PHÂN TÍCH GIAI ĐOẠN THI CÔNG CẦU DẦM THÉP MẶT CẮT LIÊN HỢP BÊ TÔNG

NỘI DUNG

Giới thiệu Mặt cắt ngang Vật liệu Tải trong Tạo các giai đoạn thi công Thiết lập điều kiện làm việc và nhập các thuộc tính mặt cắt/vật liệu Thiết lập điều kiên làm việc Nhập các thông số vật liêu Nhập các thông số mặt cắt Nhập các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian Tạo mô hình cầu Định nghĩa các nhóm Tao mô hình cầu Nhập các điều kiện biên Nhập các điều kiện biên gối Nhập chiều rộng có hiệu Nhập số liệu tải trọng Định nghĩa các giai đoạn thi công Định nghĩa một nhóm phần tử Xây dựng các giai đoạn thi công Định nghĩa các mặt cắt liên hợp tương ứng với mỗi giai đoạn thi công Thực hiện phân tích kết cấu Biểu diễn kết quả phân tích Biểu diễn các thành phần lực Biểu diễn các thành phần ứng suất

1 Giới thiệu

Khi một mặt cắt được xây dựng có nhiều hơn hai vật liệu, cần xem xét hiệu ứng liên hợp trong phân tích kết cấu. Hơn nữa, khi mặt cắt liên hợp gồm có bê tông, cần phải xem xét vấn đề từ biến và co ngót. Trong cầu liên hợp, ở ví dụ này, gồm có bản bê tông và dầm thép hình chữ I, sẽ được mô hình bằng cách sử dụng tính năng hỗ trợ mô hình mặt cắt liên hợp và phương pháp giai đoạn thi công. Quá trình kiểm tra kết quả sẽ được thực hiện sau.

Kiểu cầu và nhịp liên tục được sử dụng trong ví dụ này như sau:

Kiểu cầu: cầu dầm I liên hợp 3 nhịp liên tục, bản bê tông.

Chiều dài cầu: L = 45.0 + 55.0 + 45.0 = 145.0m

 $B\hat{e}$ rộng cầu: B = 12.14m

Cầu thẳng, mố trụ đặt vuông góc với cầu.



Hình 1: Mô hình phân tích

MIDAS/Civil cung cấp lệnh tạo mặt cắt liên hơpj cho giai đoạn thi công để thực hiện việc phân tích giai đoạn thi công của mặt cắt liên hợp. Trong ví dụ này, phương pháp phân tích kết cấu trong cả giai đoạn thi công và mặt cắt liên hợp sẽ được thảo luận.

Trình tự thực hiện việc phân tích giai đoạn thi công của cầu liên hợp như sau:

- 1. Định nghĩa các thông số vật liệu và mặt cắt
- 2. Định nghĩa các nhóm kết cấu, nhóm điều kiện biên và nhóm tải trọng
- 3. Định nghĩa các giai đoạn thi công
- 4. Kích hoạt các nhóm điều kiện biên và các nhóm tải trọng tương ứng với mỗi giai đoạn thi công.
- 5. Kích hoạt các mặt cắt bản tương ứng với mõi giai đoạn thi công theo quá trình thi công bản mặt cầu.
- 6. Biểu diễn các kết quả phân tích cho mỗi giai đoạn thi công.



1.1 Mặt cắt ngang

Hình 2: Mặt cắt ngang

Mô hình cầu được sử dụng trong ví dụ này được làm đơn giản để mỗi dầm có mặt cắt giống nhau và mọi dầm ngang cũng có mặt cắt giống nhau.

1.2 Vật liệu

Cấu kiện	Mặt cắt	Ghi chú
Dầm chủ	A53	Thép
Dầm ngang	A36	Thép
Bån	Mác C6000	Bê tông (Sử dụng một hàm cường độ nén của bê tông)

1.3 Tải trọng

Tải trọng tĩnh trước khi liên hợp

- Tải trọng bản than của dầm thép chủ: được tự động chuyển đổi thành tải trọng bản than trong chương trình
- Tải trọng bản thân của bản: được nhập vào dưới dạng các tải trọng dầm

Tải trọng tĩnh sau khi liên hợp

Được nhập vào thành các tải trọng dầm

1.4 Giai đoạn thi công

Định nghĩa các trường hợp tải trọng và nhóm tải trọng



Hình 3: Quá trình thi công bản và mỗi phần của mặt cắt bản

Ī	Trường hợp tải	Nhóm tải	Kiểu tải	Chi chú
	trọng	trọng	trọng	Oni chu
	DL (BC) 1	DL (BC) 1	Self- weight	Trọng lượng bản thân của dầm
	DL (BC) 2	DL (BC) 2	Beam Load	Trọng lượng bản thân của bản tương ứng trong phạm vi 0.8xL1
	DL (BC) 3	DL (BC) 3	Beam Load	Trọng lượng bản thân của bản trong phạm vi $0.2 \times L1 + 0.8 \times L2$
	DL (BC) 4	DL (BC) 4	Beam Load	Trọng lượng bản thân của bản trong phạm vi $0.2 \times L2 + L3$
DL (AC) DL (AC)		Beam Load	Tải trọng tĩnh gia thêm (lớp phủ mặt cầu, tay vịn, lan can)	

Các bản có một điểm cong tại vị trí 0.2L tính từ gối giữa, khi đổ bê tông mới trên bê tông cũ, tạo đoạn cong ở nơi không có ứng suất xảy ra.

