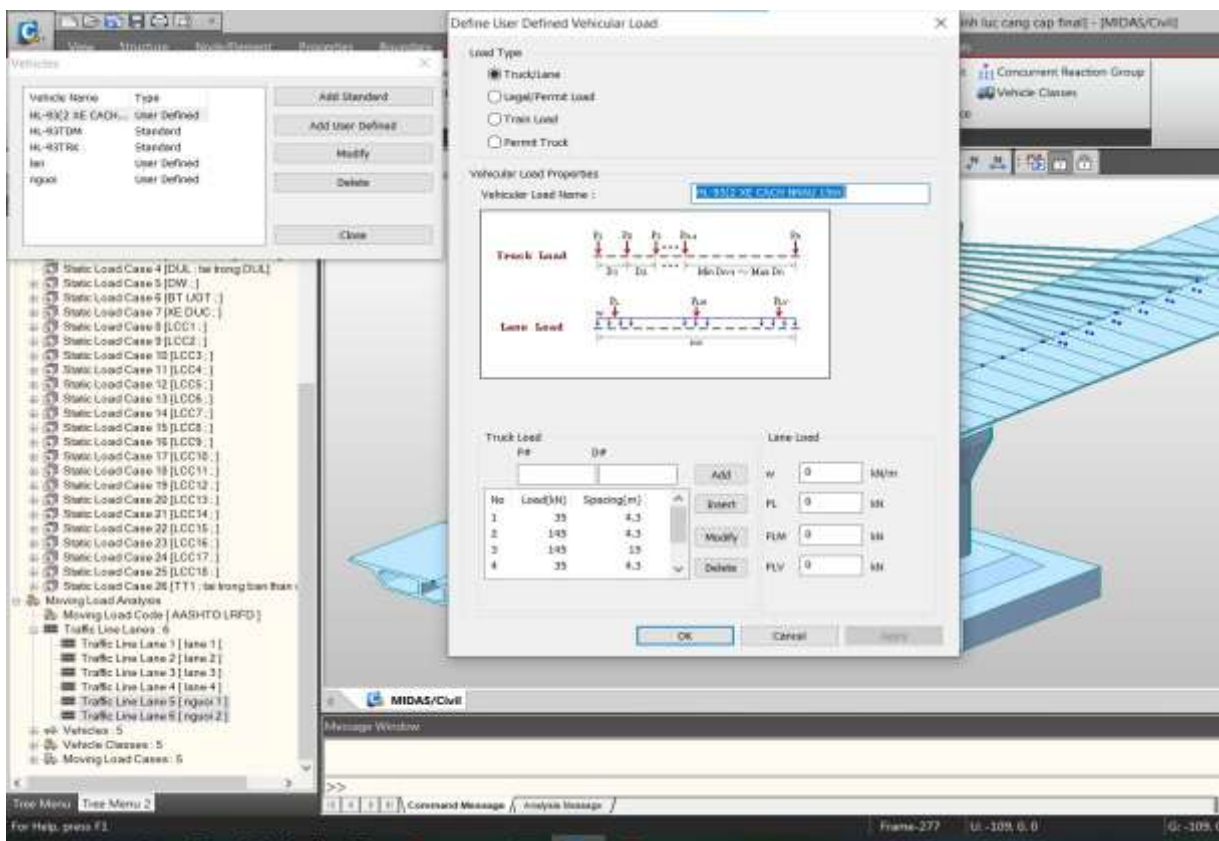
- Khai báo xe tải trọng làn và tải trọng người đi bộ



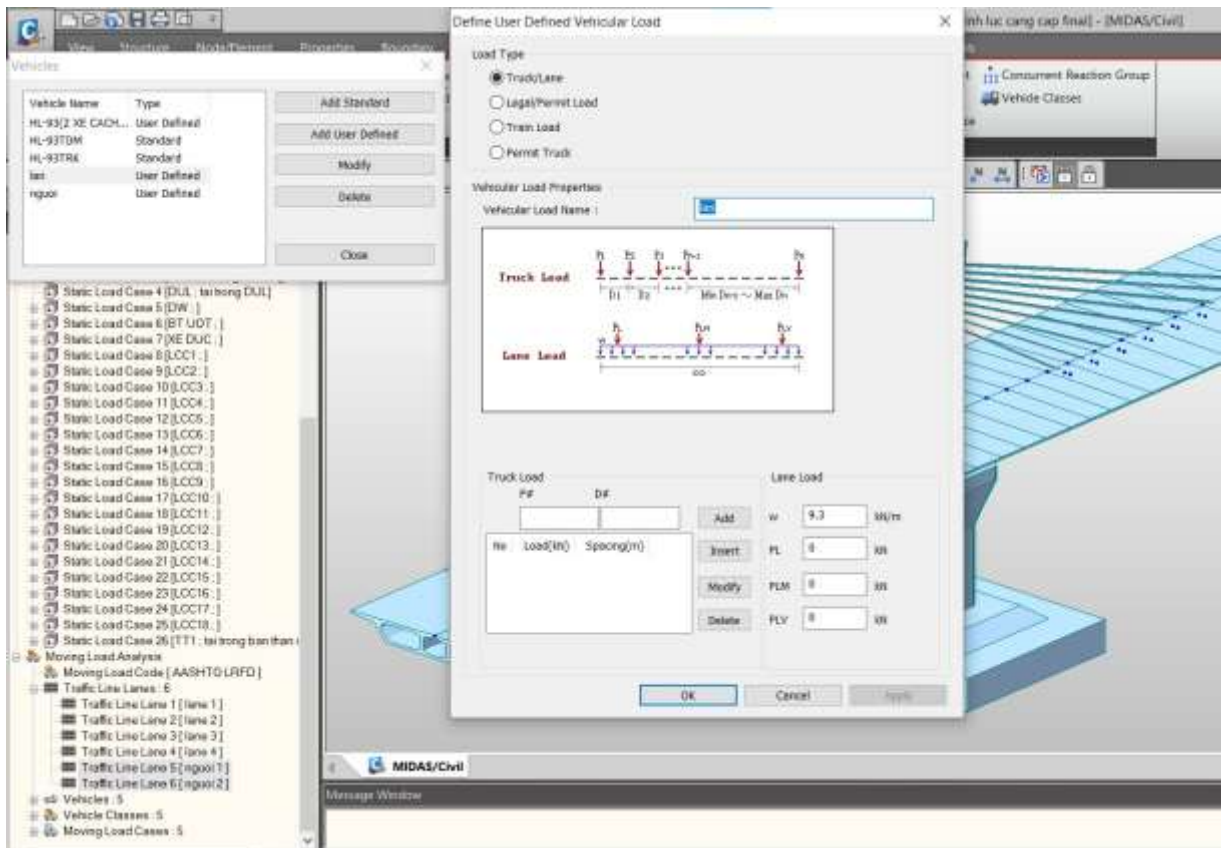
Hình 5. 40: Khai báo xe 2 trục.



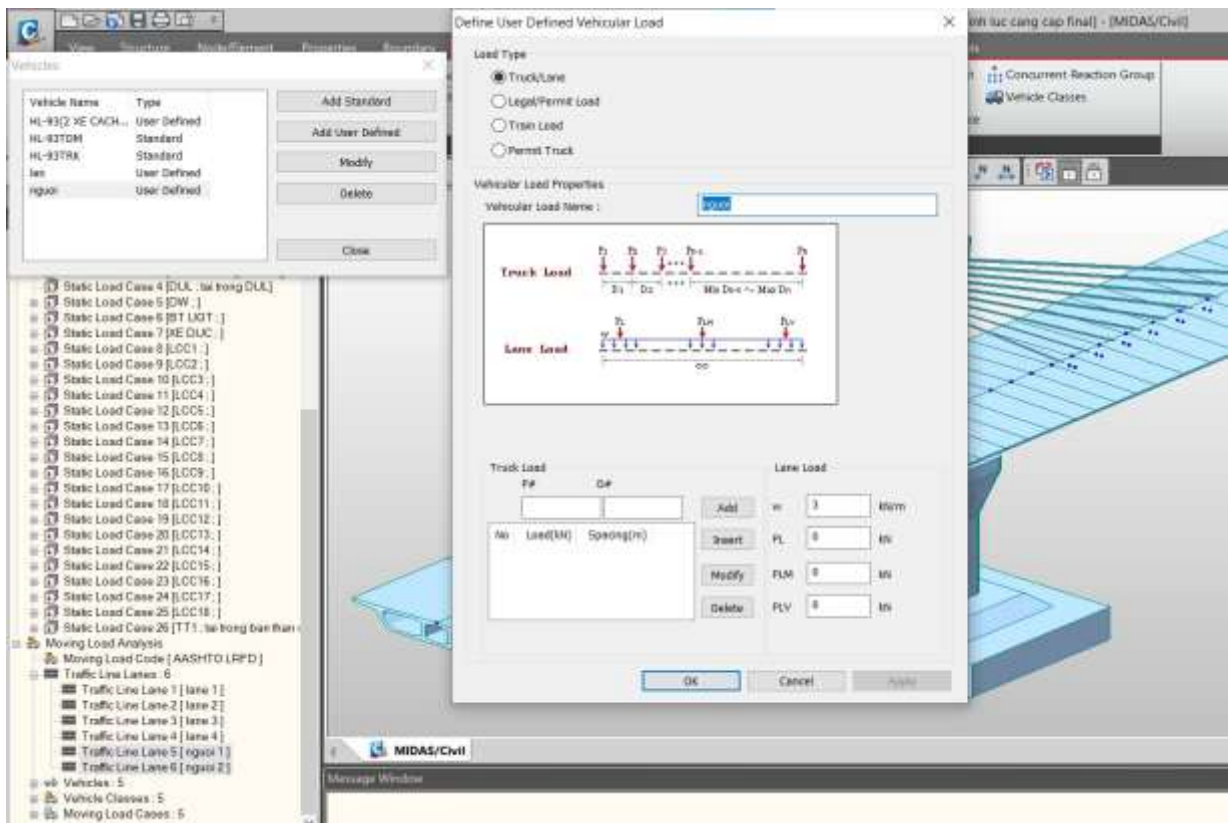
Hình 5. 41: Khai báo xe 3 trục



Hình 5. 42: Khai báo 2 xe 3 trục cách nhau 15 m.

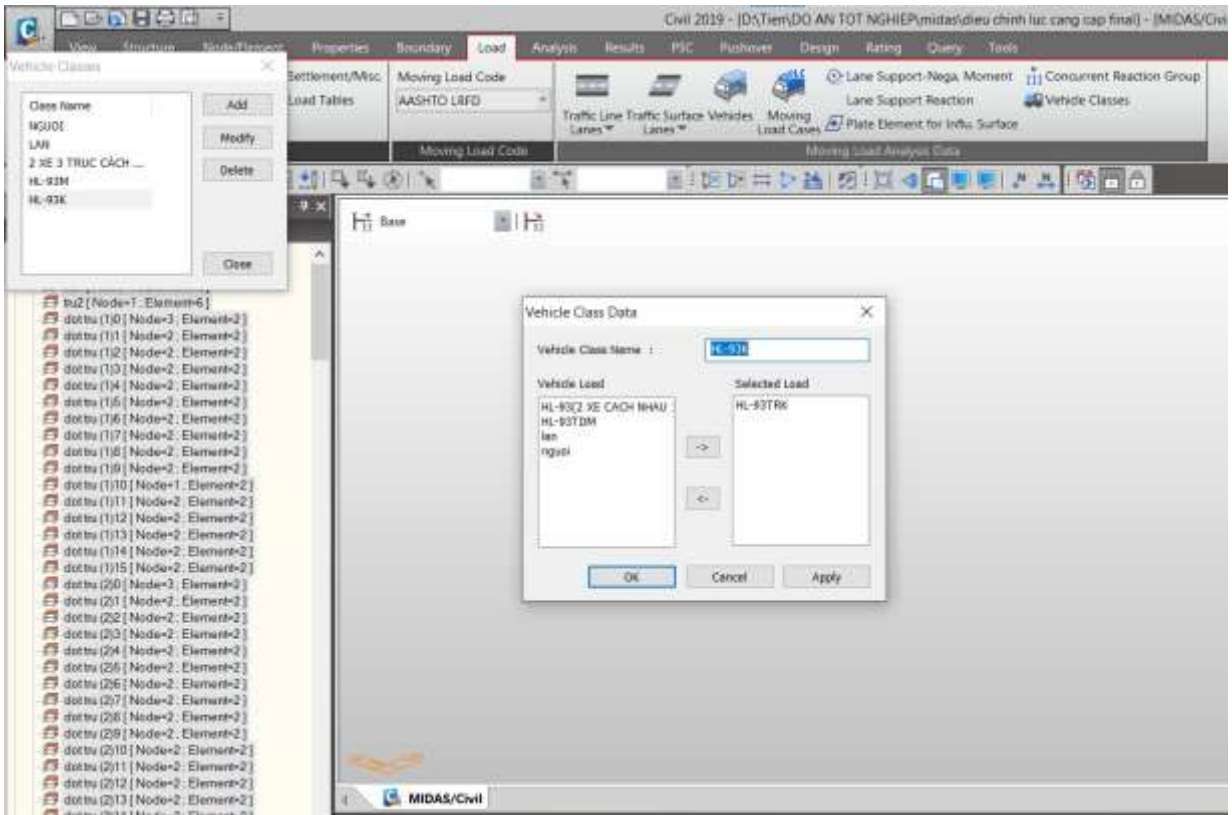


Hình 5. 43: Khai báo tải trọng lane.

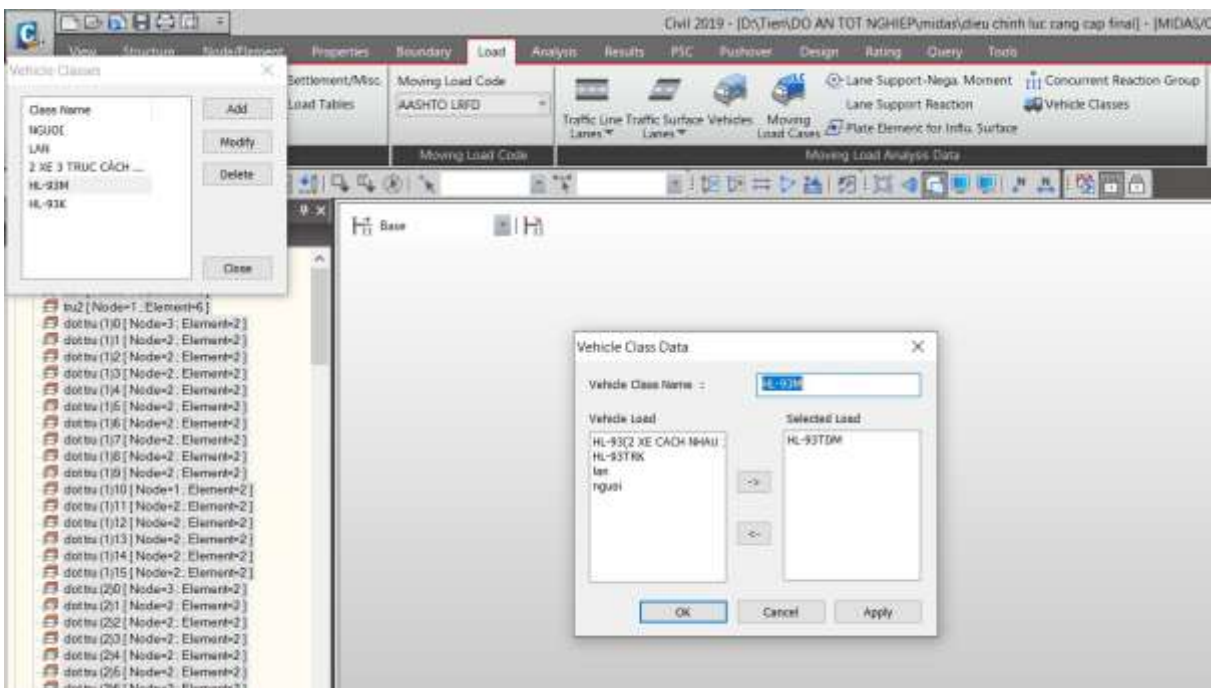


Hình 5. 44: Khai báo tải trọng người đi bộ.

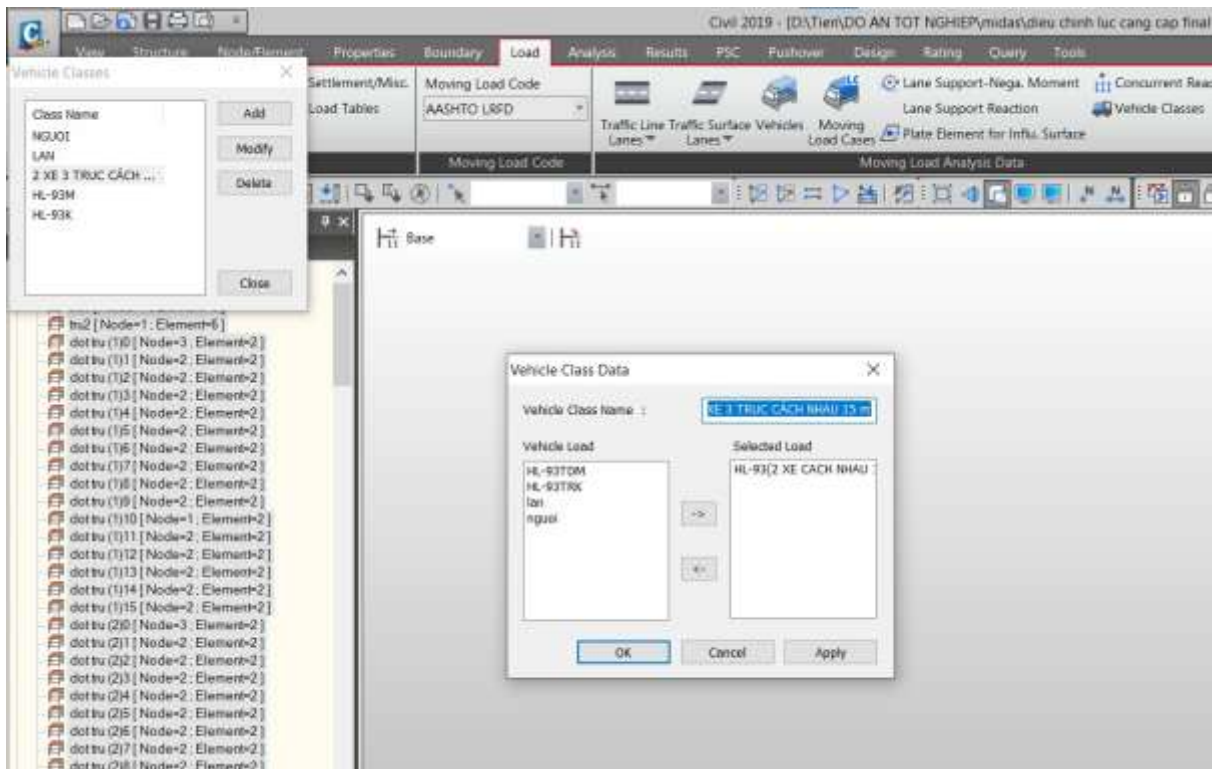
– Khai báo lớp xe:



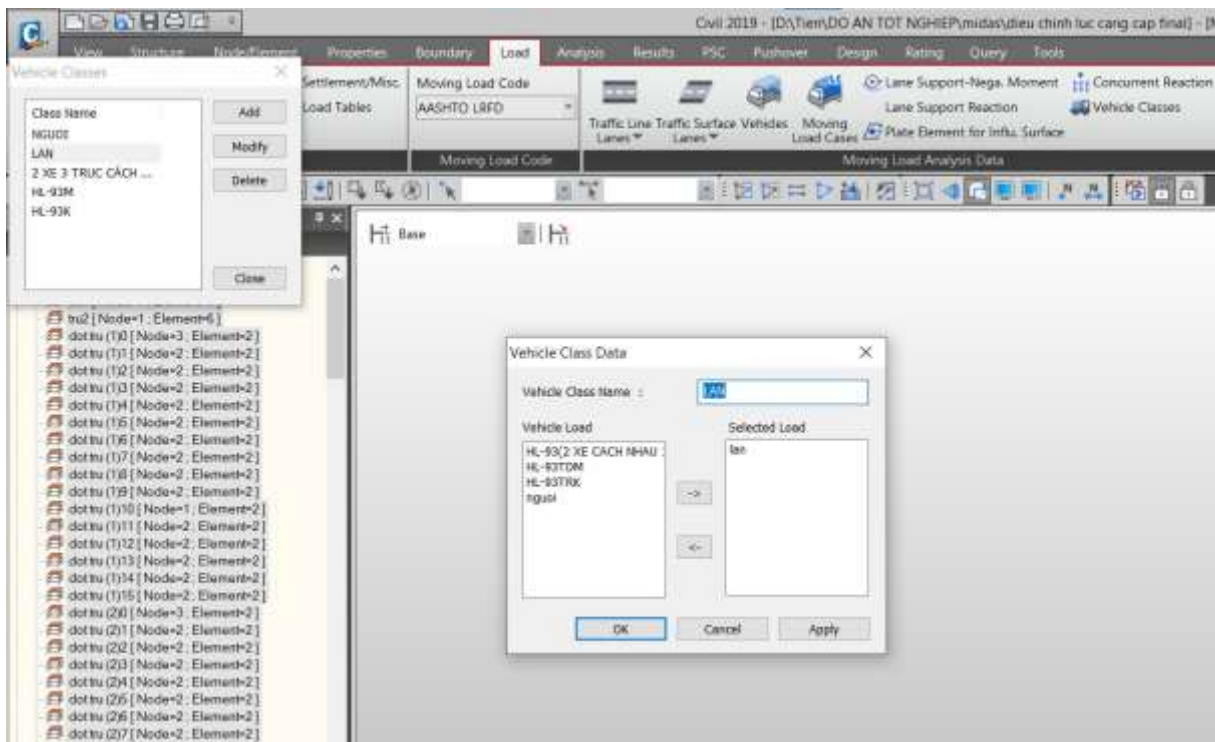
Hình 5. 45: Khai báo lớp xe 2 trục.



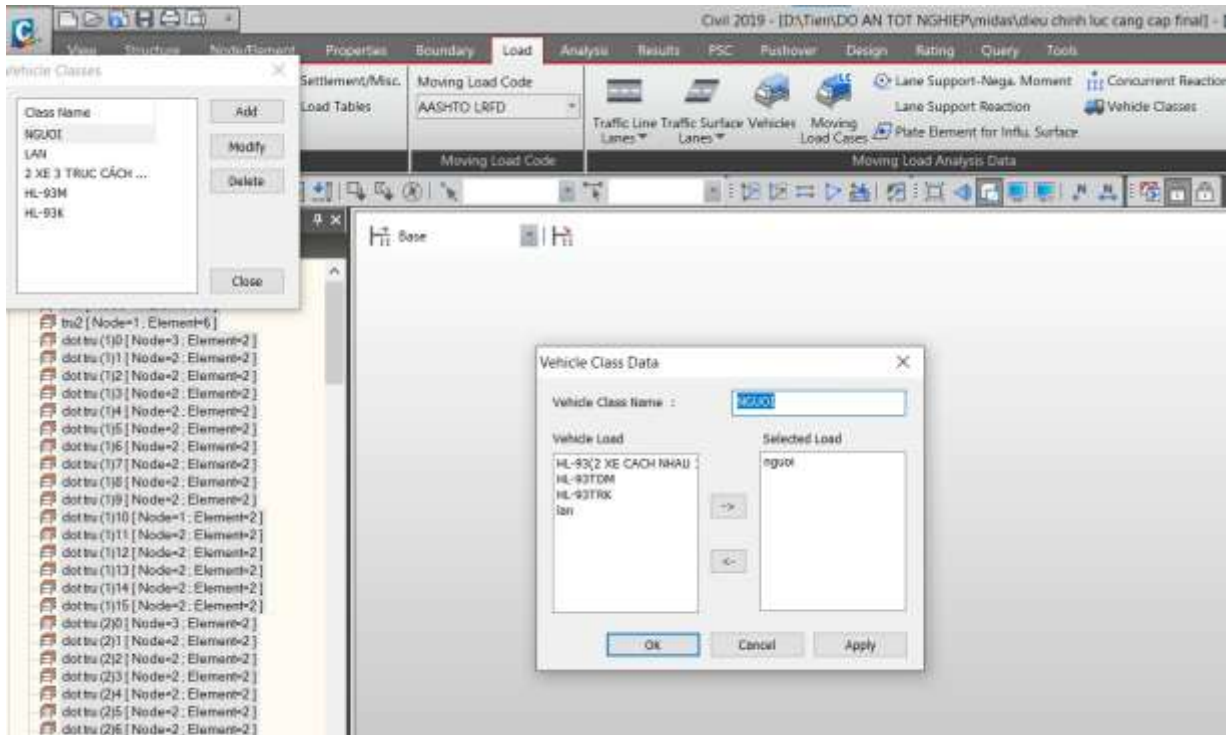
Hình 5. 46: Khai báo lớp xe 3 trục.



Hình 5. 47: Khai báo lớp 2 xe 3 trục cách nhau 15m.

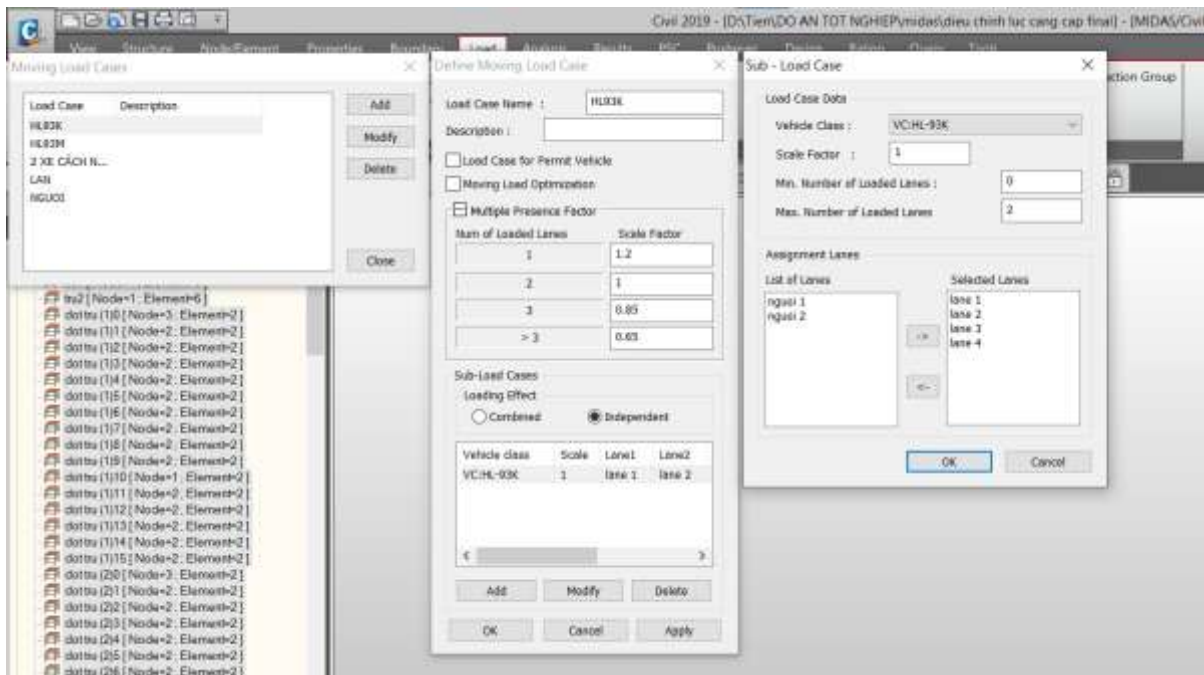


Hình 5. 48: Khai báo lớp làn.

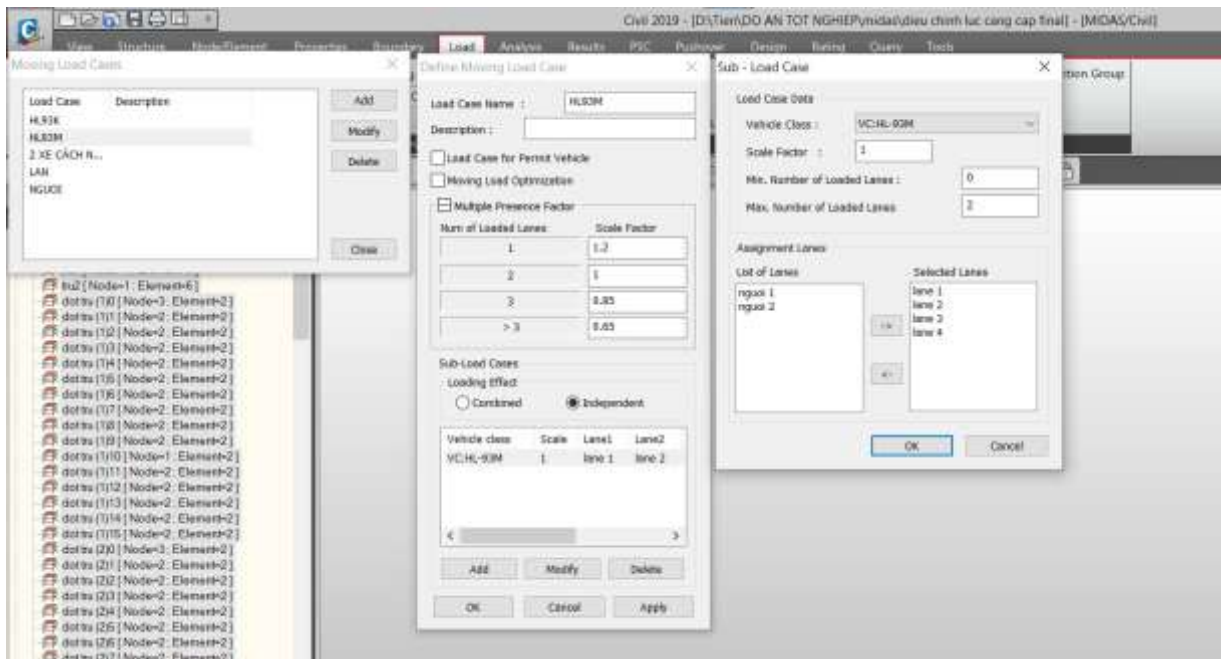


Hình 5. 49: Khai báo lớp người đi bộ.

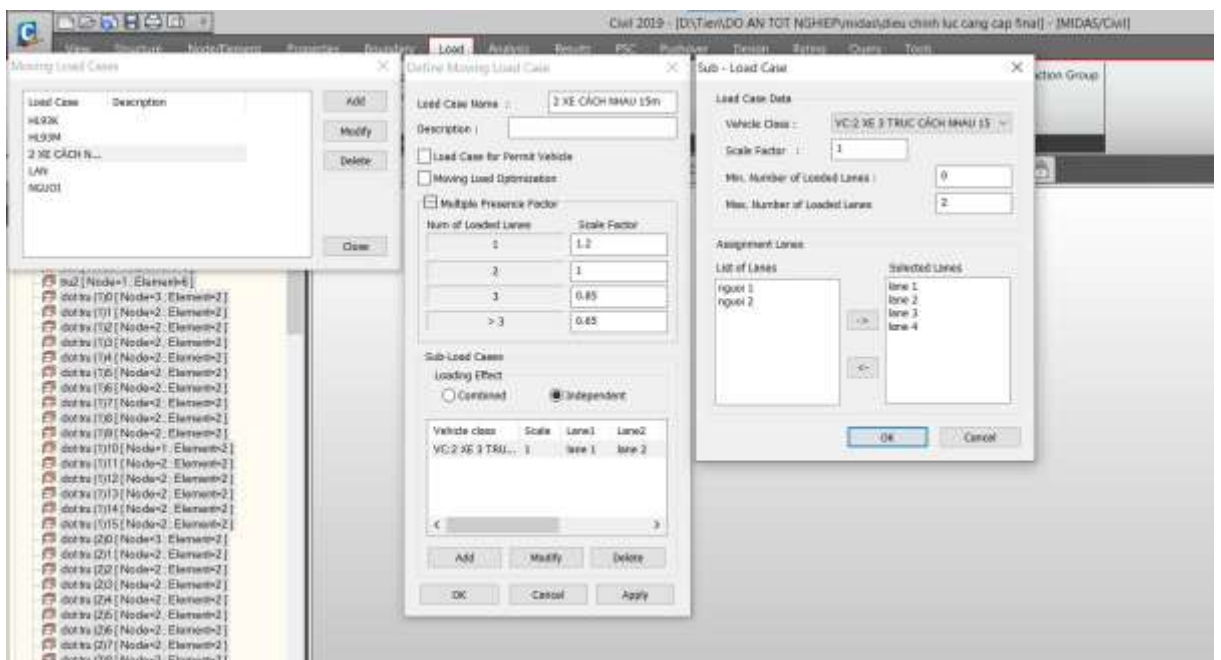
– Khai báo lớp tải trọng



Hình 5. 50: Khai báo lớp tải trọng xe 2 trục.

