TUTORIAL DI SARGON

Conoscere il programma in modo guidato



Tutorial 4 Verifica automatica di travi e bielle (base)

Gennaio 2014 - Rev. 1



www.castaliaweb.com info@castaliaweb.com tel. +39 (0)2 266 81 083 fax +39 (0)2 26681876 Via Pinturicchio, 24 20133 Milano, Italy

© 2013 – Castalia s.r.l. – All rights reserved

PARTE	1: INTRODUZIONE AL TUTORIAL	4
1.1	SCOPO DEI TUTORIAL DI SARGON	4
1.2		4
1.3	IL CONTENUTO DI QUESTO TUTORIAL	4
1.4	I PRINCIPALI COMANDI UTILIZZATI IN QUESTO TUTORIAL	5
PARTE	2: IL MODELLO FEM	6
PARTE	3: ANALISI STATICA LINEARE	9
PARTE PARTE	 3: ANALISI STATICA LINEARE	9 0
PARTE PARTE 4.1	3: ANALISI STATICA LINEARE	9 0 0
PARTE PARTE 4.1 4.2	3: ANALISI STATICA LINEARE	9 0 0
PARTE PARTE 4.1 4.2 4.3	3: ANALISI STATICA LINEARE	9 0 1 5

PARTE 1: INTRODUZIONE AL TUTORIAL

1.1 Scopo dei tutorial di Sargon

Lo scopo dei tutorial di Sargon è di **aiutare l'utente a familiarizzare con il programma** attraverso un **percorso guidato**.

La sequenza delle operazioni segue un filo logico chiaro e lineare, che l'utente è invitato a seguire passo per passo. **Suggeriamo quindi di eseguire in tempo reale** ciò che viene spiegato, in modo da prendere dimestichezza con i comandi principali e con le operazioni più frequenti. In questo modo, sarà poi più facile approfondire gli aspetti ritenuti più rilevanti sulla base delle proprie esigenze progettuali, grazie alle informazioni dettagliate presenti nella **guida** del programma e nelle **videolezioni** gratuite presenti sul nostro sito web (www.castaliaweb.com, nell'area dedicata alla *Validazione*).

Nota: nel testo sono presenti note e suggerimenti, evidenziati in riquadri come questo. Si tratta di piccoli approfondimenti che il lettore può anche tralasciare in una prima lettura, oppure leggere senza eseguire le operazioni eventualmente indicate.

1.2 Limitazioni

Poiché l'obiettivo è fornire una **panoramica generale** delle operazioni necessarie alla creazione, all'analisi e alla verifica dei modelli, in questo contesto non si affrontano nel dettaglio aspetti legati a funzionalità o comandi specifici, per i quali si rimanda alle **videolezioni** o alla **guida** del programma. Nei tutorial sono comunque presenti note di approfondimento e suggerimenti, quando necessario.

Per ragioni di semplicità e chiarezza, i modelli utilizzati in questi tutorial <u>non</u> hanno lo scopo di essere realistici da un punto di vista progettuale, bensì quello di esemplificare le procedure e le modalità di lavoro con il programma.

1.3 Il contenuto di questo tutorial

In questo tutorial vengono affrontati i seguenti temi:

- Impostazione ed esecuzione delle verifiche automatiche di resistenza e stabilità di travi e bielle in accordo alla normativa scelta;
- Analisi dei risultati.

1.4 I principali comandi utilizzati in questo tutorial

Nel presente testo, quando si fa riferimento a un comando del programma, lo si indica nel seguente formato: **[menu] – [eventuale sottomenu] – [comando]**. Inoltre, se il comando ha un bottone, viene riportata la sua immagine. I principali comandi illustrati in questo tutorial sono i seguenti.

Edit – Proprietà – Beta Edit – Seleziona – Norma Post – Verifiche – Verifica – Numero sezioni – Interroga ? – Inviluppo E – Resistenza R – Stabilità S – Massimo – Statistiche

Di seguito vengono fornite alcune linee guida generali (ma non esaustive) sulla posizione dei bottoni nell'interfaccia di Sargon.

Nella parte **sinistra** dell'interfaccia ci sono i bottoni dei comandi per la creazione del modello, per la gestione di casi, azioni e combinazioni e per la visualizzazione dei risultati.