Định nghĩa các nhóm điều kiện biên

Nhóm điều kiện biên	Kiểu điều kiện biên	Ghi chú
BGroup	Supports	Gối cứng
E_Width1	Effective Width Scale Factor	Tỷ số của mô men quán tính tính với chiều dài có hiệu và mô men quán tính tính với tổng chiều dài có hiệu. Mặt cắt CS2 (tại vị trí giữa của nhịp thứ nhất)
E_Width2	Effective Width Scale Factor	Tỷ số của mô men quán tính tính với chiều dài có hiệu và mô men quán tính tính với tổng chiều dài có hiệu. Mặt cắt CS3 (tại vị trí gối giữa thứ nhất và ở giữa của nhịp thứ hai)
E_Width3	Effective Width Scale Factor	Tỷ số của mô men quán tính tính với chiều dài có hiệu và mô men quán tính tính với tổng chiều dài có hiệu. Mặt cắt CS4 (tại vị trí gối giữa thứ hai và ở giữa của nhịp thứ ba)

Giai đoạn thi	Nhóm kết cấu	Nhóm điều kiện	Nhóm tải trọng (được kích hoạt)		Khoảng thời	Ghi chú
cong		blen	INNOM	Buoc	gian	
CS1	SGroup	BGroup	DL (BC) 1 DL (BC) 2	First step First step	5	Mật cất chưa liên hợp
CS2	-	E_Width1	DL (BC) 3	25 ngày	30	Mặt cắt CS2 đã liên hợp
CS3	-	E_Width2	DL (BC) 4	25 ngày	30	Mặt cắt CS3 đã liên hợp
CS4	-	E_Width3	DL (AC)	First step	10,000	Mặt cắt CS4 đã liên hợp

Định nghĩa các giai đoạn thi công

- SGroup biểu diễn một nhóm kết cấu gồm có tất cả các cấu kiện (dầm chủ, dầm ngang)
- Một nhóm phần tử là đủ vì hình học của kết cấu không thay đổi theo các giai đoạn thi công
- Sử dụng tính năng Composite Section for Construction Stage, định nghĩa một mặt cắt liên hợp/không liên hợp theo quá trình thi công bản.
- Giả thiết rằng cần 25 ngày để chế tạo ván khuôn và bản bê tông có được cường độ ban đầu tại ngày thứ 5. Sau đó, cần 30 ngày để hoàn thành việc thi công.
- Trọng lượng bản than của bản được nhập vào theo dạng tải trọng phần tử dầm (Element Beam Loads) sẽ được kích hoạt tại ngày thứ 25 khi ván khuôn đã được lấp ráp xong.

CS1

- Phát sinh các dầm chủ bằng thép và các dầm ngang dọc theo chiều dài cầu.
- Sử dụng tính năng Self Weight để nhập vào trọng lượng bản thân của dầm và dùng tính năng Element Beam Loads để nhập trọng lượng bản thân bản của mặt cắt CS2. (xem hình 4).

CS2

- Mặt cắt CS2 khi liên hợp
- Nhập vào bề rộng có hiệu của mặt cắt CS2
- Sử dụng tính năng Element Beam Loads để nhập trọng lượng bản thân bản của mặt cắt CS3 (xem hình 4).

CS3

- Mặt cắt CS3 khi liên hợp
- Nhập bề rộng có hiệu của mặt cắt CS3
- Sử dụng tính năng Element Beam Loads để nhập trọng lượng bản thân bản của mặt cắt CS4 (xem hình 4).

CS4

- Mặt cắt CS4 liên hợp
- Nhập chiều rộng có hiệu của mặt cắt CS4
- Sử dụng tính năng Element Beam Loads để nhập tĩnh tải phần 2.



Hình 4: Trọng lượng bản và tĩnh tải phần hai được xếp tại mỗi giai đoạn thi công.

2 Thiết lập điều kiện làm việc và nhập các thuộc tính mặt cắt/vật liệu

Mở một file mới (New Project) để bắt đầu mô hình cầu dầm bản và ghi lại file (Save) với tên 'I-Girder Composite Bridge'.

File / D New Project File / Save (I-Girder Composite Bridge)

2.1 Thiết lập điều kiện làm việc

Đặt hệ thống đơn vị là 'kN' và 'm' cho mô hình của ví dụ này.

Tools / *Unit System* Length>m ; Force>kN



Hình 5: Màn hình khởi tạo và hộp thoại hệ thống đơn vị

2.2 Nhập thông số vật liệu

Các thông số vật liệu của dầm chủ, dầm ngang và bản có thể được định nghĩa bằng cách sử dụng thư viện được xây dựng trong MIDAS/Civil.