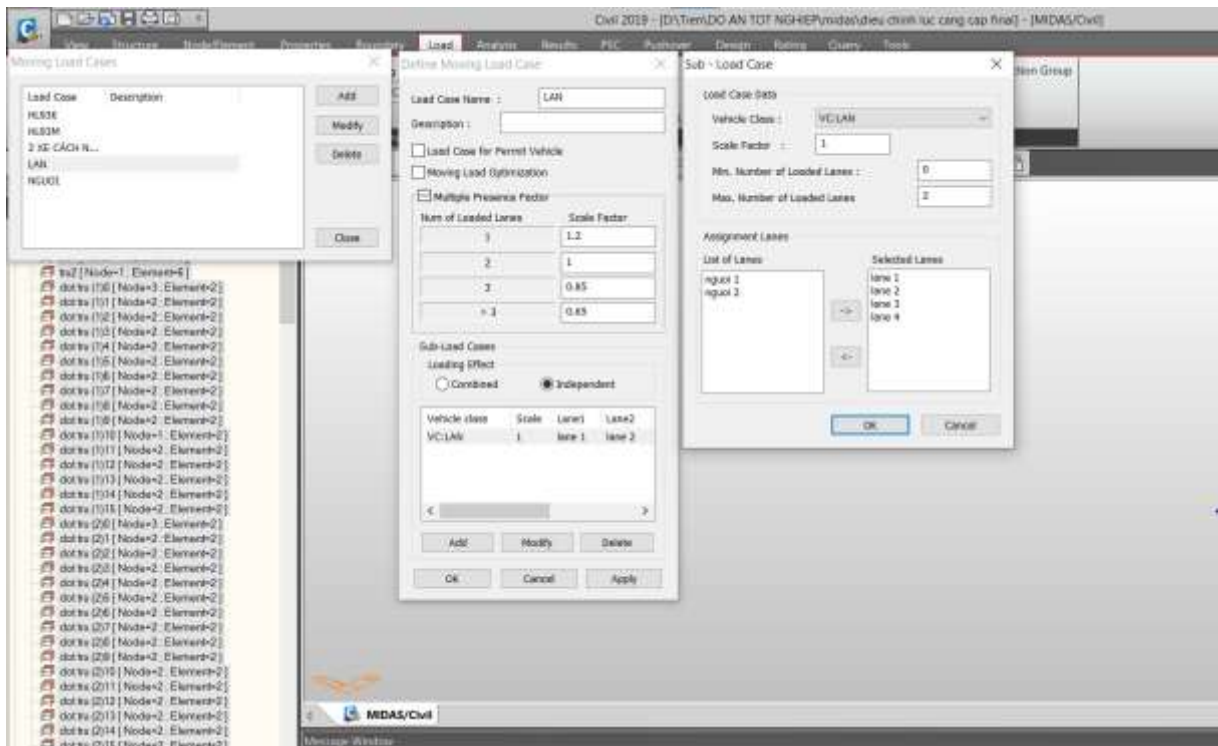


Hình 5. 51: Khai báo lớp tải trọng xe 3 trục.

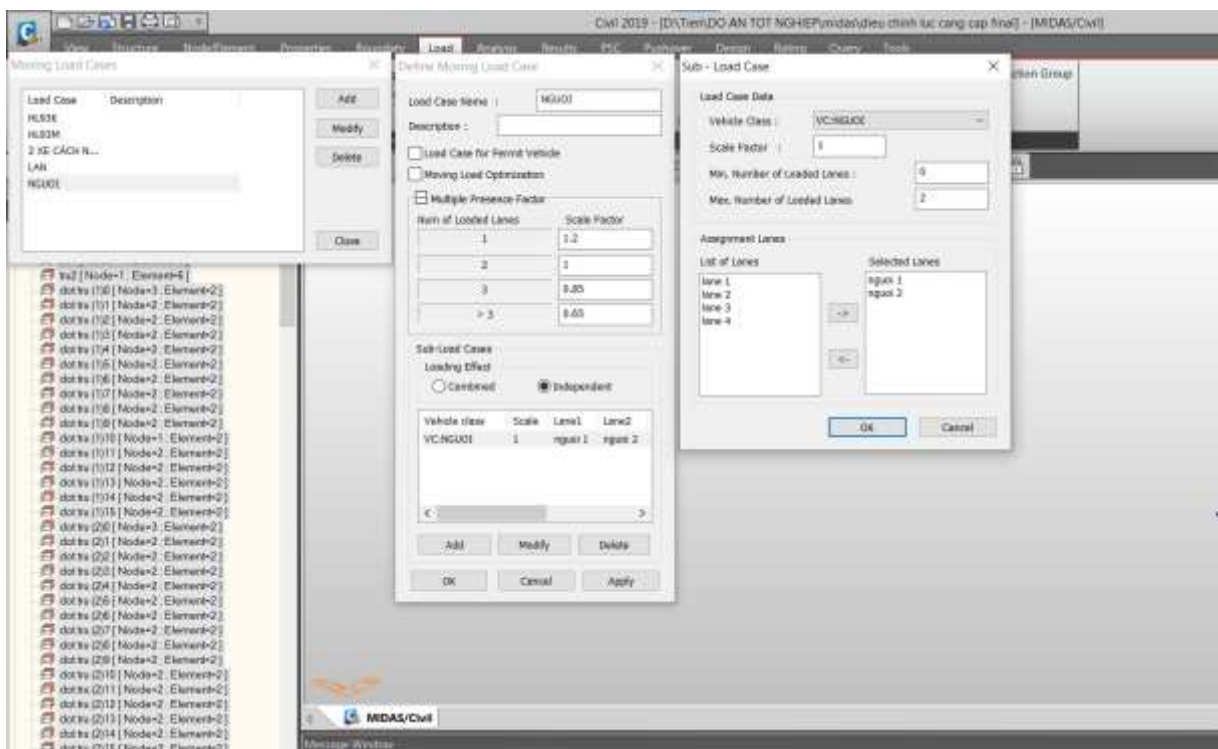


Hình 5. 52: Khai báo lớp tải trọng 2 xe 3 trục cách nhau 15m.

- Vì xe đi được chạy trên lane xe nên khi khai báo nên chú ý phần assignment lane chỉ gắn xe lên lane xe chạy



Hình 5. 53: Khai báo lớp tải trọng làn.

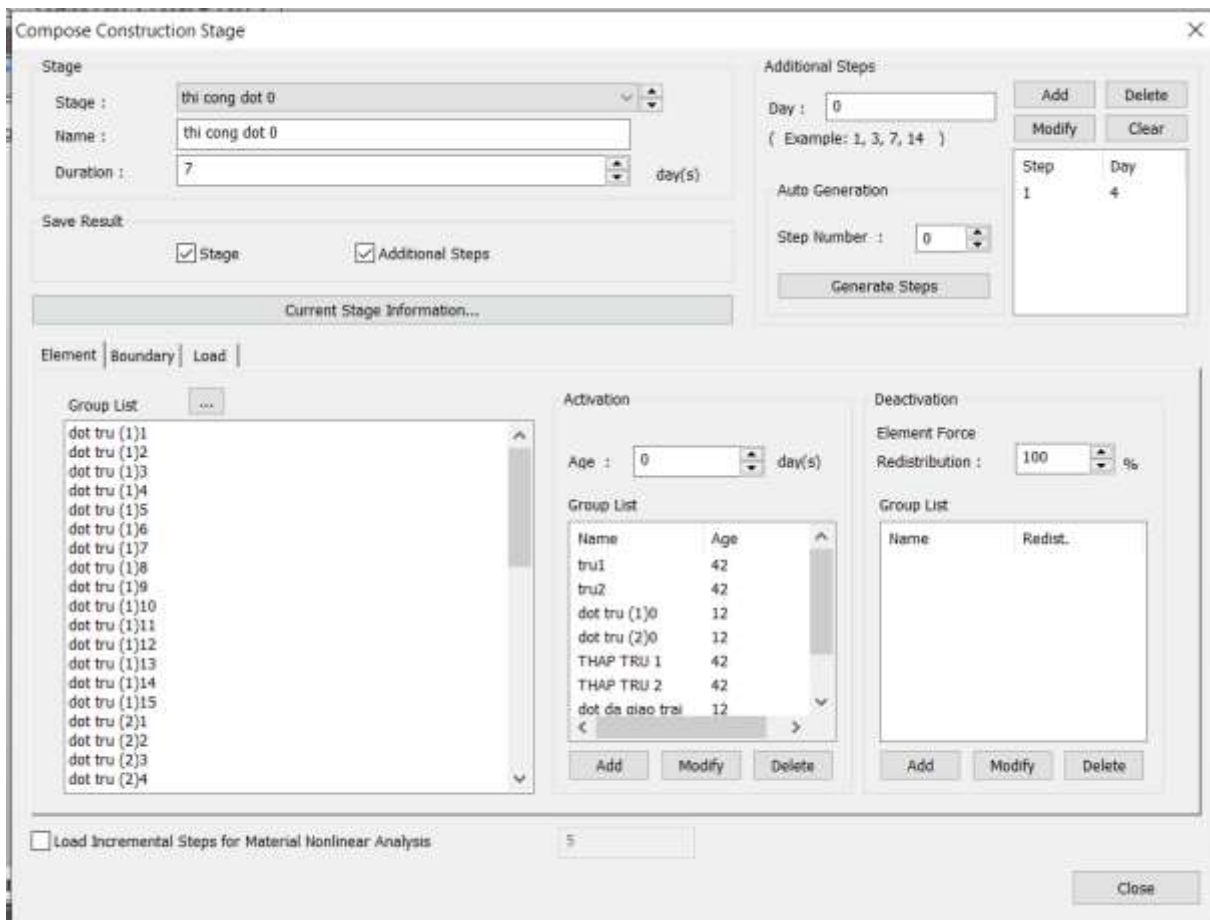


Hình 5. 54: Khai báo lớp tải trọng người đi bộ.

- Vì người chỉ được phép đi trên lane người đi bộ nên khi khai báo nên chú ý phân assignment lane chỉ gán tải trọng người lên lane người đi bộ

**Bước 9 : Giai đoạn thi công (Construction stage)**

- Thi công đốt K0 ( đốt trên đỉnh trụ)

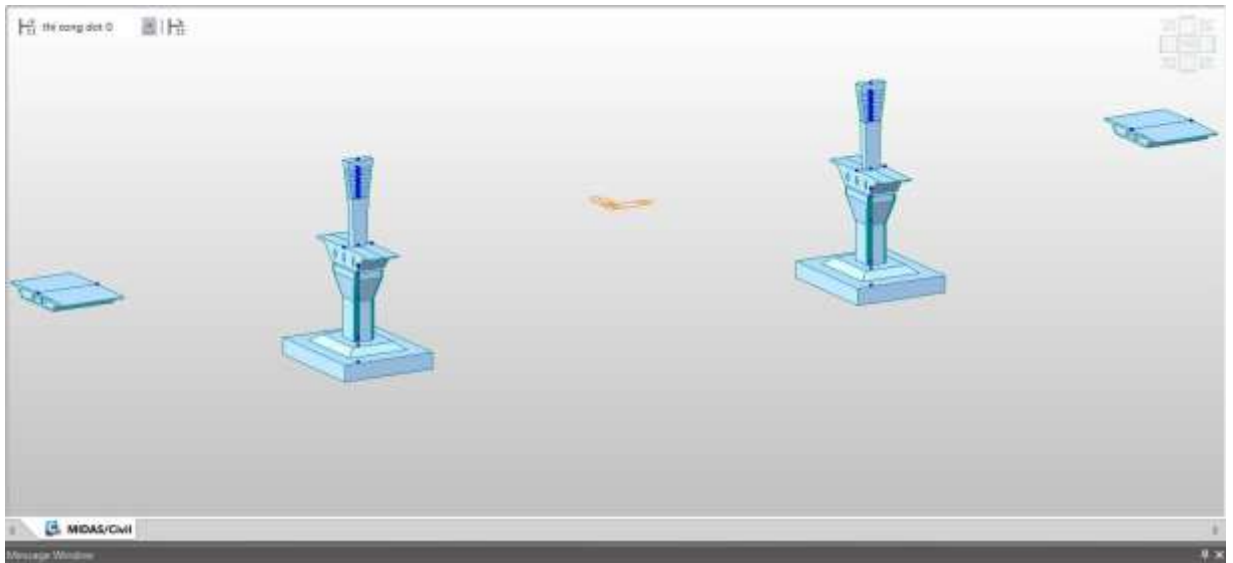


Hình 5. 55: Thi công đốt K0. (đốt trên đỉnh trụ)

- + Thời gian thi công 7 ngày

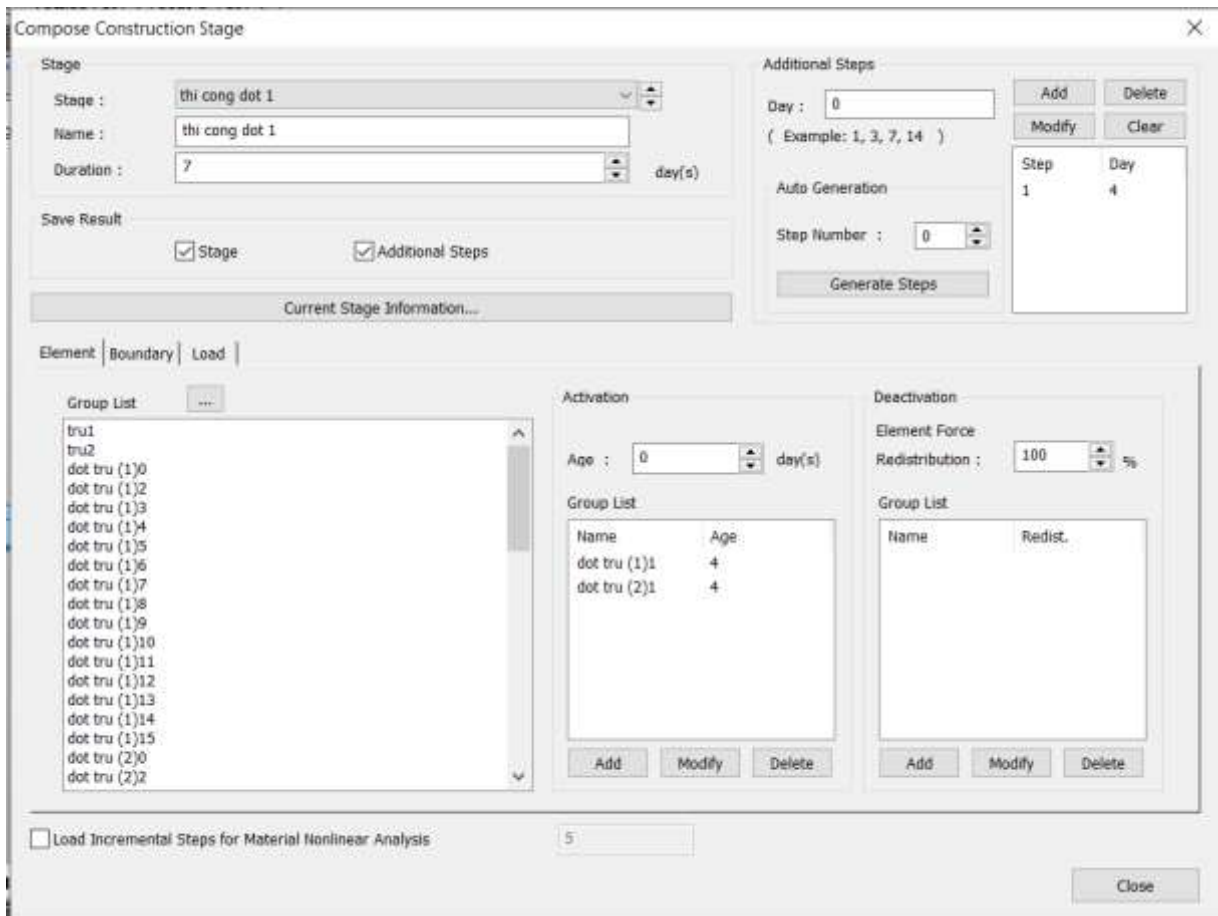
Bảng 5. 1: các bước thi công đốt K0.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Trụ 1	Chân trụ	TTTC DOT K0	
Trụ 2	Biên 1	TT Ban Than	
Đốt K0	Biên 2	Xe Duc K0	
Tháp trụ 1	Đỉnh trụ	BTU K0	
Tháp trụ 2		Cáp DUL K0	
Đốt trên đà giáo			



Hình 5. 56: Thi công đốt K0. (đốt trên đỉnh trụ)

– Thi công đốt K1

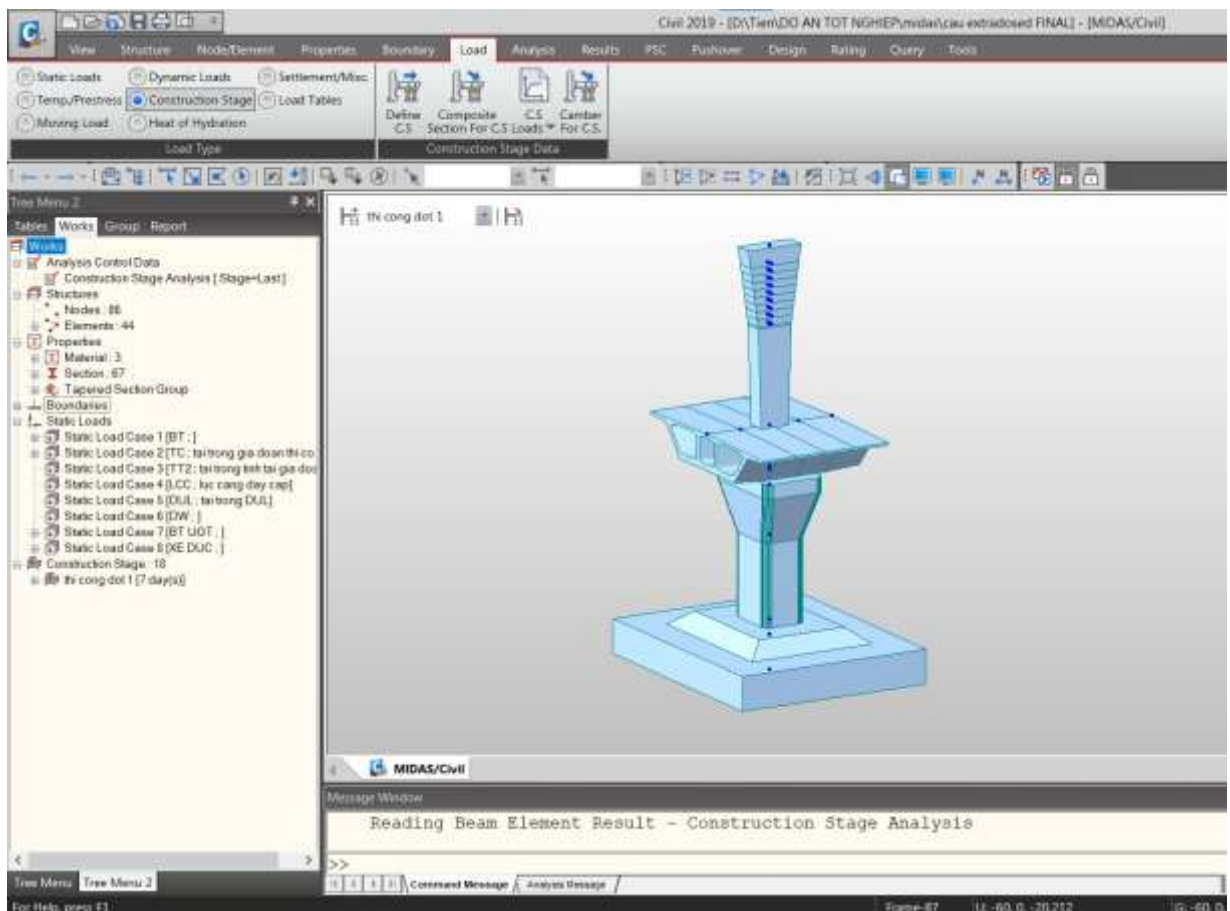


Hình 5. 57: Thi công đốt K1.

+ Thời gian thi công 7 ngày

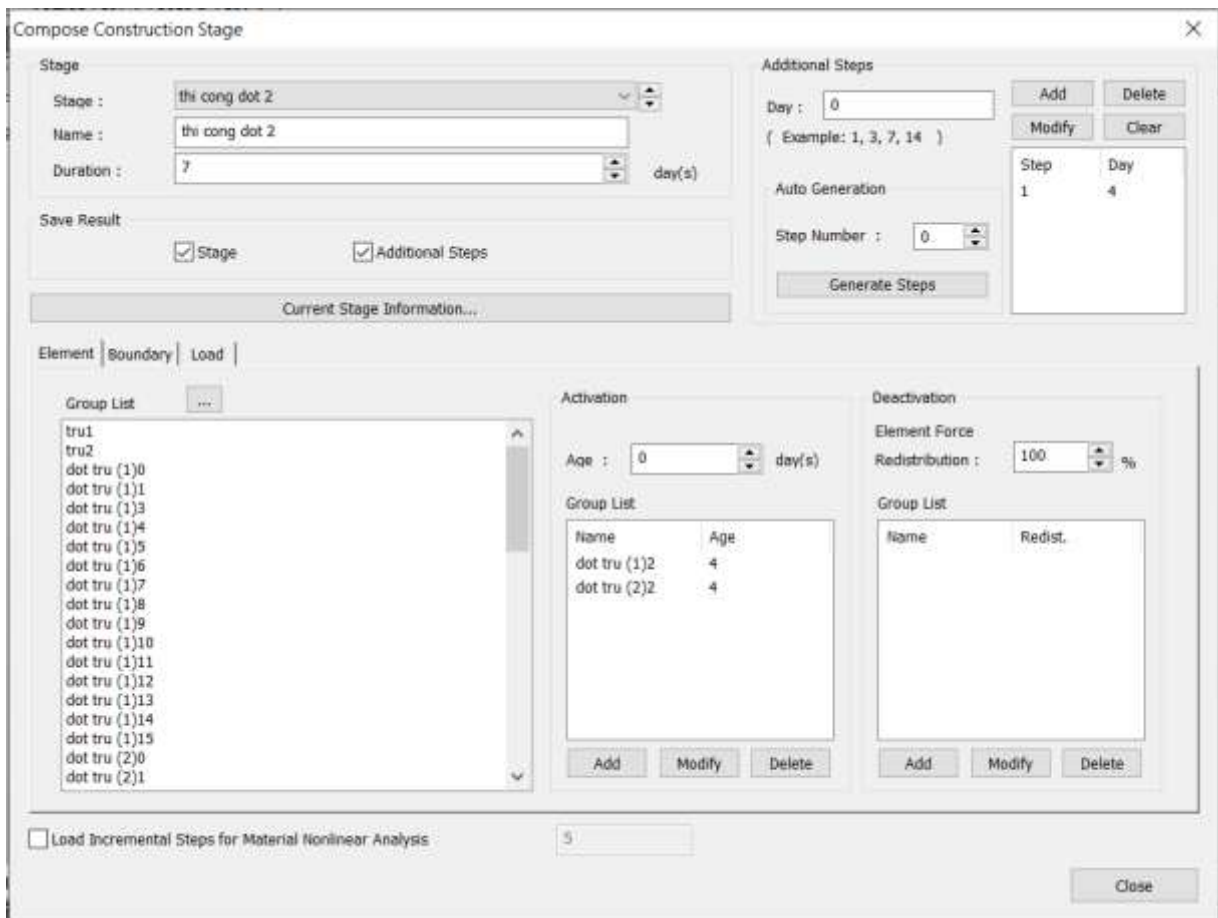
Bảng 5. 2: các bước thi công đót K1.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K1 trụ 1(4)		TTTC DOT K1	BTU 0
Đốt K1 trụ 2(4)		Xe Dục K1	Xe Dục 0
		BTU K1	
		Cáp DUL K1	



Hình 5. 58: Thi công đót K1.

– Thi công đốt K2

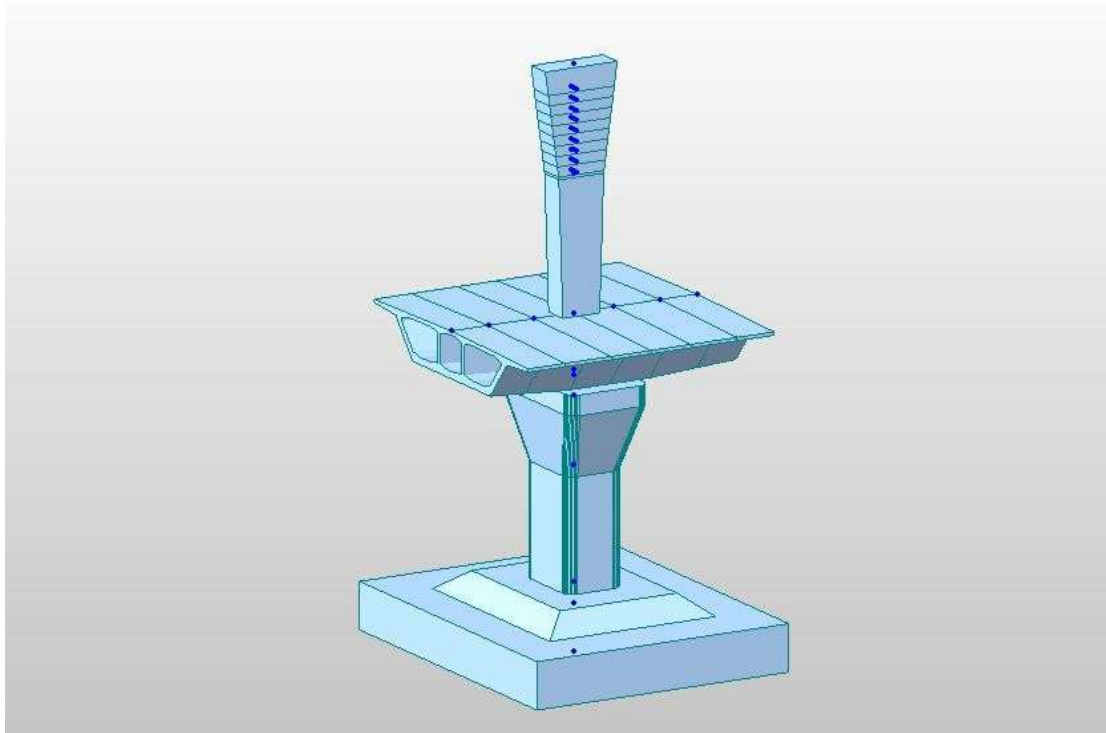


Hình 5. 59: Thi công đốt K2.

+ Thời gian thi công 7 ngày

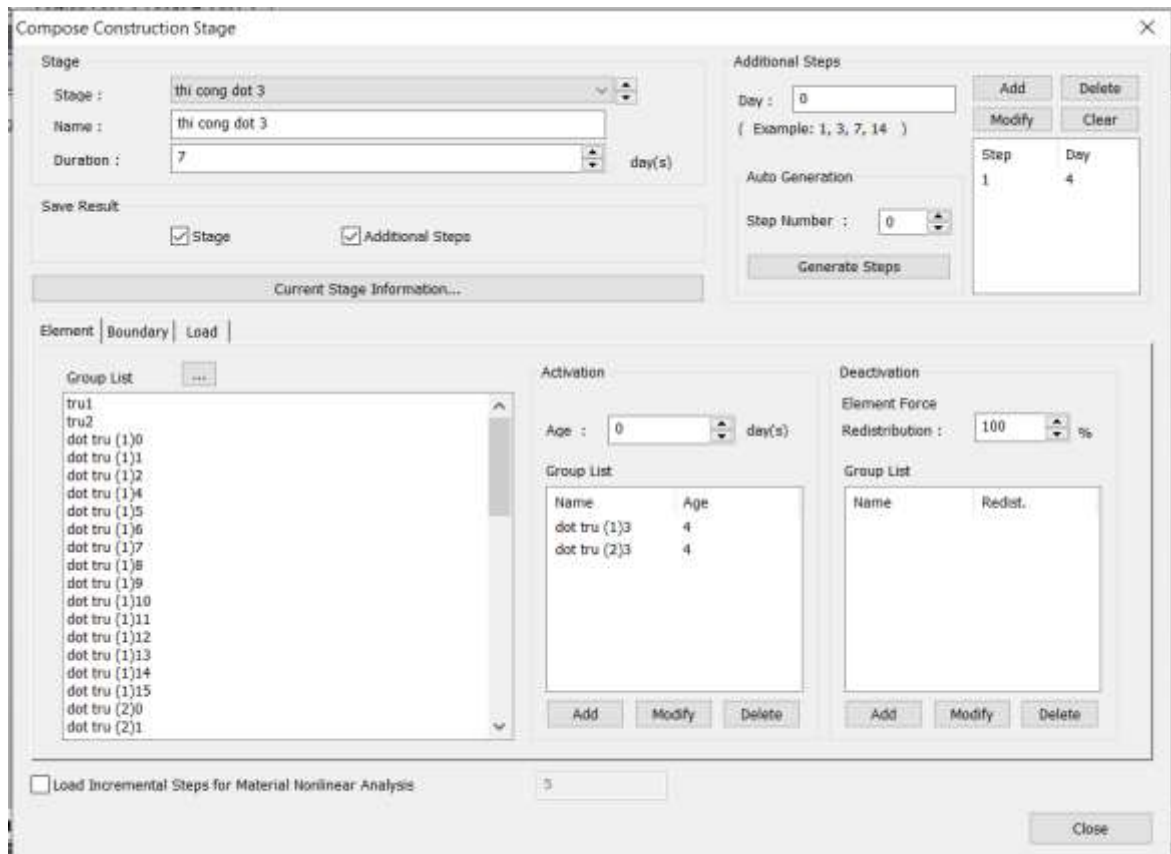
Bảng 5. 3: các bước thi công đốt K2.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K2 trụ 1(4)		TTTC DOT K2	BTU 1
Đốt K2 trụ 2(4)		Xe Duc K2	Xe Duc 1
		BTU K2	
		Cáp DƯL K2	



Hình 5. 60: Thi công đót K2.

– Thi công đót K3

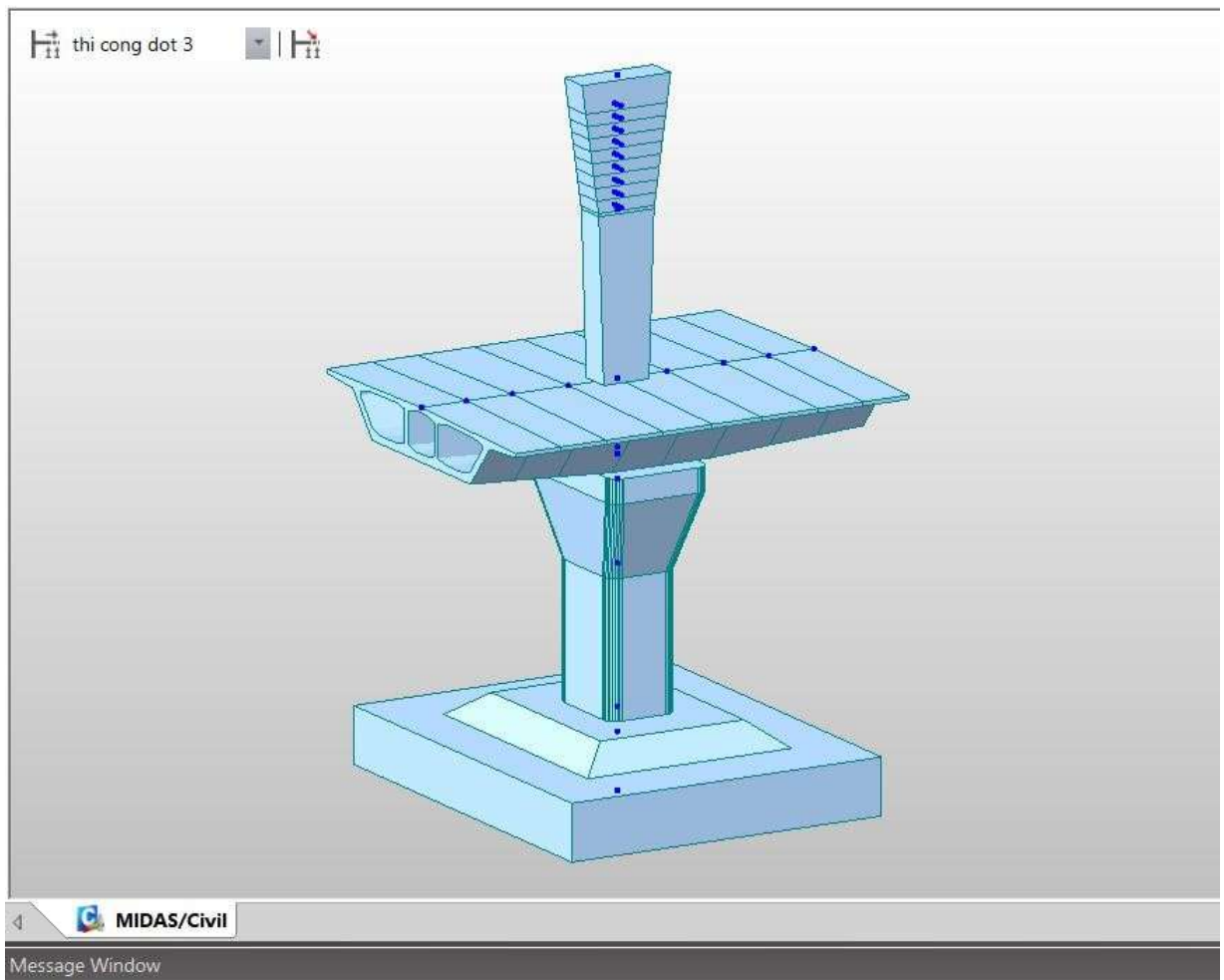


Hình 5. 61: Thi công đót K3.