In **alto**, subito sotto ai menu, ci sono i comandi per la gestione dei modelli (apertura, salvataggio, ecc.) per la gestione delle viste (zoom, pan, opzioni di visualizzazione, ecc.) e per la selezione degli elementi.

A **destra** ci sono i bottoni relativi ai comandi di interrogazione.

Buon lavoro!

<u>Importante!</u> Si ribadisce che in questo contesto l'obiettivo <u>NON</u> è creare modelli progettualmente significativi, bensì di spiegare in modo chiaro le procedure che si possono utilizzare e le problematiche correlate che si possono riscontrare. **Per questa ragione, la modellazione può** risultare incompleta o non ottimale da un punto di vista ingegneristico, al fine di evitare la ripetizione di cose già spiegate e concentrarsi su determinati temi.

PARTE 2: IL MODELLO FEM

In questo tutorial non partiremo da zero, bensì dal modello di una struttura in acciaio già realizzato, scaricabile assieme ai tutorial stessi (il file è *Tutorial_04.WSR*).

Avviamo Sargon.



Eseguiamo il comando File – Apri 🚔 per aprire un modello presente su disco.

🛛 Organizza 🔻 🏢 Visualizza 👻 📑 Nuo	va cartella			(
ollegamenti preferiti	Nome	Ultima modifica	Тіро	Dimensione
Deckton	Tutorial_01.WSR	14/01/2014 16.37	File WSR	8 KB
Desktop	Tutorial_02.WSR	17/01/2014 12.00	File WSR	10 KB
Computer	Tutorial_03.WSR	17/01/2014 11.24	File WSR	47 KB
Documenti	Tutorial_04.WSR	17/01/2014 12.37	File WSR	65 KB
Altro »				
artelle	×			
\mu posta	*			
prenodes_samples_for_reddy				
SAMBADEV				
SEVENDEV				
WSARGONDEV				
Controllo Eccentricita				

Scegliamo la cartella dove abbiamo salvato Tutorial_04.WSR e apriamo il modello.





Il modello è composto da elementi beam; sono presenti 6 casi di carico e 187 combinazioni di verifica, generate automaticamente con il relativo comando di Sargon .

I casi di carico sono L2:

1	: GRAVITA	.' Peso proprio
2	: PERMANE	NTI Pemanenti
3	: VARIABI	LI Variabili
4	: NEVE	Neve
5	: VENTO	Vento
6	: TERMICO	Termico
	1 2 3 4 5 6	1 : GRAVITA 2 : PERMANE 3 : VARIABI 4 : NEVE

È possibile scorrere tra i vari casi e le varie combinazioni con gli appositi comandi: ¹, popure ¹, e ^C.

Il numero dei casi di carico definiti **non ha la pretesa di essere esaustivo** (ad esempio, c'è il vento in un'unica direzione, non ci sono casi sismici, ecc.). Anche **il valore delle azioni definite è indicativo**. Lo scopo è avere un certo numero di casi che danno luogo a determinate combinazioni (in questo caso, 187 combinazioni generate automaticamente in accordo alle NTC2008), per capire come gestire le verifiche in Sargon.

Il modello è stato creato in modo che **gli elementi finiti coincidano con le lunghezze di libera inflessione delle membrature "reali"** (esempio a sinistra nell'immagine seguente). Qualora la lunghezza di libera inflessione di una membratura coinvolga più elementi beam (esempio a destra) occorre definire dei *superelementi* per poter eseguire correttamente le verifiche di stabilità. Questo aspetto sarà trattato in un successivo tutorial più avanzato.



Al fine di eseguire correttamente le verifiche di stabilità degli elementi, è necessario definire opportunamente i **coefficienti di libera inflessione**. Tali parametri non influenzano l'analisi del modello, ma solo le verifiche di stabilità (non quelle di resistenza).

I coefficienti di libera inflessione sono quindi proprietà associate agli elementi beam che però rilevano solo in fase di verifica. I coefficienti possono essere quindi definiti anche dopo le analisi, e in questo caso faremo così, in modo da fare una trattazione completa e articolata dell'argomento "verifiche" in un unico capitolo del tutorial.

