

Aurelio Giliberti

**UNA PIÙ RAZIONALE STRUTTURA  
DELLA SCALA PER EDIFICI IN ZONA SISMICA**

CUEN

## PREFAZIONE

La proposta della scala che non altera la regolarità del telaio spaziale a maglie ortogonali fu pubblicata nel numero 134/1983 della rivista "L'Ingegnere Italiano".

Le numerose richieste di chiarimento e di una descrizione più dettagliata della struttura proposta ha suggerito di redigere il presente opuscolo nel quale si riportano anche esempi numerici.

Pubblicato dalla CUEN (Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana) - Piazzale V. Tecchio, 80 - Facoltà di Ingegneria, 80125 NAPOLI.  
Tel. [39] (81) 610426 - 636667 - 7682337.

© CUEN s.r.l. 1987

## 1 Premessa

Gli edifici con struttura intelaiata in cemento armato sono generalmente costituiti da aste verticali (pilastri) ed orizzontali (travi) che si incrociano in modo da realizzare un reticolo spaziale a maglie rettangolari.

Una siffatta struttura caricata da carichi verticali sulle travi e da forze orizzontali a livello di piano ha un comportamento fedelmente aderente alla schematizzazione di calcolo di tipo normale che per essa abitualmente si adotta nella pratica tecnica.

La presenza di elementi strutturali aggiuntivi inseriti nel suddetto reticolo provoca variazioni che allontanano notevolmente il comportamento effettivo dalla schematizzazione di calcolo. E' questo il caso della struttura della scala: infatti sia la trave a ginocchio che la soletta rampante, dimezzando la lunghezza del pilastro a livello di pianerottolo di riposo modificano sostanzialmente il reticolo spaziale a maglie rettangolari. E' necessario in questi casi adottare programmi più sofisticati che tengono conto della effettiva geometria della struttura.

## 2 Caratteristiche della scala proposta

Per ovviare a tale inconveniente la scala può essere realizzata con due solette rampanti separate in corrispondenza del pianerottolo di riposo ed inoltre la rampa che parte dal piano e si sviluppa in salita si appoggia alla trave dello stesso piano mediante setti o pilastri, mentre la rampa che parte dal piano e si sviluppa in discesa si appende alla trave dello stesso piano ancora mediante setti o pilastri indipendenti dalla struttura principale.

In questo modo i pilastri della scala conservano l'altezza degli altri pilastri del piano ed il reticolo spaziale conserva la sua regolarità. Inoltre la struttura della scala così realizzata non si oppone allo spostamento relativo tra due piani successivi. Da notare infine che nella soluzione proposta i pilastri non devono necessariamente essere posizionati ai vertici del vano scala.

I grafici che seguono illustrano in dettaglio la geometria della struttura della scala ora descritta.