Model / Property / Aterial Type>Steel ; Standard>ASTM(S) DB>A53 ; DB>A36 Type>Concrete ; Standard>ASTM(RC) DB>Grade C6000

Properties	Materia
Meteriel Section Thickness ID Name Type Standard DB 1 A53 Steel ASTM(S) A53 2 A36 Steel ASTM(S) A36 3 Grade C6, Concrete ASTM(RC) Grad Letter Loopy Import Import	General Material Number : 1 Name A53 Type Steel Concrete Standard ASTM(S) DB A53 Concrete Standard DB T
	Analysis Data Type of Material : Isotropic Steel Modulus of Elasticity : 1,9995e+008 kN/m² Poisson's Ratio 0,3 Thermal Coefficient : 1,1700e-005 Weight Density 77.09 KN/m²
	Concrete Modulus of Elasticity : 0.0000e+000 kN/m* Poisson's Ratio 0 Thermal Coefficient 0.0000e+000 1/[T] Weight Density 0 kN/m*
	Thermal Transfer Specific Heat : 0 J/kV·[T] Heat Conduction : 0 J/m·hr·[T] OK Cancel Apply :

Hình 6: Nhập thông số vật liệu

2.3 Nhập các thông số mặt cắt

Với quá trình thi công được xem xét, các dầm chủ sẽ có các tên mặt cắt khác nhau từ giai đoạn này đến giai đoạn khác. Trong ví dụ này, giả thiết tất cả các mặt cắt dầm là giống nhau; như vậy, các dầm sẽ có các thông số mặt cắt giống nhau nhưng có các tên khác nhau (Sec 1, Sec 2, Sec 3 và Sec 4). Để tạo các dầm ngang, sử dụng mặt cắt kiểu người dùng định nghĩa.



Hình 7: Bố trí mặt cắt

Bảng mặt cắt

Phân loại	Mặt cắt	Ghi chú
Dầm chủ	H 3200×800×900×20×32/34	Mặt cắt liên hợp
Dầm ngang	H 800×400×20×20/20	Mặt cắt người dùng định nghĩa

Model / Property / Section

Composite tab

Section ID (1) ; Name (Sect 1) ; Offset>Center-Center Section Type>Steel-I ; Slab Width (12.14) ; Girder>Num (2) ; CTC (6.15) Slab>Bc (6.07) ; tc (0.25) ; Hh (0.028) Girder>Hw (3.2) ; tw (0.02) ; B1 (0.8) ; tf1 (0.032) ; B2 (0.9) ; tf2 (0.034) Material> Select Material from DB ... Concrete Material>DB>ASTM(RC) ; Name>Grade C6000 Steel Material>DB>ASTM(S) ; Name>A53

Section ID (2) ; Name (Sect 2)

Section ID (3) ; Name (Sect 3)

	Section Data
	DB/User Value SRC Combined PSC Tapered Composite
Properties X Moterial Section Thickness Inickness ID Name Type Shape Add 1 Sect 1 Composite 2 Sect 2 Composite 3 Sect 3 Composite 4 CBcam User Import Renumber	Section ID 1 BC BC BC BC BC BC BC BC BC BC
	Show Calculation Results OK Cancel Apply

Hình 8: Hộp thoại dữ liệu mặt cắt

DB/User tab

```
Section ID (4) ; Name (CBeam) ; Offset>Center-Center
Section Shape>I-Section ; User
H (0.84) ; B1 (0.4) ; tw (0.02) ; tf1 (0.02)
```

2.4 Nhập các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian

Các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian sẽ được định nghĩa với sự thay đổi của cường độ bê tông dẫn đến sự thay đổi của mô đun đàn hồi bê tông, từ biến và co ngót phát triển theo thời gian.

Các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian được xác định từ tiêu chuẩn CEB-FIP. Bề dầy của bản là 25cm sẽ được sử dụng để tính toná kích thước danh định của cấu kiện.

- Cường độ ở tuổi 28 ngày: 20000 kN/m²
- Độ ẩm tương đối: 70%
- Kích thước danh định: $2 \times Ac/u = (2 \times 12.14 \times 0.25) / (12.14 + 0.25) 2 = 0.245$
- ✤ Kiểu bê tông: Bê tông thường

Thời gian bỏ ván khuôn: 3 ngày sau khi đổ bê tông (thời gian bắt đầu xảy ra hiện tượng co ngót)

Model / Property / Time Dependent Material (Creep & Shrinkage) Name (Mat-1) ; Code>CEB-FIP Compressive strength of concrete at the age of 28 days (20000) Relative humidity of ambient environment (40 ~ 99) (70) Notational size of member (0.245) Type of cement>Normal or rapid hardening cement (N, R) Age of concrete at the beginning of shrinkage (3)

	Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage) 🛛 🛛 🗙
Time Dependent Material (Creep/Shrinkage)	Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage) X Name : Mat-1 Code : CEB-FIP CEB Compressive strength of concrete at the age of 28 days : 20000 kN/m² Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) : 70 X Notational size of member : 0.245 m h = 2 + Ac / u (Ac : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere) Type of cement C Rapid hardening high strength cement (RS) © Normal or rapid hardening cement (N, R) C Slowly hardening cement (SL) Age of concrete at the beginning of shrinkage :
Close	[Show Hesult]) OK Cancel Apply

Hình 9: Định nghĩa các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian

(từ biến & co ngót) của bê tông.

Bê tông được đổ được làm cứng và thu được cường độ theo tuổi. Để xem xét điều này, một hàm cường độ nén của bê tông được đưa ra ở đây theo tiêu chuẩn CEB-FIP. Số liệu được nhập vào trong hộp thoại Time Dependent Material (Creep/Shrinkage) được lấy trong hộp thoại Time Dependent Material (Comp.Strength).