PARTE 3: ANALISI STATICA LINEARE

Sargon dispone di diversi solutori interni ed è interfacciato con solutori esterni. Per quanto concerne il secondo aspetto si rimanda alla documentazione del programma. I solutori interni disponibili sono:

- Analisi statica lineare
- Analisi nonlineare per nonlinearità geometrica
- Analisi nonlineare per nonlinearità di materiale
- Analisi modale
- Analisi a spettro di risposta
- Analisi di risposta in frequenza
- Analisi di buckling

Sul sito internet di Castalia (www.castaliaweb.com) sono disponibili centinaia di schede di validazione dei solutori, che includono confronti con risultati teorici e cross-check con altri programmi agli elementi finiti, quali NASTRAN e SAP2000.

In questo tutorial vedremo un esempio di analisi statica lineare, già trattato nei tutorial precedenti.

Eseguiamo il comando **File – Analizza 1**. Manteniamo le impostazioni proposte e premiamo OK. Viene lanciato il solutore CLEVER (analisi statica).

e Mostra Help		
lidd hulli up Nidd" = 208. Eandwidh = 1.4750c+001. Bandwidh = 96. Average bandwidh = 96. Average bandwidh = 95. Stoff and storage required during solving = 4324 bytes. Fixed fAM storage required during solving = 4324 bytes. Fixed fAM storage required during solving = 4324 bytes. Fixed fAM storage required during solving = 4324 bytes. Total physical memory = 3181 bytes. Maximum available memory = 1321 bytes. Max Xii = 4.8632:010 D.o.4. = 55. Min Kii = 2.2313e+005 D.o.4. = 2.		
	E' in atto la ríduzione della matrice Blocco numero 1 Mancano 168 gradi di libertà	

Al termine dell'analisi ci viene chiesto se eseguire un controllo sulla bontà della soluzione, tramite l'applicazione **Checksolvers** di Castalia. In questa sede clicchiamo NO.

La struttura è stata analizzata e ora possiamo visualizzare (spostamenti, azioni interne, ecc.; argomento già trattato nei precedenti tutorial) ed eseguire le verifiche automatiche.

PARTE 4: VERIFICHE AUTOMATICHE

4.1 Generalità

Sargon dispone di diversi moduli per l'esecuzione delle verifiche automatiche di resistenza e stabilità degli elementi finiti (beam e truss) in accordo a varie normative, che sono:

<u>Acciao</u>

- EC3 NTC2008
- AISC-ASD ed LRFD
- BS5950
- CNR S.L.
- CNE T.A.
- CNR 10011 10022

<u>Legno</u>

• EC5 - NTC

In questa sede ci interessa **l'acciaio**, e in particolare il verificatore automatico in accordo all'Eurocodice 3 (EN-1993-1-8) e alle NTC2008, che sono coincidenti quasi esattamente. Laddove sono presenti delle differenze (ad esempio nella verifica di stabilità a pressoflessione deviata, in cui entrambe le Normative propongono due metodi di calcolo, ma solo uno è in comune) il verificatore di Sargon implementa tali differenze, lasciando all'utente la libertà di decidere quale metodo di quale norma usare.

Le verifiche di resistenza e di stabilità degli elementi aventi sezioni in **classe 1 e 2** sono svolte in modo **totalmente automatico** da Sargon.

Inoltre è possibile eseguire in modo semiautomatico le verifiche anche delle sezioni in **classe 3 e 4**, introducendo opportuni parametri di calcolo, ad esempio i valori efficaci per le sezioni in classe 4. Sargon dispone di strumenti che aiutano l'utente a calcolare i valori efficaci delle sezioni più comuni e, dal dicembre del 2013, implementa strumenti che **automatizzano** il calcolo.

Sul sito internet di Castalia (www.castaliaweb.com, nell'area dedicata alla *Validazione*) sono disponibili, oltre a quelle dei solutori, anche centinaia di schede di validazione dei verificatori, in particolare per Eurocodice 3, NTC2008 e AISC-LRFD.

