

COMMITTENTE:



**PROVINCIA
DI BRESCIA**

PROVINCIA DI BRESCIA

AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE
SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI



**PROVINCIA
DI BRESCIA**

PROGETTO

S.P. 11 "ORZINUOVI - ACQUAFREDDA"

PROGETTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL CAVALCAFERROVIA AL KM 16+750 IN
COMUNE DI VEROLANUOVA.

CUP: H37H20002300002

FASE

DATA

PROGETTO ESECUTIVO

Gennaio 2023

PROGETTISTA ARCHITETTONICO E STRUTTURALE



GUERINI INGEGNERIA SRL

Ing. Guerini Alessandro

Via Italia, 76 C - 25069 Villa Carcina (Brescia)

Tel. 030.8368592-3 - Cell. 348.8867329

www.gueriniingegneria.it - tecnico@gueriniingegneria.it

C.F. e P.IVA 03711710982

Collaboratori:

Arch.I. Mandis Simona

Ing. Valentini Monica

OGGETTO

ELABORATO

Relazione affidabilità del software

PE-E05

SCALA

RELAZIONE AFFIDABILITÀ DEL SOFTWARE

PONTE VEROLANUOVA

1 MIDAS

- Informazioni codice di calcolo utilizzato:



MIDAS IT Co., Ltd.

MIDAS IT Tower - Pangyo Seven Venture Valley,

633 Sampyeong-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-400,

KOREA

MIDAS IT Co., Ltd.

Modeling, Integrated Design & Analysis Software

Phone: +82-31-789-2000

E-mail: info@midasit.com

<http://www.MidasUser.com>

- Versione:
"Midas Gen 2021 (v3.1)"
- Intestatario della licenza:
Ing. Guerini Alessandro – Via Italia 76C – Villa Carcina (BS)

- Campi di impiego

Analysis Options

When a structure is subjected to external loads, the corresponding structural response may exhibit material nonlinearity to a certain extent. However, in most structural analyses for design purposes, structures behave almost linearly provided that the member stresses remain within the limits of design codes. Material nonlinearity thus is rarely considered in practice.

MIDAS/Gen is formulated on the basis of linear analysis, but it is also capable of carrying out geometric nonlinear analyses. MIDAS/Gen implements nonlinear elements (tension or compression-only), P-Delta and large displacement analyses, etc.

The structural analysis features of MIDAS/Gen include basic linear analysis and nonlinear analysis in addition to various analysis capabilities required in practice.

The following outlines some of the highlights of the analysis features:

- **Linear Static Analysis**
- **Linear Dynamic Analysis**
 - Eigenvalue Analysis
 - Response Spectrum Analysis
 - Time History Analysis
- **Linear Buckling Analysis**
- **Nonlinear Static Analysis**
 - P-Delta Analysis
 - Large Displacement Analysis
 - Nonlinear Analysis with Nonlinear Elements
- **Other analysis options**
 - Construction Sequence Analysis
 - Steel Box Bridge Analysis reflecting Pre- and Post-composite Action
 - Analysis of Unknown Loads Using Optimization Technique

MIDAS/Gen permits a multi-functional analysis incorporating more than one feature from the above simultaneously. However, response spectrum and time history analyses cannot be executed together.

Per il progetto oggetto della presente relazione sono state effettuate un'analisi lineare e una non lineare. Di seguito si riportano i procedimenti utilizzati dal codice di calcolo per risolvere queste tipologie di analisi.

Linear Static Analysis

The basic equation adopted in MIDAS/Gen for linear static analysis is as follows:

$$[K]\{U\} = \{P\}$$

where,

$[K]$: Stiffness matrix

$\{U\}$: Displacement vector

$\{P\}$: Load vector

MIDAS/Gen allows unlimited numbers of static load cases and load combinations.

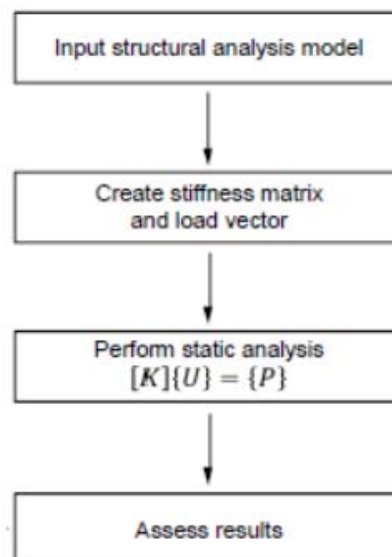


Figure 2.1 Flow chart for Linear Static Analysis in MIDAS/Gen

Nonlinear Analysis

Overview of Nonlinear Analysis

When a structure is analyzed for linear elastic behaviors, the analysis is carried out on the premise that a proportional relationship exists between loads and displacements. This assumes a linear material stress-strain relationship and small geometric displacements.