+ Thời gian thi công 7 ngày

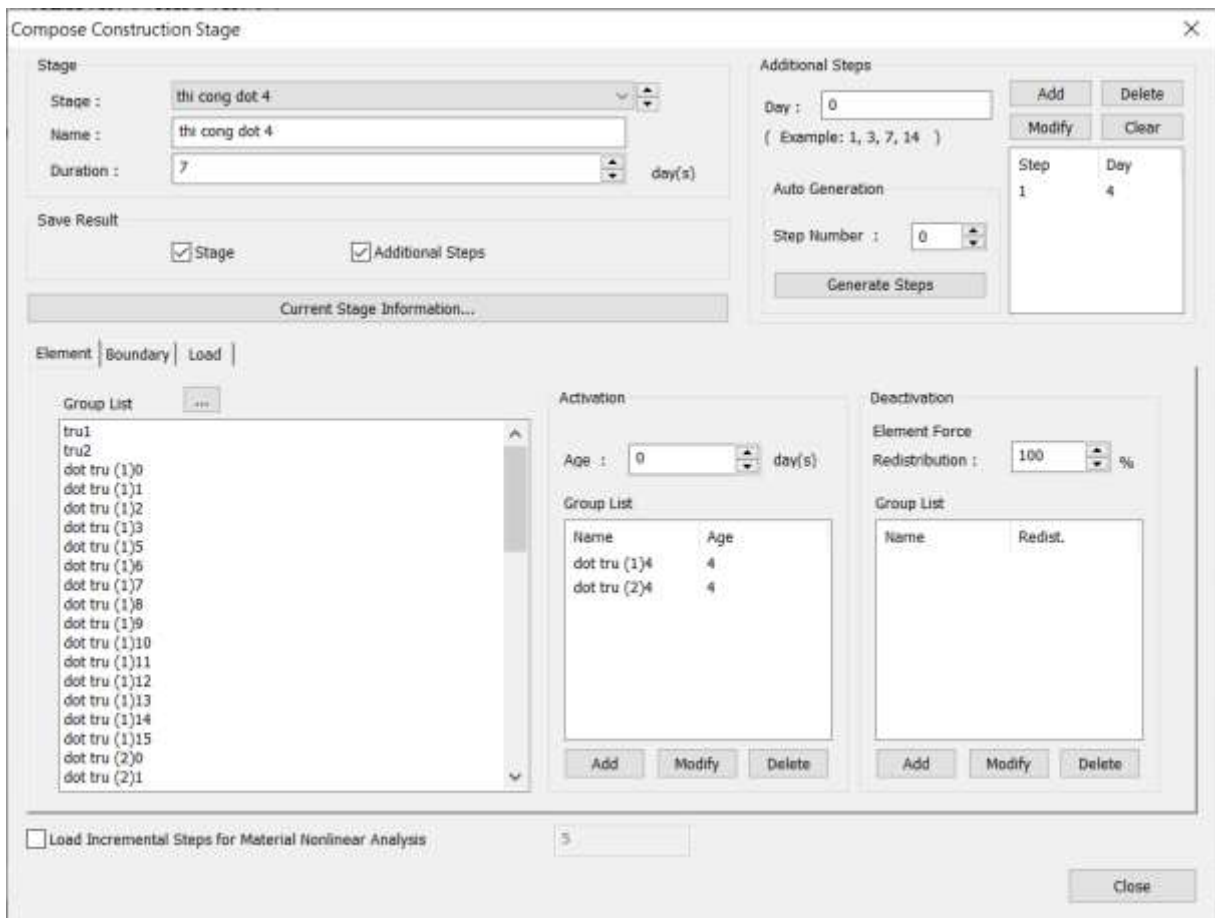
Bảng 5. 4: các bước thi công đôt K3.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K3 trụ 1(4)		TTTC DOT K3	BTU 2
Đốt K3 trụ 2(4)		Xe Duc K3	Xe Duc 2
		BTU K3	
		Cáp DUL K3	



Hình 5. 62: Thi công đôt K3.

– Thi công đót K4

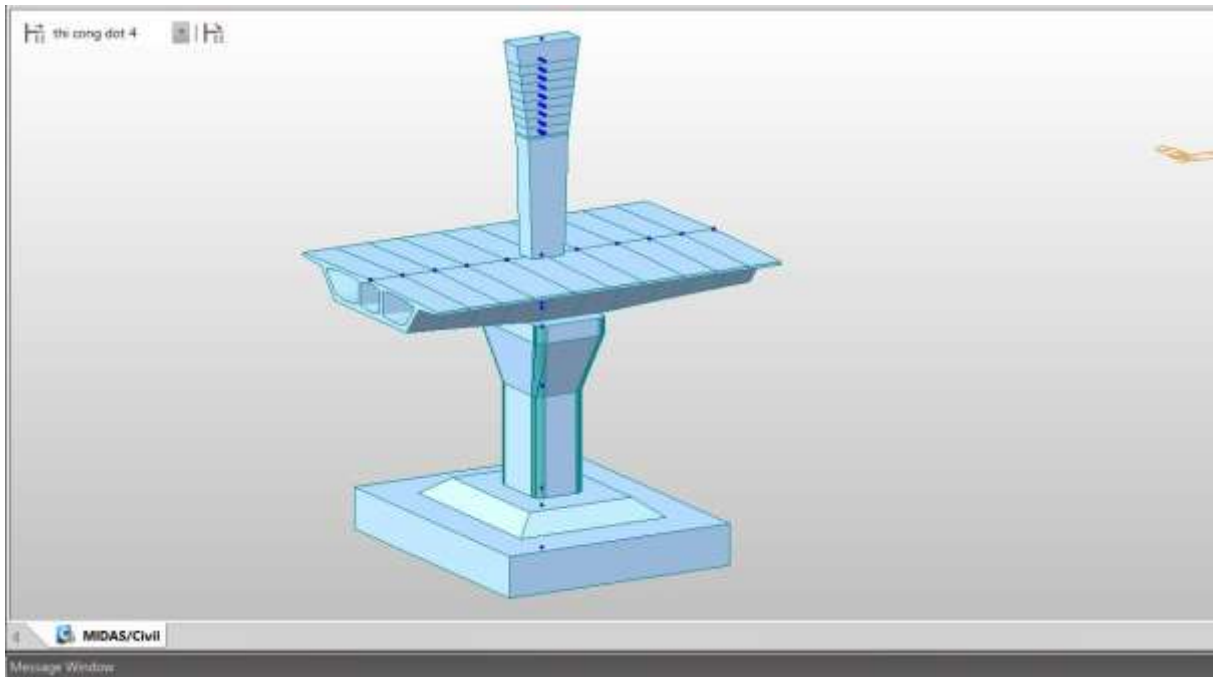


Hình 5. 63: Thi công đót K4.

+ Thời gian thi công 7 ngày

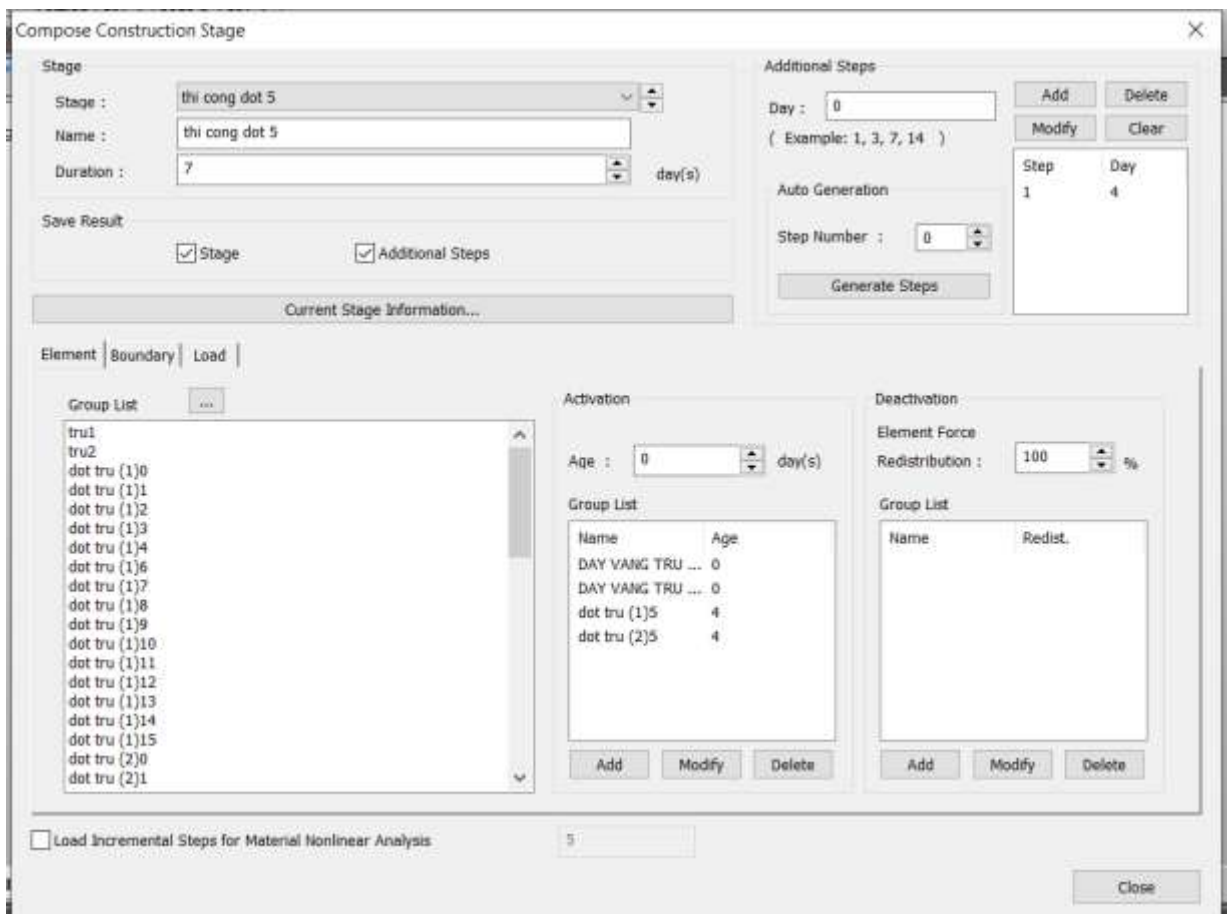
Bảng 5. 5: các bước thi công đót K4.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K4 trụ 1(4)		TTTC DOT K4	BTU 3
Đốt K4 trụ 2(4)		Xe Duc K4	Xe Duc 3
		BTU K4	
		Cáp DƯL K4	



Hình 5. 64: Thi công đốt K4.

– Thi công đốt K5

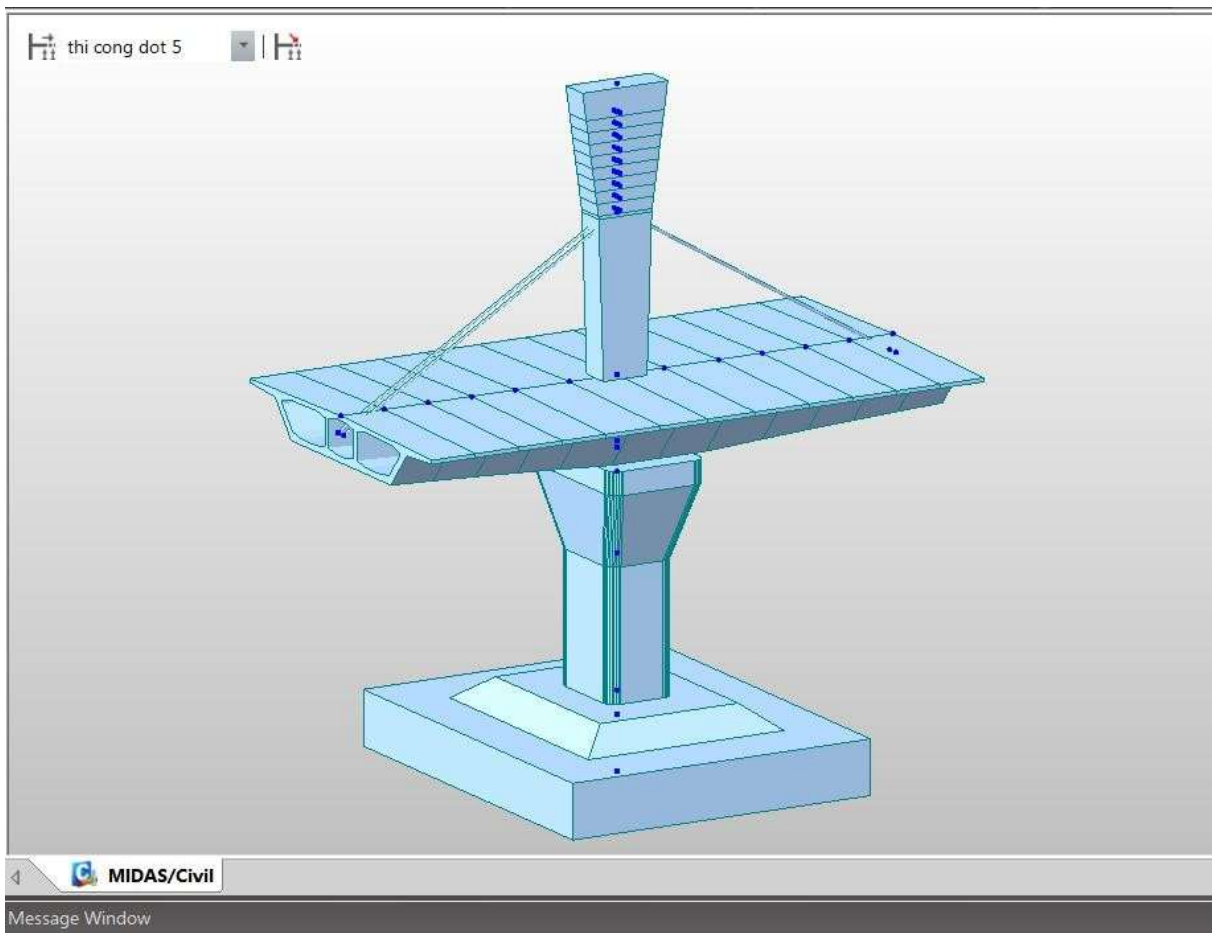


Hình 5. 65: Thi công đốt K5.

+ Thời gian thi công 7 ngày

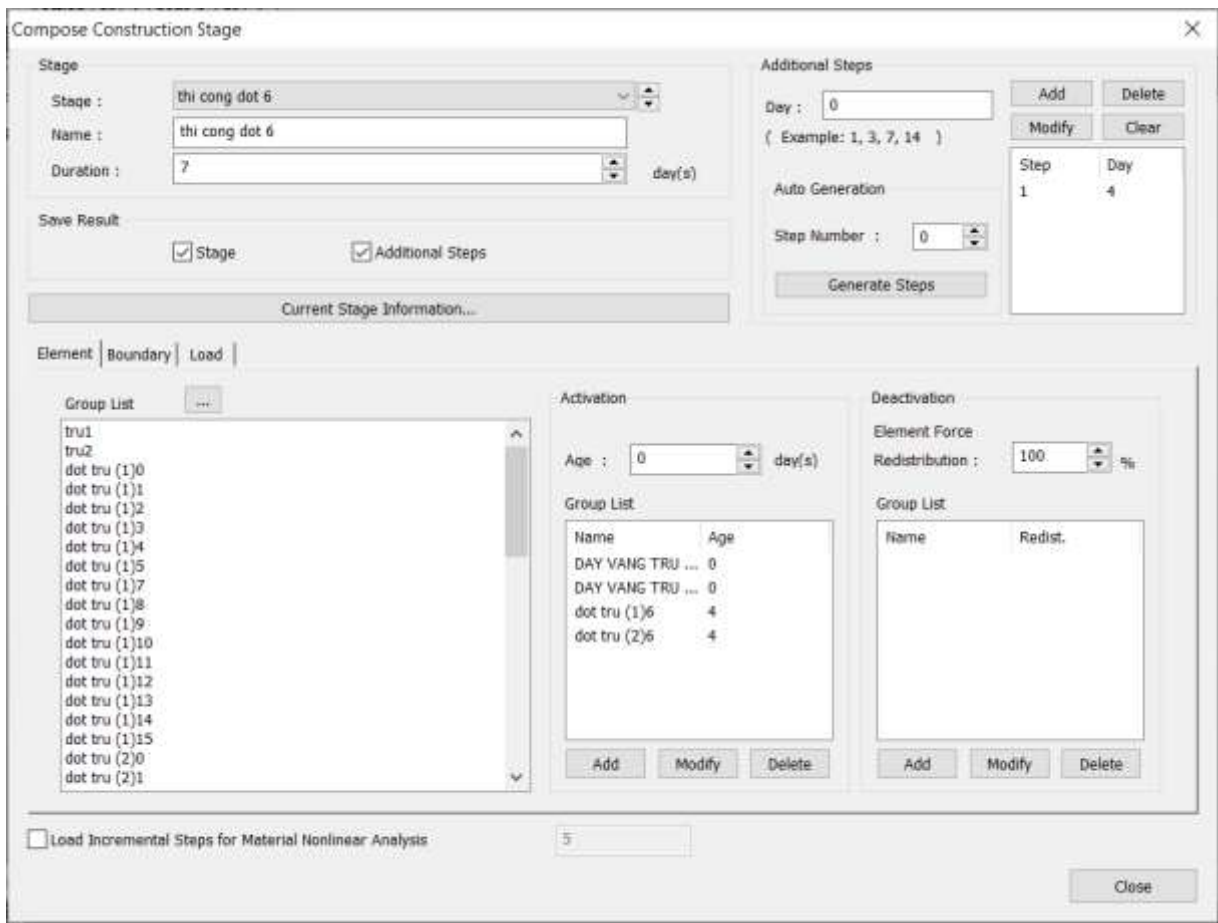
Bảng 5. 6: các bước thi công đôt K5.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K5 trụ 1(4)	CV1 với trụ1	TTTC DOT K5	BTU 4
Đốt K5 trụ 2(4)	CV1 với trụ 2	Xe Dục K5	Xe Dục 4
Dây văng 1 trụ 1	CV1 dầm	BTU K5	
Dây văng 1 trụ 2		Cáp DUL K5	
		LCC1	



Hình 5. 66: Thi công đôt K5.

– Thi công đót K6

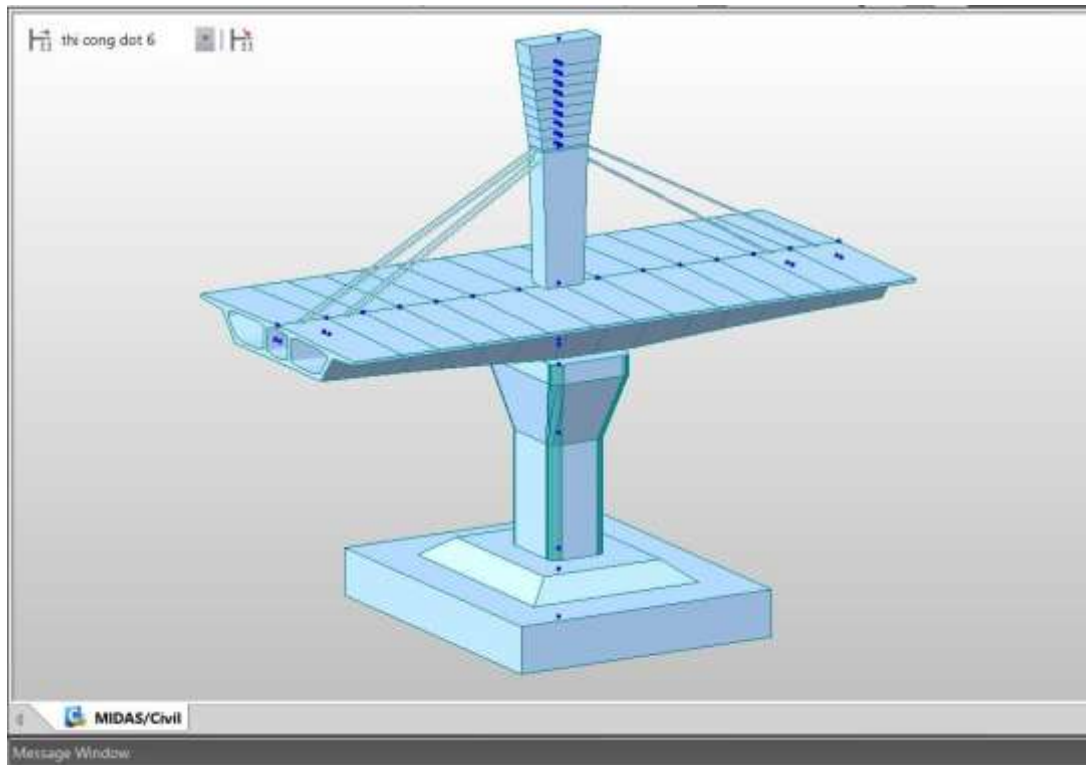


Hình 5. 67: Thi công đót K6.

+ Thời gian thi công 7 ngày

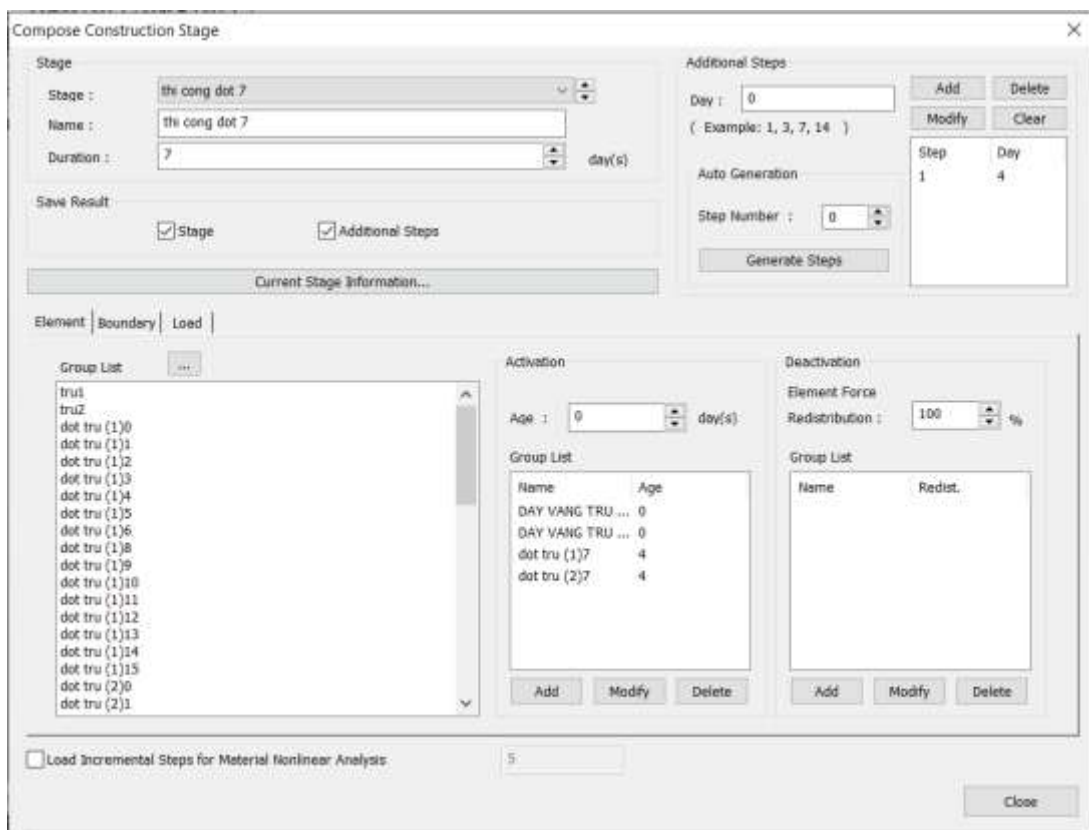
Bảng 5. 7: các bước thi công đót K6.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K6 trụ 1(4)	CV2 với trụ1	TTTC DOT K6	BTU 5
Đốt K6 trụ 2(4)	CV2 với trụ 2	Xe Duc K6	Xe Duc 5
Dây văng 2 trụ 1	CV2 dầm	BTU K6	
Dây văng 2 trụ 2		Cáp DƯL K6	
		LCC2	



Hình 5. 68: Thi công đốt K6.

– Thi công đốt K7

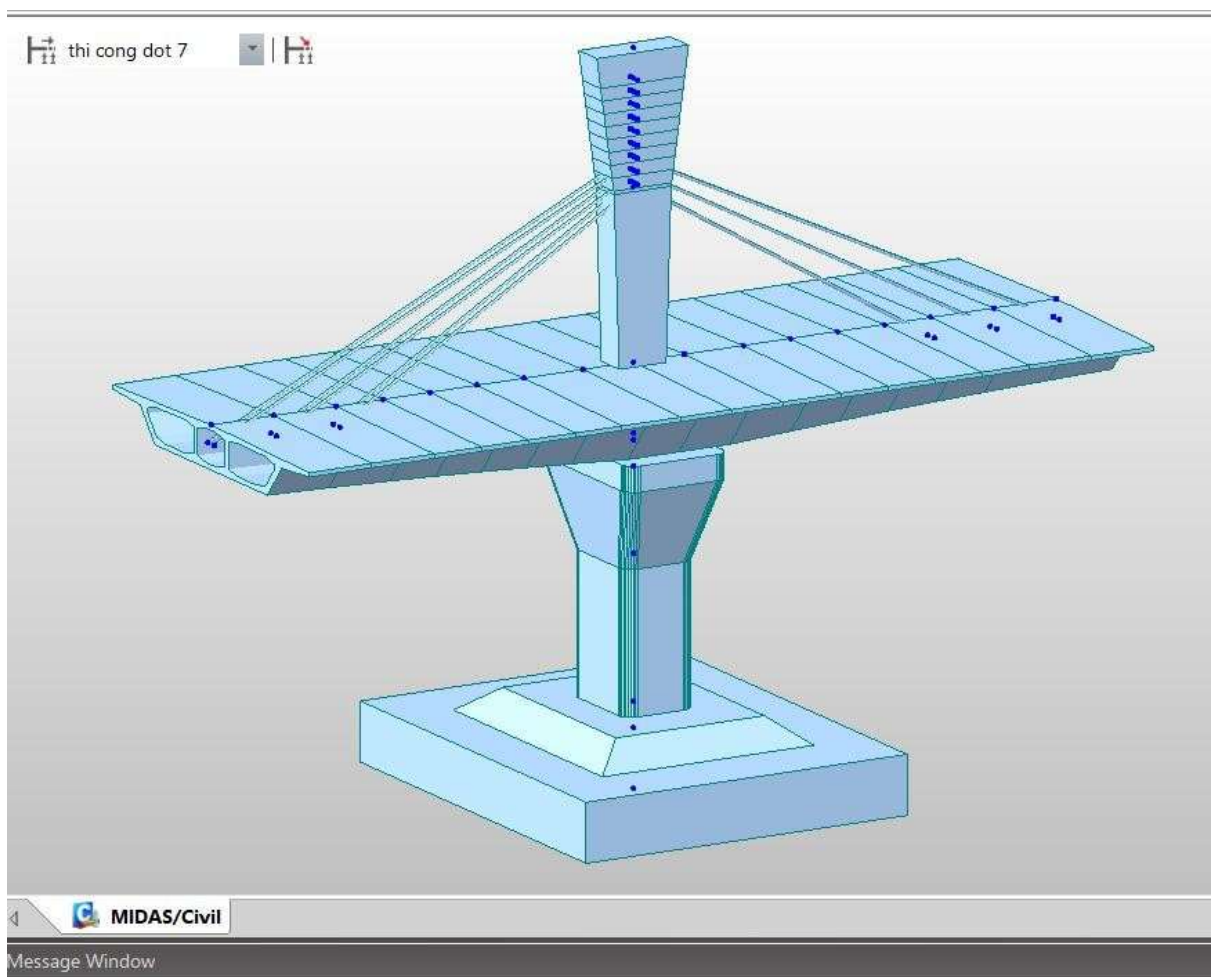


Hình 5. 69: Thi công đốt K7.

+ Thời gian thi công 7 ngày

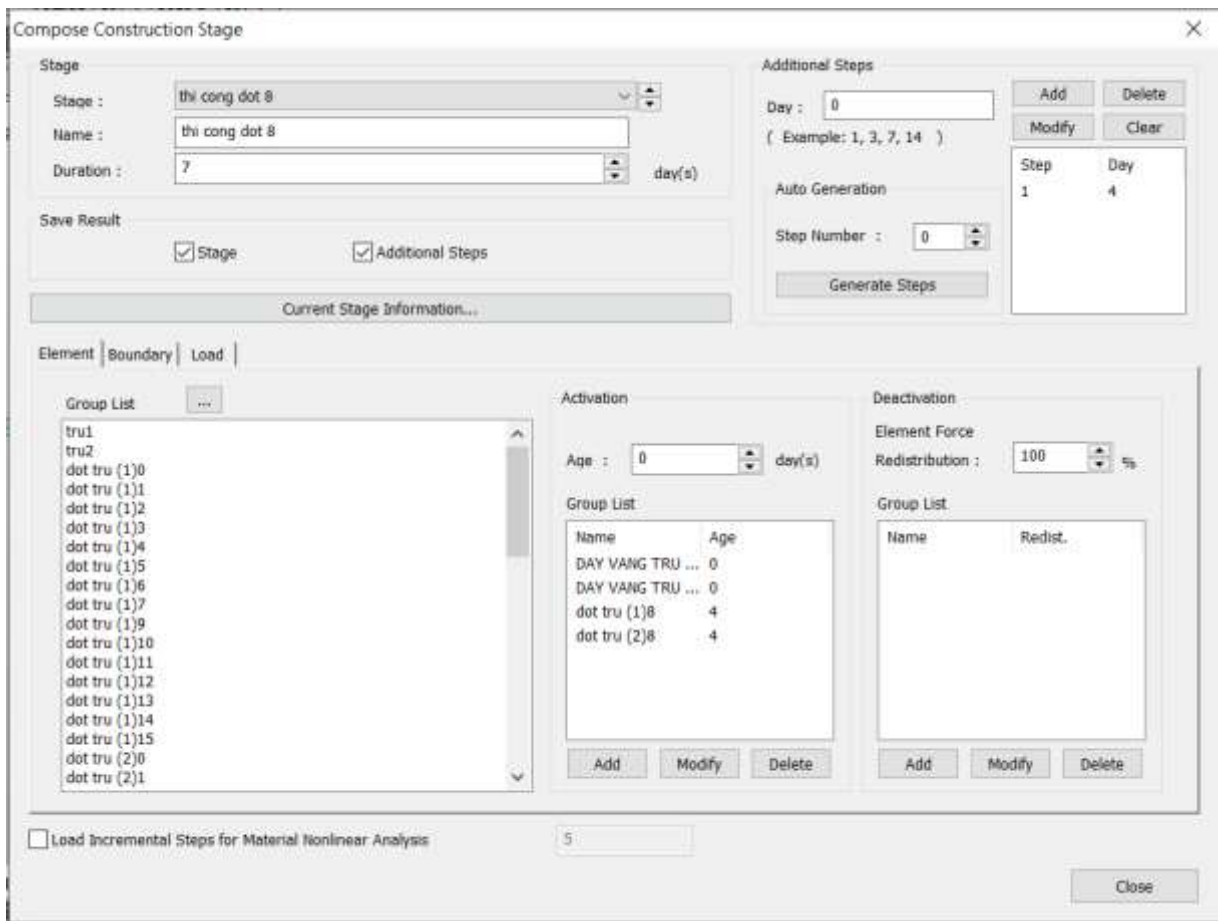
Bảng 5. 8: các bước thi công đót K7.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K7 trụ 1(4)	CV3 với trụ1	TTTC DOT K7	BTU 6
Đốt K7 trụ 2(4)	CV3 với trụ 2	Xe Dục K7	Xe Dục 6
Dây văng 3 trụ 1	CV3 dầm	BTU K7	
Dây văng 3 trụ 2		Cáp DUL K7	
		LCC3	



Hình 5. 70: Thi công đót K7.

– Thi công đốt K8

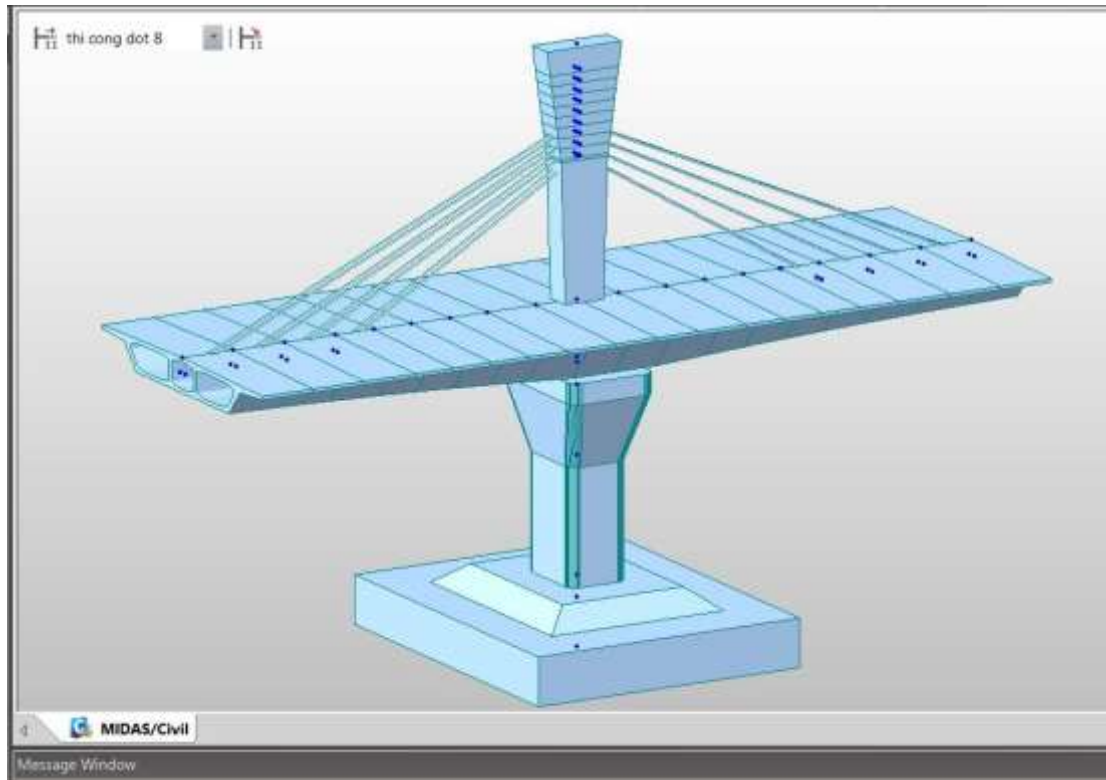


Hình 5. 71: Thi công đốt K8.