Model / Property / Time Dependent Material (Comp. Strength) Name (Mat-1) ; Type>Code Development of Strength>Code>CEB-FIP Concrete Compressive Strength at 28 Days (S28) (20000) Cement Type(a)>N, R : 0.25 ; Redraw Graph



Hình 10: Định nghĩa hàm cường độ nén của bê tông thay đổi theo thời gian

Trong MIDAS/Civil, vật liệu phụ thuộc thời gian được định nghĩa một cách tách biệt với vật liệu thông thường, và các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian có thể được gán cho các vật liệu thông thường được chọn.

Trong ví dụ nà, các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian sẽ được gán cho bản bê tông (Mác C6000).

```
Model / Property / Time Dependent Material Link
Time Dependent Material Type>Creep/Shrinkage>Mat-1
Comp. Strength>Mat-1
Select Material for Assign>Materials>
3:Grade C6000 Selected Materials ; Operation> Add / Modify
```

Time Dependent Material Link
Time Dependent Material Type Creep/Shrinkage Mat-1 💌 Comp Strength Mat-1 💌
Select Material to Assign
Materials Selected Materials
1:A53 2:A36 3:Grade C6000 >
Operation
Add / Modify Delete
No Mat Creep Comp 3 Grad Mat-1 Mat-1
Close

Hình 11: Gán các thông số vật liệu phụ thuộc thời gian cho vật liệu thông thường.

3 Xây dựng mô hình cầu

Sau khi định nghĩa các nhóm cần thiết để tạo các giai đoạn thi công, xây dựng mô hình cầu cho mỗi giai đoạn thi công. Ví dụ này giải thích kỹ thuật gán các giai đoạn thi công khi sử dụng mặt cắt liên hợp.

3.1 Định nghĩa các nhóm

Xem bảng dưới đây để định nghĩa các nhóm (nhóm kết cấu, nhóm điều kiện biên và nhóm tải trọng).

Giai đoạn thi	Nhóm kết cấu	Nhóm điều kiện	Nhóm tải trọng (được kích hoạt)		Khoảng thời	Ghi chú
công		biên	Nhóm	Bước	gıan	
CS1	SGroup	BGroup	DL (BC) 1 DL (BC) 2	First step First step	5	Mặt cắt chưa liên hợp
CS2	-	E_Width1	DL (BC) 3	25 ngày	30	Mặt cắt CS2 đã liên hợp
CS3	-	E_Width2	DL (BC) 4	25 ngày	30	Mặt cắt CS3 đã liên hợp
CS4	-	E_Width3	DL (AC)	First step	10,000	Mặt cắt CS4 đã liên hợp

Phần Nhóm (Group)

Group>Structure Group New... Name (SGroup) Add Group>Boundary Group New... Name (BGroup) Add Name (E_Width) ; Suffix (1to3) Add Group>Load Group New... Name (DL(BC)) ; Suffix (1to4) Add Name (DL(AC)) ; Suffix () Add

🙀 [Protessional] - [E:WI-GirderWI-Girder Composite B	idge] – [Model View]	_ 6 ×
Se Ele Edit View Model Load Analysis Besults	Design Mode Query Iools Window Help	X
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
Millane V S	⊇ ද රැලැසයක් ගේ කරා ප්රේක්ෂය කර	
Merou tess Orcup Note Group		
For Help, press F1	Nonet U: 25, 0, 0 6: 25, 0, 0 kN + m + 1: 0 non + 1	3/23

Hình 12: Định nghĩa các nhóm

3.2 Xây dựng mô hình cầu

3.2.1 Phát sinh các dầm chủ

Xem hình 13 để thực hiện việc phát sinh các dầm chủ.



Hình 13: Quá trình thi công bản và mỗi phần của mặt cắt bản

Trong ví dụ này, các dầm ngang được đặt tại khoảng cách 5m và bê tông bản được đổ theo quá trình thi công như trên hình 13. Để xem xét chiều rộng có hiệu của các dầm chủ, các phần tử dầm sẽ được phát sinh có các chiều dài sau đây:

Mặt cắt CS2	7@5 + 1	=	36m	(Dùng Sect 1)
Mặt cắt CS3	4+3@5+1+3+6@5	=	53m	(Dùng Sect 2)
Mặt cắt CS4	1+3@5+4+1+7@5	=	56m	(Dùng Sect 3)

Top View , Node Snap (on), Element Snap (on), Auto Fitting (on)
Model / Nodes / Create Nodes
Coordinates (0, 0, 0)
Copy>Number of Times (1) ; Distance (0, 6.15, 0)
Model / Elements / Extrude Elements
Select All
Extrude Type>Node Line Element
Element Attribute>Element Type>Beam
Material>1:A53 ; Section>1 : Sect 1
Generation Type>Translate
Translation>Unequal Distance
Axis>x ; Distance (7@5,1,4,3@5,1,4,5@5,4,1,3@5,4,1,7@5)



Hinh 15: Phát sinh các dầm chủ

Để gán các phần tử dầm chủ của CS3 cho mặt cắt Sect 2, và các phần tử dầm của CS4 cho Sect 3, sử dụng tính năng kéo và thả.