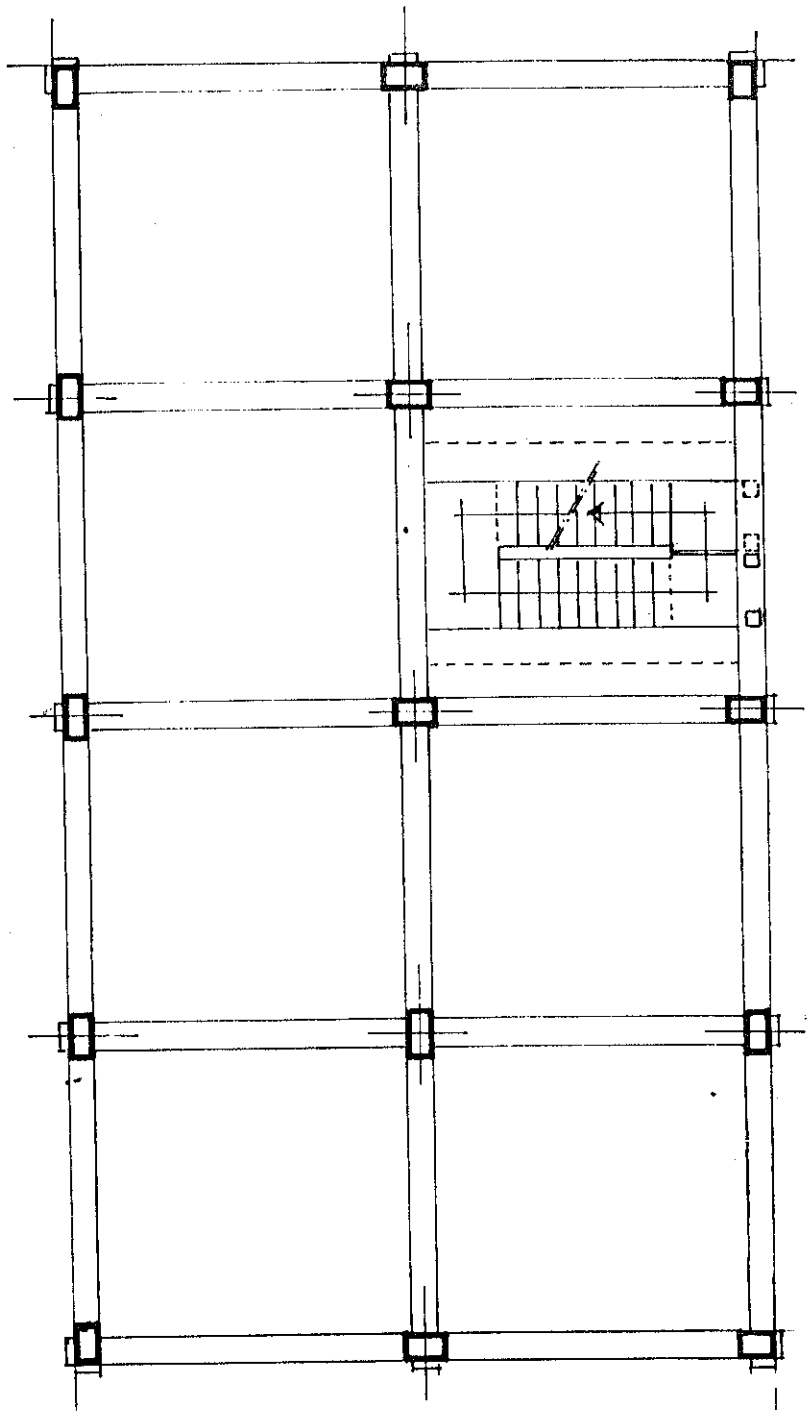


Fig. 1 Inserimento del vano scala nella maglia della pilastrata

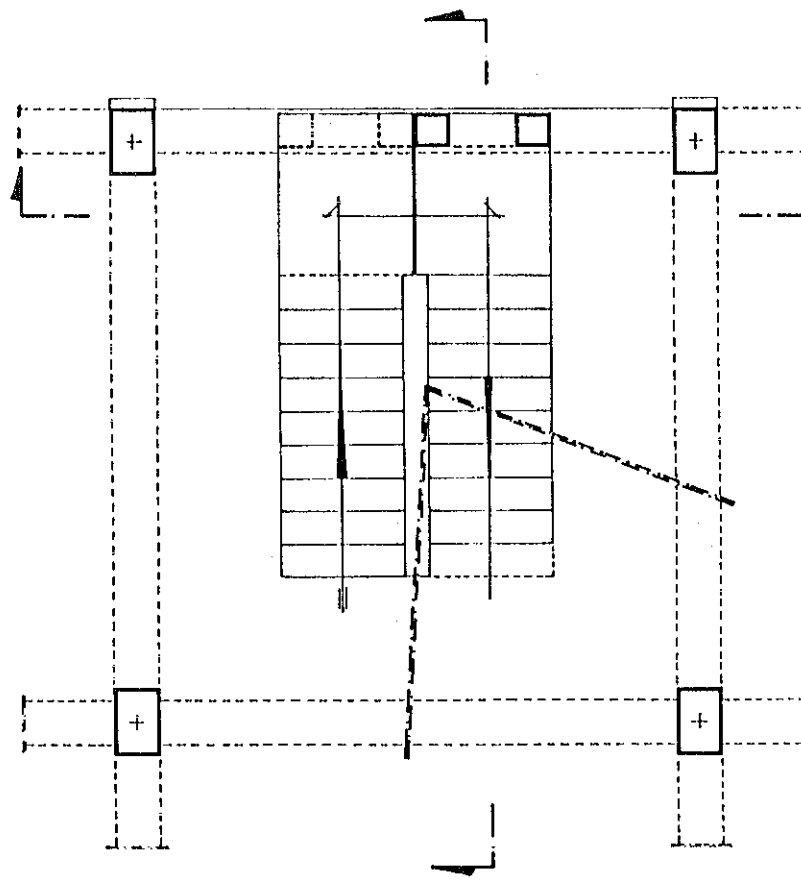


Fig. 2 Pianta della scala

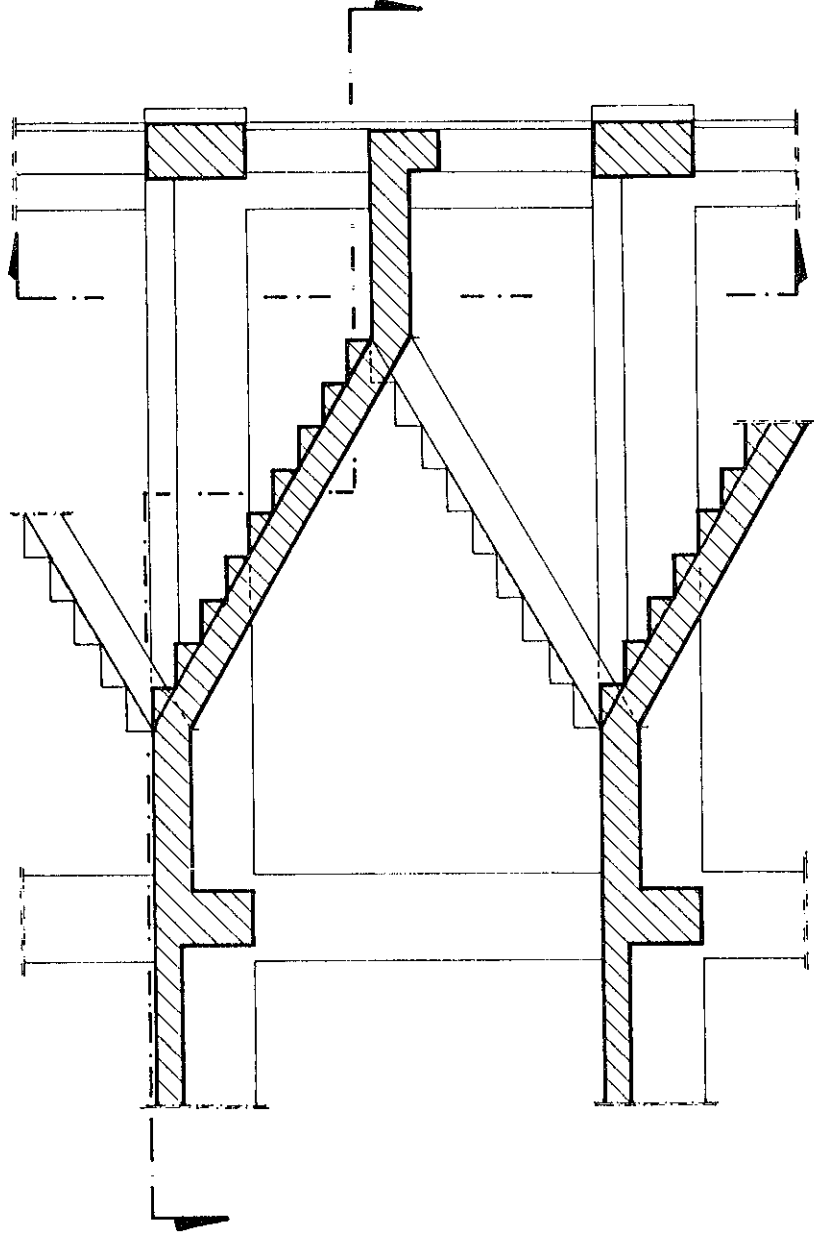


Fig. 3 Sezione longitudinale

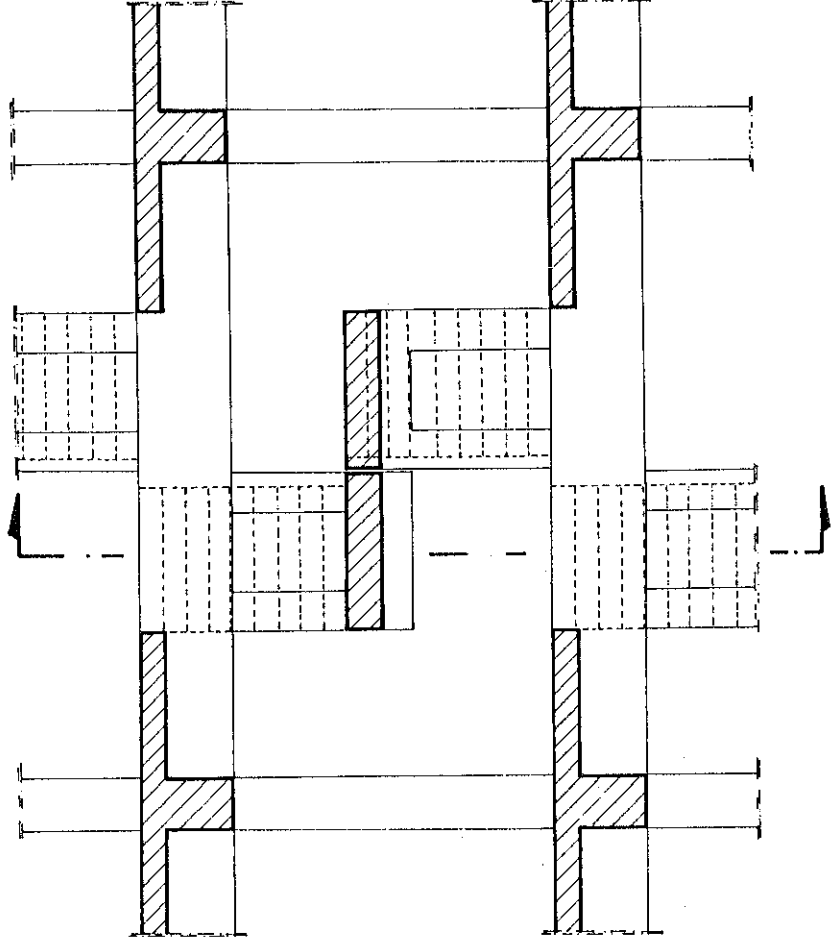


Fig. 4 Sezione trasversale

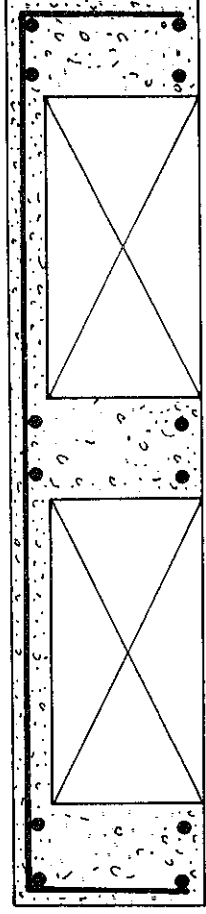


Fig. 5 Sezione trasversale della rampa

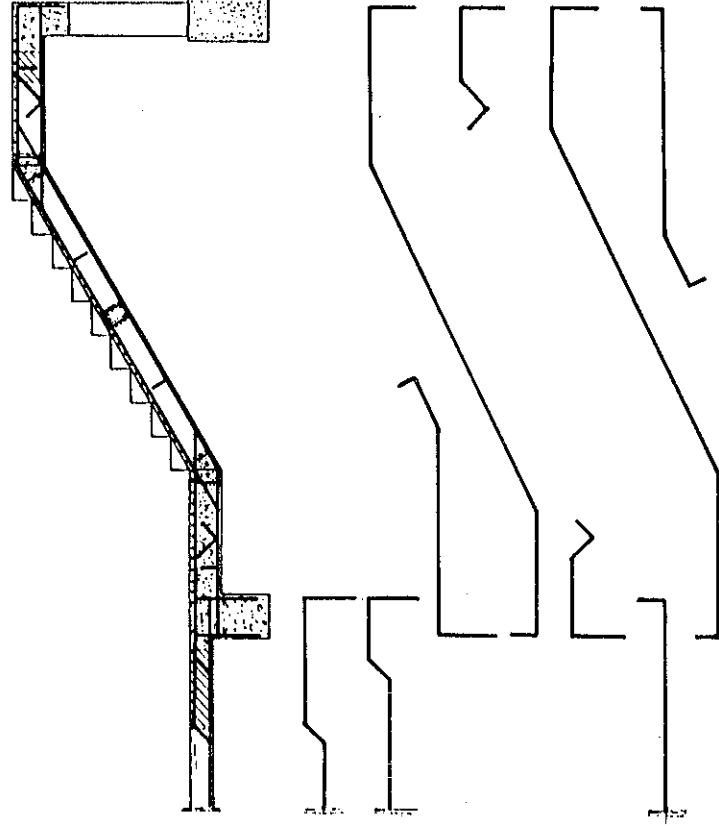


Fig. 6 Disposizione delle armature dei travetti (rampa in salita)

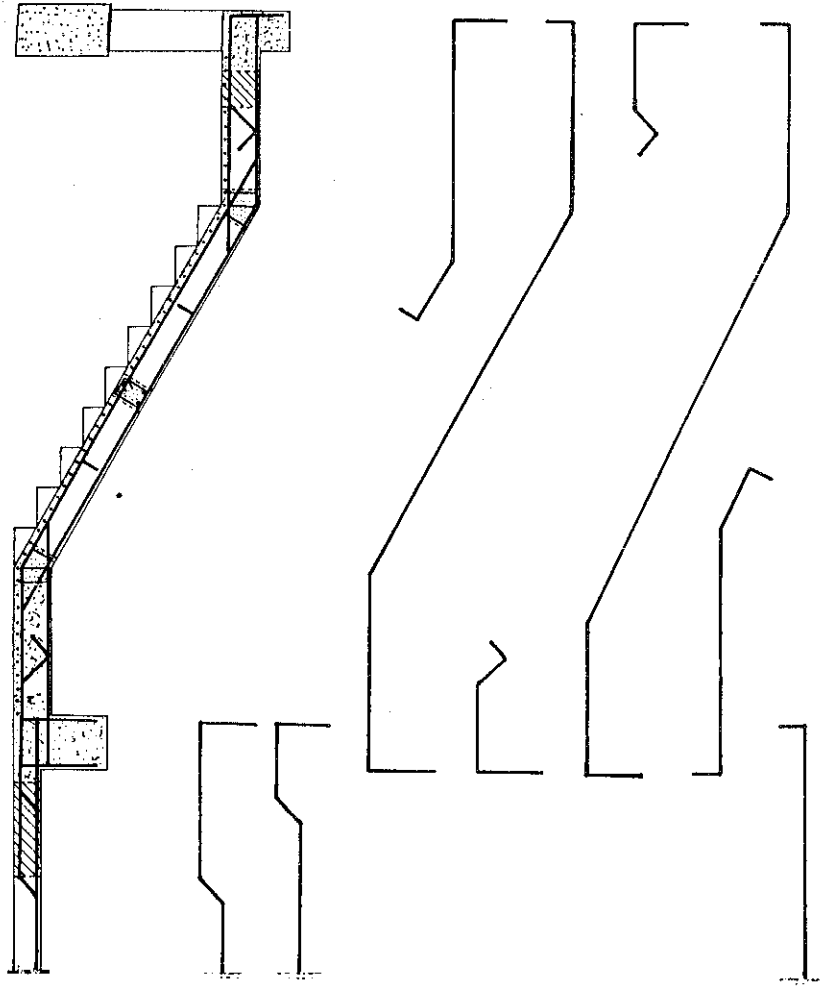


Fig. 7 Disposizione delle armature dei travetti (rampa in discesa)

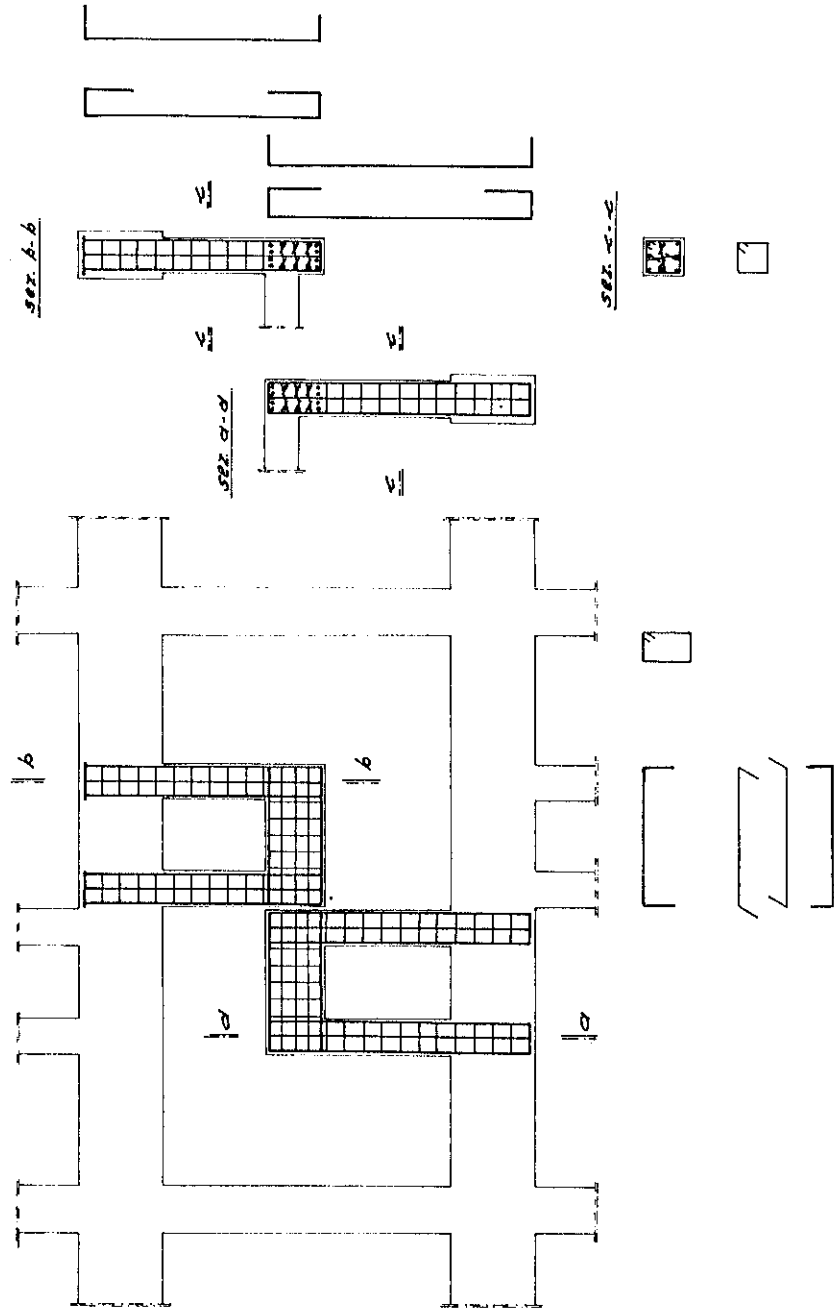


Fig. 8 Disposizione delle armature dei pilastri

## ESEMPI NUMERICI

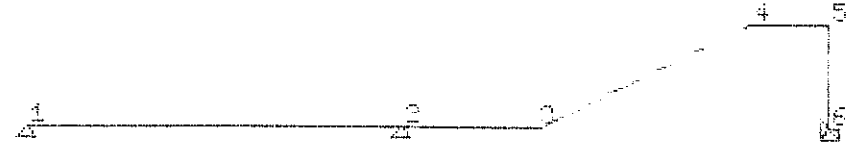
Nel seguito si riporta il calcolo di due casi di scala aventi le caratteristiche proposte. Per essi è stato utilizzato il programma "SAP 80" dell'Ing. Alberto Cucinella.



### 3 Primo esempio

#### 3.1 Rampa in salita

##### 3.1.1 Schema strutturale



##### 3.1.2 Caratteristiche geometriche ed elastiche delle aste

Moduli di elasticità :  $E = 250000 \text{ kg/cm}^2$   $G = 80000 \text{ kg/cm}^2$

inodo	x (m)	y (m)	codice vincolo	carichi permanenti
				Fx (kg) Fy (kg) Mz (kgm)
1	+0.000	+0.000	+1.010	+0 +0 +0
2	+5.800	+0.000	+1.010	+0 +0 +0
3	+7.900	+0.000	-	+0 +0 +0
4	+11.200	+1.600	-	+0 +0 +0
5	+12.400	+1.600	-	+0 +0 +0
6	+12.400	+0.000	+1.111	+0 +0 +0

Profili ricorrenti :

profilo	b (cm)	H (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )
3	60	28	109760	1680

profilo	b (cm)	H (cm)	IS (cm)	IB (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )
1	40	25	5	120	81488	1400
2	40	28	5	120	112986	1520

### 3.1.3 Carichi verticali ed azione sismica

astan	nodo i	nodo j	codice elemento	codice profilo	luce (m)	carichi uniformi qni	carichi uniformi qnj	carichi puntuali qt
1	1	2	2	1	5.80	-600	-600	+0
2	2	3	2	2	2.10	-1100	-1100	+0
3	3	4	2	1	3.67	-1100	-1100	+0
4	4	5	2	2	1.20	-1100	-1100	+0
5	5	6	1	3	1.60	+0	+0	+450

Azioni sismiche :

nodo	Fx sismica (kg)
4	+500

### 3.1.4 Spostamenti e rotazioni dei nodi

spostamenti dei nodi in direzione x (sx in cm)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+439772E-008	+225207E-007	-137253E-007
2	+439772E-008	+225207E-007	-137253E-007
3	+439772E-008	+225207E-007	-137253E-007
4	-776192E-007	-602045E-007	-950340E-007
5	-781750E-007	-609182E-007	-954319E-007
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

spostamenti dei nodi in direzione y (sy in cm)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
2	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
3	-378561E-006	-367352E-006	-389770E-006
4	-211051E-006	-198348E-006	-223755E-006
5	-142279E-008	-143491E-008	-141066E-008
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

rotazioni dei nodi intorno all'asse z (in rad.)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-577258E-009	-599411E-009	-555106E-009
2	-123985E-008	-119554E-008	-128415E-008
3	-165507E-008	-160091E-008	-170924E-008
4	+201229E-008	+193562E-008	+208895E-008
5	+125085E-008	+111289E-008	+138882E-008
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