+ Thời gian thi công 7 ngày

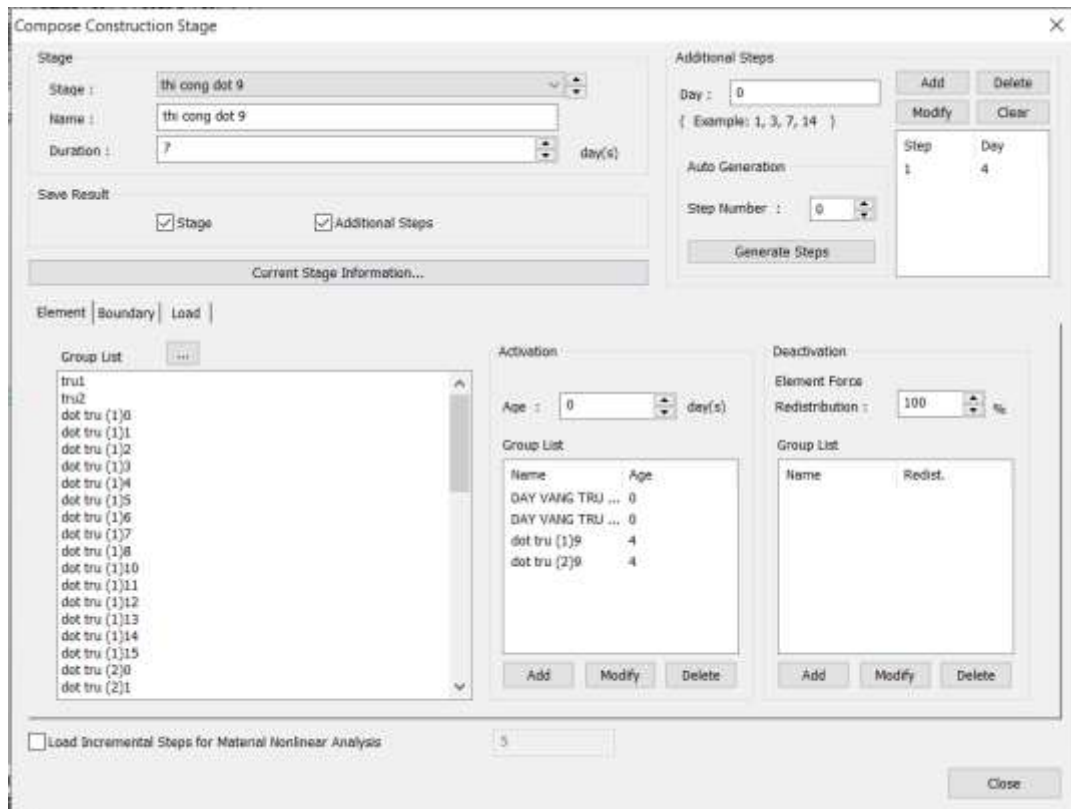
Bảng 5. 9: các bước thi công đốt K8.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K8 trụ 1(4)	CV4 với trụ1	TTTC DOT K8	BTU 7
Đốt K8 trụ 2(4)	CV4 với trụ 2	Xe Duc K8	Xe Duc 7
Dây văng 4 trụ 1	CV4 dầm	BTU K8	
Dây văng 4 trụ 2		Cáp DƯL K8	
		LCC4	



Hình 5. 72: Thi công đốt K8.

– Thi công đốt K9

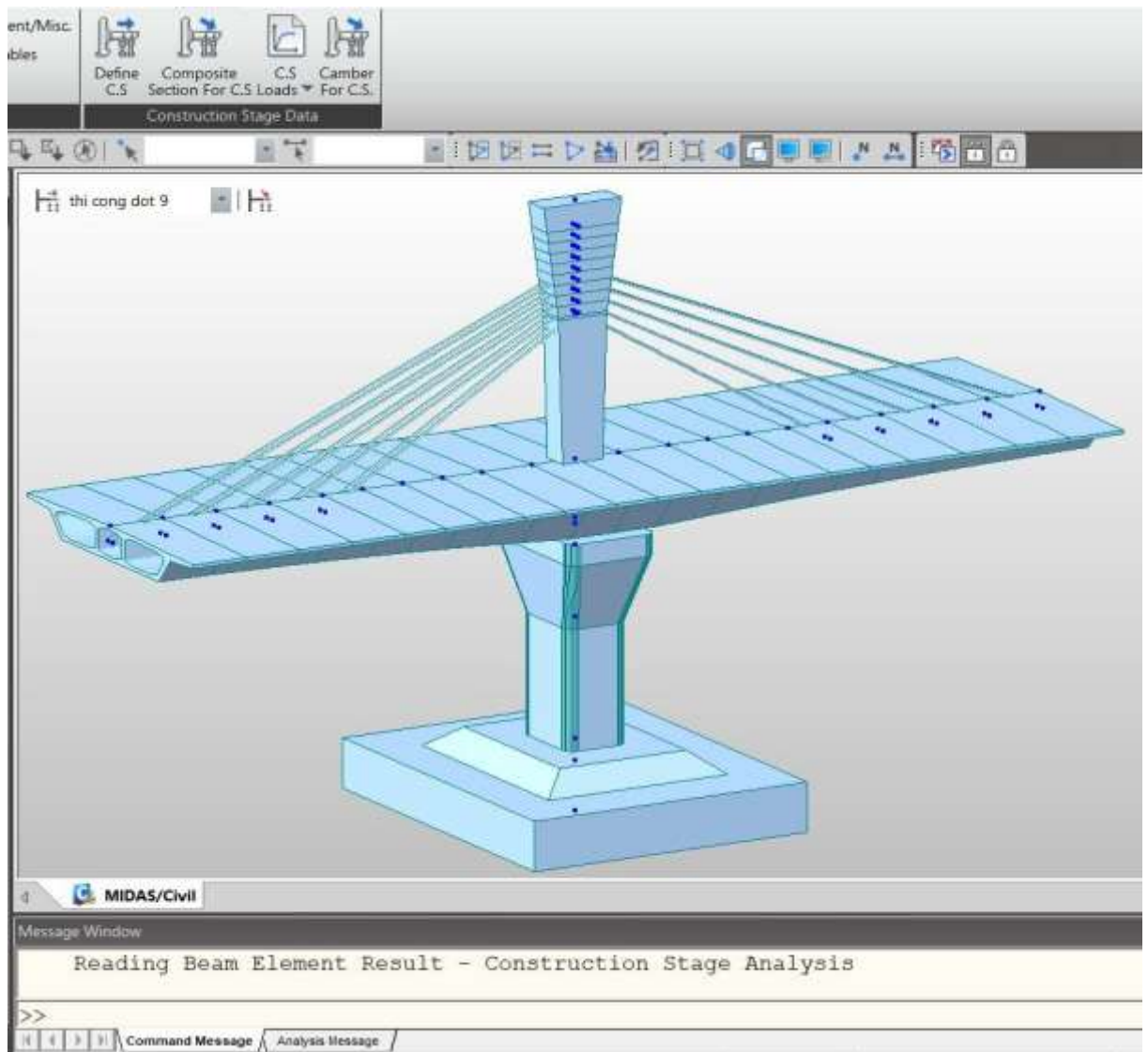


Hình 5. 73: Thi công đốt K9.

+ Thời gian thi công 7 ngày

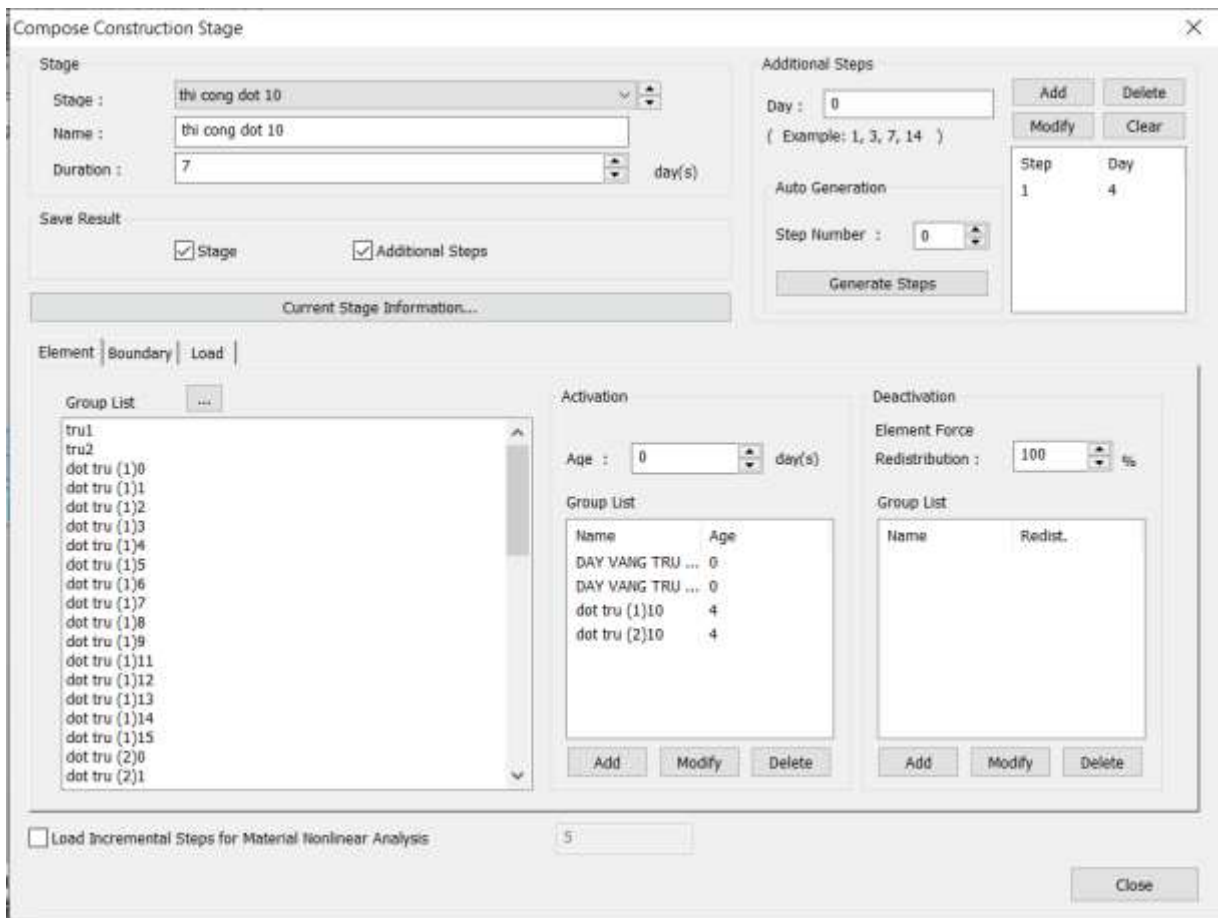
Bảng 5. 10: các bước thi công đôt K9.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K9 trụ 1(4)	CV5 với trụ1	TTTC DOT K9	BTU 8
Đốt K9 trụ 2(4)	CV5 với trụ 2	Xe Duc K9	Xe Duc 8
Dây văng 5 trụ 1	CV5 dầm	BTU K9	
Dây văng 5 trụ 2		Cáp DUL K9	
		LCC5	



Hình 5. 74: Thi công đôt K9.

– Thi công đốt K10

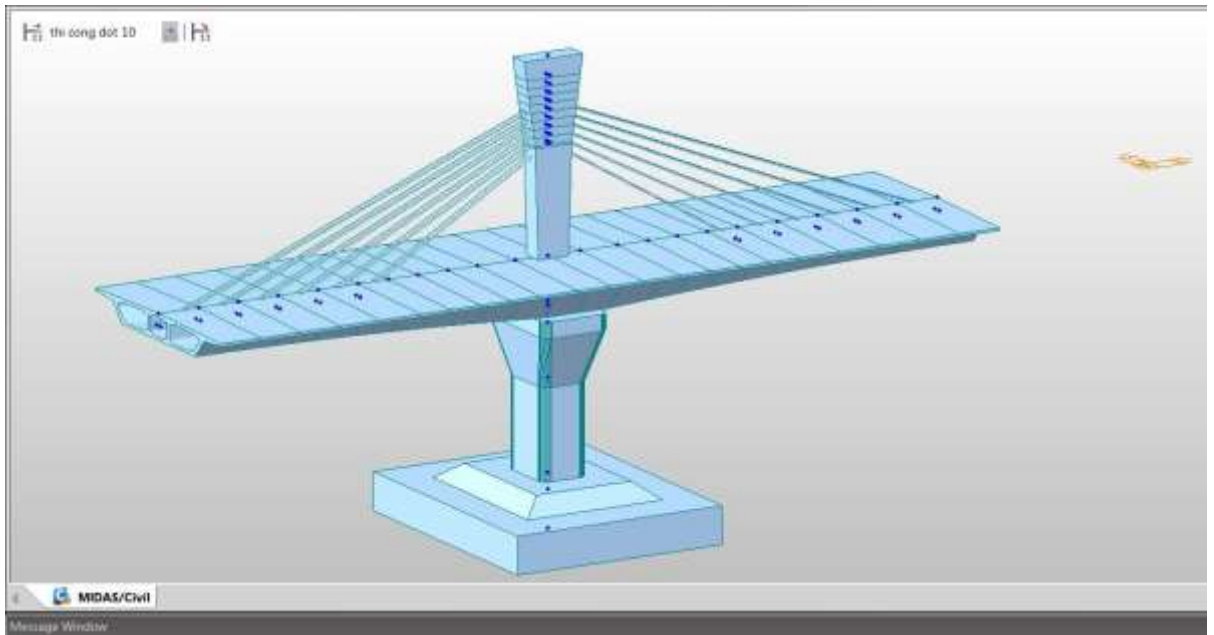


Hình 5. 75: Thi công đốt K10.

+ Thời gian thi công 7 ngày

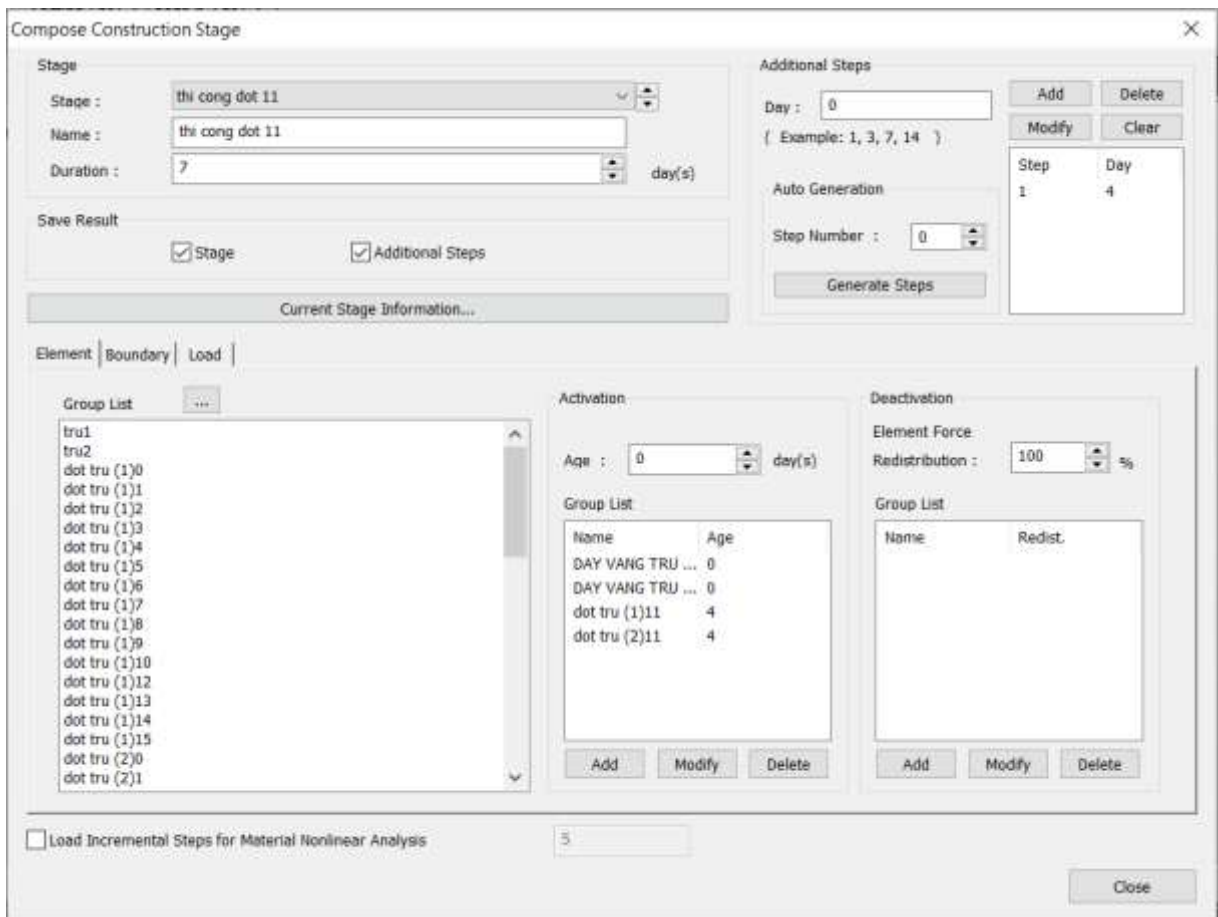
Bảng 5. 11: các bước thi công đốt K10.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K10 trụ 1(4)	CV6 với trụ 1	TTTC DOT K10	BTU 9
Đốt K10 trụ 2(4)	CV6 với trụ 2	Xe Duc K10	Xe Duc 9
Dây văng 6 trụ 1	CV6 dầm	BTU K10	
Dây văng 6 trụ 2		Cáp DUL K10	
		LCC6	



Hình 5. 76: Thi công đót K10.

– Thi công đót K11

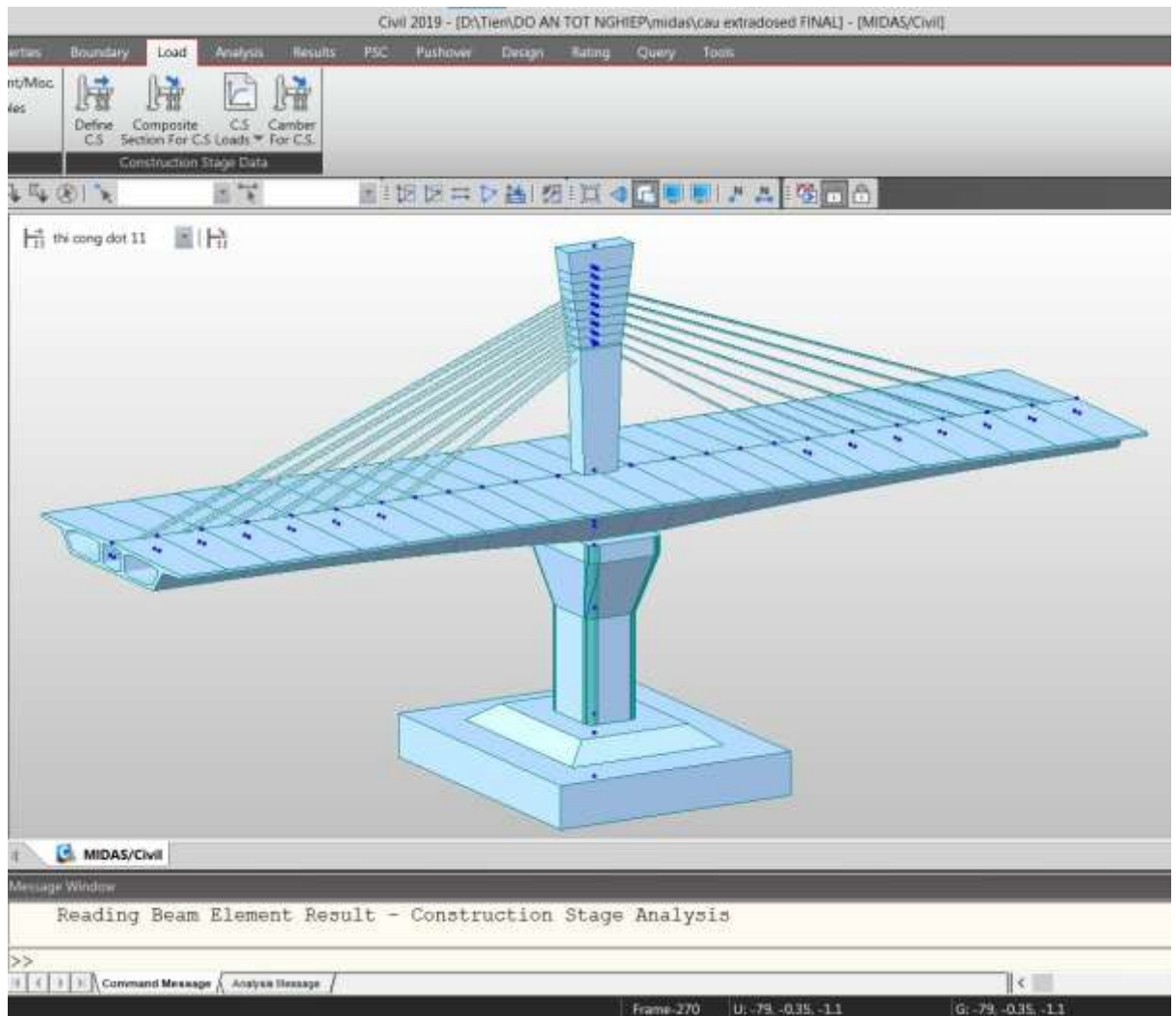


Hình 5. 77: Thi công đót K11.

+ Thời gian thi công 7 ngày

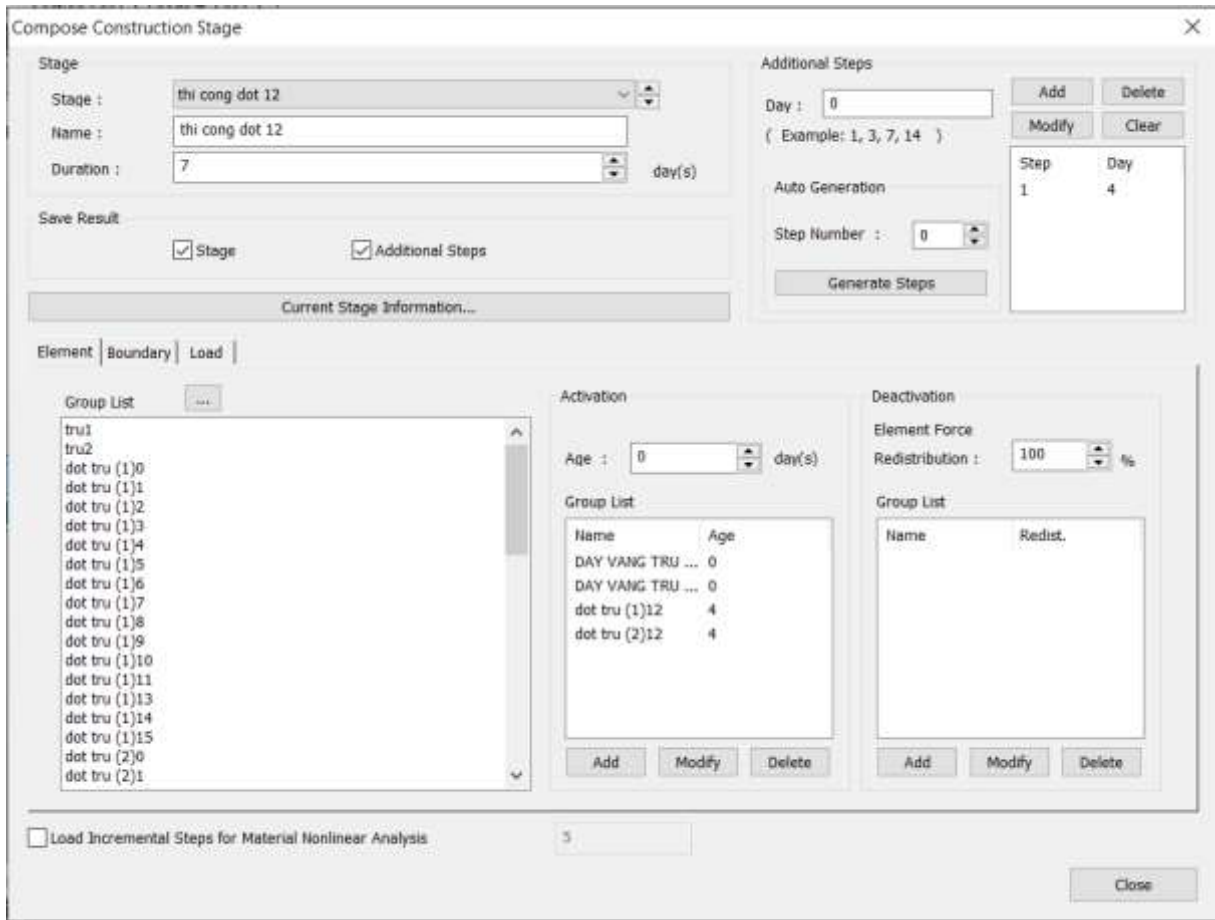
Bảng 5. 12: các bước thi công đót K11.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K11 trụ 1(4)	CV7 với trụ 1	TTTC DOT K11	BTU 10
Đốt K11 trụ 2(4)	CV7 với trụ 2	Xe Dục K11	Xe Dục 10
Dây văng 7 trụ 1	CV7 dầm	BTU K11	
Dây văng 7 trụ 2		Cáp DUỖ K11	
		LCC7	



Hình 5. 78: Thi công đót K11.

– Thi công đốt K12

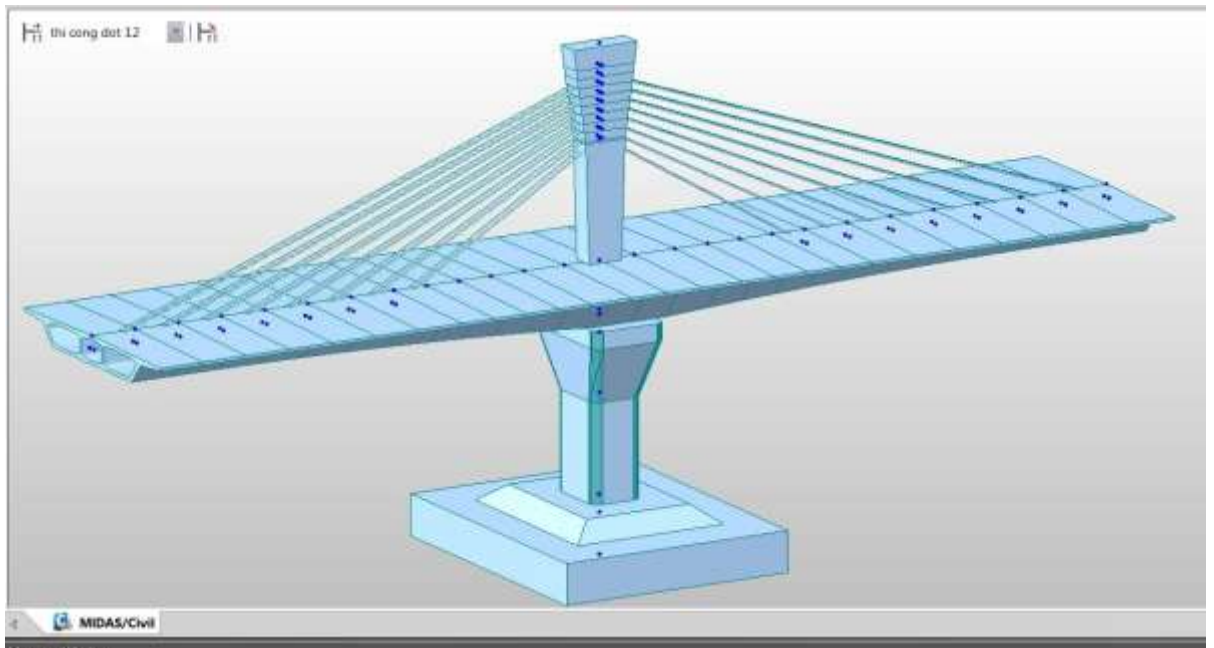


Hình 5. 79: Thi công đốt K12.

+ Thời gian thi công 7 ngày

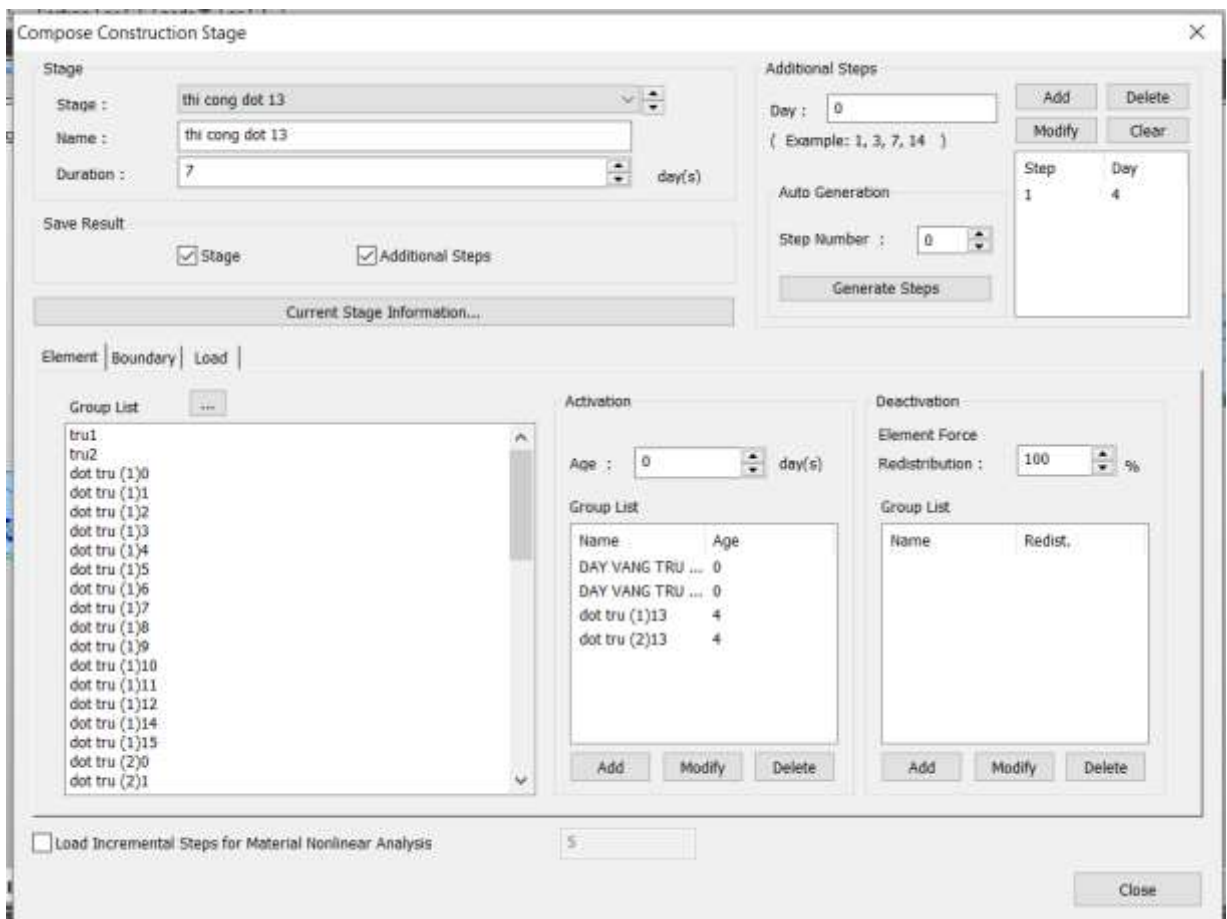
Bảng 5. 13: các bước thi công đốt K12.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K12 trụ 1(4)	CV8 với trụ1	TTTC DOT K12	BTU 11
Đốt K12 trụ 2(4)	CV8 với trụ 2	Xe Duc K12	Xe Duc 11
Dây văng 8 trụ 1	CV8 dầm	BTU K12	
Dây văng 8 trụ 2		Cáp DUL K12	
		LCC8	



Hình 5. 80: Thi công dot K12.

– Thi công dot K13

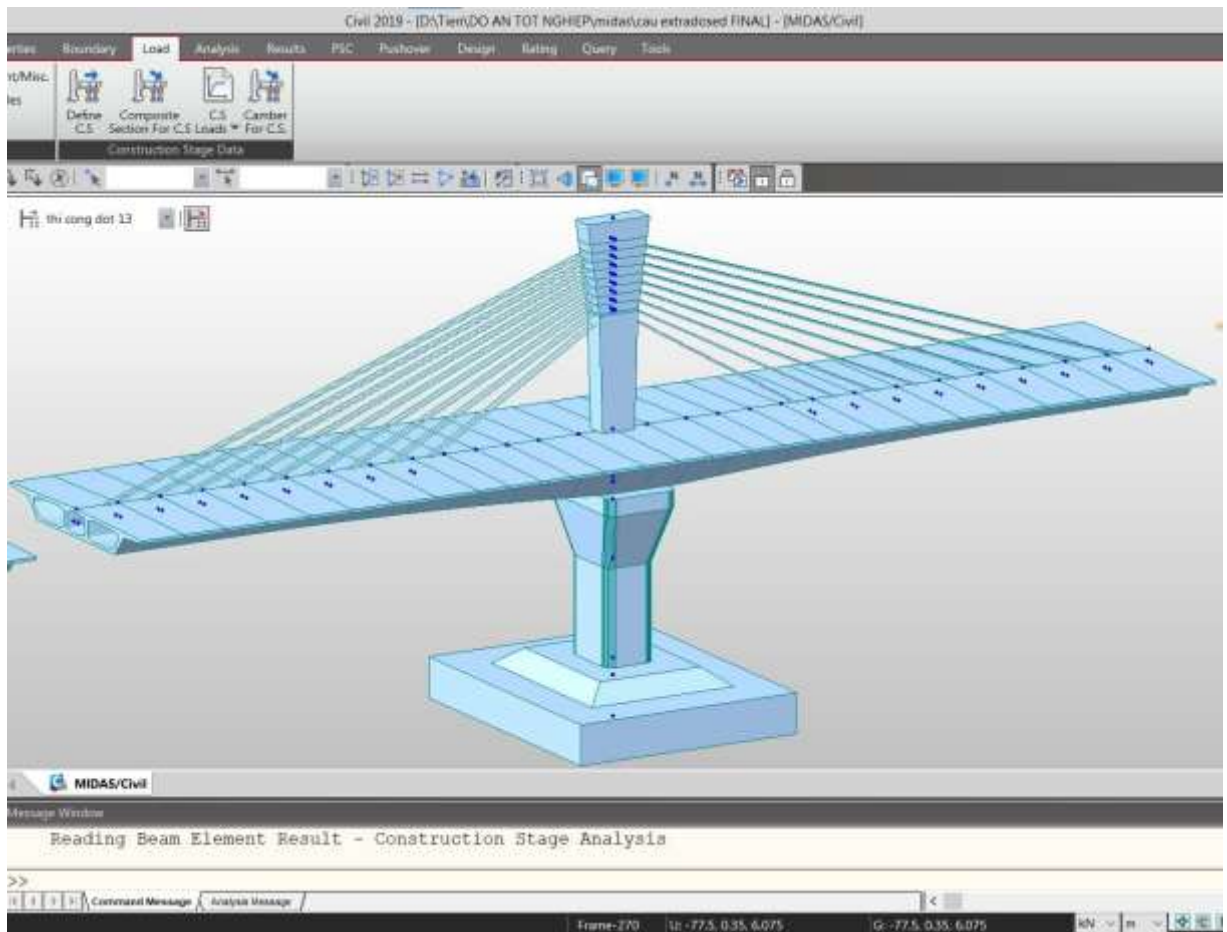


Hình 5. 81: Thi công dot K13.