The assumption of linear behaviors is valid in most structures. However, nonlinear analysis is necessary when stresses are excessive, or large displacements exist in the structure. Construction stage analyses for suspension and cable stayed bridges are some of large displacement structure examples. Nonlinear analysis can be classified into 3 main categories.

First, material nonlinear behaviors are encountered when relatively big loadings are applied to a structure thereby resulting in high stresses in the range of nonlinear stress-strain relationship. The relationship, which is typically represented as in Figure 2.8, widely varies with loading methods and material properties.

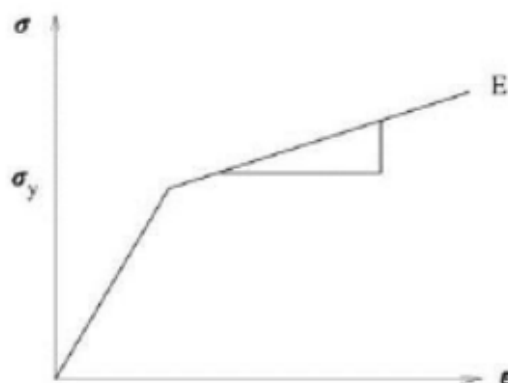
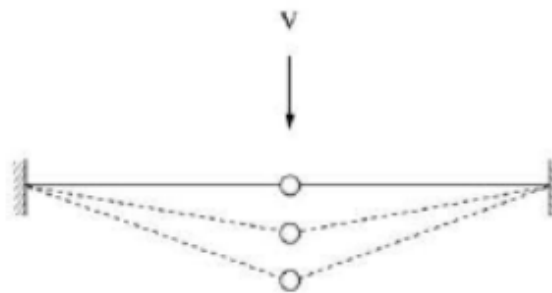


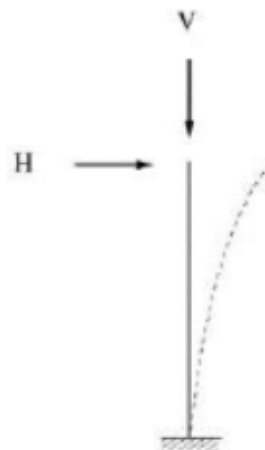
Figure 2.8 Stress-strain relationship used for material nonlinearity

Second, a geometric nonlinear analysis is carried out when a structure undergoes large displacements and the change of its geometric shape renders a nonlinear displacement-strain relationship. The geometric nonlinearity may exist even in the state of linear material behaviors. Cable structures such as suspension bridges are analyzed for geometric nonlinearity. A geometric nonlinear analysis must be carried out if a structure exhibits significant change of its shape under applied

loads such that the resulting large displacements change the coordinates of the structure or additional loads like moments are induced (See Figure 2.9).



(a) Change in structural stiffness due to large displacement



(b) Additional load induced due to displacement

Figure 2.9 Structural systems requiring geometric nonlinear analyses

Third, boundary nonlinearity of a load-displacement relationship can occur in a structure where boundary conditions change with its structural deformations due to external loads. An example of boundary nonlinearity would be compression-only boundary conditions of a structure in contact with soil foundation.

MIDAS/Gen contains such nonlinear analysis functions as boundary nonlinear analysis using nonlinear elements (compression/tension-only elements) and large displacement geometric nonlinear analysis.

- Casi prova

La documentazione, fornita dal produttore del software, contiene un esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi di impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Di seguito si riporta uno degli esempi riportati dal produttore del software.

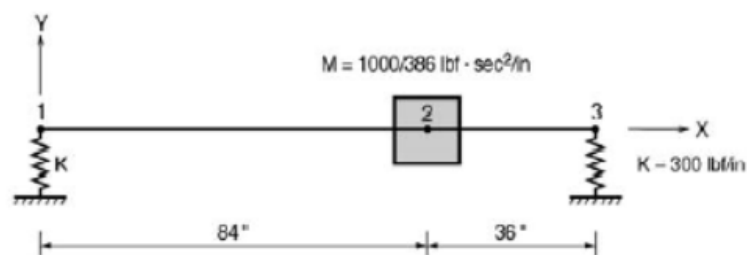
Eigen-2

Title

Simple beam with a lumped mass supported on two springs

Description

Calculate the natural period of free vibration of a beam with a lumped mass.