### 3.1.5 Sollecitazioni nelle aste

asta n. 1 nodo i = 1 - nodo j = 2

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	+0	-3830	+1080	+2400	+0	+0	+1.80	+971
2	0	-3783	+1088	+2392	+0	+0	+1.81	+986
3	0	-3876	+1072	+2408	+0	+0	+1.79	+957

asta n. 2 nodo i = 2 - nodo j = 3

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+3830	+1904	+3885	-1575	+0	+0
2	+3783	+1884	+3853	-1543	+0	+0
3	+3876	+1924	+3917	-1607	+0	+0

asta n. 3 nodo i = 3 - nodo j = 4

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	-1904	-295	+1417	+2617	+687	-687	+1.29	+2817
2	-1884	-421	+1389	+2645	+673	-673	+1.26	+2760
3	-1924	-170	+1446	+2588	+701	-701	+1.31	+2875

asta n. 4 nodo i = 4 - nodo j = 5

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+295	-3553	-2053	+3375	+1760	-1760
2	+421	-3717	-2087	+3407	+2260	-2260
3	+170	-3390	-2023	+3343	+1260	-1260

asta n. 5 nodo i = 5 - nodo j = 6

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+3553	-737	+1760	-1760	+3375	-4095
2	+3717	-101	+2260	-2260	+3407	-4127
3	+3390	-1374	+1260	-1260	+3343	-4063

condizioni di carico :

- prima : carichi permanenti
- seconda : carichi permanenti + Fx sismiche
- terza : carichi permanenti - Fx sismiche

Momenti in Kqm - Tagli e Sforzi Normali in Kg

Reazioni vincolari al nodo n. 1 condiz. 1 condiz. 2 condiz. 3  
Ry: +1080 kg +1088 kg +1072 kg

Reazioni vincolari al nodo n. 2 condiz. 1 condiz. 2 condiz. 3  
Ry: +6286 kg +6246 kg +6325 kg

Reazioni vincolari al nodo n.	6	condiz. 1	condiz. 2	condiz. 3
Mz:	-737 kqm	-101 kqm	-1374 kqm	
Rx:	-1760 kq	-2260 kq	-1260 kq	
Ry:	+4095 kq	+4127 kq	+4063 kq	

### 3.1.6 Progetto delle armature delle travi a flessione e taglio

siamac= 85 kg/cmq siomaf= 2200 kg/cmq taubi 15.00 kg/cmq. n=Ef/Ec=15

asta n.	i	nodi	i - 2	(sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm )
		M(-)	M(+)	Afs Afi xc sc sf Tmax tau Aft
A sin.	0	0	0.2	0.0 0.6 0 0 +1088 1.37 0.5
Campata	+0	+986	0.0	2.2 5.3 46 2200
A des.	-3876	+0	9.2	8.1 8.1 85 2200 +2408 3.04 1.1

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scors	Afp	Afst/m
0.00	0.97	+3894	0.00	3.00
0.97	1.93	+1063	0.00	3.00
1.93	2.90	-1847	0.00	3.00
2.90	3.87	-4679	0.00	3.00
3.87	4.83	-7510	0.36	3.00
4.83	5.80	-10342	1.27	3.00

asta n.	2	nodi	2 - 3	(sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )
		M(-)	M(+)	Afs Afi xc sc sf Tmax tau Aft
A sin.	-3876	+0	8.0	2.4 9.2 85 2200 +3917 4.35 1.8
Campata	-370	+0	0.7	0.0 3.4 23 2200
A des.	+0	+1924	0.0	3.9 7.2 59 2200 -1607 1.79 0.7

Armatura a taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scors	Afp	Afst/m
0.00	0.35	+5794	1.12	3.01
0.35	0.70	+5195	0.93	3.00
0.70	1.05	+4596	0.73	3.00
1.05	1.40	+3997	0.54	3.00
1.40	1.75	+3398	0.35	3.00
1.75	2.10	+2799	0.16	3.00

asta n.	3	nodi	3 - 4	(sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm )
		M(-)	M(+)	Afs Afi xc sc sf Tmax tau Aft
A sin.	+0	+1924	0.0	4.5 7.1 69 2200 +1446 1.83 0.7
Campata	+0	+2875	1.5	6.8 8.1 85 2200
A des.	-421	+0	0.9	0.0 3.6 28 2200 +2645 3.34 1.2

Armatura a taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scors	Afp	Afst/m
0.00	0.61	+3426	0.00	3.00
0.61	1.22	+1350	0.00	3.00
1.22	1.83	-902	0.00	3.00
1.83	2.44	-2977	0.00	3.00
2.44	3.06	-5053	0.33	3.00
3.06	3.67	-7129	0.99	3.00

asta n.	4	nodi	4 - 5	(sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )
		M(-)	M(+)	Afs Afi xc sc sf Tmax tau Aft
A sin.	-421	+0	0.8	0.0 3.6 25 2200 -2087 2.32 0.9
Campata	-1871	+0	3.8	0.0 7.1 58 2200
A des.	-3717	+0	7.7	1.6 9.2 85 2200 +3407 3.79 1.5

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scors	Afp	Afst/m
0.00	0.20	-1953	0.20	3.00
0.20	0.40	-2148	0.27	3.00
0.40	0.60	-2344	0.33	3.00
0.60	0.80	-2539	0.39	3.00
0.80	1.00	-2735	0.45	3.00
1.00	1.20	-2930	0.52	3.00

### 3.1.7 Progetto delle armature dei pilastri

siamac= 85 kg/cmq siomaf= 2200 kg/cmq copriferro= 3.0 cm n=Ef/Ec=15

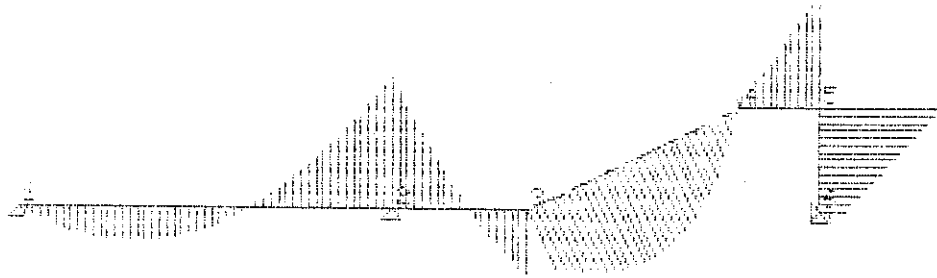
# asta n. 5 : nodi 5- 6 ( B= 60 H= 28 d= 3.0 cm ) #

sezione relativa al nodo n.	5	Af=Af'	Ar.min.req.	5.04 cmq.
Cond.	M	N	sez.	xc sc st scmed.
1	+3553	+3375	parzial.	+7.64 +60.03 +2045 +1.79
2	+3717	+3407	parzial.	+7.62 +62.75 +2148 +1.80
3	+3390	+3343	parzial.	+7.67 +57.31 +1943 +1.77

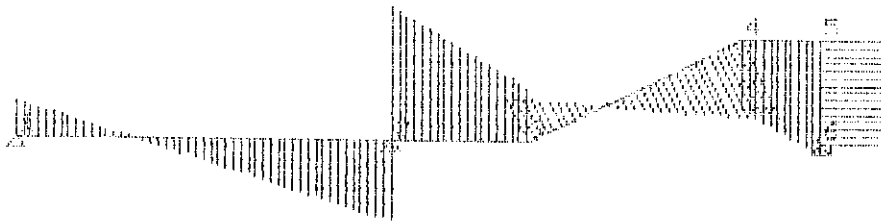
sezione relativa al nodo n.	6	Af=Af'	Ar.min.req.	5.04 cmq.
Cond.	M	N	sez.	xc sc st scmed.
1	-737	+4095	parzial.	+7.83 +21.15 +696 +2.36
2	-101	+4127	c.reaque.	+0.00 +3.60 +50 +2.38
3	-1374	+4063	parzial.	+5.69 +43.20 +2200 +2.35