+ Thời gian thi công 7 ngày

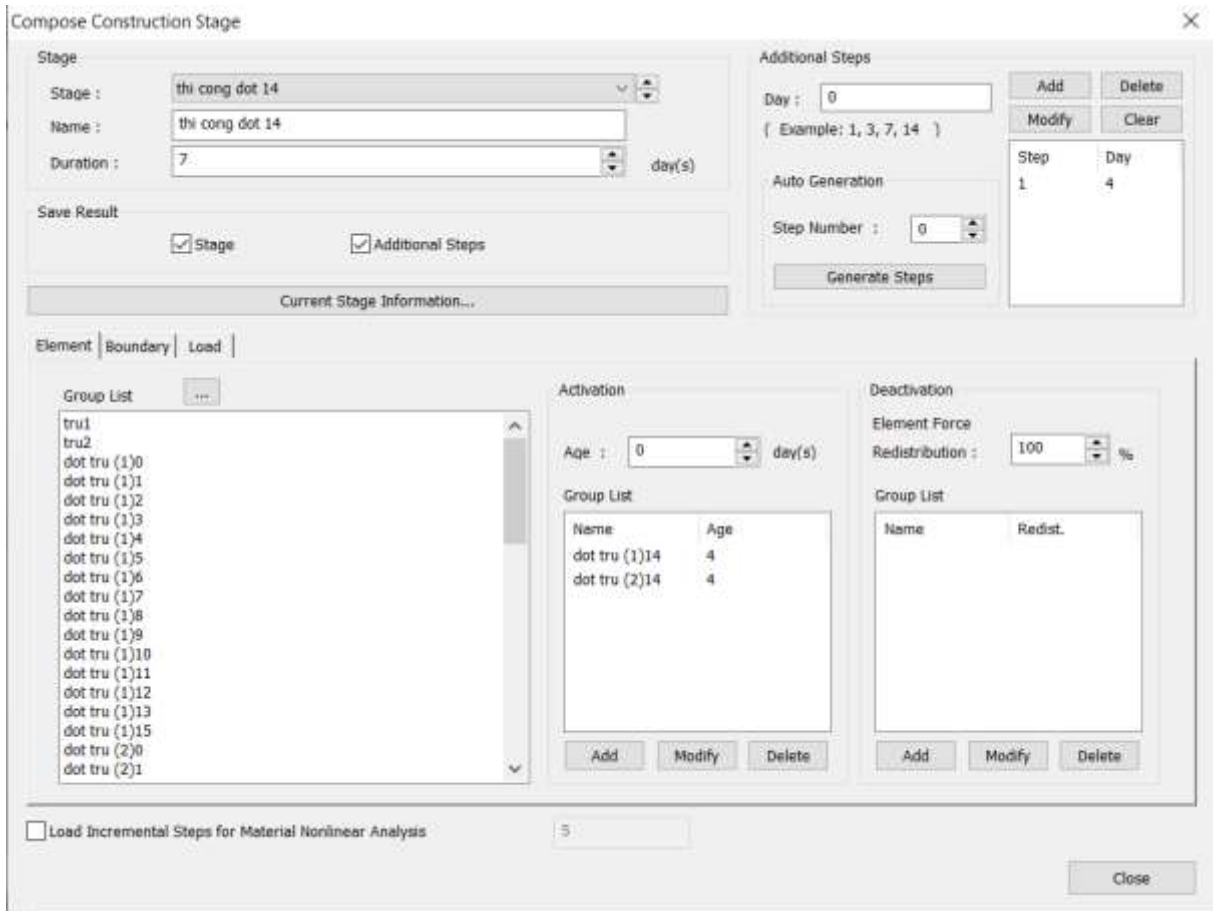
Bảng 5. 14: các bước thi công đót K13.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K13 trụ 1(4)	CV9 với trụ 1	TTTC DOT K13	BTU 12
Đốt K13 trụ 2(4)	CV9 với trụ 2	Xe Dục K13	Xe Dục 12
Dây văng 9 trụ 1	CV9 dầm	BTU K13	
Dây văng 9 trụ 2		Cáp DƯỠ K13	
		LCC9	



Hình 5. 82: Thi công đót K13.

– Thi công đót K14

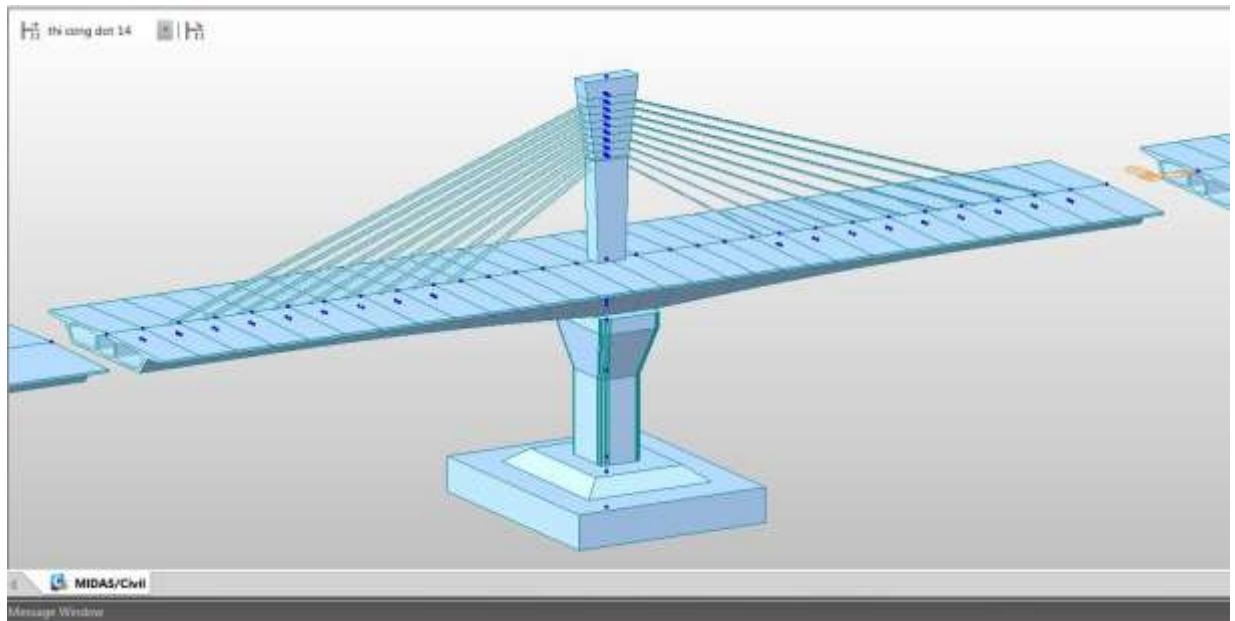


Hình 5. 83: Thi công đót K14.

+ Thời gian thi công 7 ngày

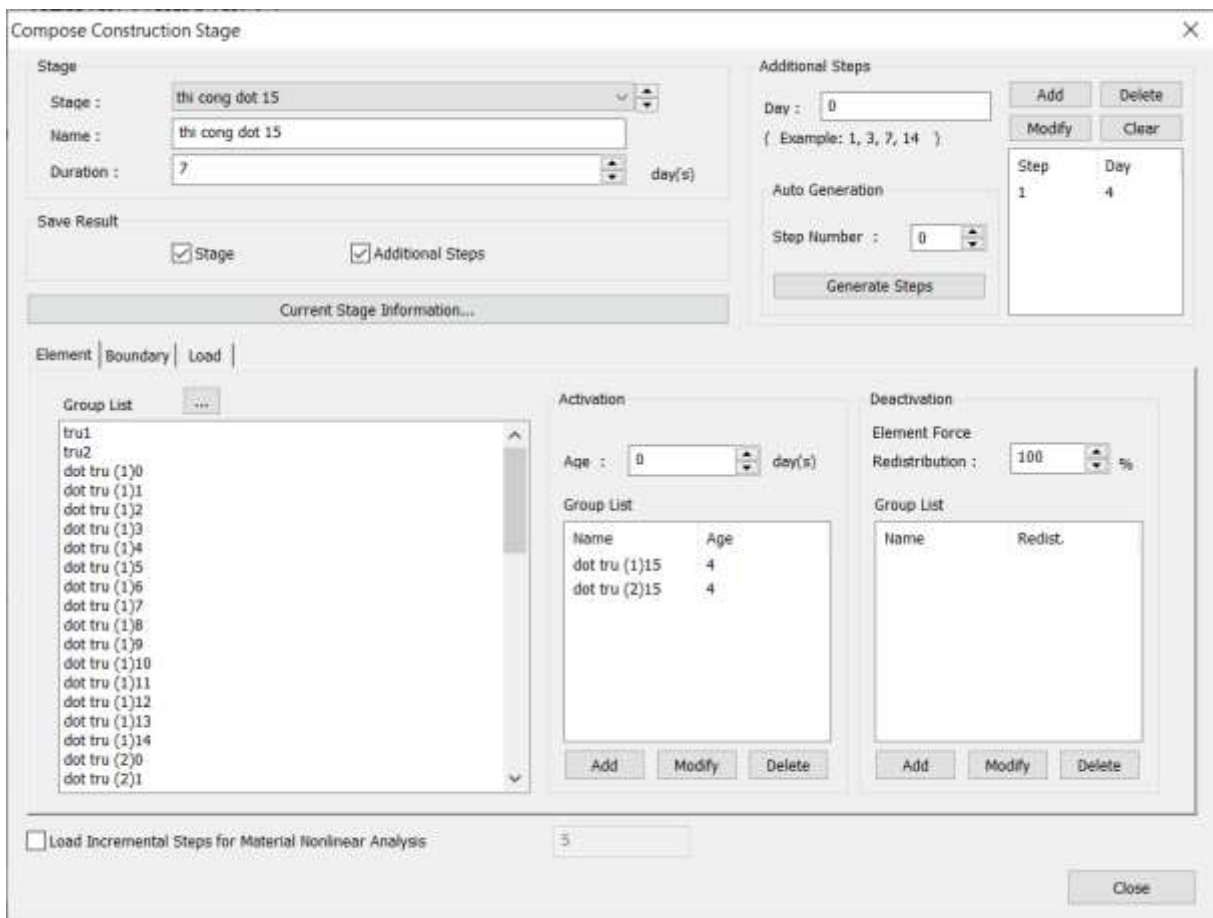
Bảng 5. 15: các bước thi công đót K14.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K14 trụ 1(4)		TTC DOT K14	BTU 13
Đốt K14 trụ 2(4)		Xe Duc K14	Xe Duc 13
		BTU K14	
		Cáp DƯỠ K14	



Hình 5. 84: Thi công đốt K14.

– Thi công đốt K15

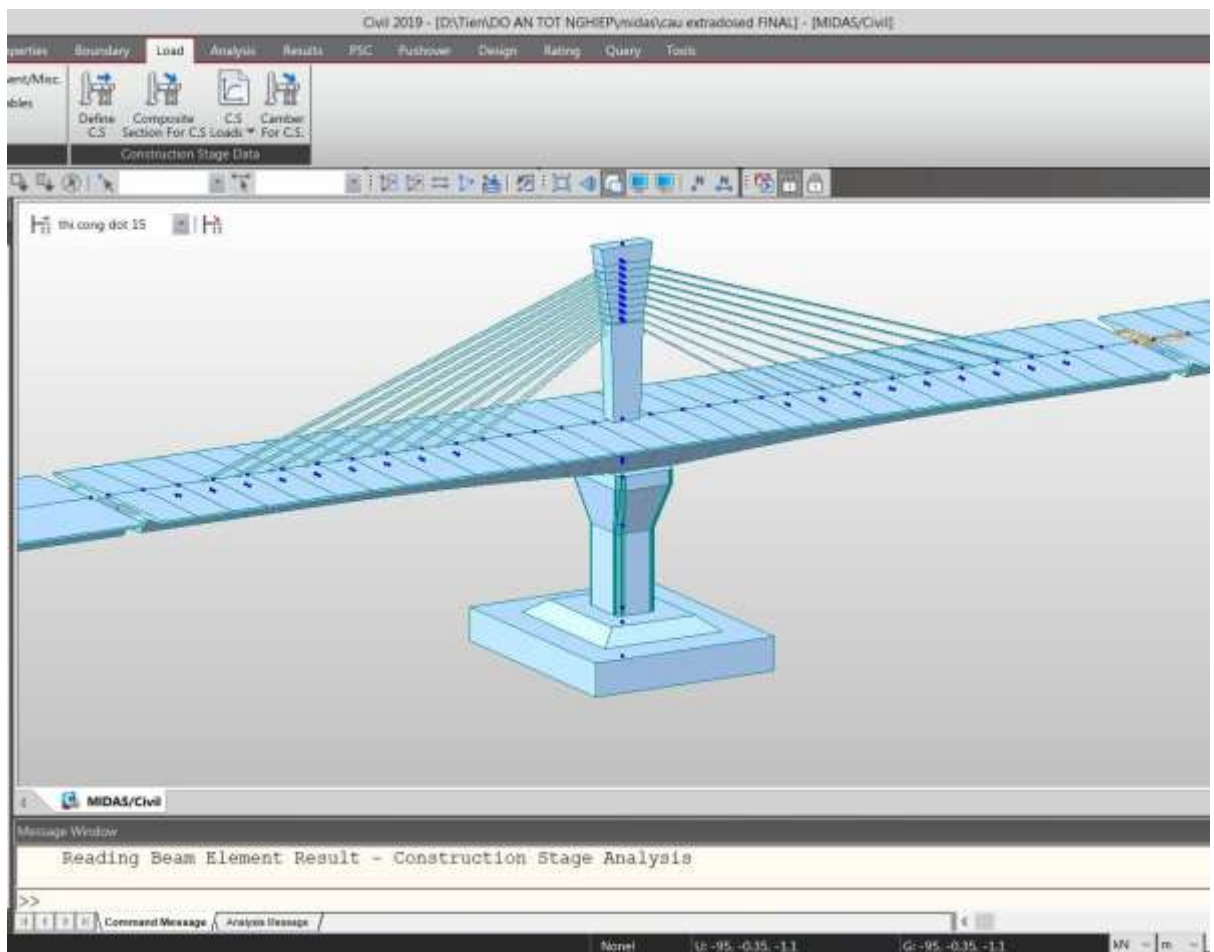


Hình 5. 85: Thi công đốt K15.

+ Thời gian thi công 7 ngày

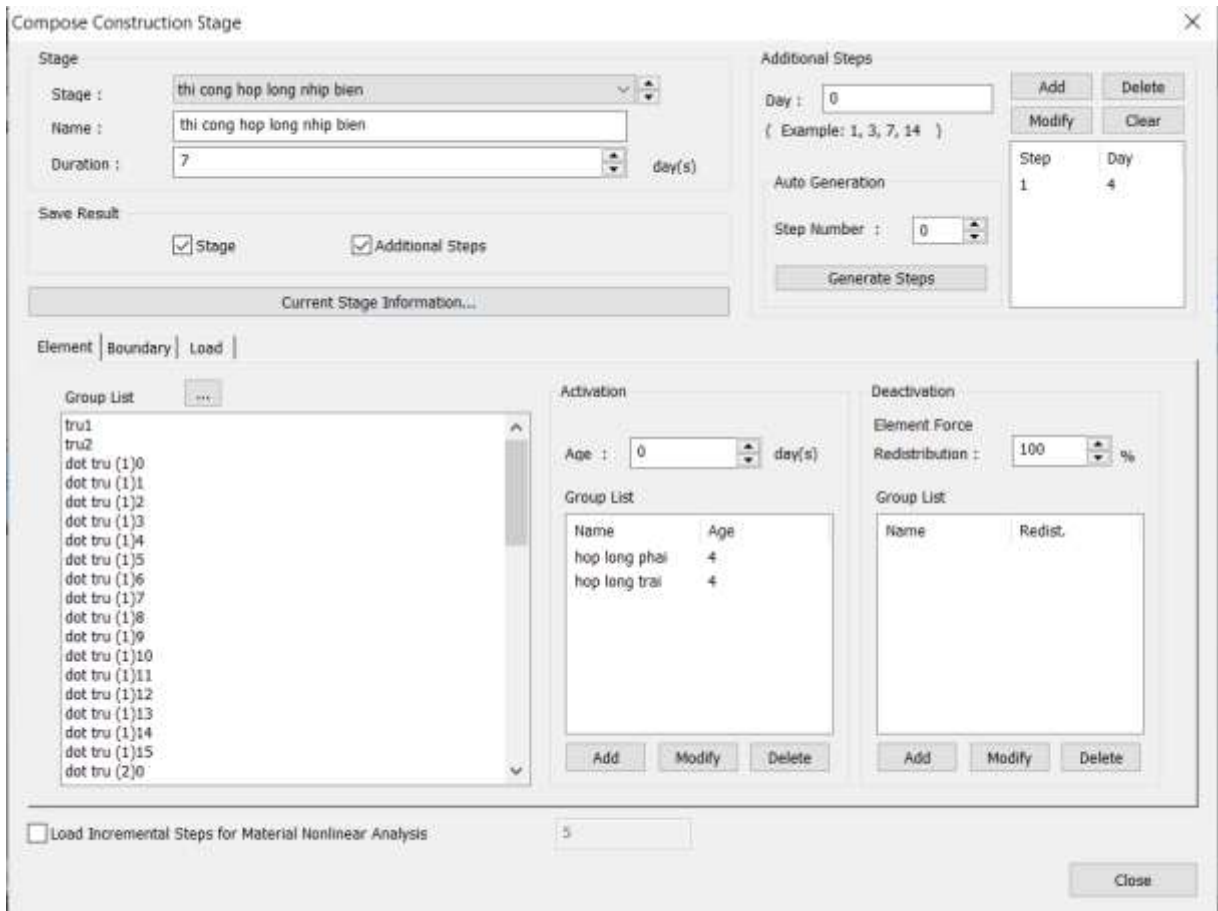
Bảng 5. 16: các bước thi công đót K15.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt K15 trụ 1(4)		TTTC DOT K15	BTU 14
Đốt K15 trụ 2(4)		Xe Dục K15	Xe Dục 14
		BTU K15	
		Cáp DƯỠ K15	



Hình 5. 86: Thi công đót K15.

– Thi công đôt hợp long nhịp biên trái, phải

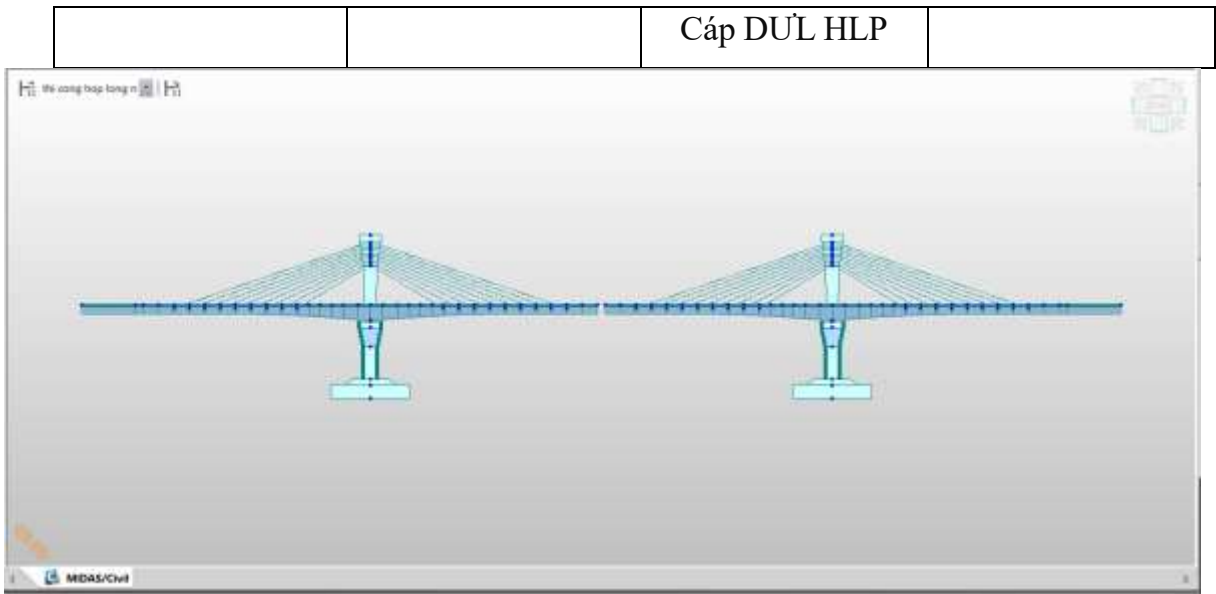


Hình 5. 87: Thi công đôt hợp long nhịp biên.

+ Thời gian thi công 7 ngày

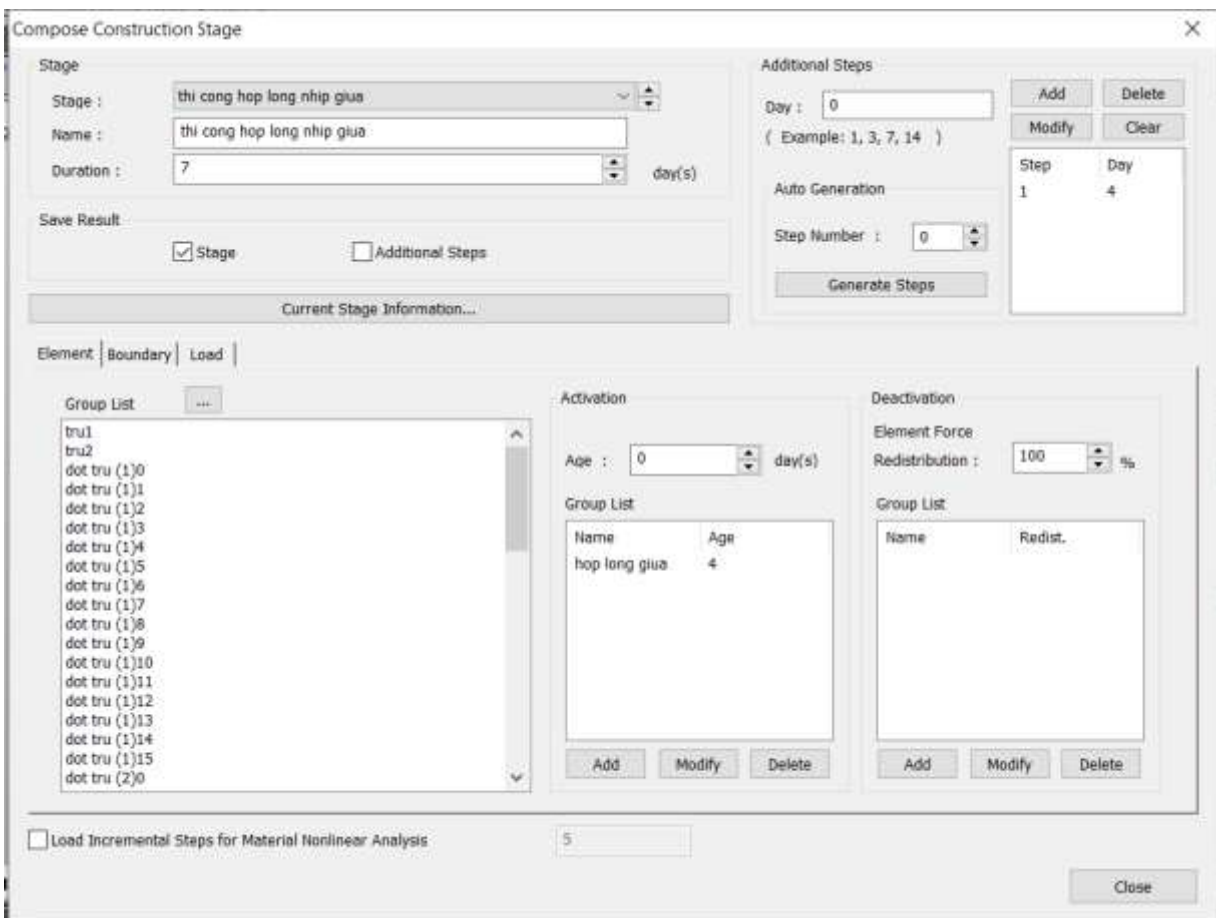
Bảng 5. 17: các bước thi công đôt hợp long nhịp biên.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đôt hợp long phải		TTC DOT HLT	BTU 15
Đôt hợp long trái		TTC DOT HLP	Xe Duc 15
		Xe Duc HLT	
		Xe Duc HLP	
		BTU HLT	
		BTU HLP	
		Cáp DƯL HLT	



Hình 5. 88: Thi công đốt hợp long nhịp biên.

– Thi công đốt hợp long nhịp giữa

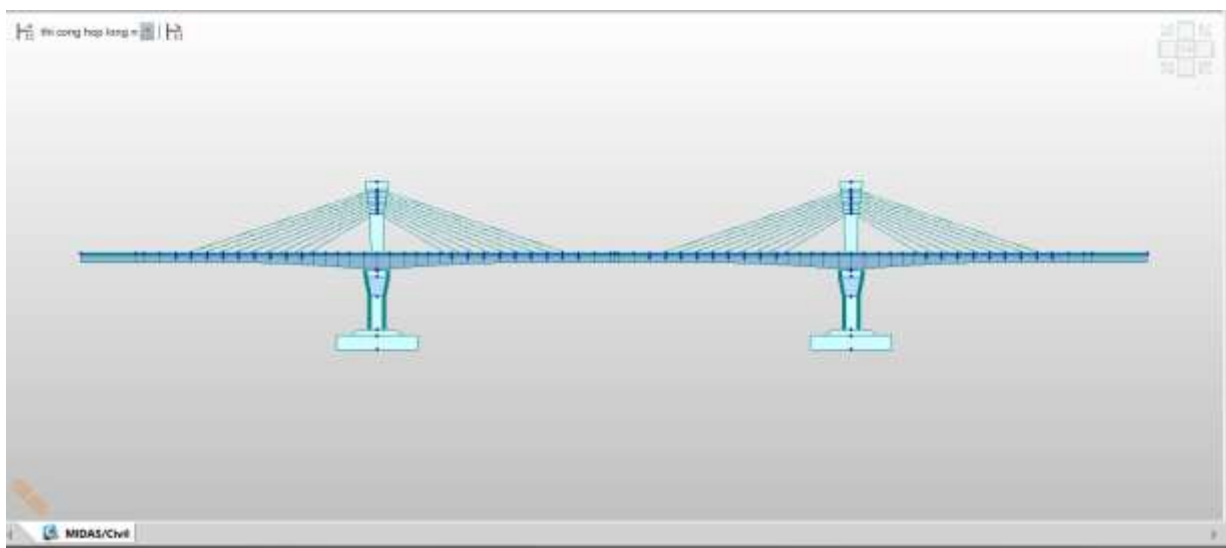


Hình 5. 89: Thi công đốt hợp long nhịp giữa.

+ Thời gian thi công 7 ngày

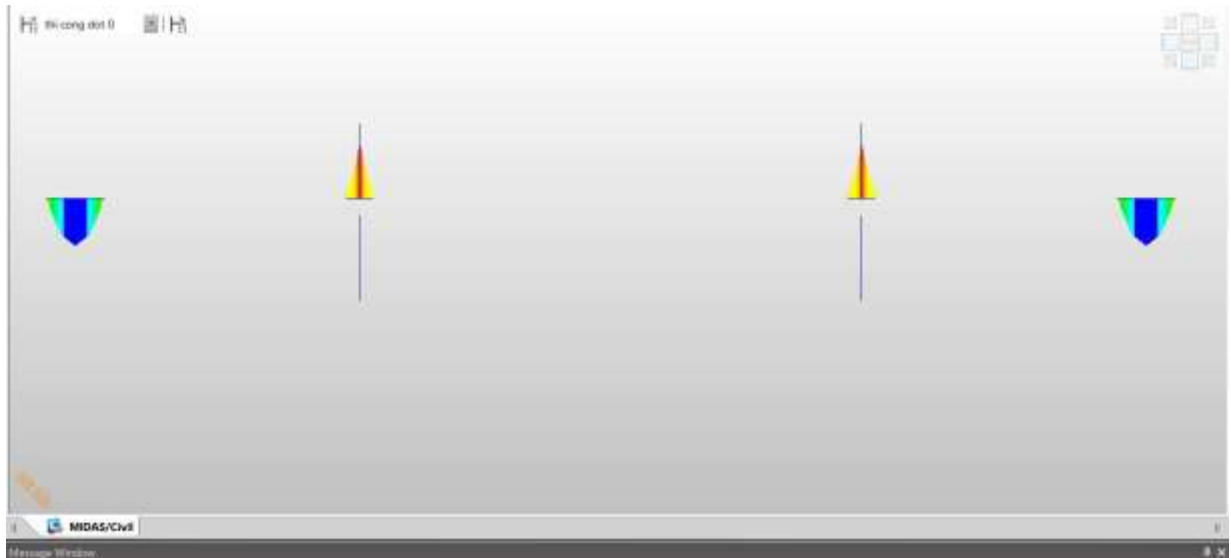
Bảng 5. 18: các bước thi công đôt hợp long nhịp giữa.

Element	Boundary	Load	
		Activation	Deactivation
Đốt hợp long giữa		TTTC DOT HLT	BTU HLT
		Xe Duc HLT	Xe Duc HLT
		BTU HLT	BTU HLP
			Xe Duc HLP

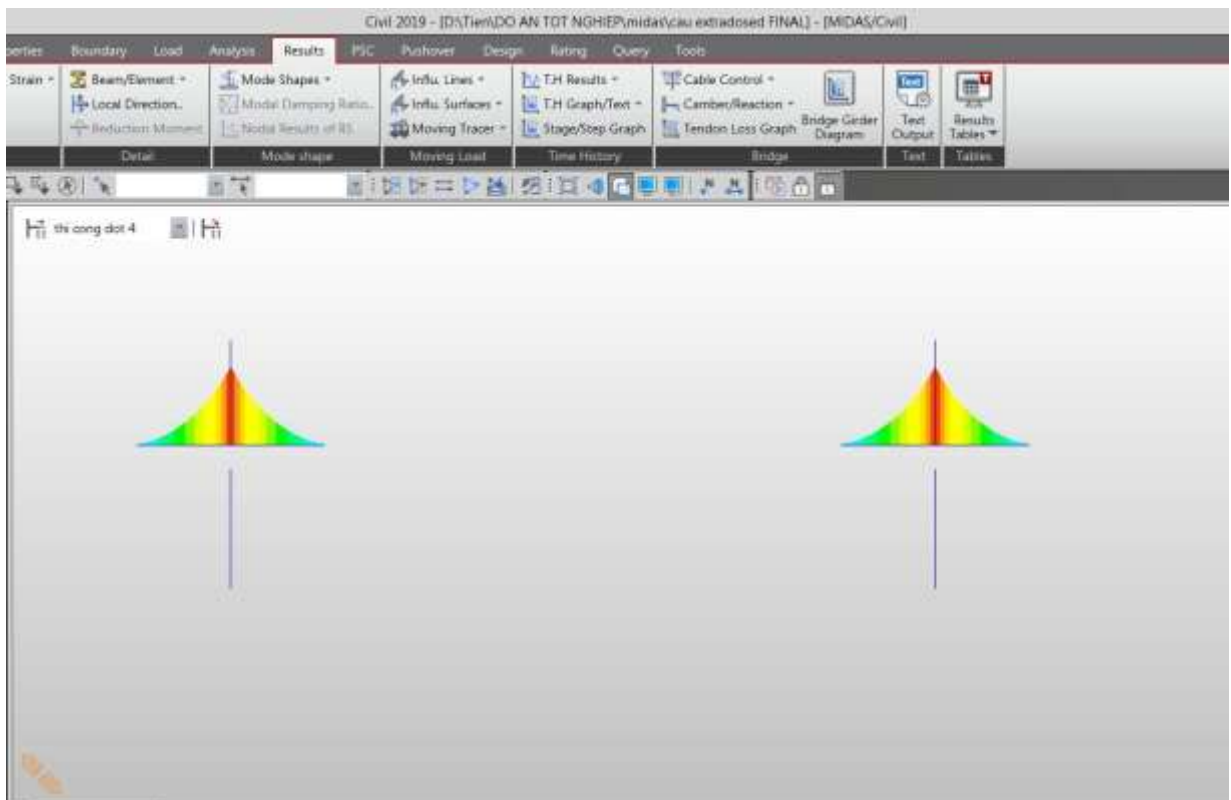


Hình 5. 90: Thi công đôt hợp long nhịp giữa.