4.2 Impostazione delle verifiche

Importante: in questa sede tratteremo un caso particolare di verifiche automatiche, quello di sezioni standard in classe 1 o 2. Per una trattazione generale dell'argomento e per informazioni sui criteri di classificazione implementati si rimanda alla guida del programma, alle voci "Guida tecnica alle verifiche" e "La classificazione via EC3 di profili a I sottoposti a sollecitazioni miste".

Come detto all'inizio, in questo modello le lunghezze di libera inflessione delle membrature sono associate a singoli elementi finiti. Non c'è quindi bisogno di utilizzare i superelementi, che tratteremo nel successivo tutorial.

Un altro aspetto avanzato che qui non tratteremo è quello della classificazione delle sezioni. Il modello in esame ha sezioni standard appartenenti alle **classi 1-2**, per le quali la verifica è completamente automatica, utilizzando i valori lordi delle caratteristiche sezionali.

Dopo aver analizzato il modello, il quale ha un determinato numero di combinazioni di verifica, i passi da compiere prima di eseguire le verifiche automatiche sono tre:

- 1. Definizione dei coefficienti di libera inflessione degli elementi.
- 2. Scelta della Normativa, (con impostazione di eventuali parametri se richiesti).
- 3. Selezione degli elementi da sottoporre a verifica.

Fatto ciò, potremo eseguire le verifiche.

4.2.1 Coefficienti di libera inflessione

Se non l'abbiamo già fatto, eseguiamo il comando **Mostra – Oggetti 🛎** e rimuoviamo la spunta della casella *azioni*. In questo modo avremo una vista più chiara del modello.

Eseguiamo Edit – Seleziona – Oggetti 0 e clicchiamo Travi e Bielle.

Memo: in altenativa, si può attivare il filtro desiderato cliccando con i tasti del mouse nella parte in basso a sinistra dell'interfaccia (sinistro: avanti; destro: indietro), fino a selezionare BT.



Selezioniamo tutte le travi 🔛. Eseguiamo **Edit – Proprietà – Beta** 🖄. Nel dialogo che segue, dobbiamo definire 3 coefficienti Beta, vale a dire i 3 coefficienti di libera inflessione:

- β_1 : coefficiente di libera inflessione per svergolamento (instabilità latero-torsionale).
- β_2 : coefficiente di libera inflessione per instabilità flessionale attorno all'asse locale 2.

• β_3 : coefficiente di libera inflessione per instabilità flessionale attorno all'asse locale 3.

Il valore dei coefficienti β dipende dal tipo di vincolo ai due estremi di ciascun elemento beam. Ad esempio, una mensola avrà $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 2$. Potranno esserci situazioni in cui un elemento è vincolato in modo diverso nelle flessioni attorno ai due assi principali della sezione, e in questo caso avremo $\beta_2 \neq \beta_3$. Oppure, potremo avere lo svergolamento impedito, e quindi $\beta_1=0$. E così via. La determinazione dei corretti coefficienti di libera inflessione spetta all'utente, che può ricorrere ai modelli della Scienza delle Costruzioni, se applicabili, oppure a dati sperimentali o, ancora, a valori che siano a favore di sicurezza per far fronte a incertezze progettuali.

Co	efficienti di libera inf	lessione			×
	1 Beta 1	1	Beta 2	1	Beta 3
	Beta 1: svergolamer	nto (instabi	lità latero torsionale)	. Beta 2 e 3 in	istabilità
	OK		30	C	ancel

Nota: naturalmente, in una struttura generica i coefficienti di libera inflessione potranno essere generalmente diversi da elemento a elemento. Inoltre, se le lunghezze di libera inflessione sono ripartite su più elementi finiti, i coefficienti dovranno essere definiti anche per i superelementi aggiunti.

In questo caso manteniamo i valori proposti ($\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 1$). Premendo OK, li assegneremo a tutti gli elementi beam (ed eventualmente truss) selezionati. Si noti che quando si aggiunge un elemento finito, i suoi β sono tutti pari all'unità.

4.2.2 Scelta della Normativa

Eseguiamo **Edit – Seleziona – Norma N**. Utilizzeremo EC3/NTC2008, che richiede la definizione di alcune impostazioni. Altre Normative, invece, non necessitano di altri dati.