### 3.1.8 Prima condizione di carico: carichi verticali

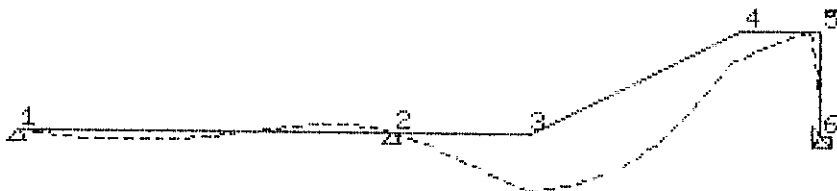
#### 3.1.8.1 Diagramma del momento



#### 3.1.8.2 Diagramma del taglio

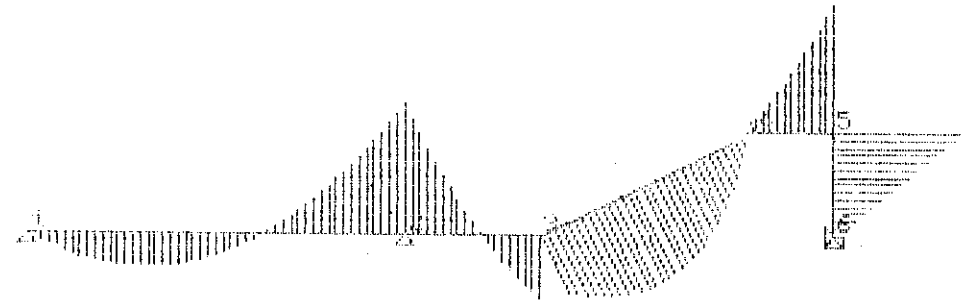


#### 3.1.8.3 Deformata elastica

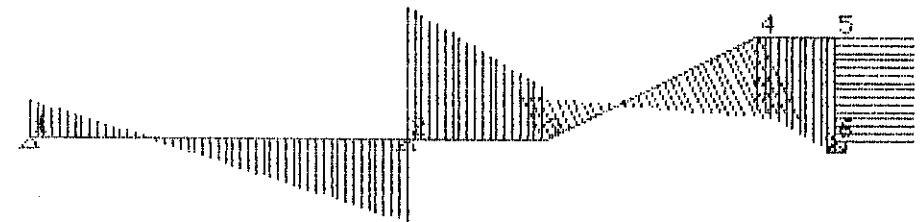


### 3.1.9 Seconda condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione x

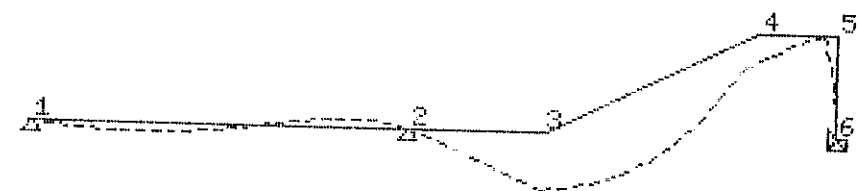
#### 3.1.9.1 Diagramma del momento



#### 3.1.9.2 Diagramma del taglio

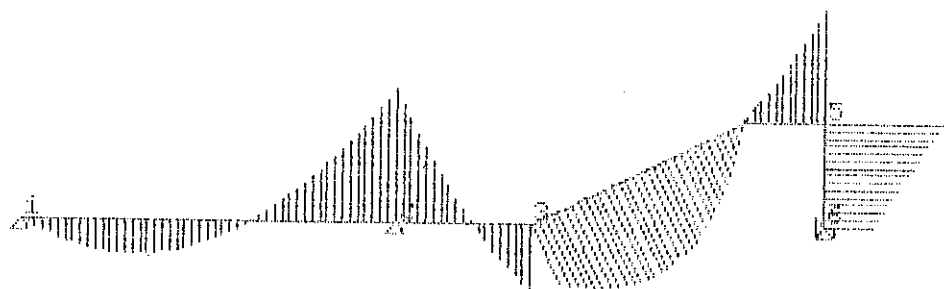


#### 3.1.9.3 Deformata elastica

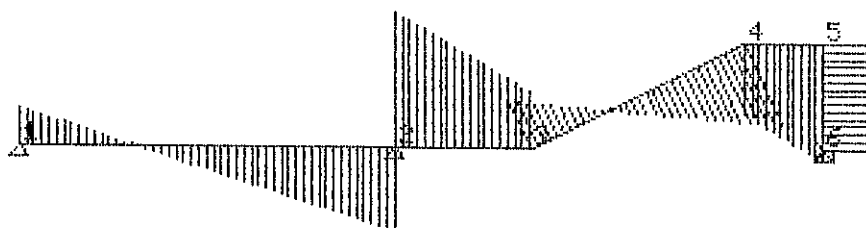


### 3.1.10 Terza condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione -x

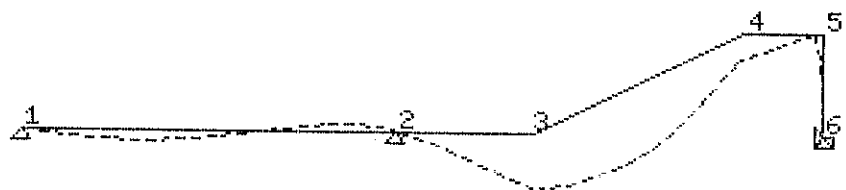
#### 3.1.10.1 Diagramma del momento



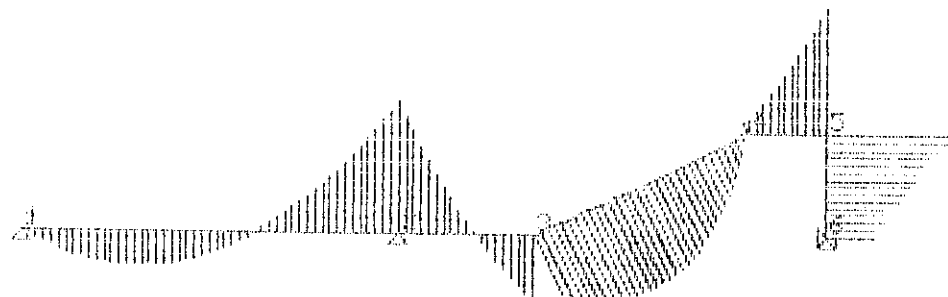
#### 3.1.10.2 Diagramma del taglio



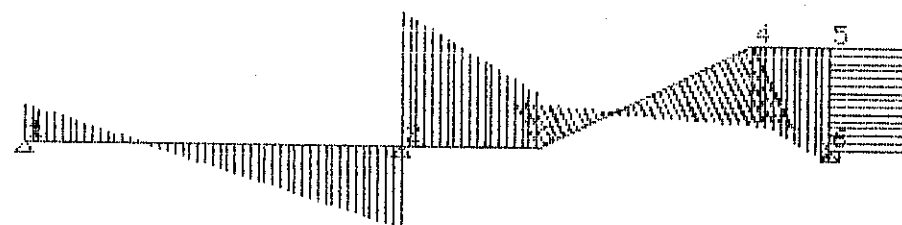
#### 3.1.10.3 Deformata elastica



#### 3.1.10.4 Diagramma involucro dei momenti



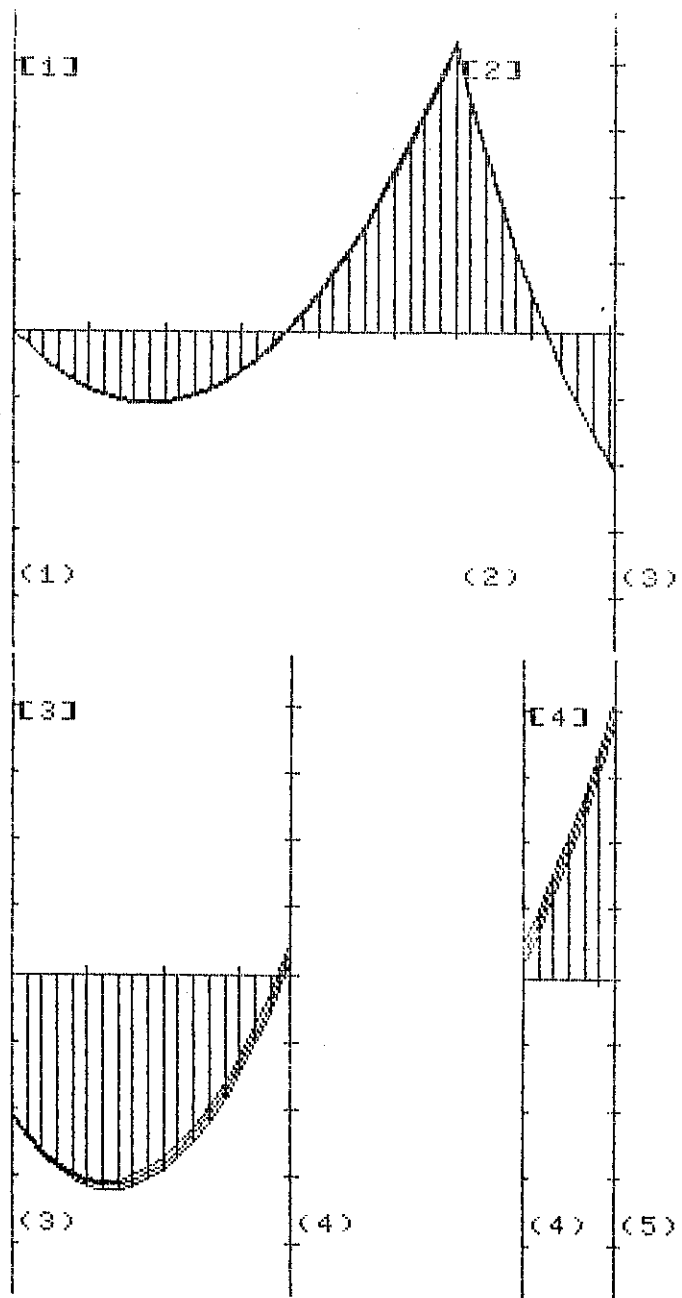
#### 3.1.10.5 Diagramma involucro dei tagli



## 3.1.11 Diagramma inviluppo dei momenti nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

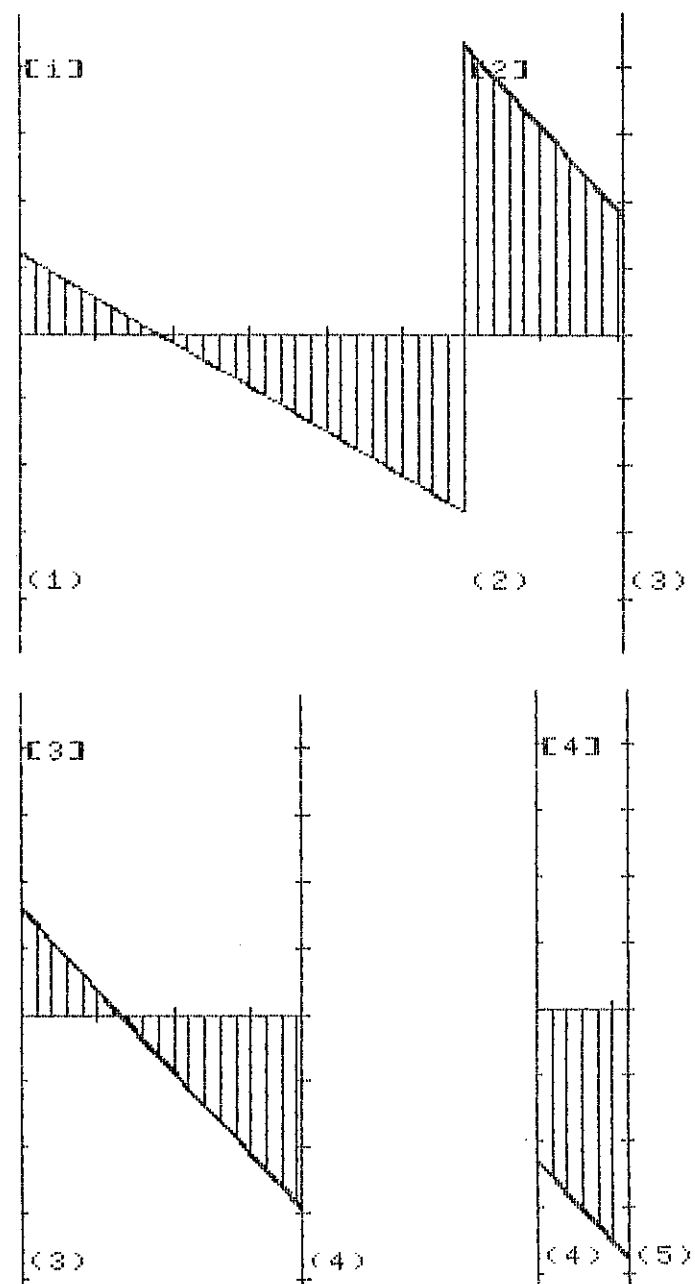
scala dei momenti : un segmento = 900 kqm



## 3.1.12 Diagramma inviluppo dei tagli nelle travi

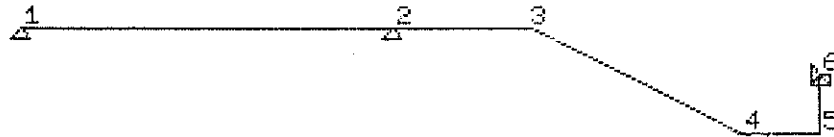
scala delle lunghezze : 1/ 100

scala dei tagli : un segmento = 900 kg



### 3.2 Rampa in discesa

#### 3.2.1 Schema strutturale



#### 3.2.2 Caratteristiche geometriche ed elastiche delle aste

Moduli di elasticità: E= 250000 kg/cmq G= 80000 kg/cmq

inodo	x (m)	y (m)	vincolo	carichi permanenti	Fx (kg)	Fy (kg)	Mz (kgm)
1	+0.000	+1.600	+1.010		+0	+0	+0
2	+5.800	+1.600	+1.010		+0	+0	+0
3	+7.900	+1.600	-		+0	+0	+0
4	+11.200	+0.000	-		+0	+0	+0
5	+12.400	+0.000	-		+0	+0	+0
6	+12.400	+0.900	+1.111		+0	+0	+0

Profili ricorrenti:

profilo	b (cm)	H (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cmq)
3	60	28	109760	1680

profilo	b (cm)	H (cm)	IS (cm)	IB (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cmq)
1	40	25	5	120	81488	1400
2	40	28	5	120	112986	1520

#### 3.2.3 Carichi verticali ed azione sismica

inodo iniziale	inodo finale	codice elemento	codice profilo	lunghezza (m)	carichi uniformi (kg/m)	qt
1	2	2	1	5.80	-600	-600
2	3	2	2	2.10	-1100	-1100
3	4	2	1	3.67	-1100	-1100
4	5	2	2	1.20	-1100	-1100
5	6	1	3	0.90	+0	+0

Azioni sismiche	nodo	Fx sismica (kg)
	4	+500

#### 3.2.4 Spostamenti e rotazioni dei nodi

spostamenti dei nodi in direzione x (sx in cm)

inodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-428111E-007	-388811E-007	-467412E-007
2	-428111E-007	-388811E-007	-467412E-007
3	-428111E-007	-388811E-007	-467412E-007
4	+406640E-007	+443206E-007	+370073E-007
5	+412198E-007	+447185E-007	+377210E-007
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

spostamenti dei nodi in direzione y (sy in cm)

inodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
2	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
3	-358138E-006	-362457E-006	-353819E-006
4	-187561E-006	-192457E-006	-182665E-006
5	-778922E-009	-776294E-009	-781550E-009
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

rotazioni dei nodi intorno all'asse z (in rad.)

inodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-617588E-009	-609052E-009	-626123E-009
2	-115919E-008	-117626E-008	-114212E-008
3	-155624E-008	-157711E-008	-153536E-008
4	+187489E-008	+190442E-008	+184535E-008
5	+100258E-008	+105573E-008	+949433E-009
6	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

3.2.5 Sollecitazioni nelle aste

asta n. 1 nodo i = 1 - nodo j = 2

lcond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	+01	-37451	+10941	+23861	+01	+01	+1.821	+9981
2	+01	-37631	+10911	+23891	0	0	+1.821	+9921
3	+01	-37271	+10981	+23831	0	0	+1.831	+10041

asta n. 2 nodo i = 2 - nodo j = 3

lcond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+37451	+18681	+38281	-15181	+01	+01
2	+37631	+18761	+38401	-15301	+01	+01
3	+37271	+18601	+38151	-15051	+01	+01

asta n. 3 nodo i = 3 - nodo j = 4

lcond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	-18681	-5221	+13661	+26691	-6621	+6621	+1.241	+27151
2	-18761	-4741	+13771	+26581	-6671	+6671	+1.251	+27371
3	-18601	-5701	+13551	+26801	-6571	+6571	+1.231	+26941

asta n. 4 nodo i = 4 - nodo j = 5

lcond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+5221	-38491	-21131	+34331	-17601	+17601
2	+4741	-37861	-21001	+34201	-12601	+12601
3	+5701	-39121	-21251	+34451	-22601	+22601

asta n. 5 nodo i = 5 - nodo j = 6

lcond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+38491	-22651	+17601	-17601	-34331	+38381
2	+37861	-26521	+12601	-12601	-34201	+38251
3	+39121	-18781	+22601	-22601	-34451	+38501

condizioni di carico :

- prima : carichi permanenti
- seconda : carichi permanenti + Fx sismiche
- terza : carichi permanenti - Fx sismiche

Momenti in Kqm - Tagli e Sforzi Normali in Kq

Reazioni vincolari al nodo n.	i	condiz. 1	condiz. 2	condiz. 3
Ry:	+1094	kq	+1091	kq
Ry:	+6213	kq	+6228	kq
Ry:	+3838	kq	+3825	kq
Mz:	-2265	kqm	-2652	kqm
Rx:	+1760	kq	+1260	kq
Ry:	+3838	kq	+3825	kq

3.2.6 Progetto delle armature delle travi a flessione e taglio -

sigmac= 85 kq/cm<sup>2</sup> sigmaf= 2200 kq/cm<sup>2</sup> taubi 15.00 kq/cm<sup>2</sup>. n=Ef/Ec=15

asta n. 1 nodi i = 1 - 2 (sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm )

	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft
A sin.	+0	+0	0.0	0.0	0.0	0	2200	+1098	1.39	0.5
Campata	+0	+1004	0.0	2.3	5.3	47	2200			
A des.	-3763	+0	8.9	7.3	8.1	85	2200	+2389	3.02	1.1

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.97	+3942	0.00	3.00
0.97	1.93	+1111	0.00	3.00
1.93	2.90	-1751	0.00	3.00
2.90	3.87	-4583	0.00	3.00
3.87	4.83	-7415	0.33	3.00
4.83	5.80	-10246	1.24	3.00

asta n. 2 nodi i = 2 - 3 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )