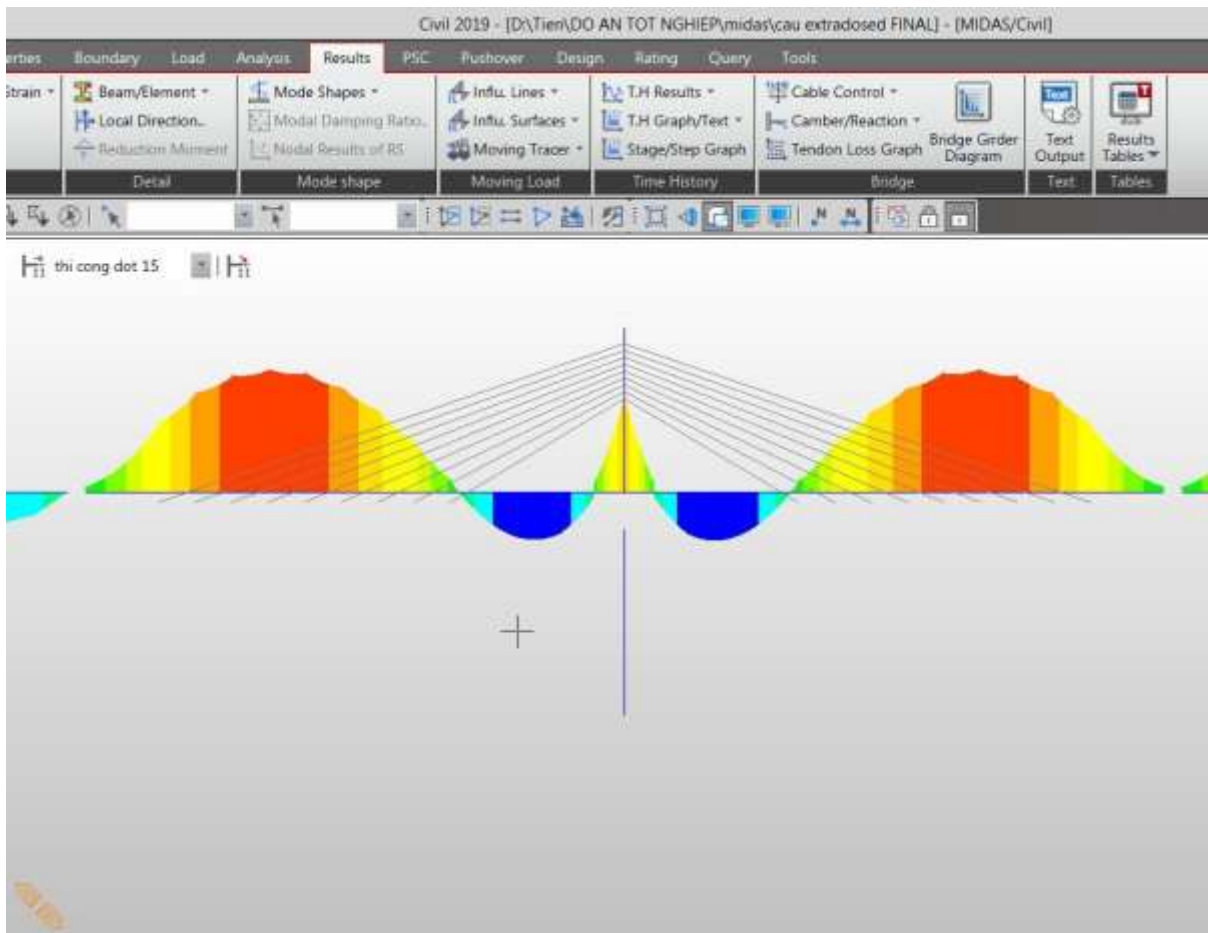
- Xong hợp long
- + Gỡ bỏ xe đúc hợp long nhịp giữa và bê tông ướt hợp long nhịp giữa.



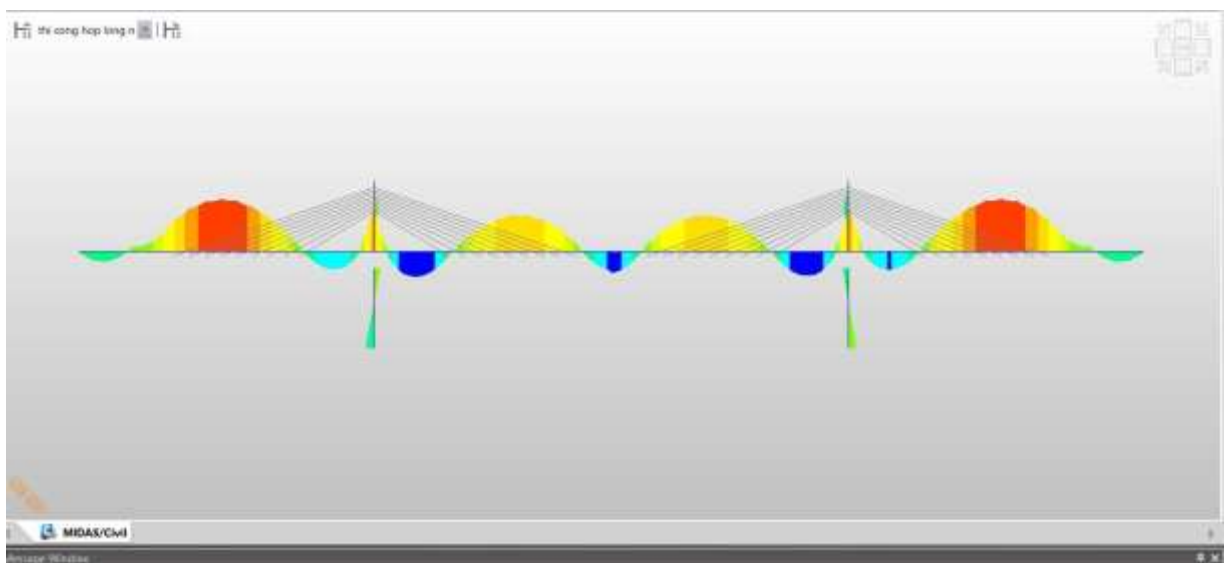
Hình 5. 91: Biểu đồ mômen sau khi thi công đót K0. (đốt trên đỉnh trụ)



Hình 5. 92: Biểu đồ mômen sau khi thi công đót K4. ( phần đúc hẫng tối đa)



Hình 5. 93: Biểu đồ mômen sau khi thi công đốt K15.



Hình 5. 94: Biểu đồ mômen sau khi hợp long nhịp giữa.

Bước 10: Điều chỉnh nội lực cáp văng để chuyển vị tại các vị trí neo cáp bằng 0

- Khai báo lại tại trọng dạng User defined load

Static Load Cases ×

Name :  Add

Case :  Modify

Type :  Delete

Description :

No	Name	Type	Description
▶ 1	BT	User Defined Load (USER)	
2	TC	User Defined Load (USER)	tai trong gia đoạn thi công
3	TT2	User Defined Load (USER)	tai trong tinh tai gia đoạn 2
4	DUL	User Defined Load (USER)	tai trong DUL
5	DW	User Defined Load (USER)	
6	BT UOT	User Defined Load (USER)	
7	XE DUC	User Defined Load (USER)	
8	LCC1	User Defined Load (USER)	
9	LCC2	User Defined Load (USER)	
10	LCC3	User Defined Load (USER)	
11	LCC4	User Defined Load (USER)	
12	LCC5	User Defined Load (USER)	
13	LCC6	User Defined Load (USER)	
14	LCC7	User Defined Load (USER)	
15	LCC8	User Defined Load (USER)	

Close

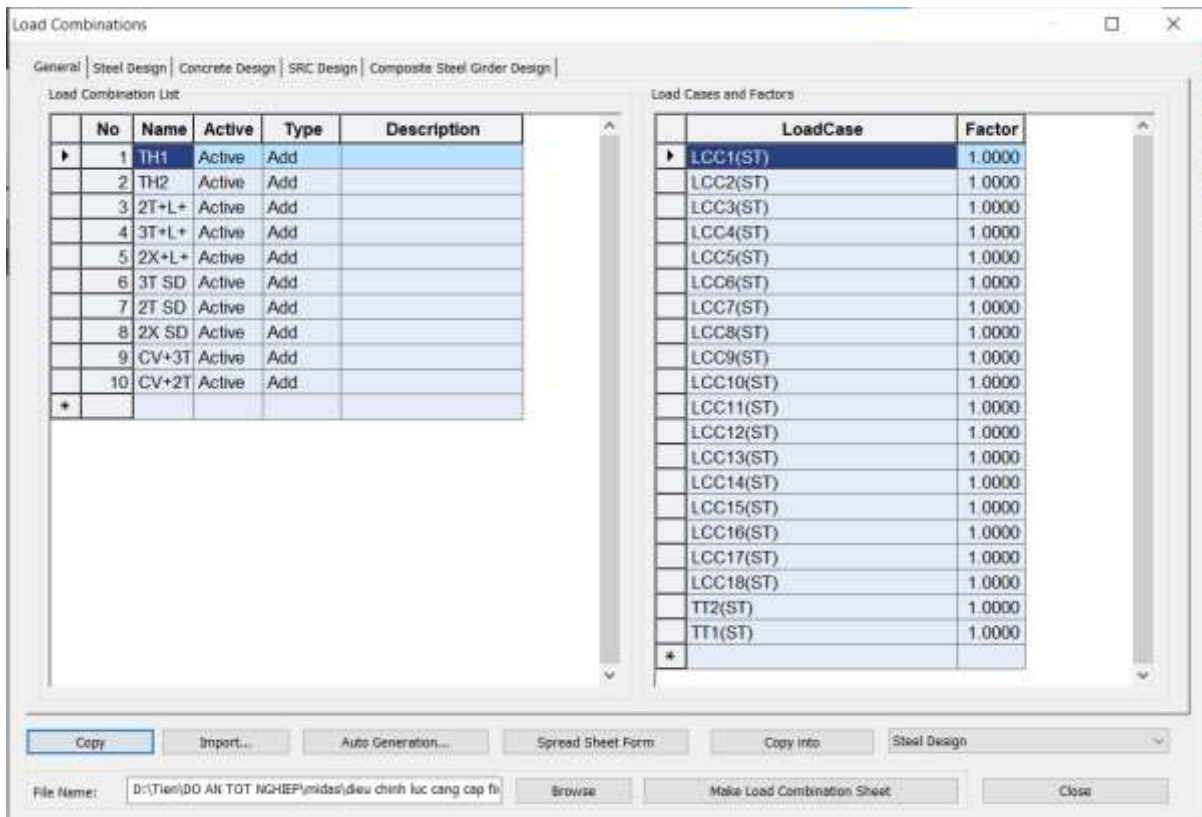
Hình 5. 95: Khai báo lại tải trọng.

- Khai báo lực căng cáp với độ lớn 1 KN

Ele m	Load Case	Tension (kN)	Group
149	LCC10	1.00	Default
150	LCC10	1.00	Default
151	LCC11	1.00	Default
152	LCC11	1.00	Default
153	LCC12	1.00	Default
154	LCC12	1.00	Default
155	LCC13	1.00	Default
156	LCC13	1.00	Default
157	LCC14	1.00	Default
158	LCC14	1.00	Default
159	LCC15	1.00	Default
160	LCC15	1.00	Default
161	LCC16	1.00	Default
162	LCC16	1.00	Default
163	LCC17	1.00	Default
164	LCC17	1.00	Default
165	LCC18	1.00	Default
166	LCC18	1.00	Default
167	LCC1	1.00	Default
168	LCC1	1.00	Default
169	LCC2	1.00	Default
170	LCC2	1.00	Default
171	LCC3	1.00	Default
172	LCC3	1.00	Default
173	LCC4	1.00	Default

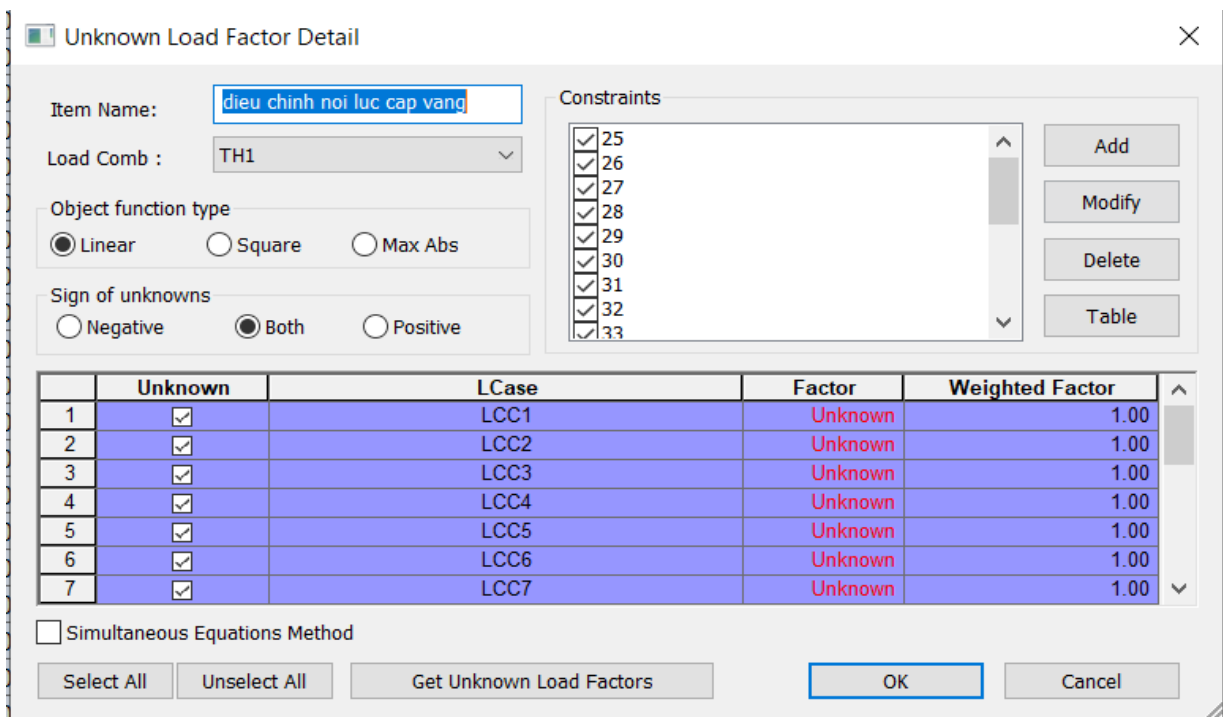
Hình 5. 96: Lực căng cáp văng sau khi thi công.

- Sau đó chạy chương trình và khai báo tổ hợp tải trọng



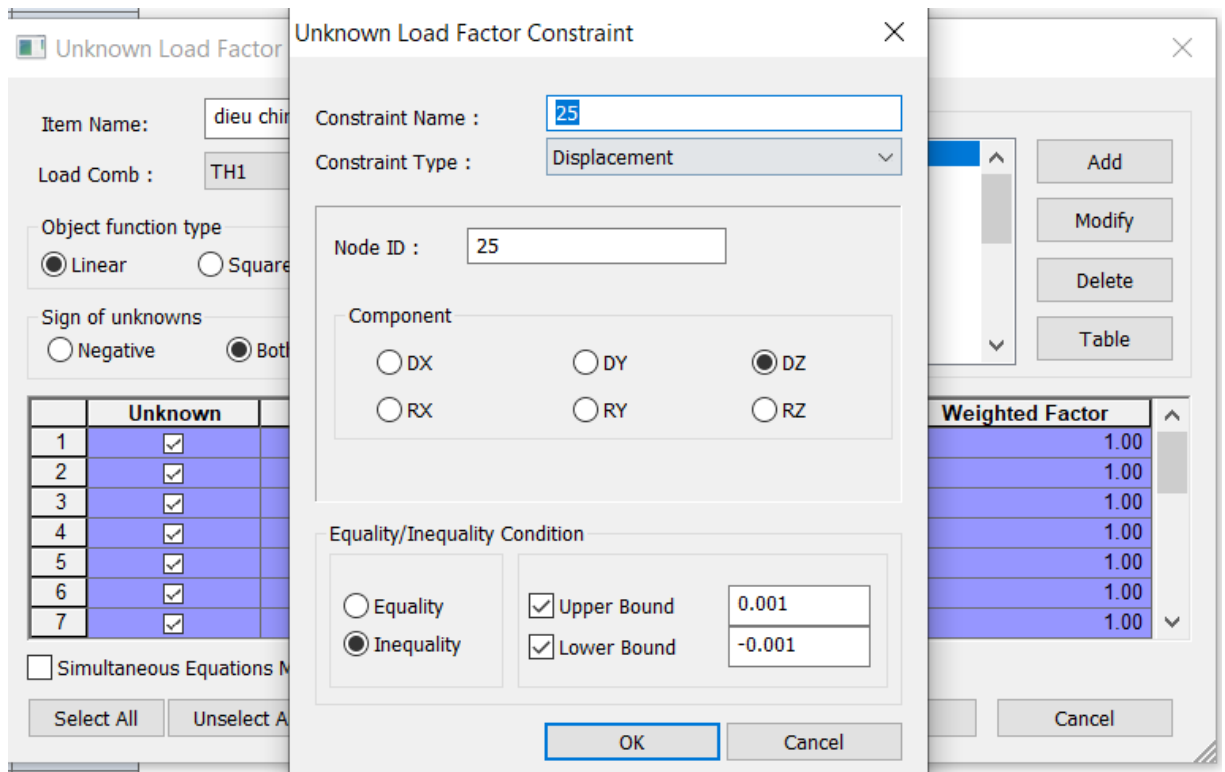
Hình 5. 97: Tổ hợp tải trọng.

- Sau đó tiến hành điều chỉnh nội lực cáp văng
- + Results + cable control + Unknow load factor + Add new



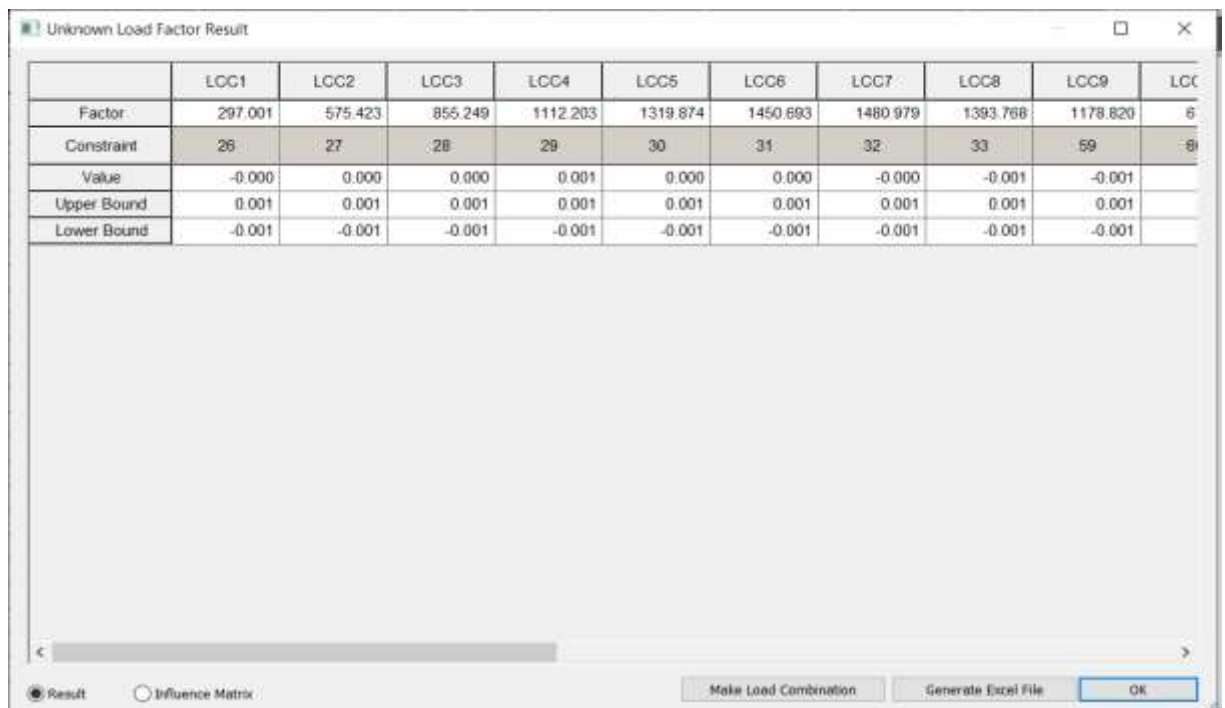
Hình 5. 98: Giao diện khi điều chỉnh nội lực cáp văng.

- Chọn tổ hợp tải trọng + tích vào các lực căng cable + khai báo điều kiện biên cho các node ( $\pm 0.001m$ ).



Hình 5. 99: Khai báo điều kiện biên cho các nút.

- Get unknow factor load + made load combination



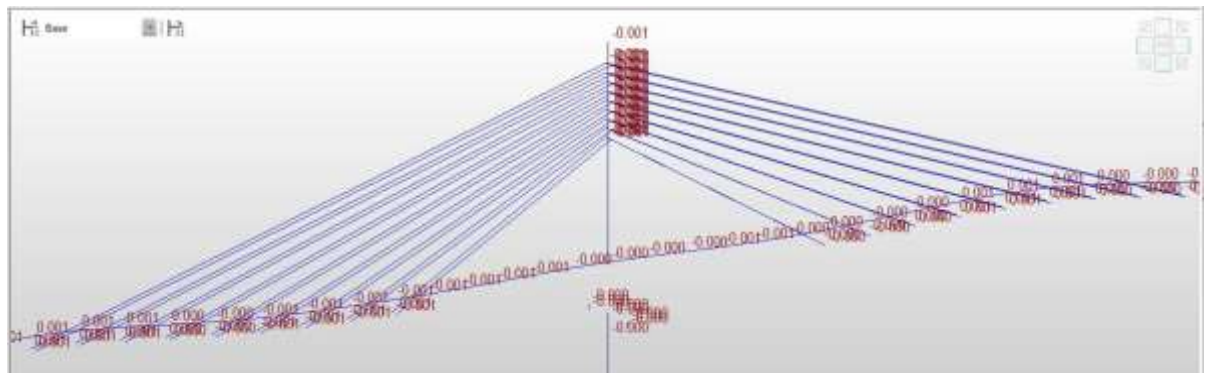
Hình 5. 100: Lực căng sau khi điều chỉnh.

No	Name	Active	Type	Description
1	TH1	Active	Add	
2	TH2	Active	Add	
3	2T+L+	Active	Add	
4	3T+L+	Active	Add	
5	2X+L+	Active	Add	
6	3T SD	Active	Add	
7	2T SD	Active	Add	
8	2X SD	Active	Add	
9	CV+3T	Active	Add	
10	CV+2T	Active	Add	
*				

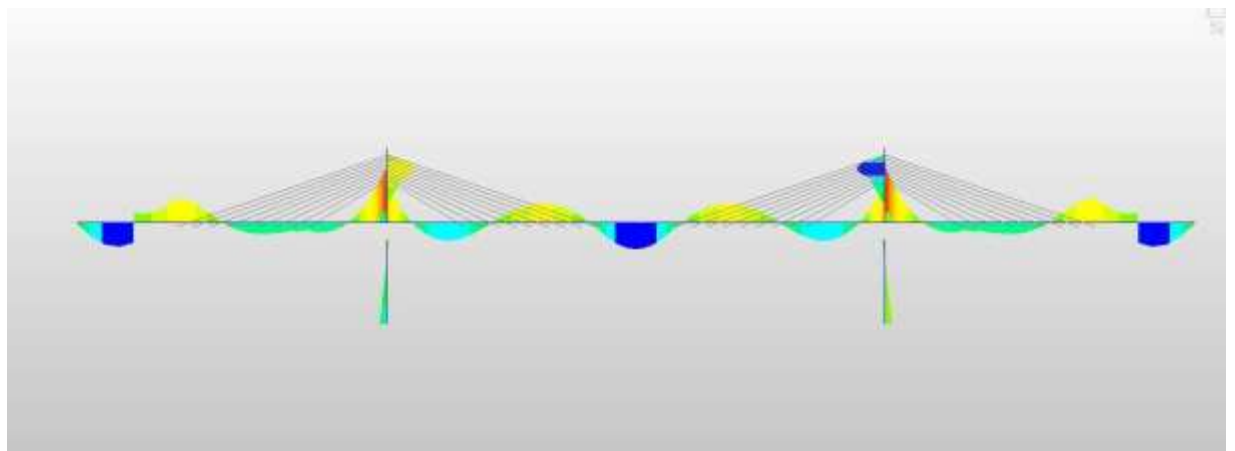
  

LoadCase	Factor
LCC1(ST)	367.06
LCC2(ST)	635.51
LCC3(ST)	900.72
LCC4(ST)	1140.7
LCC5(ST)	1330.8
LCC6(ST)	1444.6
LCC7(ST)	1459.1
LCC8(ST)	1357.9
LCC9(ST)	1130.8
LCC10(ST)	703.04
LCC11(ST)	627.22
LCC12(ST)	520.21
LCC13(ST)	359.55
LCC14(ST)	311.24
LCC15(ST)	470.62
LCC16(ST)	914.97
LCC17(ST)	1705.1
LCC18(ST)	2967.3
TT2(ST)	1.0000
TT1(ST)	1.0000

Hình 5. 101: Tổ hợp tải trọng sau khi điều chỉnh nội lực cable.



Hình 5. 102: Chuyển vị tại các vị trí neo cáp văng.



Hình 5. 103: Biểu đồ mômen sau khi điều chỉnh nội lực cáp văng.

Kết luận: Sau khi điều chỉnh nội lực cáp văng ta thấy chuyển vị tại các vị trí neo cáp văng xấp xỉ bằng 0 thỏa mãn điều kiện ban đầu.

## 5.2. Lập trình bố trí tự động cột thép DUL dựa vào bảng tọa độ:

- **ViewModel:**

- ❖ **MainviewModel.cs:**

```

❖ using Autodesk.Revit.DB;
❖ using Autodesk.Revit.UI;
❖ using flrestressCableModel.View;
❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖ using ClosedXML.Excel;
❖ using System.Windows;
❖ using System.Windows.Input;
❖ using Autodesk.Revit.UI.Selection;
❖ using DocumentFormat.OpenXml.Bibliography;
❖ using Microsoft.Win32;
❖ using flrestressCableModel.Library;
❖ using System.Windows.Controls;
❖ using System.Xml.Linq;
❖ using flrestressCableModel.Model;
❖ using flrestressCableModel.Revit.Application;
❖ using DocumentFormat.OpenXml.Math;
❖ using System.Windows.Media.Media3D;
❖ namespace flrestressCableModel.ViewModel
❖ {
❖     public class MainViewModel : ViewModelBase
❖     {
❖         private UIDocument _uiDoc;
❖         private Document _document;
❖         private UIApplication _uiApp;
❖         private MainWindow _prestressCableWindow;
❖         public MainWindow flrestressCableWindow
❖         {
❖             get
❖             {
❖                 if (_prestressCableWindow == null)
❖                 {
❖                     _prestressCableWindow = new MainWindow() { DataContext
= this };
❖                 }
❖                 return _prestressCableWindow;
❖             }
❖             set
❖             {
❖                 _prestressCableWindow = value;
❖             }
❖         }
❖         private string _fileflath;
❖         public string Fileflath
❖         {
❖             get { return _fileflath; }
❖             set

```

```

❖         {
❖             _fileflath = value;
❖             OnflropertyChanged(_fileflath);
❖         }
❖     }
❖     private List<string> _genericModel = new List<string>();
❖ public List<string> GenericModel
❖ {
❖     get { return _genericModel; }
❖     set
❖     {
❖         _genericModel = value;
❖         OnflropertyChanged(nameof(_genericModel));
❖     }
❖ }
❖ private string _selectedFamilyTendon;
❖ public string SelectedFamilyTendon
❖ {
❖     get { return _selectedFamilyTendon; }
❖     set
❖     {
❖         _selectedFamilyTendon = value;
❖         OnflropertyChanged(_selectedFamilyTendon);
❖     }
❖ }
❖ private bool _isAnchorHead;
❖ public bool IsAnchorHead
❖ {
❖     get => _isAnchorHead;
❖     set
❖     {
❖         if (_isAnchorHead != value)
❖         {
❖             _isAnchorHead = value;
❖             OnflropertyChanged(nameof(_isAnchorHead));
❖         }
❖     }
❖ }
❖ private double _diameter;
❖ public double Diameter
❖ {
❖     get => _diameter;
❖     set
❖     {
❖         if (_diameter != value)
❖         {
❖             _diameter = value;
❖             OnflropertyChanged(nameof(_diameter));
❖         }
❖     }
❖ }
❖ private List<Tendonflrofile> _tendons = new List<Tendonflrofile>();
❖ public List<Tendonflrofile> Tendons
❖ {
❖     get { return _tendons; }
❖     set
❖     {
❖         _tendons = value;
❖     }
❖ }

```

```

❖ public ICommand ImportExcel { get; set; }
❖ public ICommand CreateTendon { get;set; }
❖ public MainViewModel(UIDocument uidoc, Document document)
❖ {
❖     _uiDoc = uidoc;
❖     _document = document;
❖     _uiApp = uidoc.Application;
❖     var collector = new FilteredElementCollector(_document)
❖     .OfClass(typeof(FamilySymbol))
❖     .OfCategory(BuiltInCategory.OST_GenericModel)
❖     .WhereElementIsElementType().ToList();
❖     foreach (var item in collector)
❖     {
❖         _genericModel.Add(item.Name);
❖     }
❖     ImportExcel = new RelayCommand<object>((p) => true, (p) => {
❖         OpenFileDialog openFileDialog = new OpenFileDialog();
❖         openFileDialog.InitialDirectory = "C:\\";
❖         openFileDialog.Filter = "Excel files (*.xlsx)|*.xlsx|All files
❖         (*.*)|*.***";
❖         openFileDialog.Title = "Chọn file Excel";
❖         if (openFileDialog.ShowDialog() == true)
❖         {
❖             _fileflath = openFileDialog.FileName;
❖             LoadData(_fileflath);
❖         }
❖     });
❖     CreateTendon = new RelayCommand<object>((p) => true, (p) =>
❖     {
❖         foreach (var tendonitem in Tendons)
❖         {
❖             int i = Tendons.IndexOf(tendonitem);

❖             List<XYZ> controlpoints = new List<XYZ>();
❖             foreach (var pointitem in tendonitem.floints)
❖             {
❖                 XYZ point = fl(pointitem.X, pointitem.Y, pointitem.Z);
❖                 controlpoints.Add(point);
❖             }
❖             CreateSplineCable(controlpoints);
❖         }
❖     });
❖ }
❖ private XYZ fl(double x_mm, double y_mm, double z_mm)
❖ {
❖     double mmToFt = 1.0 / 304.8;
❖     return new XYZ(x_mm * mmToFt, y_mm * mmToFt, z_mm * mmToFt);
❖ }
❖
❖ public void CreateSplineCable(List<XYZ> controlfloints)
❖ {
❖     if (!_document.IsFamilyDocument)
❖     {
❖         MessageBox.Show("Lỗi", "Bạn phải mở một Family Document để tạo
❖         sweep.", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Warning);
❖         return;

```

```

❖    }
❖    using (Transaction tx = new Transaction(_document, "Tạo spline 3D bằng
DirectShape"))
❖    {
❖        tx.Start();
❖
❖        // --- Chuẩn bị controlfoints (List<XYZ>) trước đó, đã IẢ ft ---
❖        List<XYZ> xyzList3D = controlfoints;
❖        // Nếu controlfoints IẢ List<XYZ> (đã nhân mmToFt từ trước), dùng
thẳng.
❖
❖        // 1) Tạo NURBS 3D
❖        int degree = Math.Min(3, xyzList3D.Count - 1);
❖        List<double> weights = Enumerable.Repeat(1.0,
xyzList3D.Count).ToList();
❖        List<double> knots = new List<double>();
❖
❖        for (int i = 0; i < degree + 1; i++) knots.Add(0.0);
❖        int interiorCount = xyzList3D.Count - degree - 1;
❖        if (interiorCount > 0)
❖        {
❖            double denom = (double)(xyzList3D.Count - degree);
❖            for (int j = 1; j <= interiorCount; j++)
❖                knots.Add(j / denom);
❖        }
❖        for (int i = 0; i < degree + 1; i++) knots.Add(1.0);
❖
❖        Curve spline3D = NurbSpline.CreateCurve(degree, knots, xyzList3D,
weights);
❖
❖        // 2) Tạo DirectShape (Generic Model) vẢ gán spline3D
❖        ElementId dsCategory = new
ElementId(BuiltInCategory.OST_GenericModel);
❖        DirectShape ds = DirectShape.CreateElement(_document, dsCategory);
❖        ds.SetShape(new List<GeometryObject> { spline3D });
❖
❖        tx.Commit();
❖    }
❖ }
❖
❖ <summary>
❖ << Trả về một filane hợp lệ (không ném IỖi) từ một tập các floint3D (đã
tính đơn vị ra feet).
❖ << Nếu không thể xác định được 3 điểm không thẳng hẢng,
❖ << thì sẽ tạo mặt phẳng mặc định song song XY hoặc XZ tùy trường hợp.
❖ </summary>
❖
❖ public static filane CreateSafeFilaneFromfoints(List<floint3D> pts,
double tolerance = 1e-6)
❖ {
❖     if (pts == null || pts.Count < 2)
❖         throw new ArgumentException("Cần ít nhất 2 điểm để xác định
mặt phẳng.");
❖
❖     // 1) Nếu tất cả Z xấp xỉ bằng nhau → plane song song XY
(normal = Z)
❖     bool allSameZ = pts.All(p => Math.Abs(p.Z - pts[0].Z) <
tolerance);
❖     if (allSameZ)
❖     {