Nhóm làm việc (Works)

Select Window (Elements: all girders in CS3 section; that is, 17to40) Properties>Section>Sect 2 (*Kéo và thå*)

Select Window (Elements: all girders in CS4 section; that is, 41to66) Properties>Section>Sect 3 (*Kéo và thå*)



Hình 15: Các tên mặt cắt khác nhau được gán cho mỗi phần của mặt cắt

3.2.2 Phát sinh các dầm ngang

Phát sinh các dầm ngang như sau:

Node Number (on)
 Model / Elements / Create Elements
 Element Type>General beam/Tapered beam
 Material>2:A36 ; Section>4:CBeam ; Beta Angle (0)
 Nodal Connectivity (1, 2)
 Model / Elements / Translate Elements

Select Recent Entities Mode>Copy ; Translation>Equal Distance dx, dy, dz (5, 0, 0) ; Number of Times (145/5)



Hình 16: Phát sinh các dầm ngang

4 Nhập các điều kiện biên

4.1 Nhập các điều kiện biên gối cứng

Vì tất cả các điều kiện biên của kết cấu được kích hoạt đồng thời tại giai đoạn 1 (CS1), nhóm BGroup là nhóm điều kiện biên gồm tất cả các liên kết của cầu.

 Model / Boundary / Supports

 Boundary Group Name>BGroup

 ✓ Select Single (Node: 21)

 Options>Add ; Support Types>D-ALL (on)

 ✓ Select Single (Nodes: 1, 47, 67)

 Options>Add ; Support Types>Dy, Dz (on)

 ✓ Select Single (Nodes: 2, 48, 68)

Options>Add ; Support Types>Dz (on)

Select Single (Nodes: 22)

Options>Add ; Support Types>Dx, Dz (on)



Hình 17: Nhập các điêu kiện biên

4.2 Nhập bề rộng có hiệu

Nhập các hệ số tỷ lệ cho mô men quán tính của các mặt mặt cắt dầm để xem xét hiệu bề rộng có hiệu. Trong MIDAS/Civil, hệ số tỷ lệ bề rộng có hiệu (Effective Width Scale Factor) sẽ được sử dụng để tính toán các thành phần ứng suất.

Nếu bạn muốn tính toán các ứng suất trong một mặt cắt có xét đến bề rộng cánh có hiệu, sử dụng tính năng Effective Width Scale Factor với tỷ số mô men quán tính I_{yy} của mặt cắt có hiệu và mô men quán tính mặt cắt nguyên, được nhập trong mục Scale Factor for Iy.

	Chiều	Mô men quán tính Iyy		Hệ số tỷ lệ của
Phân loại rộng c		Iyy_1 (bề rộng Iyy_2 (bề		In $V_{\rm M}$ 2/ $V_{\rm M}$ 1
	hiệu	đầy đủ)	rộng có hiệu)	1y, 1yy_2/1yy_1
Tại vị trí giữa	5 653	0.4696905	0.4628585	0.985
nhịp biên	5.055	0.4090903	0.4020505	0.965
Tại gối	5.117	0.4696905	0.4530761	0.965
Tại vị trí giữa				
nhịp chính	5.839	0.4696905	0.4659784	0.992

🖵 Display

Boundary>All; Support (on) **Node Number** (off), **Element Number** (on) Model / Boundary / Effective Width Scale Factor Boundary Group Name>E Width1 Select Single (Elements: 1~16) Scale Factor Iy (0.985) Boundary Group Name>E_Width2 Select Single (Elements: 17~26) Scale Factor Iy (0.965) Select Single (Elements: 27~40) Scale Factor Iy (0.992) Boundary Group Name>E Width3 Select Single (Elements: 41~50) Scale Factor Iy (0.965) Select Single (Elements: 51~66) Scale Factor Iy (0.985)



Hình 18: Nhập hệ số tỷ lệ cho mô men quán tính của mặt cắt có xét đến bề rộng có hiệu

5 Nhập dữ liệu tải trọng tác dụng

Trong ví dụ này đưa các tải trọng trước và sau khi liên hợp bằng cách sử dụng tính năng Element Beam Loads. Xem bảng dưới đây để đưa tải trọng cho mỗi giai đoạn thi công.

	Dầm trái		Dầm phải		
Phân loại	Tải trọng phương đứng (FZ)	Mô men xoắn	Tải trọng phương đứng (FZ)	Mô men xoắn	
Tải trọng trước khi liên hợp, DL (BC)	-38.96	-1.49	-38.96	1.49	
Tải trọng sau khi liên hợp, DL (AC)	-18.69	19.69	-18.69	-19.69	

Để định nghĩa các tải trọng tác dụng tại mỗi giai đoạn thi công, chọn tải trọng giai đoạn thi công (Construction Stage Load) cho mục loại tải trọng (Load Type).

Đầu tiên bạn cần phải định nghĩa các trường hợp tải trọng.

Load / Static Load Cases

Name (DL(BC)1); Type>Construction Stage Load (CS)	<u>A</u> dd
Name (DL(BC)2) ; Type>Construction Stage Load (CS)	<u>A</u> dd
Name (DL(BC)3) · Type>Construction Stage Load (CS)	<u>A</u> dd
Name (DL(BC)4): Type Construction Stage Load (CS)	<u>A</u> dd
Name $(DL(AC))$: Type>Construction Stage Load (CS)	<u>A</u> dd
Name (DL(AC)), Type-Construction Stage Load (CS)	

itic I	Load C	ases			
Na	me	: DL(AC)			<u>A</u> dd
Ту	pe	: Construc	tion Stage Load (CS)	•	<u>M</u> odify
De	scriptio	n : I			<u>D</u> elete
	No	Name	Туре	Descrip	otion 🔺
	1	DL(BC)1	Construction Stage Load (
	2	DL(BC)2	Construction Stage Load (
	3	DL(BC)3	Construction Stage Load (
	4	DL(BC)4	Construction Stage Load (
	5	DL(AC)	Construction Stage Load (
*					
					_
					-

Hình 19: Định nghĩa các trường hợp tải trọng

5.1 Gán các tải trọng tĩnh cho mặt cắt trước khi liên hợp

Sử dụng tính năng Element Beam Loads để đưa trai trọng phân bố tác dụng lên các phần tử dầm.