	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft
A sin.	-3763	+0	7.8	1.8	9.2	85	2200	+3840	4.27	1.7
Campata	-337	+0	0.6	0.0	3.2	22	2200			
A des.	+0	+1876	0.0	3.8	7.1	58	2200	-1530	1.70	0.7

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.35	+5674	1.08	3.00
0.35	0.70	+5075	0.89	3.00
0.70	1.05	+4476	0.70	3.00
1.05	1.40	+3877	0.50	3.00
1.40	1.75	+3278	0.31	3.00
1.75	2.10	+2679	0.12	3.00

asta n. 3 nodi i = 3 - 4 (sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm )

	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft
A sin.	+0	+1876	0.0	4.3	7.0	68	2200	+1377	1.74	0.6
Campata	+0	+2737	0.6	6.4	8.1	85	2200			
A des.	-570	+0	1.3	0.0	4.1	34	2200	+2680	3.38	1.2

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.61	+3212	0.00	3.00
0.61	1.22	+1136	0.00	3.00
1.22	1.83	-1008	0.00	3.00
1.83	2.44	-3083	0.00	3.00
2.44	3.06	-5159	0.36	3.00
3.06	3.67	-7234	1.03	3.00

asta n. 4 nodi i = 4 - 5 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )

	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft
A sin.	-570	+0	1.1	0.0	4.1	29	2200	-2125	2.36	1.0
Campata	-2043	+0	4.1	0.0	7.4	61	2200			
A des.	-3912	+0	8.1	2.6	9.2	85	2200	+3445	3.83	1.6

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.20	-1986	0.21	3.00
0.20	0.40	-2182	0.28	3.00
0.40	0.60	-2378	0.34	3.00
0.60	0.80	-2573	0.40	3.00
0.80	1.00	-2769	0.47	3.00
1.00	1.20	-2964	0.53	3.00



### 3.2.7 Progetto delle armature dei pilastri

$\sigma_{mac} = 85 \text{ kg/cm}^2$   $\sigma_{maf} = 2200 \text{ kg/cm}^2$   $\text{copriferro} = 3.0 \text{ cm}$   $n = E_f/E_c = 15$

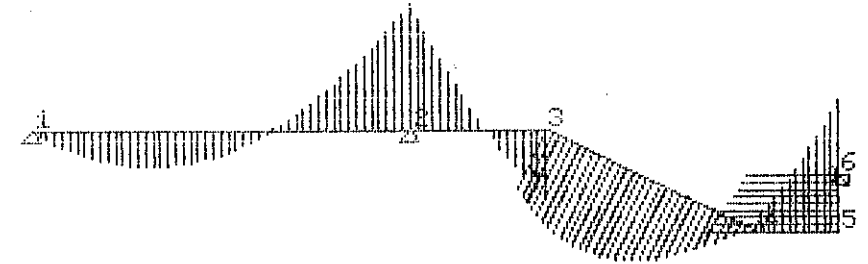
# asta n. 5 : nodi 5- 6 ( B= 60 H= 28 d= 3.0 cm ) #

sezione relativa al nodo n. 5 :  $A_f = A_f' = 8.89$   $A_{r. \text{min. req.}} = 5.04 \text{ cm}^2$   
 Cond. M N sez. xc sc sf scmed.  
 1 +3849 -3433 parzial. +6.94 +54.33 +2121 -1.76  
 2 +3786 -3420 parzial. +6.93 +53.42 +2088 -1.76  
 3 +3912 -3445 parzial. +6.95 +55.24 +2153 -1.77

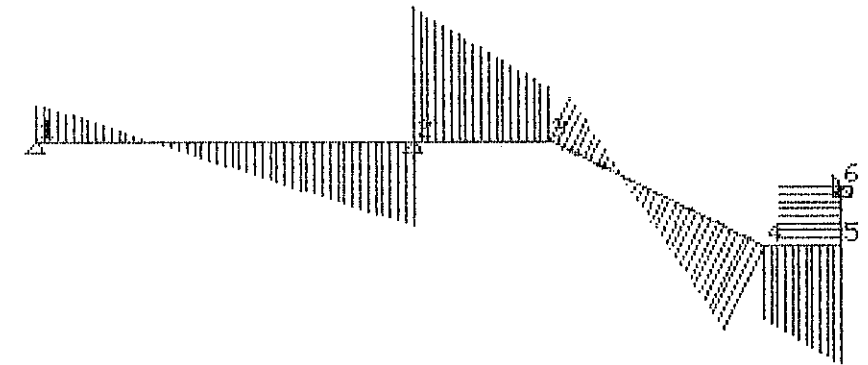
sezione relativa al nodo n. 6 :  $A_f = A_f' = 6.38$   $A_{r. \text{min. req.}} = 5.04 \text{ cm}^2$   
 Cond. M N sez. xc sc st scmed.  
 1 -2265 -3838 parzial. +5.74 +37.03 +1866 -2.05  
 2 -2652 -3825 parzial. +5.88 +43.77 +2133 -2.04  
 3 -1878 -3850 parzial. +5.53 +30.27 +1599 -2.06

### 3.2.8 Prima condizione di carico: carichi verticali

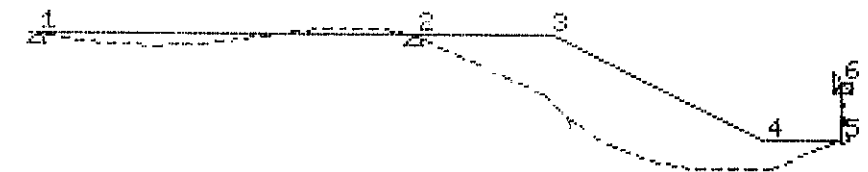
#### 3.2.8.1 Diagramma del momento



#### 3.2.8.2 Diagramma del taglio

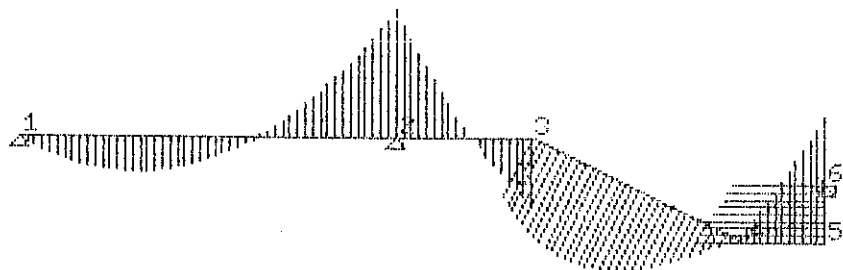


#### 3.2.8.3 Deformata elastica

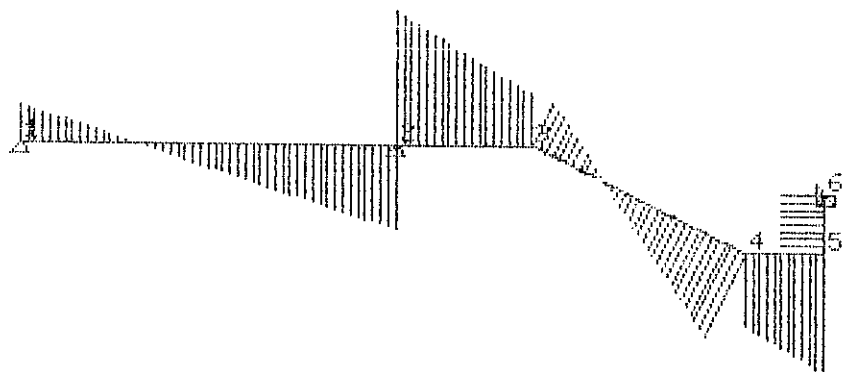


### 3.2.9 Seconda condizione di carico: verticali e forze sismica in direzione x

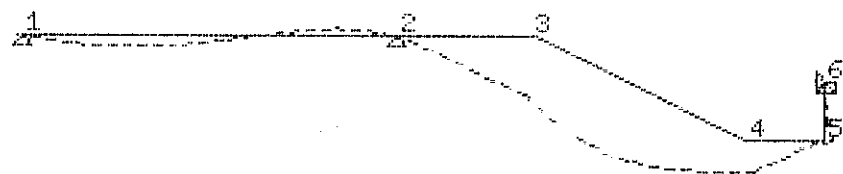
#### 3.2.9.1 Diagramma del momento



#### 3.2.9.2 Diagramma del taglio

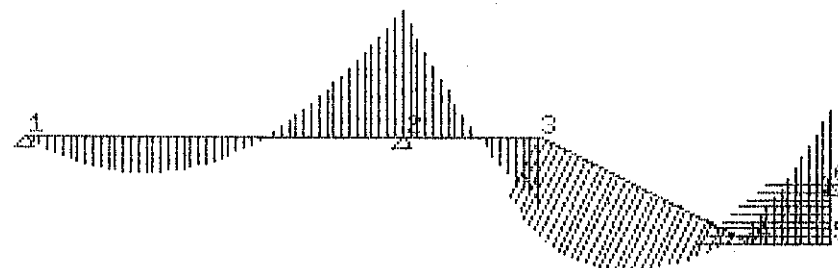


#### 3.2.9.3 Deformata elastica

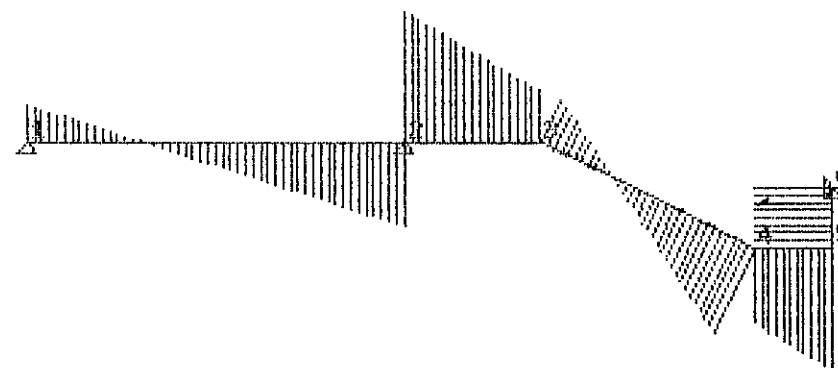


### 3.2.10 Terza condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione -x

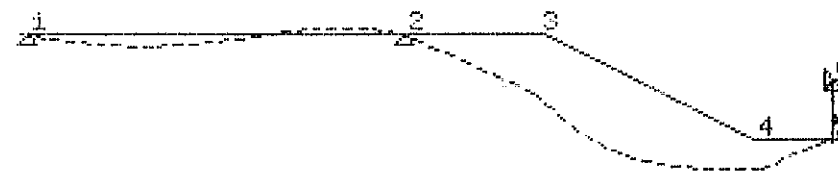
#### 3.2.10.1 Diagramma del momento



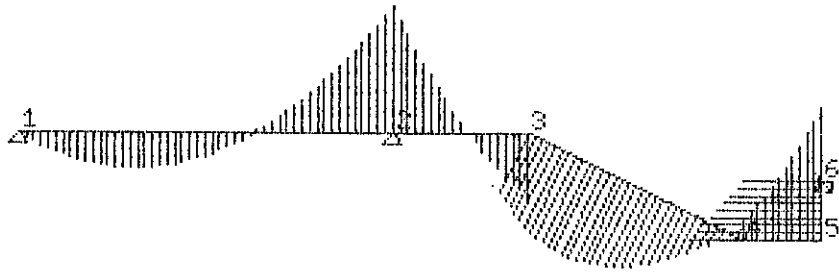
#### 3.2.10.2 Diagramma del taglio



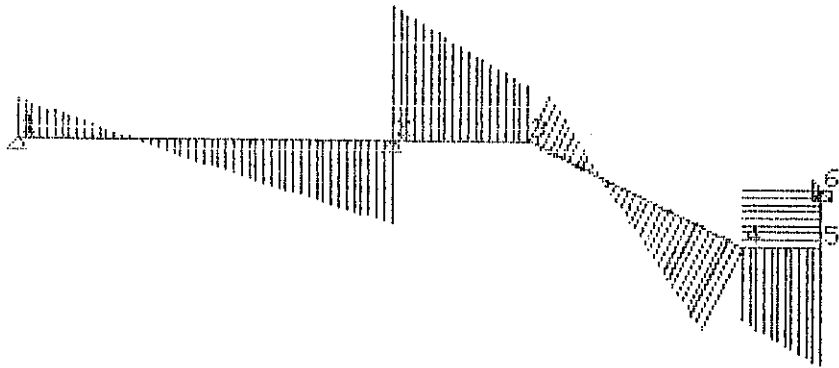
#### 3.2.10.3 Deformata elastica



## 3.2.10.4 Diagramma involucro dei momenti



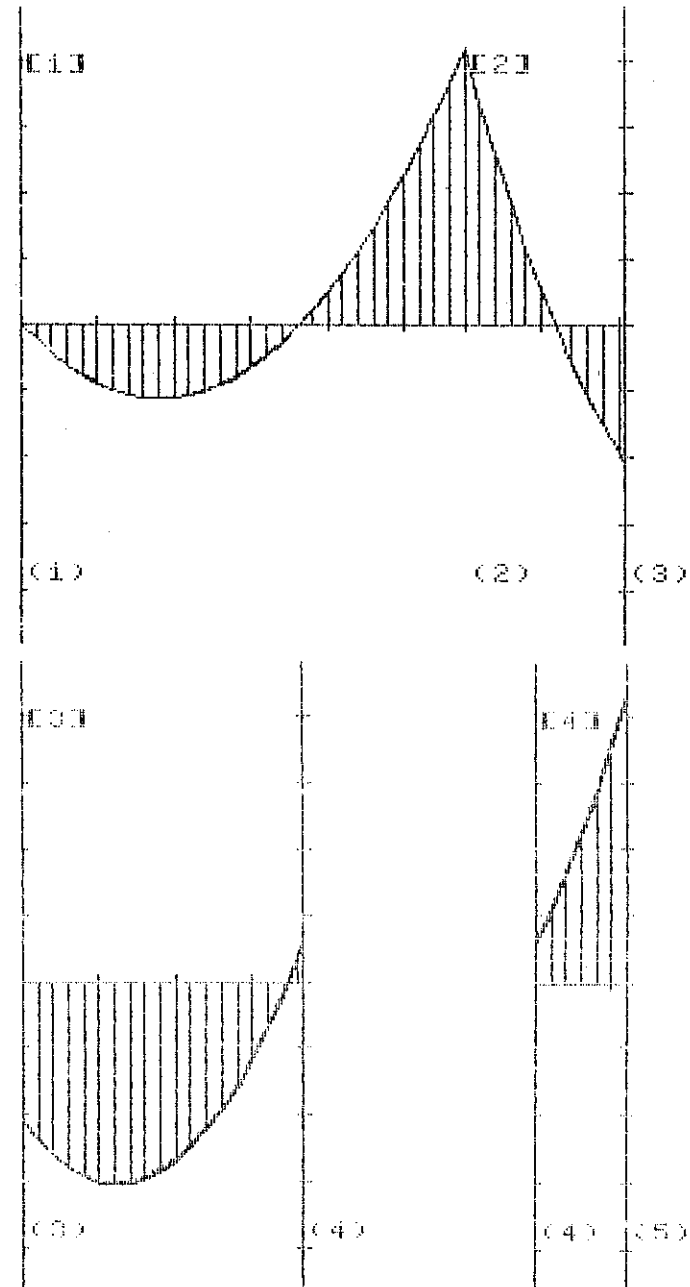
## 3.2.10.5 Diagramma involucro dei tagli