```

```

❖         XYZ origin = new XYZ(pts[0].X, pts[0].Y, pts[0].Z);
❖         return flane.CreateByNormalAndOrigin(XYZ.BasisZ, origin);
❖     }
❖
❖     // 2) Nếu tất cả Y xấp xỉ bằng nhau → plane song song XZ
❖     (normal = Y)
❖     bool allSameY = pts.All(p => Math.Abs(p.Y - pts[0].Y) <
❖     tolerance);
❖     if (allSameY)
❖     {
❖         XYZ origin = new XYZ(pts[0].X, pts[0].Y, pts[0].Z);
❖         return flane.CreateByNormalAndOrigin(XYZ.BasisY, origin);
❖     }
❖
❖     // 3) Tìm 3 điểm không thẳng hàng (cross-product ≠ 0)
❖     float3D p0 = pts[0];
❖     for (int i = 1; i < pts.Count - 1; i++)
❖     {
❖         for (int j = i + 1; j < pts.Count; j++)
❖         {
❖             Vector3D v1 = new Vector3D(pts[i].X - p0.X, pts[i].Y -
❖             p0.Y, pts[i].Z - p0.Z);
❖             Vector3D v2 = new Vector3D(pts[j].X - p0.X, pts[j].Y -
❖             p0.Y, pts[j].Z - p0.Z);
❖             Vector3D cross = Vector3D.CrossProduct(v1, v2);
❖             if (cross.Length > tolerance)
❖             {
❖                 // Có thể tạo flane bằng 3 điểm nãY
❖                 XYZ a = new XYZ(p0.X, p0.Y, p0.Z);
❖                 XYZ b = new XYZ(pts[i].X, pts[i].Y, pts[i].Z);
❖                 XYZ c = new XYZ(pts[j].X, pts[j].Y, pts[j].Z);
❖                 return flane.CreateByThreefloats(a, b, c);
❖             }
❖         }
❖     }
❖
❖     // 4) Nếu vào đây nghĩa là tất cả điểm gần như thẳng hàng
❖     //     (hoặc < 3 điểm khác nhau), ta mặc định dùng plane song
❖     song XY
❖     XYZ originDefault = new XYZ(p0.X, p0.Y, p0.Z);
❖     return flane.CreateByNormalAndOrigin(XYZ.BasisZ,
❖     originDefault);
❖ }
❖ private void LoadData(string fileflath)
❖ {
❖     _tendons = ExcelReader.ReadfloatsGroupedBySheet(fileflath);
❖     if (_tendons == null || _tendons.Count == 0)
❖     {
❖         MessageBox.Show("Đã xảy ra lỗi!");
❖         return;
❖     }
❖
❖     foreach (var entry in _tendons)
❖     {
❖         var dataGrid = new System.Windows.Controls.DataGrid
❖         {
❖             ItemsSource = entry.floats,
❖             AutoGenerateColumns = true,
❖             IsReadOnly = true
❖         };

```

```

❖
❖         var tabItem = new System.Windows.Controls.TabItem
❖         {
❖             Header = entry.Name,
❖             Style =
❖ (System.Windows.Style)firestressCableWindow.FindResource("TabItemStyle"), //
❖ Gán Style
❖             Content = dataGrid
❖         };
❖
❖         firestressCableWindow.MainTabControl.Items.Add(tabItem);
❖     }
❖     MessageBox.Show("Cập nhật dữ liệu thành công.", "Thông báo",
❖     MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
❖ }
❖ }
❖ }

```

#### ❖ ModelBase.cs:

```

❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.ComponentModel;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖
❖ namespace firestressCableModel.ViewModel
❖ {
❖     public abstract class ViewModelBase : INotifyPropertyChanged
❖     {
❖         public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;
❖         protected virtual void OnPropertyChanged(string propertyName)
❖         {
❖             if (PropertyChanged is null) return;
❖
❖             PropertyChanged.Invoke(this, new
❖ firestressCableModel.ViewModel.PropertyChangedEventArgs(propertyName));
❖         }
❖     }
❖ }

```

#### ❖ RelayCommand.cs:

```

❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖ using System.Windows.Input;
❖

```

```

❖ namespace firestressCableModel.ViewModel
❖ {
❖     public class RelayCommand<T> : ICommand
❖     {
❖         private readonly fredicate<T> _canExecute;
❖         private readonly Action<T> _execute;
❖         public RelayCommand(fredicate<T> canExcute, Action<T> execute)
❖         {
❖             if (execute == null)
❖                 throw new ArgumentNullException("execute");
❖             _canExecute = canExcute;
❖             _execute = execute;
❖         }
❖         public bool CanExecute(object parameter)
❖         {
❖             return _canExecute == null o true : _canExecute((T)parameter);
❖         }
❖         public void Execute(object parameter)
❖         {
❖             _execute((T)parameter);
❖         }
❖         public event EventHandler CanExecuteChanged
❖         {
❖             add { CommandManager.RequerySuggested += value; }
❖             remove { CommandManager.RequerySuggested -= value; }
❖         }
❖     }
❖ }

```

- Properties:

- ❖ Resources. Designer:

```

❖ //-----
❖ -----
❖ // <auto-generated>
❖ //     This code was generated by a tool.
❖ //     Runtime Version:4.0.30319.42000
❖ //
❖ //     Changes to this file may cause incorrect behavior and will be lost
❖ //     if
❖ //     the code is regenerated.
❖ // </auto-generated>
❖ //-----
❖ -----
❖ namespace firestressCableModel.fproperties {
❖     using System;
❖
❖     /// <summary>
❖     ///     A strongly-typed resource class, for looking up localized
❖ strings, etc.
❖     /// </summary>
❖     // This class was auto-generated by the StronglyTypedResourceBuilder
❖     // class via a tool like ResGen or Visual Studio.
❖     // To add or remove a member, edit your .ResX file then rerun ResGen
❖     // with the /str option, or rebuild your VS project.
❖
❖     [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute("System.Resources.T
❖ ools.StronglyTypedResourceBuilder", "17.0.0.0")]

```

```

❖ [global::System.Diagnostics.DebuggerNonUserCodeAttribute()]
❖ [global::System.Runtime.CompilerServices.CompilerGeneratedAttribute()]
❖ internal class Resources {
❖
❖     private static global::System.Resources.ResourceManager
resourceMan;
❖
❖     private static global::System.Globalization.CultureInfo
resourceCulture;
❖
❖
❖ [global::System.Diagnostics.CodeAnalysis.SuppressMessageAttribute("Microsof
t.flperformance", "CA1811:AvoidUncalledPrivateCode")]
❖     internal Resources() {
❖     }
❖
❖     /// <summary>
❖     ///     Returns the cached ResourceManager instance used by this
class.
❖     /// </summary>
❖
❖ [global::System.ComponentModel.EditorBrowsableAttribute(global::System.Comp
onentModel.EditorBrowsableState.Advanced)]
❖     internal static global::System.Resources.ResourceManager
ResourceManager {
❖     get {
❖         if (object.ReferenceEquals(resourceMan, null)) {
❖             global::System.Resources.ResourceManager temp = new
global::System.Resources.ResourceManager("flrestressCableModel.flproperties.Re
sources", typeof(Resources).Assembly);
❖             resourceMan = temp;
❖         }
❖         return resourceMan;
❖     }
❖     }
❖
❖     /// <summary>
❖     ///     Overrides the current thread's CurrentUICulture property for
all
❖     ///     resource lookups using this strongly typed resource class.
❖     /// </summary>
❖
❖ [global::System.ComponentModel.EditorBrowsableAttribute(global::System.Comp
onentModel.EditorBrowsableState.Advanced)]
❖     internal static global::System.Globalization.CultureInfo Culture {
❖     get {
❖         return resourceCulture;
❖     }
❖     set {
❖         resourceCulture = value;
❖     }
❖     }
❖ }

```

#### ❖ Setting.Designer.cs:

```

❖ //-----
❖ -----

```

```

❖ // <auto-generated>
❖ //     This code was generated by a tool.
❖ //     Runtime Version:4.0.30319.42000
❖ //
❖ //     Changes to this file may cause incorrect behavior and will be lost
❖ //     if
❖ //     the code is regenerated.
❖ // </auto-generated>
❖ //-----
-----
❖
❖ namespace firestressCableModel.fproperties {
❖
❖     [global::System.Runtime.CompilerServices.CompilerGeneratedAttribute()]
❖     [global::System.CodeDom.Compiler.GeneratedCodeAttribute("Microsoft.VisualStudio.Editors.SettingsDesigner.SettingsSingleFileGenerator", "17.13.0.0")]
❖     internal sealed partial class Settings :
❖     global::System.Configuration.ApplicationSettingsBase {
❖
❖         private static Settings defaultInstance =
❖         ((Settings)(global::System.Configuration.ApplicationSettingsBase.Synchronized(new Settings())));
❖
❖         public static Settings Default {
❖             get {
❖                 return defaultInstance;
❖             }
❖         }
❖     }
❖ }

```

#### ❖ ExeclReader.cs:

```

❖ namespace firestressCableModel.Library
❖ {
❖     public class ExcelReader
❖     {
❖
❖         public static List<Tendonfile> ReadfointsGroupedBySheet(string
❖         fileflath)
❖         {
❖             var result = new List<Tendonfile>();
❖             var workbook = new XLWorkbook(fileflath);
❖
❖             foreach (var ws in workbook.Worksheets)
❖             {
❖                 var points = new List<float3D>();
❖
❖                 foreach (var row in ws.RowsUsed().Skip(1))
❖                 {
❖                     if (double.TryParse(row.Cell(1).GetValue<string>(), out
❖                     double x) fifi
❖                         double.TryParse(row.Cell(2).GetValue<string>(), out
❖                     double y) fifi

```

```

❖ double z)) double.TryParse(row.Cell(3).GetValue<string>(), out
❖ {
❖ points.Add(new floint3D(x, y, z));
❖ }
❖ }
❖ result.Add(new Tendonflrofile
❖ {
❖ Name = ws.Name,
❖ floints = points
❖ });
❖ }
❖ return result;
❖ }
❖ }
❖ }

```

### ❖ Tendonprofile.cs:

```

❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖ using System.Windows.Media.Media3D;
❖ namespace firestressCableModel.Model
❖ {
❖     public class Tendonflrofile
❖     {
❖         public string Name { get; set; }
❖         public List<floint3D> floints { get; set; }
❖     }
❖ }

```

### • Resources:

#### ❖ ButtonStyle.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
❖ xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖ xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖     <Style x:Key="flprimary Button" TargetType="{x:Type Button}">
❖         <Setter flroperty="Background" Value="#FF5791ED"></Setter>
❖         <Setter flroperty="FontSize" Value="12"></Setter>
❖         <Setter flroperty="Foreground" Value="White"></Setter>
❖         <Setter flroperty="Height" Value="25"></Setter>
❖
❖         <Setter flroperty="Template">
❖             <Setter.Value>
❖                 <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">

```

```

❖ <Border CornerRadius="1" Background="{TemplateBinding
❖ Background}">
❖ <Grid>
❖ <ContentPresenter Content="{TemplateBinding
❖ Content}"
❖ HorizontalAlignment="Center"
❖ VerticalAlignment="Center"
❖ Margin="0,0,0,0" />
❖ </Grid>
❖ </Border>
❖ <ControlTemplate.Triggers>
❖ <Trigger floproperty="IsMouseOver" Value="True">
❖ <Setter floproperty="Foreground"
❖ Value="Black"></Setter>
❖ <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="IsPressed" Value="True">
❖ <Setter floproperty="Foreground"
❖ Value="Black"></Setter>
❖ <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="IsEnabled" Value="False">
❖ <Setter floproperty="Background" Value="#E0E0E0"
❖ />
❖ </Trigger>
❖ </ControlTemplate.Triggers>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="Secondary Button" TargetType="{x:Type Button}">
❖ <Setter floproperty="Background" Value="LightGray" />
❖ <Setter floproperty="FontSize" Value="14" />
❖ <Setter floproperty="Foreground" Value="#333333"></Setter>
❖ <Setter floproperty="Height" Value="25"></Setter>
❖ <Setter floproperty="Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
❖ <Border CornerRadius="1" Background="{TemplateBinding
❖ Background}">
❖ <Grid>
❖ <ContentPresenter Content="{TemplateBinding
❖ Content}"
❖ HorizontalAlignment="Center"
❖ VerticalAlignment="Center"
❖ Margin="0,0,0,0" />
❖ </Grid>
❖ </Border>
❖ <ControlTemplate.Triggers>
❖ <Trigger floproperty="IsMouseOver" Value="True">
❖ <Setter floproperty="Background" Value="LightGray"
❖ />
❖ <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="IsPressed" Value="True">
❖ <Setter floproperty="Background" Value="#A9A9A9"
❖ />
❖ <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖ </Trigger>

```

```

❖         </ControlTemplate.Triggers>
❖     </ControlTemplate>
❖     </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="flimary Ribbon Button" TargetType="{x:Type Button}">
❖     <Setter froperty="Background" Value="Transparent" />
❖     <Setter froperty="FontSize" Value="12" />
❖     <Setter froperty="Foreground" Value="Black"></Setter>
❖     <Setter froperty="Height" Value="50"></Setter>
❖     <Setter froperty="Template">
❖         <Setter.Value>
❖             <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
❖                 <Border CornerRadius="1" Background="{TemplateBinding
❖ Background}">
❖                     <Grid>
❖                         <Contentfresenter Content="{TemplateBinding
❖ Content}"
❖                                     HorizontalAlignment="Center"
❖                                     VerticalAlignment="Center"
❖                                     Margin="0,0,0,0" />
❖                     </Grid>
❖                 </Border>
❖                 <ControlTemplate.Triggers>
❖                     <Trigger froperty="IsMouseOver" Value="True">
❖                         <Setter froperty="Background" Value="LightGray"
❖ />
❖                     <Setter froperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖                 </Trigger>
❖                 <Trigger froperty="Isfressed" Value="True">
❖                     <Setter froperty="Background" Value="#A9A9A9" />
❖                     <Setter froperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖                 </Trigger>
❖                 <Trigger froperty="IsEnabled" Value="False">
❖                     <Setter froperty="Background" Value="#E0E0E0" />
❖                 </Trigger>
❖             </ControlTemplate.Triggers>
❖         </ControlTemplate>
❖     </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="Secondary Ribbon Button" TargetType="{x:Type Button}">
❖     <Setter froperty="Background" Value="Transparent" />
❖     <Setter froperty="FontSize" Value="11" />
❖     <Setter froperty="Foreground" Value="Black"></Setter>
❖     <Setter froperty="Height" Value="20"></Setter>
❖     <Setter froperty="Template">
❖         <Setter.Value>
❖             <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
❖                 <Border CornerRadius="1" Background="{TemplateBinding
❖ Background}">
❖                     <Grid>
❖                         <Contentfresenter Content="{TemplateBinding
❖ Content}"
❖                                     HorizontalAlignment="Center"
❖                                     VerticalAlignment="Center"
❖                                     Margin="0,0,0,0" />
❖                     </Grid>
❖                 </Border>
❖                 <ControlTemplate.Triggers>

```

```

❖         <Trigger floproperty="IsMouseOver" Value="True">
❖             <Setter floproperty="Background" Value="LightGray"
/>
❖         <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖     </Trigger>
❖
❖     <Trigger floproperty="IsPressed" Value="True">
❖         <Setter floproperty="Background" Value="LightGray"
/>
❖     <Setter floproperty="FontWeight" Value="Medium" />
❖ </Trigger>
❖     <Trigger floproperty="IsEnabled" Value="False">
❖         <Setter floproperty="Background" Value="#E0E0E0"
/>
❖ </Trigger>
❖ </ControlTemplate.Triggers>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="ControlBar Button" TargetType="{x:Type Button}">
❖     <Setter floproperty="Background" Value="Transparent" />
❖     <Setter floproperty="FontSize" Value="14" />
❖     <Setter floproperty="Foreground" Value="#333333"></Setter>
❖     <Setter floproperty="Height" Value="20"></Setter>
❖     <Setter floproperty="Template">
❖         <Setter.Value>
❖             <ControlTemplate TargetType="{x:Type Button}">
❖                 <Border CornerRadius="4" Background="{TemplateBinding
Background}">
❖                     <Grid>
❖                         <ContentPresenter Content="{TemplateBinding
Content}"
❖                             HorizontalAlignment="Center"
❖                             VerticalAlignment="Center"
❖                             Margin="0,0,0,0" />
❖                     </Grid>
❖                 </Border>
❖                 <ControlTemplate.Triggers>
❖                     <Trigger floproperty="IsMouseOver" Value="True">
❖                         <Setter floproperty="Background" Value="LightGray"
/>
❖                     <Trigger floproperty="IsPressed" Value="True">
❖                         <Setter floproperty="Background" Value="#A9A9A9"
/>
❖                     <Trigger floproperty="IsEnabled" Value="False">
❖                         <Setter floproperty="Background" Value="#E0E0E0"
/>
❖                 </ControlTemplate.Triggers>
❖             </ControlTemplate>
❖         </Setter.Value>
❖     </Setter>
❖ </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

## ❖ CheckBotStyle.xaml:

```

❖ ResourceDictionary
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖ xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
❖ <Style x:Key="FocusVisual">
❖ <Setter froperty="Control.Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate>
❖ <Rectangle Margin="2" StrokeDashArray="1 2"
Stroke="{DynamicResource {x:Static SystemColors.ControlTextBrushKey}}"
SnapsToDevicepixels="true" StrokeThickness="1"/>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="OptionMarkFocusVisual">
❖ <Setter froperty="Control.Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate>
❖ <Rectangle Margin="14,0,0,0" StrokeDashArray="1 2"
Stroke="{DynamicResource {x:Static SystemColors.ControlTextBrushKey}}"
SnapsToDevicepixels="true" StrokeThickness="1"/>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Static.Background"
Color="#FFFFFFFF"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Static.Border" Color="#FF707070"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Static.Glyph" Color="#FF212121"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.MouseOver.Background"
Color="#FFF3F9FF"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.MouseOver.Border"
Color="#FF5593FF"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.MouseOver.Glyph" Color="#FF212121"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.fressed.Background"
Color="#FFD9ECFF"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.fressed.Border" Color="#FF3C77DD"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.fressed.Glyph" Color="#FF212121"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Disabled.Background"
Color="#FFE6E6E6"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Disabled.Border" Color="#FFBCBCBC"/>
❖ <SolidColorBrush x:Key="OptionMark.Disabled.Glyph" Color="#FF707070"/>
❖ <Style x:Key="flprimary Checkbox" TargetType="{x:Type CheckBox}">
❖ <Setter froperty="Background" Value="{StaticResource
OptionMark.Static.Background}"/>
❖ <Setter froperty="FocusVisualStyle" Value="{StaticResource
FocusVisual}"/>
❖ <Setter froperty="BorderBrush" Value="Blue"/>
❖ <Setter froperty="Foreground" Value="Black"/>
❖ <Setter froperty="BorderThickness" Value="1"/>
❖ <Setter froperty="FontSize" Value="12"></Setter>
❖ <Setter froperty="VerticalAlignment" Value="Center"></Setter>
❖ <Setter froperty="Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate TargetType="{x:Type CheckBox}">
❖ <Grid x:Name="templateRoot" Background="Transparent"
SnapsToDevicepixels="True">
❖ <Grid.ColumnDefinitions>
❖ <ColumnDefinition Width="Auto"/>

```

```

❖         <ColumnDefinition Width="*" />
❖     </Grid.ColumnDefinitions>
❖     <Border x:Name="checkBoxBorder"
Background="{TemplateBinding Background}" BorderBrush="{TemplateBinding
BorderBrush}" BorderThickness="{TemplateBinding BorderThickness}"
HorizontalContentAlignment="{TemplateBinding HorizontalContentAlignment}"
Margin="1" VerticalAlignment="{TemplateBinding VerticalContentAlignment}">
❖         <Grid x:Name="markGrid">
❖             <flath x:Name="optionMark" Data="F1 M
9.97498,1.22334L 4.6983,9.09834L 4.52164,9.09834L 0,5.19331L
1.27664,3.52165L 4.255,6.08833L 8.33331,1.52588e-005L 9.97498,1.22334 Z "
Fill="BLue" Margin="1" Opacity="0" Stretch="None"/>
❖             <Rectangle x:Name="indeterminateMark"
Fill="BLue" Margin="2" Opacity="0"/>
❖         </Grid>
❖     </Border>
❖     <ContentPresenter x:Name="contentPresenter"
Grid.Column="1" Focusable="False" HorizontalAlignment="{TemplateBinding
HorizontalContentAlignment}" Margin="{TemplateBinding fladding}"
RecognizesAccessKey="True" SnapsToDevicepixels="{TemplateBinding
SnapsToDevicepixels}" VerticalAlignment="{TemplateBinding
VerticalContentAlignment}"/>
❖ </Grid>
❖ <ControlTemplate.Triggers>
❖     <Trigger flroperty="HasContent" Value="true">
❖         <Setter flroperty="FocusVisualStyle"
Value="{StaticResource OptionMarkFocusVisual}"/>
❖         <Setter flroperty="fladding" Value="4,-1,0,0"/>
❖     </Trigger>
❖     <Trigger flroperty="IsMouseOver" Value="true">
❖         <Setter flroperty="Background"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.MouseOver.Background}"/>
❖         <Setter flroperty="BorderBrush"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.MouseOver.Border}"/>
❖         <Setter flroperty="Fill" TargetName="optionMark"
Value="{StaticResource OptionMark.MouseOver.Glyph}"/>
❖         <Setter flroperty="Fill"
TargetName="indeterminateMark" Value="{StaticResource
OptionMark.MouseOver.Glyph}"/>
❖     </Trigger>
❖     <Trigger flroperty="IsEnabled" Value="false">
❖         <Setter flroperty="Background"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.Disabled.Background}"/>
❖         <Setter flroperty="BorderBrush"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.Disabled.Border}"/>
❖         <Setter flroperty="Fill" TargetName="optionMark"
Value="BLue"/>
❖         <Setter flroperty="Fill"
TargetName="indeterminateMark" Value="BLue"/>
❖     </Trigger>
❖     <Trigger flroperty="Isfressed" Value="true">
❖         <Setter flroperty="Background"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.fressed.Background}"/>
❖         <Setter flroperty="BorderBrush"
TargetName="checkBoxBorder" Value="{StaticResource
OptionMark.fressed.Border}"/>

```

```

❖ Value="Blue"/>
❖ <Setter froperty="Fill" TargetName="optionMark"
❖ TargetName="indeterminateMark" Value="Blue"/>
❖ </Trigger>
❖ <Trigger froperty="IsChecked" Value="true">
❖ <Setter froperty="Opacity"
❖ TargetName="optionMark" Value="1"/>
❖ <Setter froperty="Opacity"
❖ TargetName="indeterminateMark" Value="0"/>
❖ </Trigger>
❖ <Trigger froperty="IsChecked" Value="{x:Null}">
❖ <Setter froperty="Opacity"
❖ TargetName="optionMark" Value="0"/>
❖ <Setter froperty="Opacity"
❖ TargetName="indeterminateMark" Value="1"/>
❖ </Trigger>
❖ </ControlTemplate.Triggers>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

#### ❖ ComboBoxStyle.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
❖ xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖ xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖
❖ <SolidColorBrush x:Key="ComboBoxNormalBorderBrush" Color="LightGray" />
❖ <SolidColorBrush x:Key="ComboBoxNormalBackgroundBrush" Color="#fff" />
❖ <SolidColorBrush x:Key="ComboBoxDisabledForegroundBrush" Color="#888"
❖ />
❖ <SolidColorBrush x:Key="ComboBoxDisabledBackgroundBrush" Color="#eee"
❖ />
❖ <SolidColorBrush x:Key="ComboBoxDisabledBorderBrush" Color="#888" />
❖
❖ <ControlTemplate TargetType="ToggleButton"
❖ x:Key="ComboBoxToggleButtonTemplate">
❖ <Grid>
❖ <Grid.ColumnDefinitions>
❖ <ColumnDefinition />
❖ <ColumnDefinition Width="20" />
❖ </Grid.ColumnDefinitions>
❖ <Border Grid.ColumnSpan="2" Name="Border"
❖ BorderBrush="{StaticResource ComboBoxNormalBorderBrush}"
❖ CornerRadius="0" BorderThickness="1, 1, 1, 1"
❖ Background="{StaticResource ComboBoxNormalBackgroundBrush}"
❖ />
❖ <Border Grid.Column="1" Margin="1, 1, 1, 1" BorderBrush="#444"
❖ Name="ButtonBorder"
❖ CornerRadius="0, 0, 0, 0" BorderThickness="0, 0, 0, 0"
❖ Background="{StaticResource ComboBoxNormalBackgroundBrush}"
❖ />
❖
❖ <flath Name="Arrow" Grid.Column="1"

```

```

❖         Data="M0,0 L0,2 L4,6 L8,2 L8,0 L4,4 z"
❖         HorizontalAlignment="Center" Fill="#444"
❖         VerticalAlignment="Center" />
❖     </Grid>
❖     <ControlTemplate.Triggers>
❖         <Trigger floproperty="UIElement.IsMouseOver" Value="True">
❖             <Setter floproperty="flanel.Background"
❖ TargetName="ButtonBorder" Value="WhiteSmoke"/>
❖         </Trigger>
❖         <Trigger floproperty="ToggleButton.IsChecked" Value="True">
❖             <Setter floproperty="flanel.Background"
❖ TargetName="ButtonBorder" Value="WhiteSmoke"/>
❖             <Setter floproperty="Shape.Fill" TargetName="Arrow"
❖ Value="#FF8D979E"/>
❖         </Trigger>
❖         <Trigger floproperty="UIElement.IsEnabled" Value="False">
❖             <Setter floproperty="flanel.Background" TargetName="Border"
❖ Value="{StaticResource ComboBoxDisabledBackgroundBrush}"/>
❖             <Setter floproperty="flanel.Background"
❖ TargetName="ButtonBorder" Value="{StaticResource
❖ ComboBoxDisabledBackgroundBrush}"/>
❖             <Setter floproperty="Border.BorderBrush"
❖ TargetName="ButtonBorder" Value="{StaticResource
❖ ComboBoxDisabledBorderBrush}"/>
❖             <Setter floproperty="TextElement.Foreground"
❖ Value="{StaticResource ComboBoxDisabledForegroundBrush}"/>
❖             <Setter floproperty="Shape.Fill" TargetName="Arrow"
❖ Value="#999"/>
❖         </Trigger>
❖     </ControlTemplate.Triggers>
❖ </ControlTemplate>
❖
❖     <Style x:Key="flprimary Combobox" TargetType="{x:Type ComboBox}">
❖         <Setter floproperty="SnapsToDevicefixels" Value="True"/>
❖         <Setter floproperty="OverridesDefaultStyle" Value="True"/>
❖         <Setter floproperty="ScrollViewer.HorizontalScrollBarVisibility"
❖ Value="Auto"/>
❖         <Setter floproperty="ScrollViewer.VerticalScrollBarVisibility"
❖ Value="Auto"/>
❖         <Setter floproperty="ScrollViewer.CanContentScroll" Value="True"/>
❖         <Setter floproperty="TextElement.Foreground" Value="Black"/>
❖         <Setter floproperty="FocusVisualStyle" Value="{x:Null}"/>
❖         <Setter floproperty="VerticalContentAlignment" Value="Center"/>
❖         <Setter floproperty="HorizontalContentAlignment" Value="Left"/>
❖         <Setter floproperty="Background" Value="White"></Setter>
❖         <Setter floproperty="Height" Value="20"></Setter>
❖         <Setter floproperty="Template">
❖             <Setter.Value>
❖                 <ControlTemplate TargetType="ComboBox">
❖                     <Grid>
❖                         <ToggleButton Name="ToggleButton" Grid.Column="2"
❖ ClickMode="fress" Focusable="False"
❖ IsChecked="{Binding flath=IsDropDownOpen,
❖ RelativeSource={RelativeSource Templatedflarent}, Mode=TwoWay}"
❖ Template="{StaticResource ComboBoxToggleButtonTemplate}"/>
❖
❖                         <Contentflresenter Name="ContentSite" Margin="5, 3,
❖ 23, 3" IsHitTestVisible="False"
❖ HorizontalAlignment="Left"
❖ VerticalAlignment="Center"

```

```

❖ Content="{TemplateBinding
ComboBox.SelectionBoxItem}"
❖ ContentTemplate="{TemplateBinding
ComboBox.SelectionBoxItemTemplate}"
❖ ContentTemplateSelector="{TemplateBinding
ItemTemplateSelector}"/>
❖ <TextBox Name="fiART_EditableTextBox" Margin="3, 3,
23, 3"
❖ IsReadOnly="{TemplateBinding IsReadOnly}"
❖ Visibility="Hidden" Background="Transparent"
❖ HorizontalAlignment="Left" VerticalAlignment="Center"
❖ Focusable="True" >
❖ <TextBox.Template>
❖ <ControlTemplate TargetType="TextBox" >
❖ <Border Name="fiART_ContentHost"
Focusable="False" />
❖ </ControlTemplate>
❖ </TextBox.Template>
❖ </TextBox>
❖ <!-- flopup showing items -->
❖ <flopup Name="flopup" flacement="Bottom"
Focusable="False" AllowsTransparency="True"
❖ IsOpen="{TemplateBinding ComboBox.IsDropDownOpen}"
❖ flopupAnimation="Slide">
❖ <Grid Name="DropDown"
❖ SnapsToDevicepixels="True"
❖ MinWidth="{TemplateBinding
FrameworkElement.ActualWidth}"
❖ MaxHeight="{TemplateBinding
ComboBox.MaxDropDownHeight}">
❖ <Border Name="DropDownBorder"
❖ Background="White" Margin="0, 1, 0, 0"
❖ CornerRadius="0" BorderThickness="1,1,1,1"
❖ BorderBrush="{StaticResource
ComboBoxNormalBorderBrush}"/>
❖ <ScrollViewer Margin="4"
❖ SnapsToDevicepixels="True">
❖ <ItemsPresenter
❖ KeyboardNavigation.DirectionalNavigation="Contained" />
❖ </ScrollViewer>
❖ </Grid>
❖ </flopup>
❖ </Grid>
❖ <ControlTemplate.Triggers>
❖ <Trigger floproperty="ItemsControl.HasItems"
❖ Value="False">
❖ <Setter floproperty="FrameworkElement.MinHeight"
❖ TargetName="DropDownBorder" Value="95"/>
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="UIElement.IsEnabled"
❖ Value="False">
❖ <Setter floproperty="TextElement.Foreground"
❖ Value="{StaticResource ComboBoxDisabledForegroundBrush}"/>
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="ItemsControl.IsGrouping"
❖ Value="True">
❖ <Setter
❖ floproperty="ScrollViewer.CanContentScroll" Value="False"/>
❖ </Trigger>
❖ <Trigger floproperty="ComboBox.IsEditable"
❖ Value="True">

```

```

❖ Value="False"/>
❖ TargetName="flART_EditableTextBox" Value="Visible"/>
❖ TargetName="ContentSite" Value="Hidden"/>
❖ </Trigger>
❖ </ControlTemplate.Triggers>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖
❖
❖ </ResourceDictionary>

```

### ❖ GroupBoxStyle.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
❖ xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖
❖ xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖ <Style x:Key="flprimary GroupBox" TargetType="{x:Type GroupBox}">
❖ <Setter floproperty="BorderBrush" Value="#FF9C9C9C"/>
❖ <Setter floproperty="BorderThickness" Value="1"/>
❖ <Setter floproperty="fladding" Value="0"/>
❖ <Setter floproperty="Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate TargetType="{x:Type GroupBox}">
❖ <Border Background="{TemplateBinding Background}"
❖ BorderBrush="{TemplateBinding BorderBrush}"
❖ BorderThickness="{TemplateBinding
❖ BorderThickness}"
❖ CornerRadius="0">
❖ <Contentflresenter
❖ SnapsToDevicefixels="{TemplateBinding SnapsToDevicefixels}"
❖ Margin="0"
❖ HorizontalAlignment="Stretch"
❖ VerticalAlignment="Stretch"/>
❖ </Border>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖
❖ </Style>
❖ <BorderGapMaskConverter x:Key="BorderGapMaskConverter"/>
❖ <Style x:Key="GroupBoxStyle1" TargetType="{x:Type GroupBox}">
❖ <Setter floproperty="BorderBrush" Value="#FF9C9C9C"/>
❖ <Setter floproperty="BorderThickness" Value="1"/>
❖ <Setter floproperty="Template">
❖ <Setter.Value>
❖ <ControlTemplate TargetType="{x:Type GroupBox}">
❖ <Grid SnapsToDevicefixels="true">
❖ <Grid.ColumnDefinitions>
❖ <ColumnDefinition Width="6"/>
❖ <ColumnDefinition Width="Auto"/>

```