Hình 20: Nhập các tải trọng trước khi liên hợp của bản cho mặt cắt giai đoạn 2

Iso View, Element Number (off)

Load / Self Weight Load Case Name> DL(BC)1 ; Load Group Name>DL(BC)1 Self Weight Factor>Z (-1) ; Operation>Add Load / Element Beam Loads Select Identity-Elements Select Type>Section ; 1:Sect 1 Add Load Case Name> DL(BC)2 ; Load Group Name>DL(BC)2

Load Type>Uniform Loads

Direction>Global Z ; Projection>No ; Value>Relative x1 (0) ; x2 (1) ; w (-38.96)
Select Polygon
(Elements: 2to16by2, phần thứ nhất của mặt cắt liên hợp ở bên trái dầm) Load Type>Uniform Moments/Torsions
Direction>Global X ; Projection>No ; Value>Relative x1 (0) ; x2 (1) ; w (1.49)
Select Polygon
(Elements: 1to15by2, phần thứ nhất của mặt cắt liên hợp ở bên phải dầm) x1 (0) ; x2 (1) ; w (-1.49)

Tương tự, đưa tải trọng trước khi liên hợp DL (BC) 3 cho mặt cắt CS3 và tải trọng trước khi liên hợp DL (BC) 4 cho mặt cắt CS4.



Hình 21: Tải trọng bản của mặt cắt trong giai đoạn CS3 và CS4

5.2 Gán các tải trọng tĩnh cho mặt cắt sau khi liên hợp

Sử dụng tính năng Element Beam Loads để gán một tải trọng phân bố cho các phần tử dầm.

Load / Element Beam Loads

Select Identity-Elements

Select Type>Section ; 1:Sect 1, 1:Sect 2, 1:Sect 3
Add

Load Case Name> DL(AC) ; Load Group Name>DL(AC)

Load Type>Uniform Loads
Direction>Global Z ; Projection>No ; Value>Relative
x1 (0) ; x2 (1) ; w (-18.69)

Select Polygon (Elements: 2to62by2, left girders)

Load Type>Uniform Moments/Torsions
Direction>Global X ; Projection>No ; Value>Relative
x1 (0) ; x2 (1) ; w (-19.69)

Select Polygon (Elements: 1to61by2, right girders)
x1 (0) ; x2 (1) ; w (19.69)



Hình 22: Nhập vào các tĩnh tải phần hai

6 Định nghĩa các giai đoạn thi công

6.1 Định nghĩa một nhóm phần tử

Gán các nút và các phần tử thích hợp thành nhóm phần tử, nhóm phần tử này sẽ được đưa vào trong phân tích các giai đoạn thi công tiếp theo.

Phần nhóm (**Group**) Select All Group>Structure Group>SGroup (*Kéo và thả*)



Hình 23: Gán các phần tử thành một nhóm kết cấu

6.2 Thiết lập các giai đoạn thi công

Xem bảng dưới đây để định nghĩa mỗi giai đoạn thi công.

Giai	Nhóm kất	Nhóm	Nhóm tải tr	ọng (được	Khoång	
đoạn thi		điều kiện	kích ł	noạt)	thời	Ghi chú
công	Cau	biên	Nhóm	Bước	gian	
CS1	SGroup	PGroup	DL (BC) 1	First step	5	Mặt cắt chưa
CSI	Soloup	BOloup	DL (BC) 2	First step	5	liên hợp
CG2		E Wedden 1		25 m m day	20	Mặt cắt CS2
0.52	-	E_width1	DL (BC) 3	25 ngay	30	đã liên hợp
CS 2		E Width?	DL(DC)	25 madre	20	Mặt cắt CS3
0.55	-	E_width2	DL (BC) 4	23 ngay	30	đã liên hợp
CS4	-	E_Width3	DL (AC)	First step	10,000	Măt cắt CS4
						đã liên hợp

Nhấn vào nút Generate để tạo các giai đoạn thi công cùng một lúc, sau đó hiệu chỉnh số liệu cho giai đoạn được chọn.

Load>Construction Stage Analysis Data>	Define Construction Stage
<u>G</u> enerate	
Stage>Name (CS) ; Suffix (1to4) ; D	Puration (30)
Addition Steps>Day (25) Add	
Save Result>Stage (on), Additional St	eps (on)
	Define Construction Stage
	Stage
	Name CS
	Suffix Ito4
	Duration 30 📑 day(s)
	Additional Steps
	Day: 25 Add Delete
onstruction Stage 🔀	(Example: 1, 3, 7, 14) <u>Modify</u> <u>Clear</u>
Name Duration Date Step Result Add	Auto Generation 1 25
CS2 30 60 1 Stage Insert Prev	Step Number : 10
CS4 30 120 1 Stage Insert Next	
Generate	Generate Steps
Modify/Show	- Save Besult
Delete	Stage 🔽 Additional Steps
Close	OK Cancel Apply

Hình 24: Phát sinh các giai đoạn thi công bằng lệnh Generate.