Norma							×
CNR LS	<u>CNR</u>	CNR 10011 10022	AISC	EC3 NTC	Bs 5950	EC5 NTC	AISC LRFD
				Imposta		Imposta	
			0K	Cano	el		

Clicchiamo quindi il bottone *Imposta*, accedendo a un ulteriore dialogo. Nella sezione *Gamma*, vanno definiti i fattori di sicurezza γ_{M0} , γ_{M1} , γ_{M2} .

Eurocode 3 - settings	×
Gamma Metodi Mcrit (Svergolamento) Tracciamento	1
Coefficienti materiale	
1.05 Gamma 0	
1.05 Gamma 1	
1.25 Gamma 2	
3	
	OK Annulla Applica ?

Nella sezione *Metodi* indichiamo, tra le altre opzioni (per la cui descrizione dettagliata si rimanda alla guida) il metodo di verifica per l'instabilità degli elementi pressoinflessi.

amma	
- Elast	oplasticită
	usa dimensionamento elastico
Insta	bilità: presso flessione retta e deviata
С	EN Metodo 1 (franco-belga) per tutti i profili
С	EN Metodo 2 (austro-tedesco) per tutti i profili
С	EN metodo 1 per: H, I, O, RHS laminati; ENV per gli altri profili
0	EN metodo 2 per: H, I, O, RHS laminati; ENV per gli altri profili
0	ENV per tutti i profili
e	Circolare NTC 2008 - no EC3 ("Metodo A", C4.2.4.1.3.3.1) tutti i profili
Calco	olo della freccia massima per il calcolo di Cm (metodo 1)
c	valore costante pari a frazione della luce (f= KL) 0.005 K
•	integrazione via linea elastica in ipotesi estremi fissi

Ad esempio, selezioniamo il metodo in accordo a NTC2008 (quello non in comune con l'Eurocodice 3).

Calcolo de	coefficiente C1				
C Valo	e prefissato	> 1	C1		
meto	do di Sema				
C meto	do Kirby - Nethercot (AISC))			
C meto	do British Standard (2000)				
Condizioni	di vincolo convenzionali ca	alcolo C1 (solo s	e C1 con Sema)		
	(ingobbamento e svergolar	mento liberi)			
⊂ k=0.	(ingobbamento e svergola	amento impediti)			
- Posizionar	ento del carico (variazione	Mcrit)			
		,			
1	fattore moltiplicativo N	Morit (> 1 se favo	orevole, < 1 se sf	avorevole)	

Nella sezione Mcrit (Svergolamento) si definisce il metodo per il calcolo del momento critico.

Infine, la sezione *Tracciamento* consente la creazione di un listato con i risultati intermedi del calcolo eseguito dai verificatori automatici. La spiegazione di tale funzionalità avanzata è demandata alla guida. Premiamo OK, tornando al dialogo precedente. Qui selezioniamo *EC3/NTC* e premiamo OK.

4.2.3 Selezione degli elementi da verificare

La verifica automatica viene **eseguita solo sugli elementi selezionati**. È quindi possibile escludere elementi che non si vuole verificare (ad esempio, elementi rigidi fittizi utilizzati ai fini della modellazione, oppure elementi verificati separatamente, ecc.).

Nel nostro caso eseguiremo la verifica su tutti gli elementi, che abbiamo già selezionato in precedenza. Se così non fosse, selezioniamoli ora (Filtro *Travi e bielle attivo*, tutte *iii*).

4.2.4 Ulteriori impostazioni

Di default il verificatore fa una scansione di ciascun elemento in 13 sezioni equidistanti. È possibile modificare questo parametro (il valore minimo è 2, cioè sono incluse solo le

sezioni agli estremi). Più alto è il numero di campionamenti, maggiori sono l'accuratezza dei risultati ma anche il tempo computazionali. Per modificare questo parametro si usa il comando **Post – Verifiche – Numero sezioni** . Ora lasciamo il default.

Numero di Sezioni per le Verifiche						
13	N					
ОК	Cancel					

4.3 Esecuzione delle verifiche

Per effettuare le verifiche automatiche, eseguiamo **Post – Verifiche – Verifica** ^{CHE}. Il tempo di esecuzione delle verifiche dipende dalla complessità del modello (numero di elementi da verificare, numero di combinazioni, dal numero di campionamenti lungo gli elementi finiti, ecc.).