Structural geometry

MODEL

Analysis Type

2-D eigenvalue analysis (X-Y plane)

Unit System

in, lbf

Dimension

Length $L = 120$ in

Spring constant $K = 300$ lbf/in

Element

Beam element

Material

Modulus of elasticity $E = 30 \times 10^6$ psi

Section Property

Moment of inertia $I_{yy} = 1.0$ in²

Boundary Condition

Nodes 1, 2 and 3 ; Constrain Dx

Nodes 1 and 3 ; Y spring constant = 300 lbf/in

Analysis Case

A lumped mass, $M = 1000/386$ lbf·sec²/in exists at the node 2.

Results

Eigenvalue Analysis Results

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	11.783512	1.875372	0.533227	2.0470e-016								
MODAL PARTICIPATION MASSES(%) PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
1	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EIGENVECTOR												

Comparison of Results

Unit : psi			
Result	Theoretical	STAAD/PRO	MIDAS/Gen
Natural period	0.533	0.533	0.533

References

Timoshenko, Young and Weaver, *"Vibration Problems in Engineering"*, 4th Edition , p. 11, Problem 1.1-3.

"STAAD-III/ISDS, Getting Started and Example Manual", Research Engineers, Inc.,1994, Verification problem No.2.

1 SISMICAD

1.1 Normative

D.M. LL. PP. 11-03-88

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.

Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18

Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

1.2 Descrizione del software

Descrizione del programma Sismicad

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Specifiche tecniche

Denominazione del software: Sismicad 12.19

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CAD&CAD SRL -Via S. Bartolomeo 5/7-25128 BRESCIA-P.I.:03374680175

Versione: 12.13

Identificatore licenza: SW-4821661

Intestatario della licenza: GUERINI ING. ALESSANDRO - VIA ITALIA, 76C - VILLA CARCINA (BS)

Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidezza finita. I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcati infinitamente rigidi. Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente. Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura. Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità: - travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidezza assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione. - le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito; - le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; - le pareti in muratura possono essere schematizzate con elementi lastra-piastra con spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore membranale.- I plinti su suolo alla Winkler sono modellati con la introduzione di molle verticali elastoplastiche. La traslazione orizzontale a scelta dell'utente è bloccata o gestita da molle orizzontali di modulo di reazione proporzionale al verticale. - I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. - i plinti su pali sono modellati attraverso aste di rigidezza elevata che collegano un punto della struttura in elevazione con le aste che simulano la presenza dei pali;- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al

suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio. - I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmettono una quota di ciò che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.- Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica non lineare, in accordo alle varie normative adottate. Le masse, nel caso di impalcati dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

Verifiche delle membrature in cemento armato

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14-1-92) o agli stati limite in accordo al D.M. 09-01-96, al D.M. 14-01-08, al D.M. 17-01-18 o secondo Eurocodice 2. Le travi sono progettate e verificate a flessione retta e taglio; a richiesta è possibile la verifica per le sei componenti della sollecitazione. I pilastri ed i pali sono verificati per le sei componenti della sollecitazione. Per gli elementi bidimensionali giacenti in un medesimo piano è disponibile la modalità di verifica che consente di analizzare lo stato di verifica nei singoli nodi degli elementi. Nelle verifiche (a presso flessione e punzonamento) è ammessa la introduzione dei momenti di calcolo modificati in base alle direttive dell'EC2, Appendice A.2.8. I plinti superficiali sono verificati assumendo lo schema statico di mensole con incastri posti a filo o in asse pilastro. Gli ancoraggi delle armature delle membrature in c.a. sono calcolati sulla base della effettiva tensione normale che ogni barra assume nella sezione di verifica distinguendo le zone di ancoraggio in zone di buona o cattiva aderenza. In particolare il programma valuta la tensione normale che ciascuna barra può assumere in una sezione sviluppando l'aderenza sulla superficie cilindrica posta a sinistra o a destra della sezione considerata; se in una sezione una barra assume per effetto dell'aderenza una tensione normale minore di quella ammissibile, il suo contributo all'area complessiva viene ridotto dal programma nel rapporto tra la tensione normale che la barra può assumere per effetto dell'aderenza e quella ammissibile. Le verifiche sono effettuate a partire dalle aree di acciaio equivalenti così calcolate che vengono evidenziate in relazione. A seguito di analisi inelastiche eseguite in accordo a OPCM 3431 o D.M. 14-01-08, al D.M. 17-01-18 vengono condotte verifiche di resistenza per i meccanismi fragili (nodi e taglio) e verifiche di deformabilità per i meccanismi duttili.