## 3.2.11 Diagramma involucro dei momenti nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

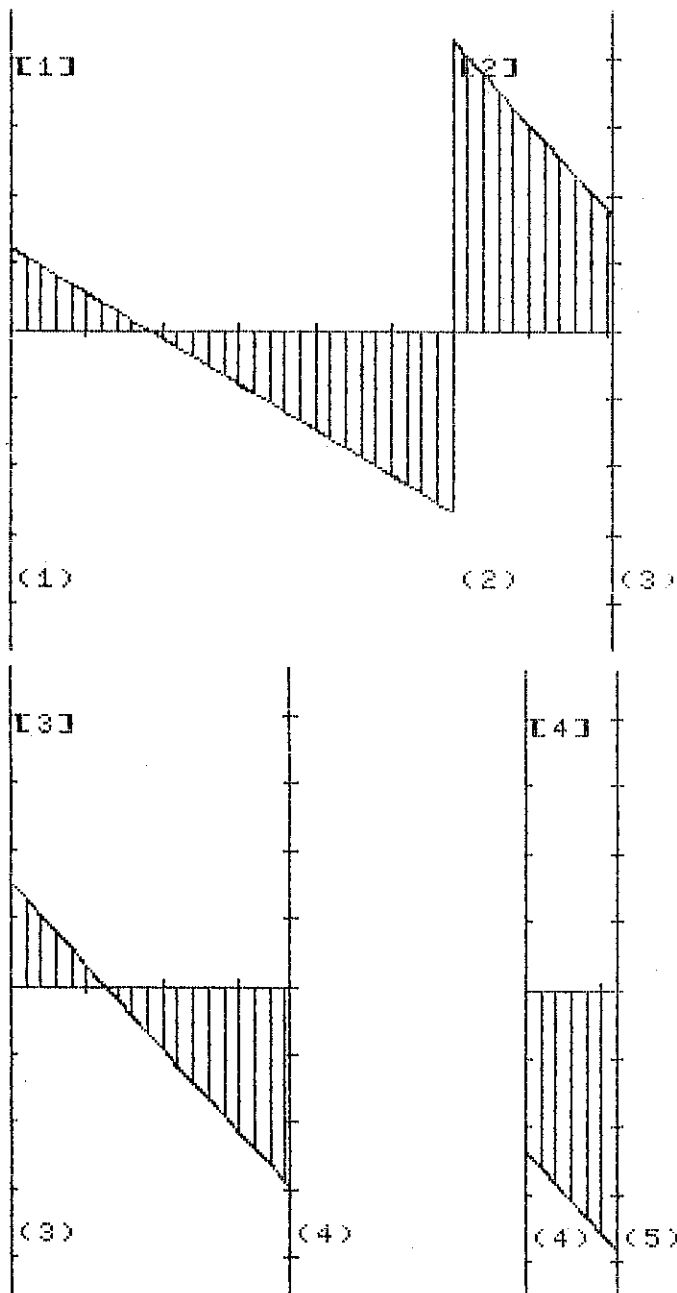
scala dei momenti : un segmento = 900 kgm



## 3.2.12 Diagramma involuppo dei tagli nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

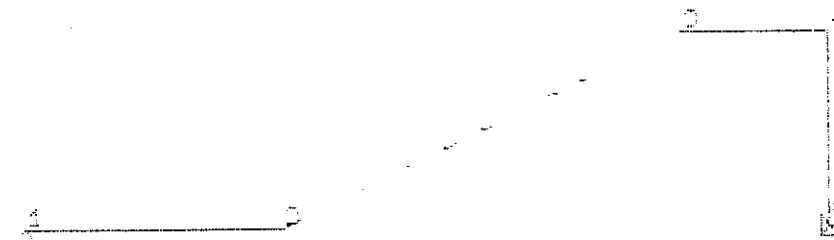
scala dei tagli : un segmento = 900 kg



## 4 Secondo esempio

## 4.1 Rampa in salita

## 4.1.1 Schema strutturale



## 4.1.2 Caratteristiche geometriche ed elastiche delle aste

Moduli di elasticità : E= 250000 kg/cmq G= 80000 kg/cmq

Inodo	coordinate		codice	vincolo	carichi permanenti		
	x (m)	y (m)			Fx (kg)	Fy (kg)	Mz (kgm)
1	+0.000	+0.000	+1.010	-	+0	+0	+0
2	+2.100	+0.000	-	-	+0	+0	+0
3	+5.400	+1.600	-	-	+0	+0	+0
4	+6.600	+1.600	-	-	+0	+0	+0
5	+6.600	+0.000	+1.111	-	+0	+0	+0

Profili ricorrenti :

profilo	B (cm)	H (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cmq)
3	60	28	109760	1680

profilo	b (cm)	H (cm)	IS (cm)	IB (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cmq)
1	40	25	5	120	81488	1400
2	40	28	5	120	112986	1520

## 4.1.3 Carichi verticali ed azione sismica

asta	iniziale	finale	elemento	profilo	lucel (m)	carichi uniformi (kg/m)	qt	
q1	q2	qt						
1	1	2	2	2	2.10	-1100	-1100	+0
2	2	3	2	1	3.67	-1100	-1100	+0
3	3	4	2	2	1.20	-1100	-1100	+0
4	4	5	1	3	1.60	+0	+0	+450

Azioni sismiche	nodo	Fx sismica (kg)
	3	+500

## 4.1.4 Spostamenti e rotazioni dei nodi

spostamenti dei nodi in direzione x (sx in cm)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+487519E-007	+663342E-007	+311697E-007
2	+487519E-007	+663342E-007	+311697E-007
3	-137702E-006	-119355E-006	-155849E-006
4	-138258E-006	-120268E-006	-156247E-006
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

spostamenti dei nodi in direzione y (sy in cm)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
2	-710120E-006	-694869E-006	-725371E-006
3	-326397E-006	-312287E-006	-340506E-006
4	-171817E-008	-172669E-008	-170964E-008
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

rotazioni dei nodi intorno all'asse z (in rad.)

nodo	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-404046E-008	-396201E-008	-411891E-008
2	-221393E-008	-215295E-008	-227491E-008
3	+311288E-008	+302279E-008	+320296E-008
4	+200189E-008	+185477E-008	+214901E-008
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

## 4.1.5 Sollecitazioni nelle aste

asta n. 1 nodo i = 1 - nodo j = 2

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	0	+4105	+3110	-800	+0	+0
2	0	+4058	+3087	-777	+0	+0
3	0	+4152	+3132	-822	+0	+0

asta n. 2 nodo i = 2 - nodo j = 3

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	-4105	-653	+720	+3315	+349	-349	+0.65	+4341
2	-4058	-774	+700	+3335	+339	-339	+0.64	+4281
3	-4152	-532	+740	+3294	+359	-359	+0.67	+4401

asta n. 3 nodo i = 3 - nodo j = 4

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+653	-484	-2830	+4150	+1760	-1760
2	+774	-4989	-2853	+4173	+2260	-2260
3	+532	-4694	-2808	+4128	+1260	-1260

asta n. 4 nodo i = 4 - nodo j = 5

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+484	-2025	+1760	-1760	+4150	-4870
2	+4989	-1373	+2260	-2260	+4173	-4893
3	+4694	-2678	+1260	-1260	+4128	-4848

condizioni di carico :

prima : carichi permanenti  
 seconda : carichi permanenti + Fx sismiche  
 terza : carichi permanenti - Fx sismiche

Momenti in Kqm - Tagli e Sforzi Normali in Kq

Reazioni vincolari al nodo n. i condiz. 1 condiz. 2 condiz. 3  
 Ry: +3110 kq +3087 kq +3132 kq

Reazioni vincolari al nodo n. 5 condiz. 1 condiz. 2 condiz. 3  
 Mz: -2025 kqm -1373 kqm -2678 kqm  
 Rx: -1760 kq -2260 kq -1260 kq  
 Ry: +4870 kq +4893 kq +4848 kq

## 4.1.6 Progetto delle armature delle travi a flessione e taglio

$\sigma_{mac} = 85 \text{ kg/cm}^2$   $\sigma_{mat} = 2200 \text{ kg/cm}^2$   $\tau_{ubi} = 15.00 \text{ kg/cm}^2$   $n = E_f/E_c = 15$

asta n.	1 nodi : 1 - 2 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )										
	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	AfT	
A sin.	0	+0	0.0	0.0	0.0	0	2200	+3132	3.48	1.4	
Campata	+0	+2682	0.0	5.5	8.3	73	2200				
A des.	+0	+4152	3.9	8.6	9.2	85	2200	-822	0.91	0.4	

## Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.35	+4573	0.73	3.00
0.35	0.70	+3974	0.53	3.00
0.70	1.05	+3375	0.34	3.00
1.05	1.40	+2776	0.15	3.00
1.40	1.75	+2177	0.00	3.00
1.75	2.10	+1578	0.00	3.00

asta n.	2 nodi : 2 - 3 (sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm )										
	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	AfT	
A sin.	+0	+4152	9.9	9.8	8.1	85	2200	+740	0.93	0.3	
Campata	+0	+4401	11.5	10.4	8.1	85	2200				
A des.	-774	+0	1.7	0.0	4.7	40	2200	+3335	4.21	1.5	

## Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.61	+1246	0.00	3.00
0.61	1.22	-954	0.00	3.00
1.22	1.83	-3030	0.00	3.00
1.83	2.44	-5105	0.34	3.00
2.44	3.06	-7181	1.01	3.00
3.06	3.67	-9256	1.68	3.00

asta n.	3 nodi : 3 - 4 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm )										
	M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	AfT	
A sin.	-774	+0	1.5	0.0	4.8	35	2200	-2853	3.17	1.3	
Campata	-2683	+0	5.5	0.0	8.3	73	2200				
A des.	-4989	+0	10.3	8.3	9.2	85	2200	+4173	4.64	1.9	

## Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.20	-2633	0.42	3.00
0.20	0.40	-2829	0.49	3.00
0.40	0.60	-3025	0.55	3.00
0.60	0.80	-3220	0.61	3.00
0.80	1.00	-3416	0.66	3.11
1.00	1.20	-3611	0.70	3.28

## 4.1.7 Progetto delle armature dei pilastri

$\sigma_{mac} = 85 \text{ kg/cm}^2$   $\sigma_{maf} = 2200 \text{ kg/cm}^2$   $\text{copriferro} = 3.0 \text{ cm}$   $n = E_f/E_c = 15$

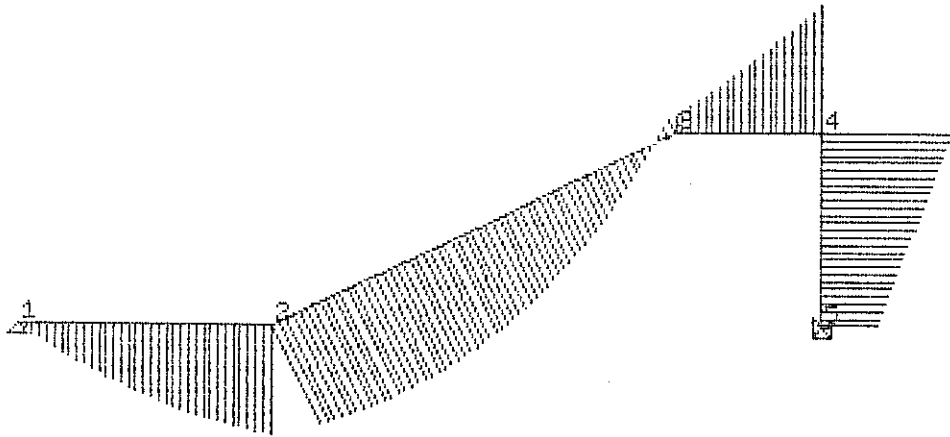
# asta n. 4 : nodi 4-5 ( B= 60 H= 28 d= 3.0 cm ) #

sezione relativa al nodo n. 4 : Af=Af' = 9.39 Ar.min.req. = 5.04 cmq.											
Cond.	M	N	sez.	xc	sc	sf	scmed.				
1	+4841	+4150	parzial.	+8.34	+70.23	+2104	+2.12				
2	+4989	+4173	parzial.	+8.32	+72.34	+2174	+2.13				
3	+4694	+4128	parzial.	+8.36	+68.13	+2035	+2.10				