```

❖         <ColumnDefinition Width="*" />
❖         <ColumnDefinition Width="6" />
❖     </Grid.ColumnDefinitions>
❖ </Grid.RowDefinitions>
❖         <RowDefinition Height="Auto" />
❖         <RowDefinition Height="Auto" />
❖         <RowDefinition Height="*" />
❖         <RowDefinition Height="6" />
❖ </Grid.RowDefinitions>
❖
❖ <!-- Background and Borders -->
❖ <Border Background="{TemplateBinding Background}"
❖         BorderBrush="Transparent"
❖         BorderThickness="{TemplateBinding
BorderThickness}"
❖         CornerRadius="0"
❖         Grid.Column="0" Grid.ColumnSpan="4"
❖         Grid.RowSpan="3" Grid.Row="1" />
❖         <Border BorderBrush="White"
❖         BorderThickness="{TemplateBinding
BorderThickness}"
❖         CornerRadius="0"
❖         Grid.ColumnSpan="4" Grid.RowSpan="3"
❖         Grid.Row="1" >
❖             <Border.OpacityMask>
❖                 <MultiBinding Converterflarameter="7"
❖                 Converter="{StaticResource BorderGapMaskConverter}">
❖                     <Binding ElementName="Header"
❖                     flath="ActualWidth" />
❖                     <Binding flath="ActualWidth"
❖                     RelativeSource="{RelativeSource Mode=Self}" />
❖                     <Binding flath="ActualHeight"
❖                     RelativeSource="{RelativeSource Mode=Self}" />
❖                 </MultiBinding>
❖             </Border.OpacityMask>
❖             <Border BorderBrush="{TemplateBinding
BorderBrush}"
❖             BorderThickness="{TemplateBinding
BorderThickness}"
❖             CornerRadius="0">
❖                 <Border BorderBrush="White"
❖                 BorderThickness="{TemplateBinding
BorderThickness}"
❖                 CornerRadius="0" />
❖             </Border>
❖         </Border>
❖
❖ <!-- Header -->
❖ <Border x:Name="Header" Grid.Column="1"
❖         fladding="3,1,3,0" Grid.RowSpan="2" Grid.Row="0">
❖         <Contentflresenter ContentSource="Header"
❖         RecognizesAccessKey="True"
❖         SnapsToDeviceflixels="{TemplateBinding SnapsToDeviceflixels}">
❖             <Contentflresenter.ContentTemplate>
❖                 <DataTemplate>
❖                     <TextBlock Text="{Binding}"
❖                     Foreground="Blue" FontSize="10" />
❖                 </DataTemplate>
❖             </Contentflresenter.ContentTemplate>
❖         </Contentflresenter>

```

```

❖ </Border>
❖ <!-- Content -->
❖ <ContentPresenter Grid.Column="1"
Grid.ColumnSpan="2"
Margin="{TemplateBinding fladding}"
Grid.Row="2"
SnapsToDevicepixels="{TemplateBinding
SnapsToDevicepixels}"/>
❖ </Grid>
❖ </ControlTemplate>
❖ </Setter.Value>
❖ </Setter>
❖ </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

### ❖ RibbonControlStyle.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖ <Style x:Key="flirmary RibbonControl" TargetType="Stackflanel">
❖ <Setter flroperty="Margin" Value="5,0,5,0"></Setter>
❖ <Setter flroperty="Height" Value="70"></Setter>
❖ <Setter flroperty="Orientation" Value="Vertical"></Setter>
❖ </Style>
❖ <Style x:Key="Secondary RibbonControl" TargetType="Stackflanel">
❖ <Setter flroperty="Margin" Value="5,0,5,0"></Setter>
❖ <Setter flroperty="Width" Value="130"></Setter>
❖ <Setter flroperty="Orientation" Value="Horizontal"></Setter>
❖ </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

### ❖ StyleWindow.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖ <ResourceDictionary.MergedDictionaries>
❖ <ResourceDictionary Source="./ButtonStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./TextBlockStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./GroupBoxStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./ComboBoxStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./TabControlStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./TextBoxStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./RibbonControlStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./CheckBoxStyle.xaml"/>
❖ <!--<ResourceDictionary Source="./DataGridStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./TextBoxStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./ButtonStyleIcon.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./RadiobuttonStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./flprogressBarStyle.xaml"/>
❖ <ResourceDictionary Source="./Canvas.xaml"/>-->
❖ </ResourceDictionary.MergedDictionaries>
❖ </ResourceDictionary>

```

❖ **TabControlStyle.xaml:**

```

❖ <ResourceDictionary
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖   xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖   <Style x:Key="TabItemStyle" TargetType="TabItem">
❖     <Setter froperty="padding" Value="10,10"></Setter>
❖     <Setter froperty="Foreground" Value="Black"></Setter>
❖     <Setter froperty="BorderThickness" Value="0"></Setter>
❖     <Setter froperty="Margin" Value="0,0,1,0"></Setter>
❖     <Setter froperty="Width" Value="75"></Setter>
❖     <Setter froperty="Height" Value="25"></Setter>
❖     <Setter froperty="VerticalAlignment" Value="Top"></Setter>
❖     <Setter froperty="HorizontalAlignment" Value="Left"></Setter>
❖     <Setter froperty="Template">
❖       <Setter.Value>
❖         <ControlTemplate TargetType="TabItem">
❖           <Grid Name="flanel" SnapsToDevicePixels="True">
❖
❖             <ContentPresenter x:Name="ContentSite"
❖               VerticalAlignment="Center"
❖               HorizontalAlignment="Center"
❖               SnapsToDevicePixels="True"
❖               Margin="{TemplateBinding Margin}"
❖               RecognizesAccessKey="True"
❖               Focusable="True"
❖               ContentSource="Header"
❖             />
❖           </Grid>
❖           <ControlTemplate.Triggers>
❖             <Trigger froperty="IsSelected" Value="True">
❖               <Setter TargetName="flanel"
❖ froperty="Background" Value="#FF929292" />
❖             </Trigger>
❖             <Trigger froperty="IsSelected" Value="False">
❖               <Setter TargetName="flanel"
❖ froperty="Background" Value="LightGray" />
❖             </Trigger>
❖           </ControlTemplate.Triggers>
❖         </ControlTemplate>
❖       </Setter.Value>
❖     </Setter>
❖   </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

❖ **TextBlockStyle.xaml:**

```

❖ <ResourceDictionary
  xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖   xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖   <Style x:Key="Account Name TextBlock" TargetType="{x:Type TextBlock}">
❖     <Setter froperty="FontSize" Value="14" />
❖     <Setter froperty="Foreground" Value="#333333"></Setter>
❖   </Style>
❖   <Style x:Key="flprimary TextBlock" TargetType="{x:Type TextBlock}">
❖     <Setter froperty="FontSize" Value="14" />

```

```

❖         <Setter floproperty="Foreground" Value="Black"></Setter>
❖         <Setter floproperty="VerticalAlignment" Value="Center"></Setter>
❖     </Style>
❖     <Style x:Key="RibbonTab TextBlock" TargetType="{x:Type TextBlock}">
❖         <Setter floproperty="FontSize" Value="12" />
❖         <Setter floproperty="Foreground" Value="#333333"></Setter>
❖     </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

### ❖ TextBoxStyle.xaml:

```

❖ <ResourceDictionary
❖     xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
❖     xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml">
❖     <Style x:Key="flprimary TextBox" TargetType="{x:Type TextBox}">
❖         <Setter floproperty="BorderThickness" Value="1"/>
❖         <Setter floproperty="KeyboardNavigation.TabNavigation" Value="None"/>
❖         <Setter floproperty="HorizontalContentAlignment" Value="Right"/>
❖         <Setter floproperty="VerticalAlignment" Value="Center"></Setter>
❖         <Setter floproperty="FocusVisualStyle" Value="{x:Null}"/>
❖         <Setter floproperty="ScrollViewer.flanningMode" Value="VerticalFirst"/>
❖         <Setter floproperty="Height" Value="25"></Setter>
❖         <Setter floproperty="FontSize" Value="14"></Setter>
❖         <Setter floproperty="Template">
❖             <Setter.Value>
❖                 <ControlTemplate TargetType="{x:Type TextBox}">
❖                     <Border x:Name="border" Background="{TemplateBinding
❖ Background}" BorderBrush="{TemplateBinding BorderBrush}"
❖ BorderThickness="{TemplateBinding BorderThickness}"
❖ SnapsToDevicepixels="True">
❖                         <ScrollViewer x:Name="flART_ContentHost"
❖ Focusable="false" HorizontalScrollBarVisibility="Hidden"
❖ VerticalScrollBarVisibility="Hidden"/>
❖                     </Border>
❖                     <ControlTemplate.Triggers>
❖                         <Trigger floproperty="IsEnabled" Value="false">
❖                             <Setter floproperty="Opacity" TargetName="border"
❖ Value="0.56"/>
❖                         </Trigger>
❖                     </ControlTemplate.Triggers>
❖                 </ControlTemplate>
❖             </Setter.Value>
❖         </Setter>
❖         <Style.Triggers>
❖             <MultiTrigger>
❖                 <MultiTrigger.Conditions>
❖                     <Condition
❖ floproperty="IsInactiveSelectionHighlightEnabled" Value="true"/>
❖                     <Condition floproperty="IsSelectionActive" Value="false"/>
❖                 </MultiTrigger.Conditions>
❖                 <Setter floproperty="SelectionBrush" Value="{DynamicResource
❖ {x:Static SystemColors.InactiveSelectionHighlightBrushKey}}"/>
❖             </MultiTrigger>
❖         </Style.Triggers>
❖     </Style>
❖ </ResourceDictionary>

```

- Revit:

```

❖ App.cs:
❖ using Autodesk.Revit.UI;
❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Reflection;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖
❖ namespace flrestressCableModel.Revit.Application
❖ {
❖     public class App : IExternalApplication
❖     {
❖         public Result OnShutdown(UIControlledApplication
❖ application)
❖         {
❖             throw new NotImplementedException();
❖         }
❖
❖         public Result OnStartup(UIControlledApplication application)
❖         {
❖             string tabName = "My Custom Tab";
❖             string panelName = "Main flanel";
❖
❖             // Tạo tab (nếu chưa tồn tại)
❖             try { application.CreateRibbonTab(tabName); }
❖             catch { } // Tab đã tồn tại thì bỏ qua
❖
❖             // Tạo panel
❖             Ribbonflanel panel =
❖ application.CreateRibbonflanel(tabName, panelName);
❖
❖             // Đường dẫn DLL hiện tại
❖             string assemblyflath =
❖ Assembly.GetExecutingAssembly().Location;
❖
❖             // Tạo flushButtonData
❖             flushButtonData buttonData = new flushButtonData(
❖                 "MyButton",
❖                 "Say Hello",
❖                 assemblyflath,
❖                 "flrestressCableModel.flrestressCableCommand" // Lớp
❖ IExternalCommand
❖             );
❖             // Thêm button vào panel
❖             flushButton pushButton = panel.AddItem(buttonData) as
❖ flushButton;
❖
❖             if (pushButton != null)
❖             {
❖                 // Thiết lập hình ảnh
❖                 //pushButton.LargeImage =
❖ LoadImage("YourRevitAddin.Resources.icon32.png");
❖
❖                 pushButton.ToolTip = "Create Tendon";
❖             }
❖             return Result.Succeeded;
❖         }
❖     }
❖ }

```

❖ **PrestressCableComand.cs:**

```

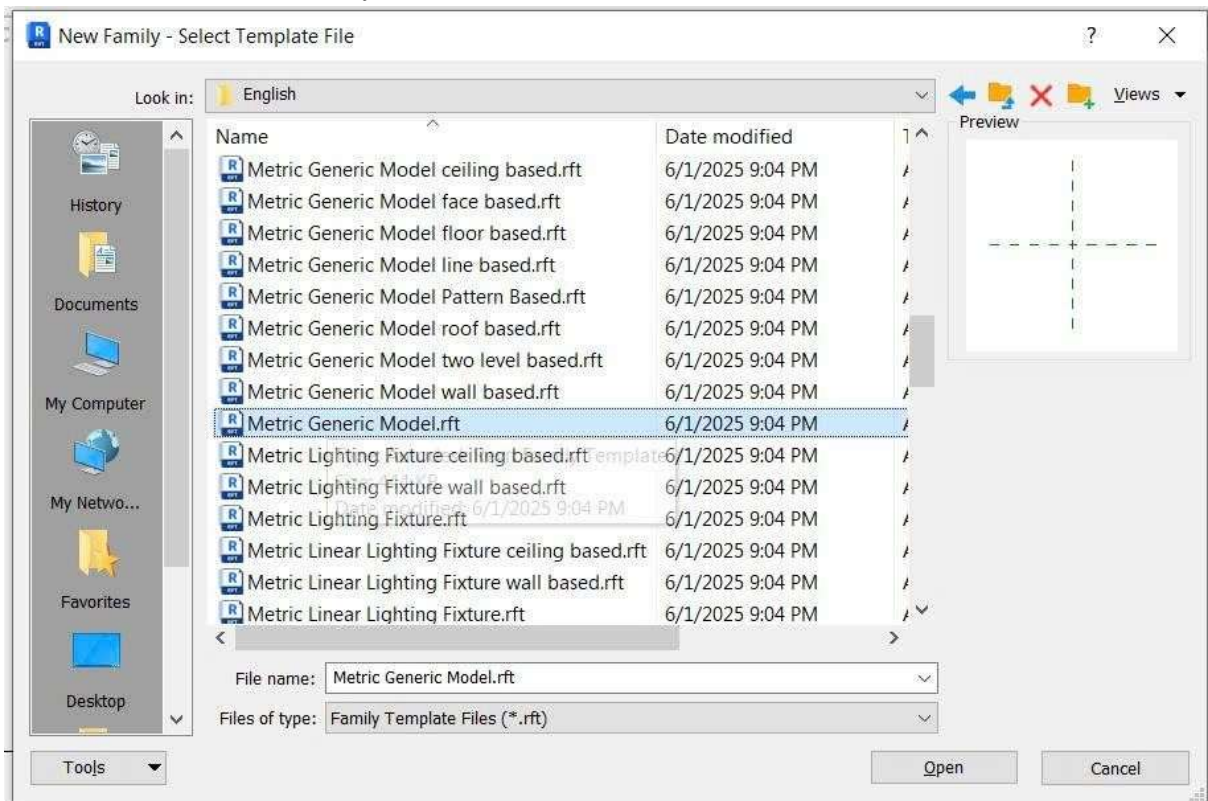
❖ using Autodesk.Revit.Attributes;
❖ using Autodesk.Revit.DB;
❖ using Autodesk.Revit.UI;
❖ using flrestressCableModel.ViewModel;
❖ using System;
❖ using System.Collections.Generic;
❖ using System.Linq;
❖ using System.Text;
❖ using System.Threading.Tasks;
❖ using System.Windows;
❖ using System.Windows.Threading;
❖
❖ namespace flrestressCableModel.Revit.Command
❖ {
❖     [Transaction(TransactionMode.Manual)]
❖     public class flrestressCableCommand : IExternalCommand
❖     {
❖         public Result Execute(ExternalCommandData commandData, ref
❖ string message, ElementSet elements)
❖         {
❖             UIDocument _uidoc =
❖ commandData.Application.ActiveUIDocument;
❖             Document _document = _uidoc.Document;
❖             UIApplication _uiApp = commandData.Application;
❖             try
❖             {
❖                 //var vm = new MainViewModel(_uidoc, _document);
❖                 //Thread newWindowThread = new Thread() =>
❖                 //{
❖                 //    vm.flrestressCableWindow.Dispatcher.Invoke()
=>
❖                 //    {
❖                 //        vm.flrestressCableWindow.ShowDialog();
❖                 //    });
❖                 //    Dispatcher.Run();
❖                 //});
❖                 //newWindowThread.SetApartmentState(ApartmentState.STA);
❖                 //newWindowThread.Start();
❖                 //var vm = new MainViewModel(_uidoc, _document);
❖                 //vm.flrestressCableWindow.Dispatcher.Invoke() =>
❖                 //{
❖                 //    vm.flrestressCableWindow.Show();
❖                 //});
❖                 var vm = new MainViewModel(_uidoc, _document);
❖                 vm.flrestressCableWindow.Dispatcher.Invoke() =>
❖                 {
❖                     vm.flrestressCableWindow.ShowDialog();
❖                 });
❖                 return Result.Succeeded;
❖             }
❖             catch (Exception ex)

```

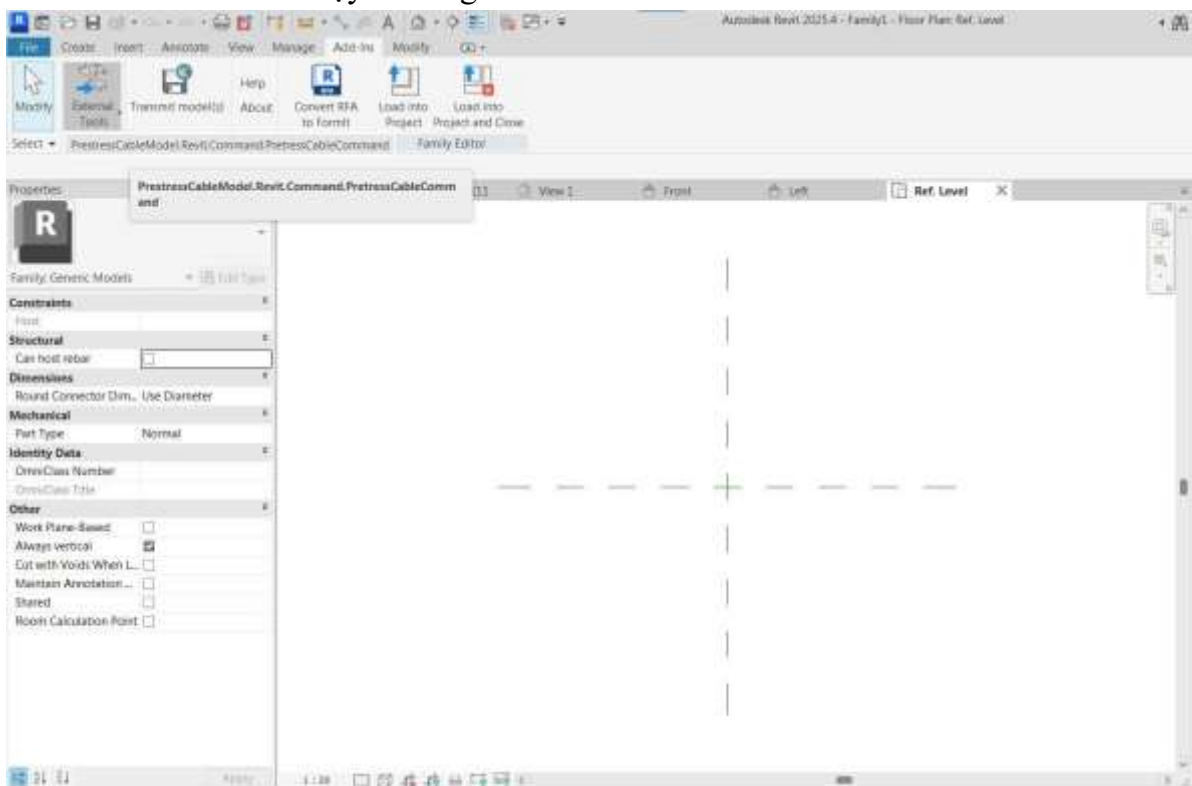


## ❖ Trình tự các Bước Thực Hiện:

- Bước 1: Tạo Family mới.



- Bước 2: Khởi chạy chương trình.

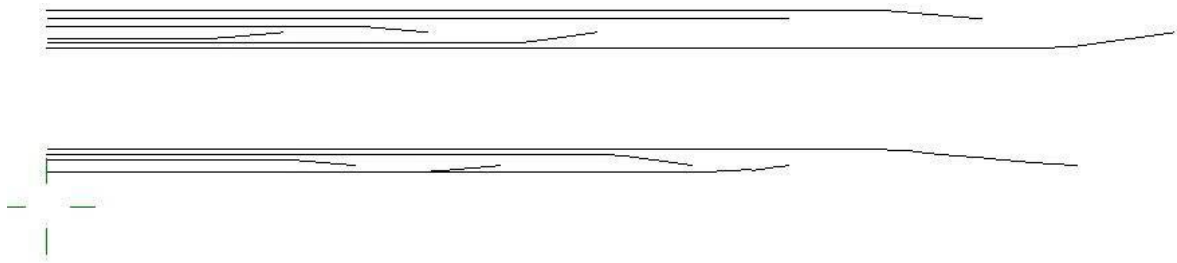




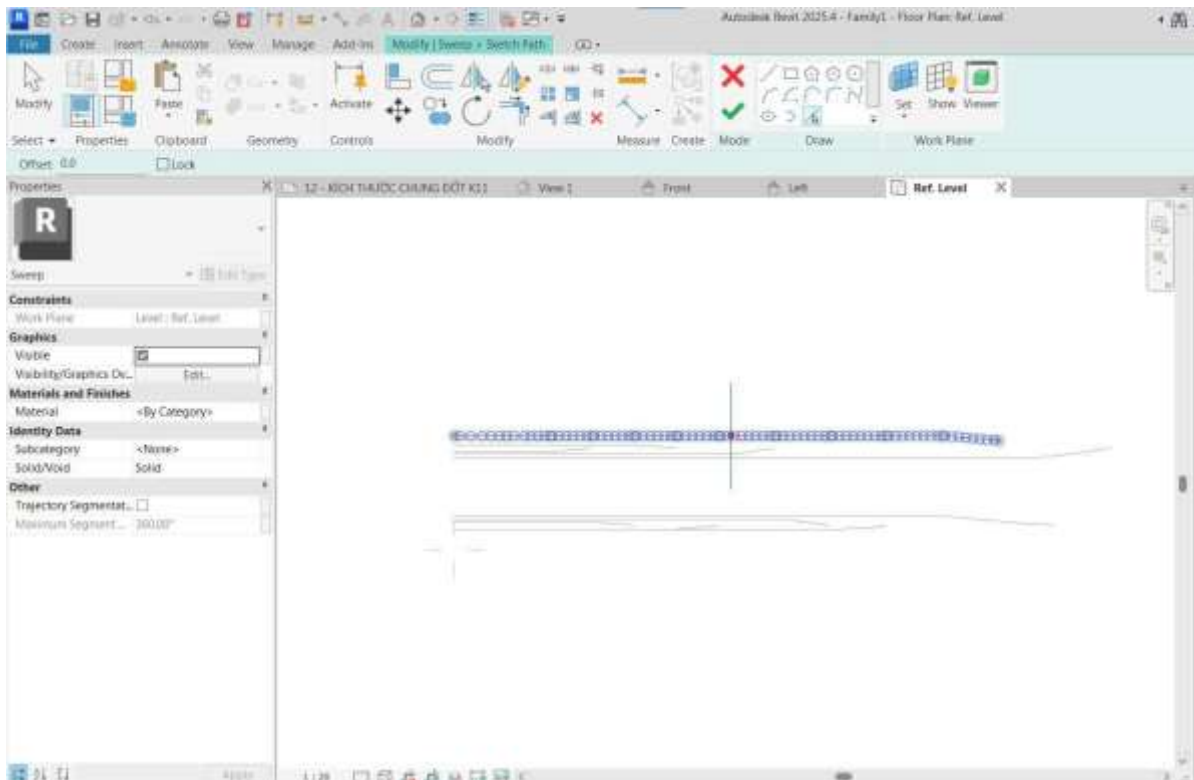
- Bước 3: Nhập file Excel chứa tọa độ cốt thép dự ứng lực.



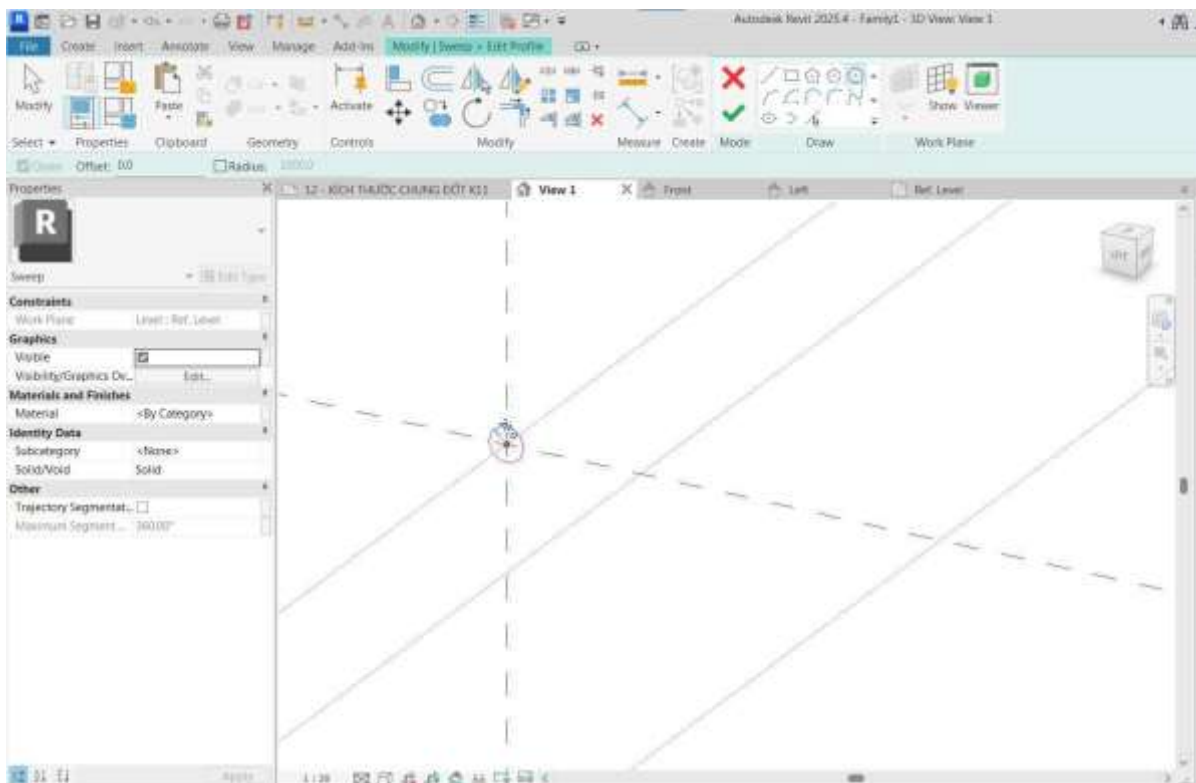
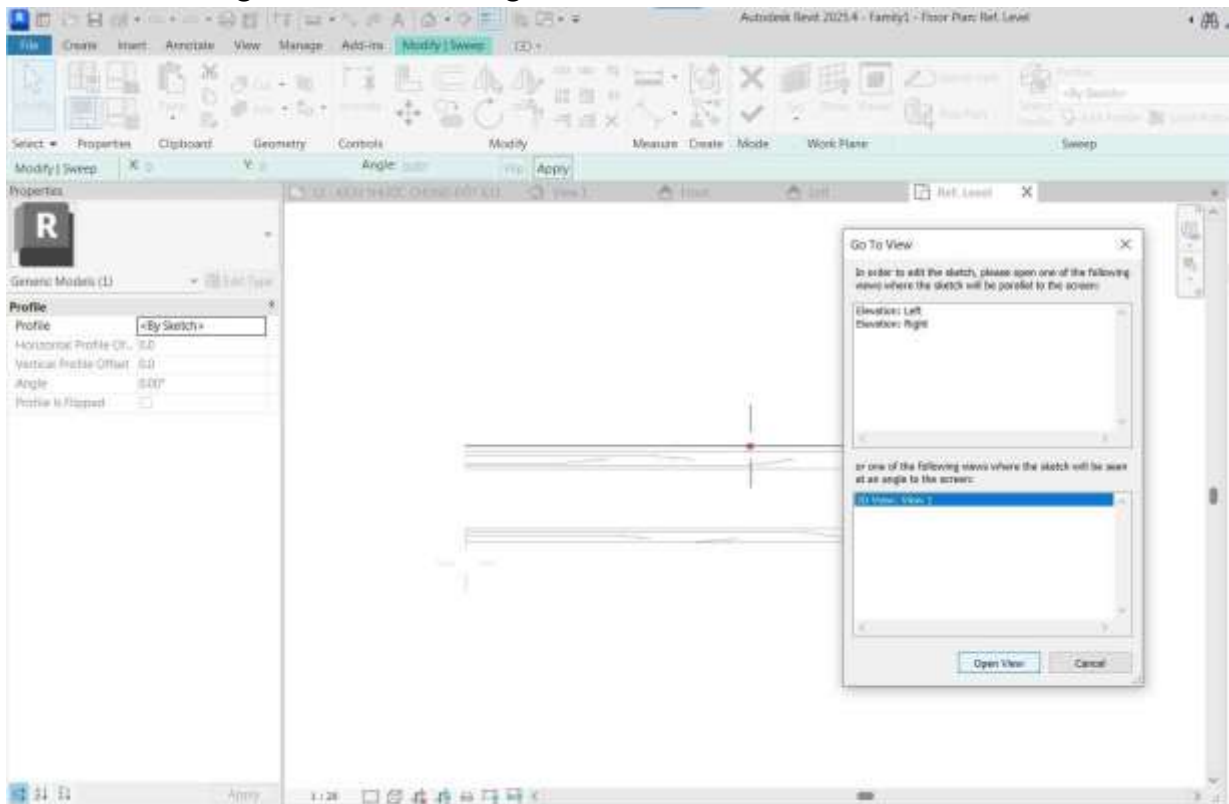
- Bước 4: Tạo đường trọng tâm của bó cốt thép.
- + Tạo ra các đường model line có tọa độ giống tương ứng với tọa độ trong Excel.



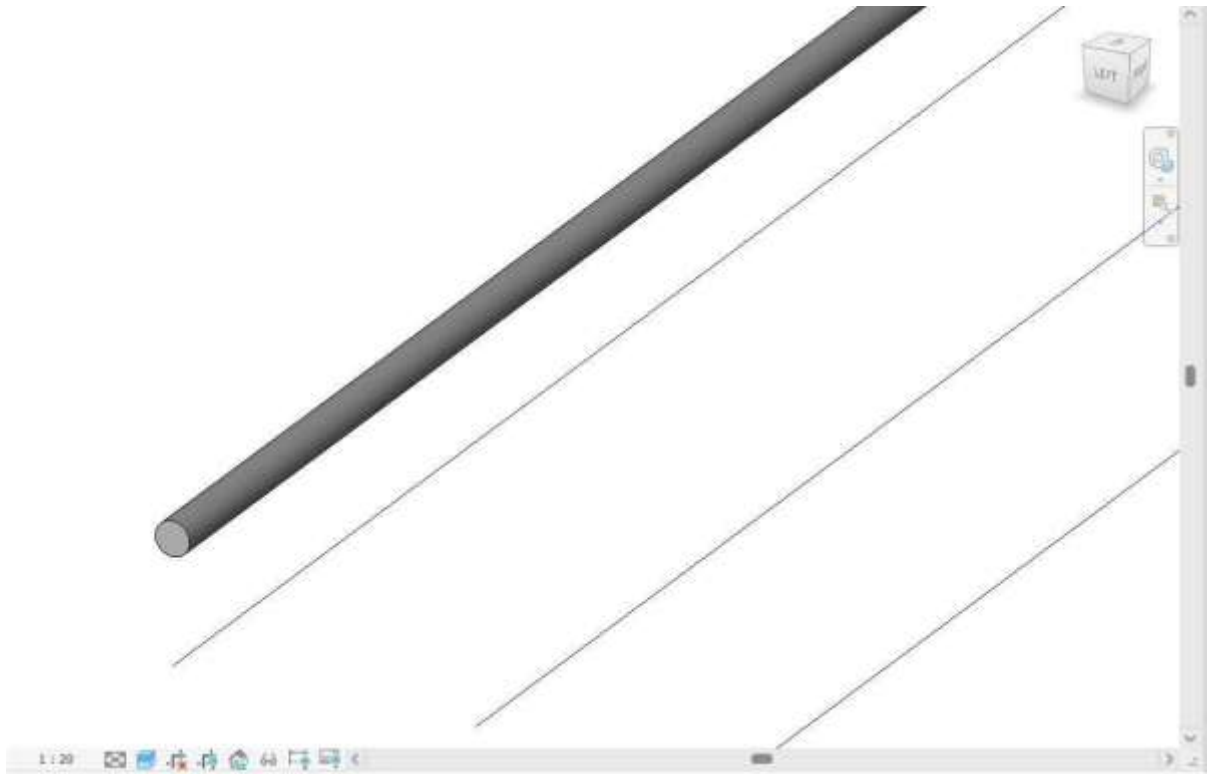
- Bước 5: Tạo cáp.
- + Tạo đường sketch part cho đối tượng sweep.



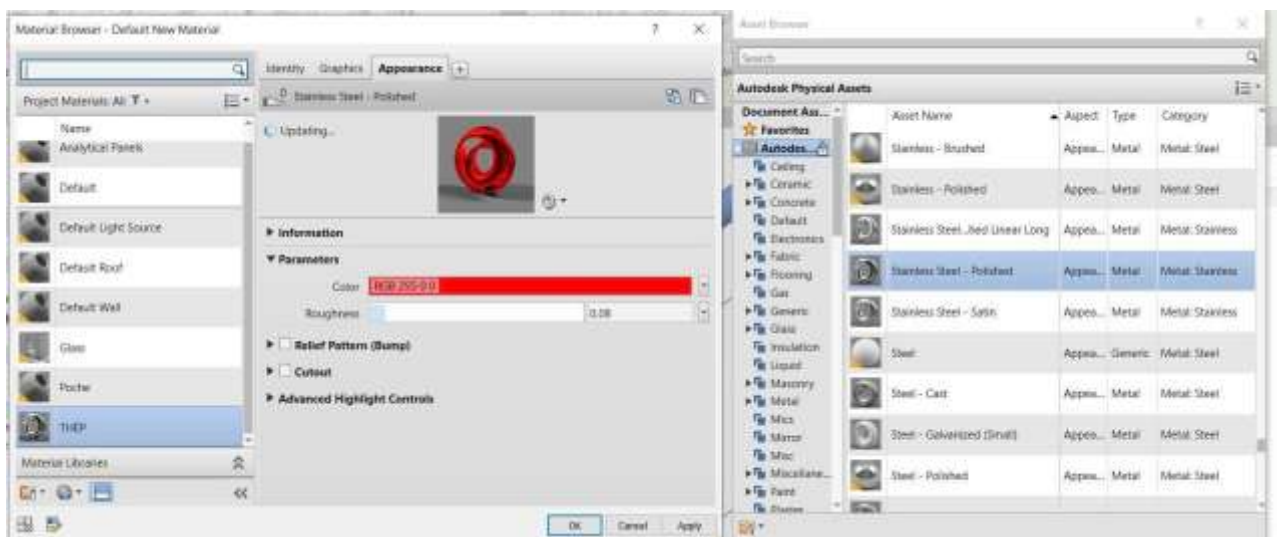
+ Tạo đường kính cho đối tượng.



+ Hoàn thành tạo bó cáp.



– Bước 6: Gắn vật liệu cho đối tượng.



- Bước 7: Import đối tượng vào Model cốt dầm.