1.3 Descrizione hardware

Processore	Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60GHz
Architettura	AMD64
Frequenza	3600 MHz
Memoria	15,94 GB
Sistema operativo	Microsoft Windows 10 Pro (64 bit)

1.4 Principali caratteristiche del solutore

SOLVER è un programma per l'analisi numerica delle strutture condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti. Esso costituisce una naturale evoluzione del programma denominato "solutore interno" a cui si interfaccia il programma SISMICAD dedicato al calcolo, verifica e disegno delle strutture in cemento armato o in acciaio.

SOLVER, per la sua impostazione, non è legato al programma SISMICAD e può essere utilizzato autonomamente.

Il programma SOLVER nasce per soddisfare le seguenti esigenze:

- dotare il programma ad elementi finiti di un file di input facilmente interpretabile da parte dell'utenza;
- eseguire un accurato controllo della correttezza dei dati prima di passare alla fase di soluzione vera e propria;
- consentire l'introduzione modulare di nuovi elementi finiti senza modificare l'impianto generale del programma;
- consentire facilmente la sostituzione degli elementi finiti esistenti con altri la cui formulazione derivi dai progressi scientifici nel campo dell'analisi numerica delle strutture;
- offrire all'utenza le tecniche di soluzione e le formulazioni più aggiornate nel campo dell'analisi numerica;
- essere pronti ad accogliere le prescrizioni di calcolo dettate dalla normativa vigente
- costituire la base di un programma per la ricerca scientifica nel campo dell'analisi numerica.

Il programma di analisi strutturale SOLVER è dotato delle seguenti caratteristiche:

- analisi statica;
- analisi dinamica lineare e risposta allo spettro;
- analisi dinamica lineare e risposta alla time history;
- analisi statica non-lineare;
- analisi P-Delta;
- analisi per l'instabilità globale (Buckling)
- analisi non-lineare in controllo di spostamento (path-following)
- generazioni di nodi su linee, su superfici spaziali e in domini tridimensionali;
- una varietà di vincoli esterni e mutui;
- un'ampia biblioteca di elementi finiti che include molle, travi, bielle, molle orientate, lastre, piastre, gusci e solidi tridimensionali;
- assegnazione dei dati in formato libero attraverso codici alfanumerici;
- accurato check in fase di lettura dati e in fase di elaborazione;
- grande capacità di soluzione legata solo alla memoria hardware posseduta dall'utente;
- algoritmi di soluzione stabili ed efficienti
- soluzioni di sistemi di grandi sistemi di equazioni in tempi ridotti adottando il metodo delle matrici sparse.
- Velocità di esecuzione in base all'adozione di librerie numeriche ottimizzate (BLAS e LAPACK) fornite a corredo del compilatore INTEL.

Queste caratteristiche rendono il programma competitivo e di riferimento per gli altri software ad elementi finiti come dimostrato nel manuale degli esempi della ditta Concrete s.r.l.

1.5 *Analisi della struttura*

L'analisi della struttura avviene in fasi che brevemente vengono elencate:

- lettura del file di input in formato ASCII, controllo della correttezza dei dati di input e preparazione di files in formato binario pronti per essere elaborati successivamente (fase obbligatoria). Al fine di velocizzare la lettura dei dati, il programma esegue una prima lettura del file memorizzando le sezioni presenti e in fase successiva cercando all'interno del file solo quelle presenti;
- ottimizzazione dell'ordine di assegnazione delle equazioni ai nodi al fine di contenere i tempi di elaborazione (fase facoltativa);
- formazione delle matrici di rigidezza e di carico dei singoli elementi (fase obbligatoria);
- assemblaggio delle singole matrici di rigidezza e di carico e soluzione del problema assegnato (fase obbligatoria);
- calcolo delle sollecitazioni negli elementi (fase facoltativa);
- calcolo delle reazioni nodali di ogni singolo elemento (fase facoltativa).