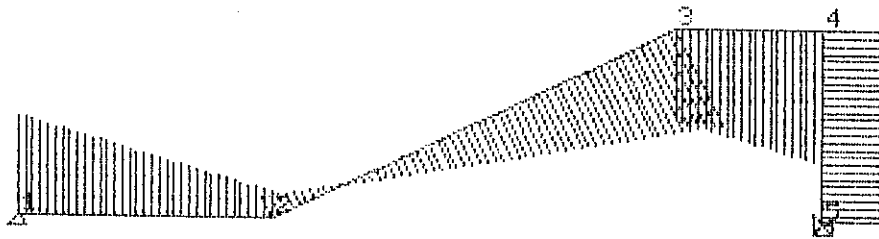
sezione relativa al nodo n. 5 : Af=Af' = 4.46 Ar.min.req. = 5.04 cmq.											
Cond.	M	N	sez.	xc	sc	sf	scmed.				
1	-2025	+4870	parzial.	+7.58	+42.69	+1472	+2.69				
2	-1373	+4893	parzial.	+8.52	+28.89	+839	+2.70				
3	-2678	+4848	parzial.	+7.15	+56.31	+2110	+2.67				

## 4.1.8 Prima condizione di carico: carichi verticali

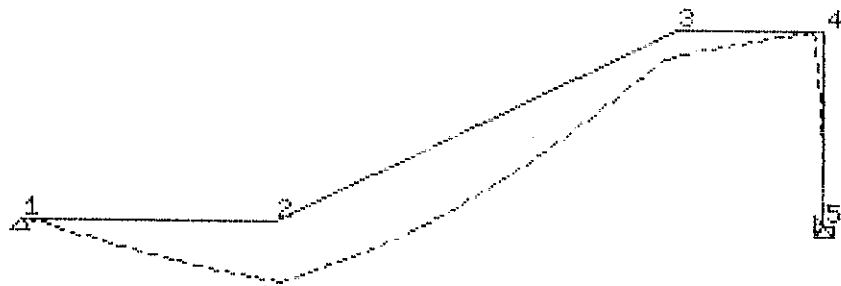
## 4.1.8.1 Diagramma del momento



## 4.1.8.2 Diagramma del taglio

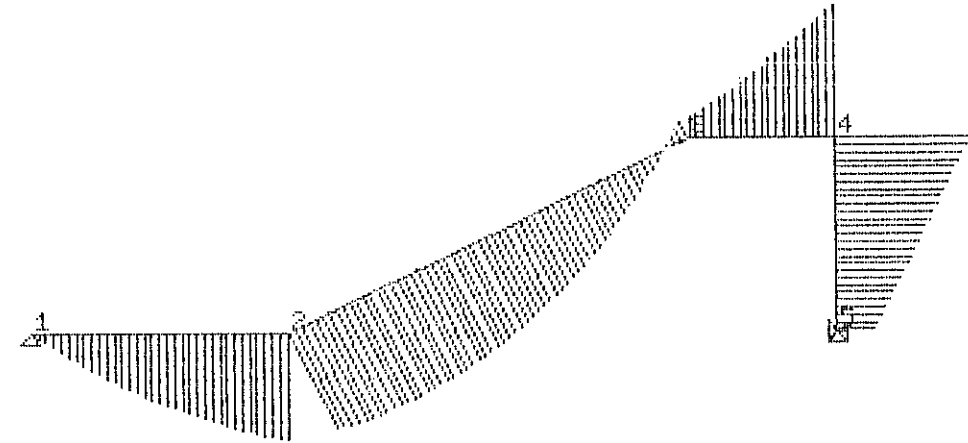


## 4.1.8.3 Deformata elastica

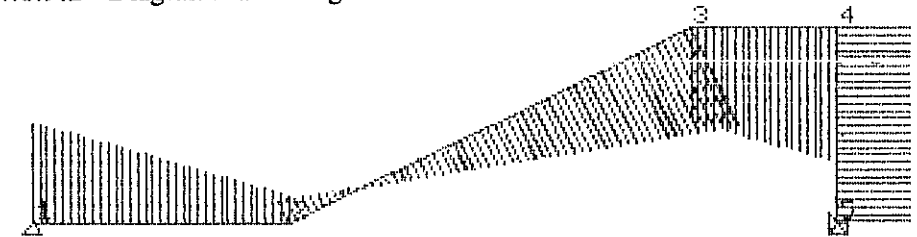


## 4.1.9 Seconda condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione x

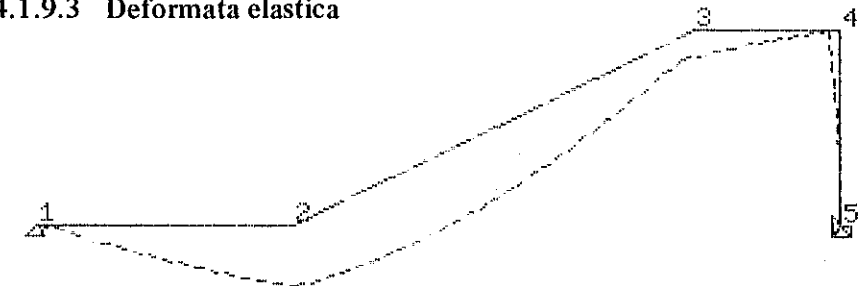
## 4.1.9.1 Diagramma del momento



## 4.1.9.2 Diagramma del taglio

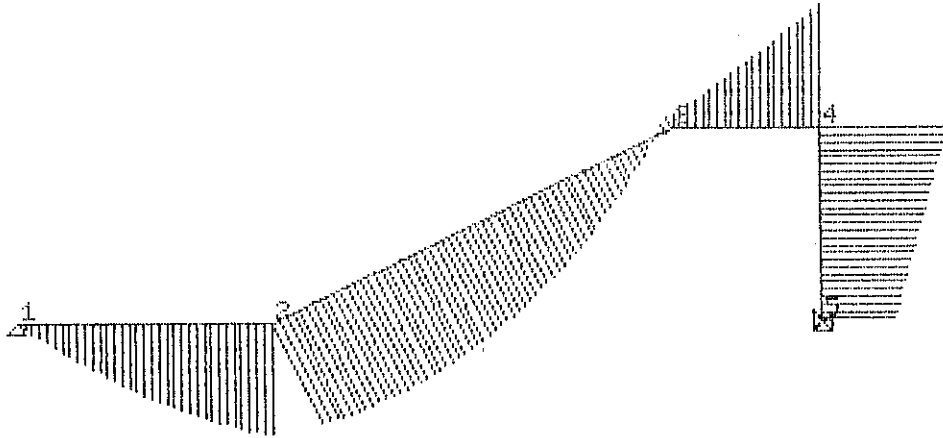


## 4.1.9.3 Deformata elastica

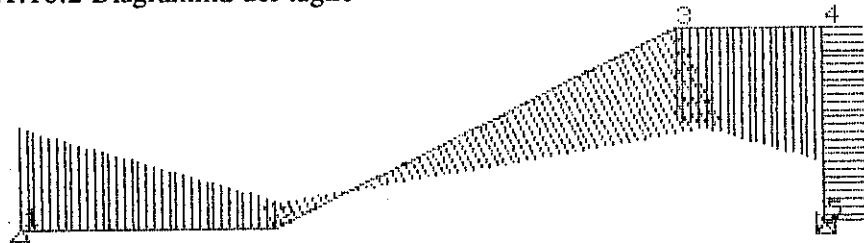


#### 4.1.10 Terza condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione -x

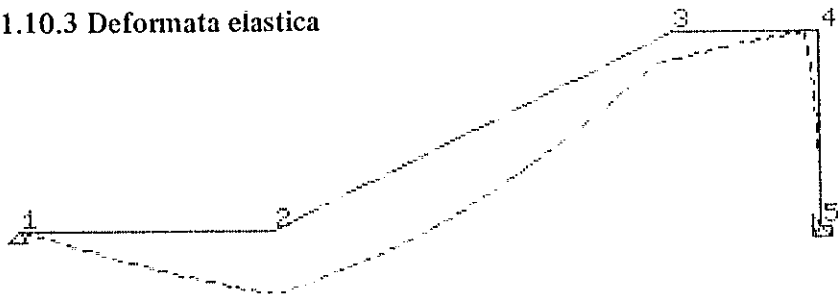
##### 4.1.10.1 Diagramma del momento



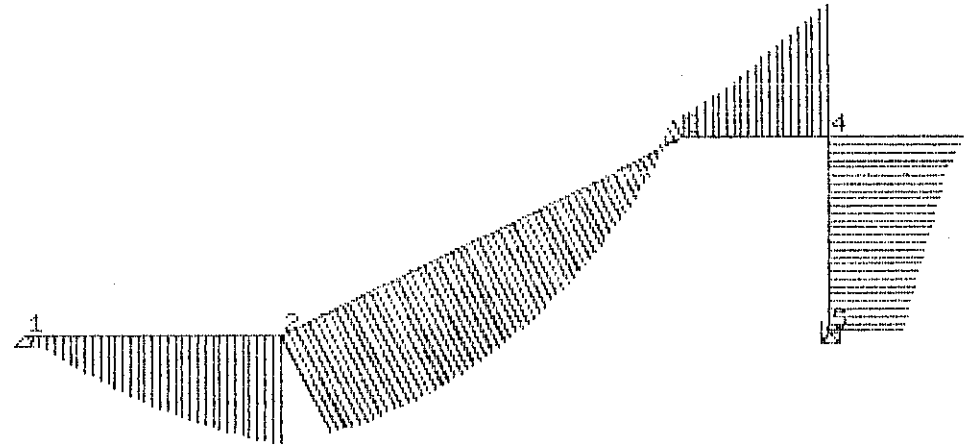
##### 4.1.10.2 Diagramma del taglio



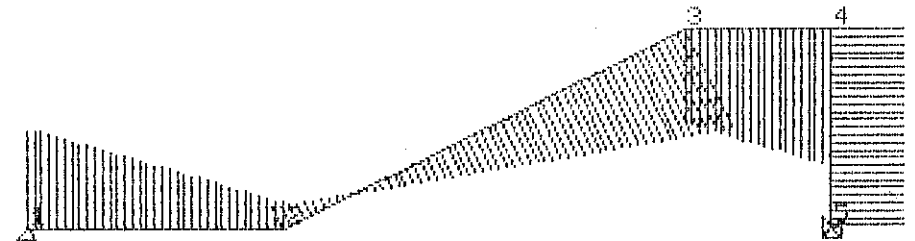
##### 4.1.10.3 Deformata elastica



##### 4.1.10.4 Diagramma involucro dei momenti



##### 4.1.10.5 Diagramma involucro dei tagli

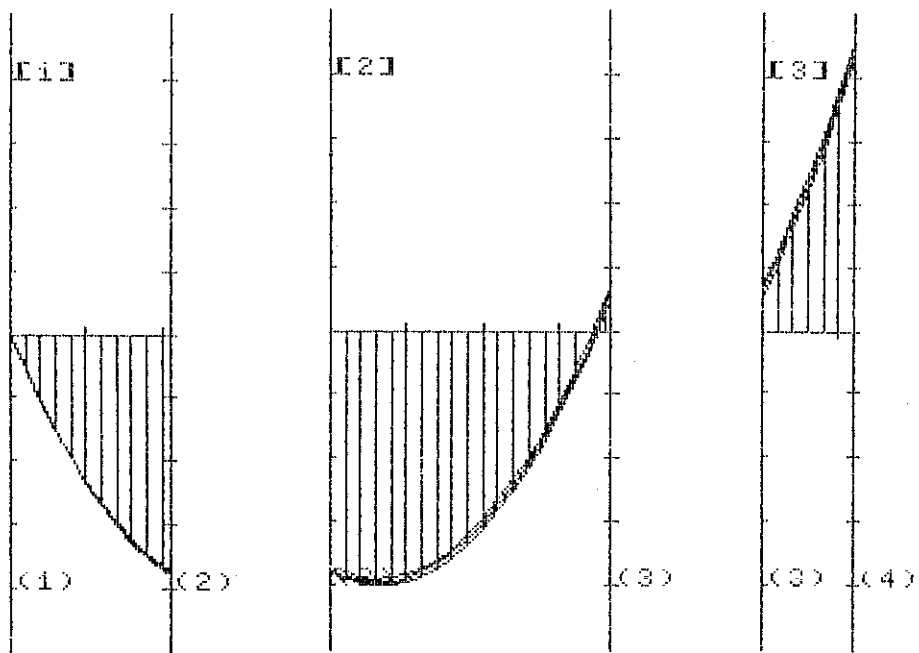




## 4.1.11 Diagramma involucro dei momenti nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

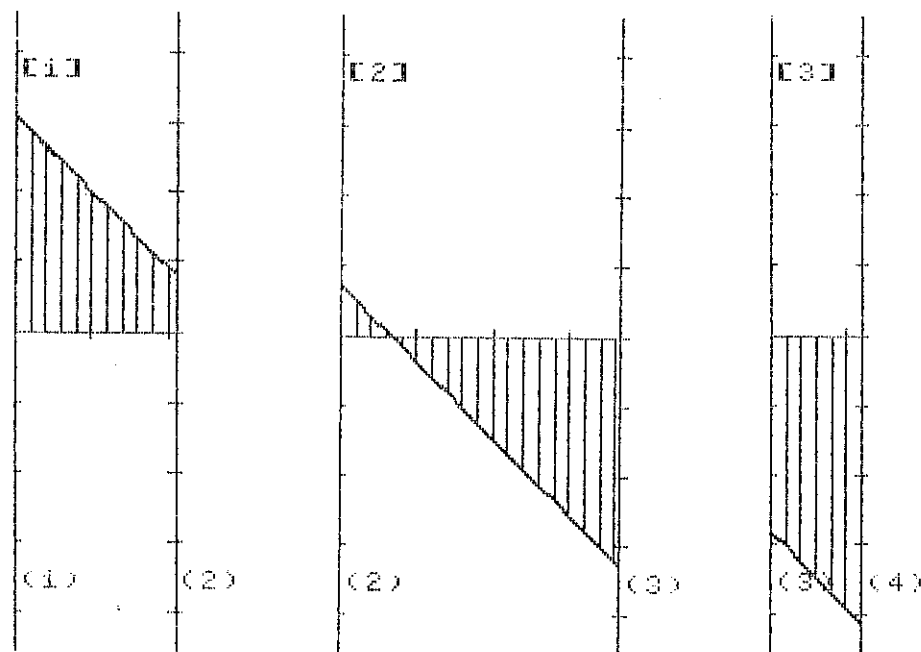
scala dei momenti : un segmento = 1200 kqm