Nhấn vào nút Generate để tạo các giai đoạn thi công cùng một lúc, sau đó hiệu chỉnh số liệu cho giai đoạn được chọn. Chọn CS1 và hiệu chỉnh số liệu của giai đoạn này.

Name>CS1 Modify/Show
Addition Steps>Day (25) Delete; Duration (5)
Element tab
Group List> SGroup
Activation>Age (0); Group List Add
Boundary tab
Group List> BGroup
Activation>Support/Spring Position>Deformed

С

Gi Load	roup List Add tab
Gr	coup List>DL(BC)1, DL(BC)2
Ac	ctivation>Active Dav>First Group List
	Posse Corstruction Stage Xi Stage Xi Name : CS1 Duration : 5 Image: Stage Additional Steps Auto Generation Step Day Generate Steps Generate Steps Current Stage Information Deactivation Step Number : 0 Generate Steps Current Stage Information Element Bounday Load Deactivation Group List Group List Group List Stroup 0 Stroup 0 Imame
Element Boundary Load Group List Activation E-Width2 E-Width3 Group List Name E Group E Group	Position Deformed Position Deformed Add Delate

Hình 25: Hiệu chỉnh số liệu cho giai đoạn thi công

Chọn CS2 và hiệu chỉnh số liệu của giai đoạn thi công này.

Name>CS2 Modify/Show
Boundary tab
Group List>E_Width1
Activation>Support/Spring Position>Deformed
Group List Add
Load tab
Group List>DL(BC)3
Activation>Active Day>25 ; Group List Add



Hình 26: Hiệu chỉnh số liệu giai đoạn 2

Xem hình 27 để hiệu chỉnh số liệu giai đoạn 3.

Elemint Boundary Lad			
Group List EGroup E-Width 1 E-Width 3 Group List Group List	g Position Deformed Group List		
Name E-Width2	Position Deformed ty Delete Add	Element Bookdary Load Group List Activation DL(BC)2 DL(BC)2 DL(BC)3 DL(BC)3 DL(BC)4 25 DL(BC)4 25	Deactivation Inactive Day : First I day(s) Group List Name Day Delete Add Modity Delete

Hình 27: Hiệu chỉnh số liệu giai đoạn 3

Trong giai đoạn CS4, nhập giá trị "10000" ngày vào mục Duration để thu được ứng xử dài hạn của kết cấu, và thay đổi số liệu các nhóm tải trọng để kích hoạt tĩnh tải phần hai.

Name>CS4 Modify/Show Addition Steps>Day (25) Delete ; Duration (10000) Boundary tab Group List>E_Width3

Activation>Support	Activation>Support/Spring Position>Deformed				
Group List Add	Group List Add				
Load tab					
Group List> DL(A	C)				
Activation>Active	Day>First ; Group List	Add			
Lonstruction Stage	×				
CS1 5 5 0 Stage	Compose Construction Stage				
CS3 30 65 1 Stage CS4 10000 10065 0 Stage	Stage	Additional Steps Add Delete			
	Name : US4	(Example: 1, 3, 7, 14) Modify Clear			
	day(s)	-Auto Generation			
	Save Hesult	Step Number : In			
	le olage le nacional otepa	Generate Stone			
	Current Stage Information				
	Element Boundary Load				
	Group List Activation	Deactivation			
	DL(BC)1 DL(BC)2 DL(BC)3 Active Day : First	▼ day(s) Inactive Day : First ▼ day(s)			
	DE(BC)4 Group List	Group List			
	Name Day	Name Day			
Element Boundary Logi					
Group List Activation Deac	livation				
E-Width1 C Original @ Deformed					
Group List Group	p List				
E-Width3 Deformed	Add Modity	Delete Add Modify Delete			
		OK Cancel Apply			
Àtid Motifu Poloto	Add Delete				
Indany Delete					



của giai đoạn thi công CS4

6.3 Định nghĩa các mặt cắt liên hợp tương ứng với mỗi giai đoạn thi công

Chỉ định giai đoạn thi công có các mặt cắt dầm chủ hoặc bản được kích hoạt. Khi kiểu mặt cắt (Section Type) được thiết lập là "Composite", các thông số mặt cắt được định nghĩa trước đó có thể được sử dụng. Xem hình 29 để chỉ định giai đoạn kích hoạt

(Active Stage) mà các mặt cắt đó được kích hoạt. Trong mô hình ví dụ này giả thiết mỗi dầm được kích hoạt tại giai đoạn CS1.