Al termine delle verifiche, che in questo caso richiedono pochissimi secondi, sono disponibili i comandi per la visualizzazione dei risultati.

4.4 Analisi dei risultati

I comandi per visualizzare e gestire i risultati delle verifiche automatiche si trovano nel menu **Post**, sottomenu **Verifiche**. Di seguito sarà indicato solo il nome dei comandi.

Eseguiamo il comando **Inviluppo E**. In questo modo visualizzeremo, in una sola vista, il coefficiente di sfruttamento più elevato calcolato, tra resistenza e stabilità, per ogni elemento, tra tutte le combinazioni di verifica.



In accordo alla scala graduata in falsi colori riportata in basso, vediamo subito che tutti gli elementi risultano sempre verificati (nessuno e sopra il valore unitario; più nel dettaglio, nessuno supera il valore 0.8).

TUTORIAL_04								
CS6 Coefficienti di sfruttamento: Inviluppo sulle combinazioni. Norme EC3								
0.20 0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40			

Importante! Il progettista ha il compito di valutare la bontà dei risultati delle verifiche automatiche eseguento un numero opportuno di test indipendenti a campione. Si veda il documento *"Criteri di validazione per Sargon"*, facente parte della documentazione del programma.

Utilizzando il comando **Statistiche**, possiamo sapere esattamente qual è il coefficiente di sfruttamento massimo e su quale elemento si verifica).

Statistiche					×
Sfruttamento 0.753592297955448	Valore massimo 113	Numero	BEAM	Tipe	
0.169169195138736	Valore minimo 66	Numero	BEAM	Tipo	
0.3883022107433	Valore medio				Sargon
0.0129768175815373	Varianza				ОК
0.113915835517005	Scarto quadratico medio				
Peso 0.379968272878587	Fattore d'impiego del materiale	(peso usato / peso tot	ale)		

Chiudiamo il dialogo e vediamo come ottenere informazioni dettagliate sui singoli elementi.

Suggerimento: come per i risultati delle analisi, è possibile ottenere un listato alfanumerico con i risultati dettagliati delle verifiche. Un unico listato, che viene creato in base alle esigenze dell'utente, può contenere contemporaneamente le informazioni relative alla geometria e alle proprietà del modello, le informazioni sugli spostamenti calcolati, sulle azioni interne, ecc., i risultati delle verifiche di stabilità e resistenza, oltre ad altre importanti informazioni. Il comando è File – Crea Listato. Si rimanda alla guida del programma per una trattazione approfondita.

L'**Inviluppo E** è ancora attivo. Eseguiamo il comando **Interroga** ? e clicchiamo un elemento di cui vogliamo conoscere i dettagli relativi al massimo coefficiente di sfruttamento calcolato. Viene proposto un dialogo che contiente le seguenti informazioni:

- numero e tipo dell'elemento finito;
- coefficiente di sfruttamento massimo (poiché è attivo l'inviluppo);
- causa del coefficiente di sfruttamento massimo (stabilità o resistenza);
- combinazione in cui si verifica il massimo;
- numero di verifica che causa il massimo (bottone Informazioni per la legenda);
- massima classe in cui si trova la sezione.



Se anziché **l'Inviluppo**, mostriamo i risultati relativi alla **Resistenza** R o alla **Stabilità s**, la mappa a colori mostrerà i corrispondenti coefficienti di sfruttamento, non più sull'inviluppo delle combinazioni ma nella combinazione attiva (per poter eseguire i comandi di resistenza e stabilità occorre quindi trovarsi in una **combinazione**, non in un caso di carico).

Promemoria: per scorrere tra i vari casi e le varie combinazioni: 4 h, oppure L? e C?.

Se mostriamo invece il **Massimo**^{Max}, la mappa a colori sarà sempre relativa alla combinazione corrente, e ogni elemento sarà rappresentato in base al massimo tra il coefficiente di sfruttamento a resistenza e quello a stabilità nella combinazione corrente.

Se eseguiamo il comando **Interroga** ² quando sono attivi la resistenza, la stabilità o il massimo, cliccando l'elemento desiderato otterremo informazioni più dettagliate, in analogia a quanto visto prima nel caso dell'inviluppo.