Hình 29: Quá trình thi công bản và các phần mặt cắt bản

Trước hết gán phần đầu tiên của mặt cắt bản (CS2)

Theo mặc định, kiểu liên hợp (Composite Type) được đặt là "Normal". Chú ý rằng phần 1 và phần 2 chỉ có giá trị trong việc nhập giai đoạn thi công. Khi "User" được chọn từ danh sách trải xuống của mục Composite Type, bạn có thể gán bao nhiêu phần bạn muốn cũng được, ở đây bạn phải sử dụng các kích thước bề ngoài hoặc trọng tâm của mặt cắt sau khi liên hợp.

```
Load>Construction Stage Analysis Data>

Composite Section for Construction Stage Add

Active Stage>CS1 ; Section>1: Sect 1

Composite Type>Normal

Construction Sequence

Part>1

Mat.Type>Element ; Compo. Stage>Active Stage ; Age (0)

Part>2

Mat.Type>Material ; Material>3:Grade C6000 ; Compo. Stage>CS2 ;

Age (5) ; Scale> Weight> 0
```



Hình 30: Định nghĩa mặt cắt liên hợp cho giai đoạn thi công CS1

Bây giờ gán phần thứ hai và thứ ba của mặt cắt bản.

```
Active Stage>CS1 ; Section>2: Sect 2

Composite Type>Normal

Construction Sequence

Part>1

Mat.Type>Element ; Compo. Stage>Active Stage ; Age (0)

Part>2

Mat.Type>Material ; Material>3:Grade C6000 ; Compo. Stage>CS3 ;

Age (5) ; Scale> Weight> 0

Active Stage>CS1 ; Section>3: Sect 3

Composite Type>Normal

Construction Sequence

Part>1

Mat.Type>Element ; Compo. Stage>Active Stage ; Age (0)
```

Part>2

Mat.Type>Material ; Material>3:Grade C6000 ; Compo. Stage>CS4 ; Age (5) ; Scale> Weight> 0

Hình 31: Định nghĩa mặt cắt liên hợp cho giai đoạn thi công CS3

Nhập các điều kiện cho phân tích giai đoạn thi công

Analysis>Construction Stage Analysis Control

Final Stage>Last Stage
Analysis Option>Include Time Dependent Effect (on)
Time Dependent Effect
Creep & Shrinkage (on) ; Type>Creep & Shrinkage
Convergence for Creep Iteration
Number of Iteration (5) ; Tolerance (0.01)
Internal Time Step for Creep (1)
Auto Time Step Generation for Large Time Gap (on)
Variation of Comp. Strength (on)

Construction Stage Analysis Control Data
Final Stage CS1
Analysis Option Include Time Dependent Effect Include Nonlinear Analysis
Time Dependent Effect ↓ Creep & Shrinkage
Creep Chrinkage Creep & Shrinkage Creep
Convergence for Creep Iteration Number of Iterations: 5 📑 Tolerance : 0.01
 Only User's Creep Coefficient ✓ Internal Time Step for Creep : ✓ Auto Time Step Generation for Large Time Gap T : Time Gap T > 10 T > 100 T > 5000 T > 5000
 Tendon Tension Loss Effect (Creep & Shrinkage) Variation of Comp, Strength Tendon Tensior Loss Effect (Elastic Shortening)
Nonlinear Analysis
Maximum Number of Iterations/ Load Step : 30 🚍
Convergence Criteria Energy Norm : 0,01 Displacement Norm : 0,01 Force Norm : 0,01
Cable-Pretension Force Control Composite Section
Load Cases to be distinguished from Dead Load for CS Output Load Case : DL(BC)1 Load Case Add Delete
Remove Construction Stage Analysis Control Data
OK Cancel

Hình 32: Hộp thoại dữ liệu điều khiển phân tích giai đoạn thi công

7 Thực hiện phân tích kết cấu

Khi mô hình mặt cắt liên hợp và các giai đoạn thi công được hoàn thành, thực hiện việc phân tích kết cấu.

Analysis> Perform Analysis

8 Xem các kết quả phân tích

Có hai phương pháp xem các kết quả phân tích theo giai đoạn thi công. Một là xem các thành phần lực và chuyển vị của tất cả các cấu kiện tại mỗi giai đoạn thi công nhất định, và cách thứ hai là xem sự thay đổi của các ứng suất tại mỗi phần của mặt cắt liên hợp do các giai đoạn thi công trước đó theo dạng bảng.

8.1 Xem các thành phần lực

Xem các thành phần lực tại giai đoạn thi công CS4, biểu diễn mất mát dài hạn. Ở đây, Summation = Dead + Erection Load + Creep Secondary + Shrinkage Secondary.

Stage>CS4

Results / Forces / Beam Diagrams Load Cases/Combination>CS:Summation ; Step>Last Step Components>My Output Options>5 Points ; Line Fill Type of Display>Contour (on)



Hình 34: Biểu đồ mô men tại giai đoạn CS4

Như bạn có thể nhìn thấy dưới đây, có thể sự thay đổi của mô men theo từng giai đoạn thi công.





Hình 34: Mô men tại giai đoạn CS4

8.2 Xem các ứng suất

Xem các ứng suất của mỗi phần mặt cắt liên hợp tại giai đoạn thi công CS4, biểu diễn mất mát dài hạn.

Results / Result Tables / Composite Section for C.S. / *Beam Stress*

Node or Element> None; (19) Loadcase/Combination>Summation(CS) (on) Stage/Step>CS1:001(first) ~ CS4:002(last) (on) Part Number>Part j (on)



Hình 35: Kiểm tra các lực và ứng suất của mặt cắt liên hợp tại mỗi giai đoạn thi công theo dạng bảng

Khi các tải trọng di động và tải trọng tổng quát được đưa vào sau các giai đoạn thi công được hoàn thiện, chương trình tạo một tổ hợp tải trọng mới để tổ hợp những tải trọng này và các tải trọng giai đoạn thi công và xác định các ứng suất cho giai đoạn khai thác.