## 4.1.12 Diagramma involucro dei tagli nelle travi

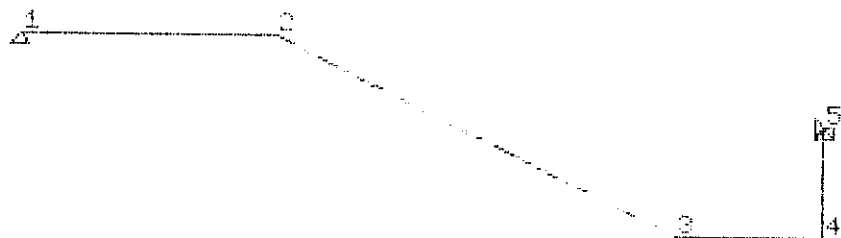
scala delle lunghezze : 1/ 100

scala dei tagli : un segmento = 1000 kg



## 4.2 Rampa in discesa

### 4.2.1 Schema strutturale



### 4.2.2 Caratteristiche geometriche ed elastiche delle aste

Moduli di elasticità:  $E = 250000 \text{ kg/cm}^2$   $G = 80000 \text{ kg/cm}^2$

node	x (m)	y (m)	vincolo	Fx (kg)	Fy (kg)	Mz (kgm)
1	+0.000	+1.600	+1.010	+0	+0	+0
2	+2.100	+1.600	-	+0	+0	+0
3	+5.400	+0.000	-	+0	+0	+0
4	+6.600	+0.000	-	+0	+0	+0
5	+6.600	+0.900	+1.111	+0	+0	+0

Profili ricorrenti:

profilo	B (cm)	H (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )
3	60	28	1097601	16801

profilo	B (cm)	H (cm)	IS (cm)	IB (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )
1	40	25	5	120	814881	14001
2	40	28	5	120	1129861	15201

### 4.2.3 Carichi verticali ed azione sismica

lasta	nodo iniziale	nodo finale	codice elemento	codice profilo	lunghezza (m)	carichi uniformi qn1	carichi uniformi qn2	carichi uniformi qt
1	1	2	2	2	2.101	-1100	-1100	+0
2	2	3	2	1	3.671	-1100	-1100	+0
3	3	4	2	2	1.201	-1100	-1100	+0
4	4	5	1	3	0.901	+0	+0	-450

Azioni sismiche	node	Fx sismica (kg)
	3	+500

### 4.2.4 Spostamenti e rotazioni dei nodi

spostamenti dei nodi in direzione x (sx in cm)

node	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-121862E-006	-118311E-006	-125412E-006
2	-121862E-006	-118311E-006	-125412E-006
3	+628360E-007	+665991E-007	+590729E-007
4	+633918E-007	+669970E-007	+597865E-007
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

spostamenti dei nodi in direzione y (sy in cm)

node	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005
2	-657225E-006	-662981E-006	-651469E-006
3	-277043E-006	-282369E-006	-271717E-006
4	-949269E-009	-947460E-009	-951079E-009
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

rotazioni dei nodi intorno all'asse z (in rad.)

node	condizione n.1	condizione n.2	condizione n.3
1	-376848E-008	-379808E-008	-373887E-008
2	-200224E-008	-202526E-008	-197923E-008
3	+280316E-008	+283715E-008	+276917E-008
4	+149530E-008	+155081E-008	+143978E-008
5	+000000E-005	+000000E-005	+000000E-005

4.2.5 Sollecitazioni nelle aste

asta n. 1 nodo i = 1 - nodo j = 2

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	0	+3943	+3033	-723	+0	+0
2	0	+3961	+3041	-731	+0	+0
3	0	+3925	+3024	-714	+0	+0

asta n. 2 nodo i = 2 - nodo j = 3

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj	xMmax	Mmax
1	-3943	-1070	+650	+3384	-315	+319	+0.59	+4135
2	-3961	-1025	+658	+3376	-319	+319	+0.60	+4157
3	-3925	-1116	+643	+3392	-312	+312	+0.58	+4113

asta n. 3 nodo i = 3 - nodo j = 4

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+1070	-5351	-2907	+4227	-1760	+1760
2	+1025	-5295	-2899	+4219	-1260	+1260
3	+1116	-5407	-2916	+4236	-2260	+2260

asta n. 4 nodo i = 4 - nodo j = 5

cond.n.	Mi	Mj	Ti	Tj	Ni	Nj
1	+5351	-3767	+1760	-1760	-4227	+4632
2	+5295	-4161	+1260	-1260	-4219	+4624
3	+5407	-3373	+2260	-2260	-4236	+4641

condizioni di carico :  
 prima : carichi permanenti  
 seconda : carichi permanenti + Fx sismiche  
 terza : carichi permanenti - Fx sismiche

Momenti in Kqm - tagli e Sforzi Normali in Kg

Reazioni vincolari al nodo n.	i	condiz. 1	condiz. 2	condiz. 3
Ry:		+3033 kg	+3041 kg	+3024 kg

Reazioni vincolari al nodo n.	5	condiz. 1	condiz. 2	condiz. 3
Mz:		-3767 kqm	-4161 kqm	-3373 kqm
Rx:		+1760 kg	+1260 kg	+2260 kg
Ry:		+4632 kg	+4624 kg	+4641 kg

4.2.6 Progetto delle armature delle travi a flessione e taglio

sigmac= 85 kg/cmq sigmaf= 2200 kg/cmq taubi 15.00 kg/cmq. n=Ef/Ec=15

asta n. 1 nodi i j = 2 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm)

M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft	
A sin.	0	+0	0.0	0.0	0.0	0	2200	+3041	3.38	1.4
Campata	+0	+2587	0.0	5.3	8.2	71	2200			
A des.	+0	+3961	2.9	8.2	9.2	85	2200	-731	0.81	0.3

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.35	+4431	0.68	3.00
0.35	0.70	+3832	0.49	3.00
0.70	1.05	+3233	0.30	3.00
1.05	1.40	+2634	0.10	3.00
1.40	1.75	+2035	0.00	3.00
1.75	2.10	+1437	0.00	3.00

asta n. 2 nodi i j = 3 (sez.: B= 40 cm H= 25 cm d= 3.0 cm)

M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft	
A sin.	+0	+3961	8.6	9.4	8.1	85	2200	+658	0.83	0.3
Campata	+0	+4157	9.9	9.8	8.1	85	2200			
A des.	-1116	+0	2.5	0.0	5.6	50	2200	+3392	4.28	1.5

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.61	+993	0.00	3.00
0.61	1.22	-1130	0.00	3.00
1.22	1.83	-3205	0.00	3.00
1.83	2.44	-5281	0.40	3.00
2.44	3.06	-7357	1.07	3.00
3.06	3.67	-9432	1.73	3.00

asta n. 3 nodi i j = 4 (sez.: B= 40 cm H= 28 cm d= 3.0 cm)

M(-)	M(+)	Afs	Afi	xc	sc	sf	Tmax	tau	Aft	
A sin.	-1116	+0	2.2	0.0	5.6	43	2200	-2916	3.24	1.3
Campata	-3063	+0	6.3	0.0	8.8	79	2200			
A des.	-5407	+0	11.2	10.5	9.2	85	2200	+4236	4.71	1.9

Armatura a Taglio:

Z	Z+dZ	Max.Scor.	Afp	Afst/m
0.00	0.20	-2690	0.44	3.00
0.20	0.40	-2885	0.50	3.00
0.40	0.60	-3081	0.57	3.00
0.60	0.80	-3276	0.63	3.00
0.80	1.00	-3472	0.67	3.16
1.00	1.20	-3667	0.71	3.33

## 4.2.7 Progetto delle armature dei pilastri

siomac= 85 kg/cmq siomaf= 2200 kg/cmq copriferro= 3.0 cm n=Ef/Ec=15

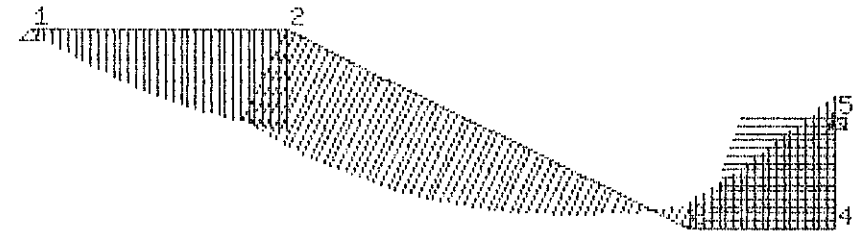
# asta n. 4 : nodi 4- 5 ( B= 60 H= 28 d= 3.0 cm ) #

sezione relativa al nodo n. 4 : Af=Af'= 12.16 Ar.min.req.= 5.04 cmq.  
 Cond. M N sez. xc sc sf scmed.  
 1 +5351 -4227 parzial. +7.71 +63.94 +2150 -2.07  
 2 +5295 -4219 parzial. +7.71 +63.26 +2129 -2.06  
 3 +5407 -4236 parzial. +7.72 +64.63 +2171 -2.07

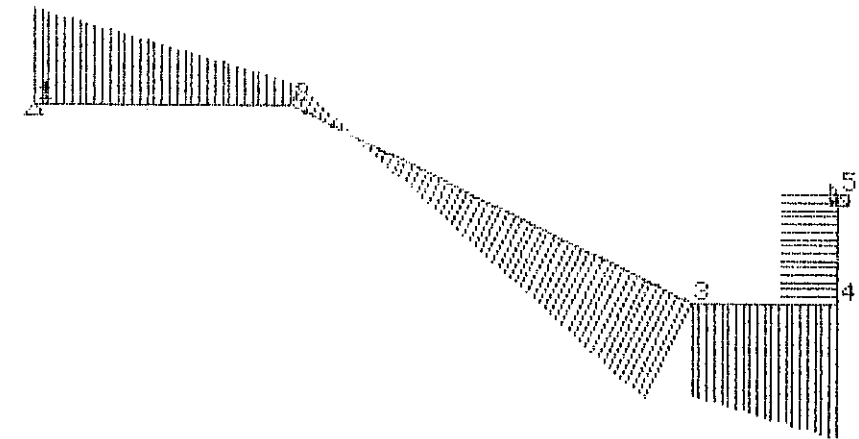
sezione relativa al nodo n. 5 : Af=Af'= 9.68 Ar.min.req.= 5.04 cmq.  
 Cond. M N sez. xc sc sf scmed.  
 1 -3767 -4632 parzial. +6.89 +50.12 +1975 -2.39  
 2 -4161 -4624 parzial. +6.98 +55.64 +2157 -2.35  
 3 -3373 -4641 parzial. +6.79 +44.60 +1793 -2.36

## 4.2.8 Prima condizione di carico: carichi verticali

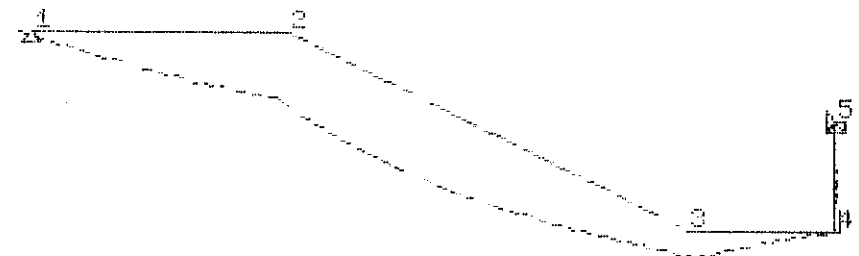
### 4.2.8.1 Diagramma del momento



### 4.2.8.2 Diagramma del taglio

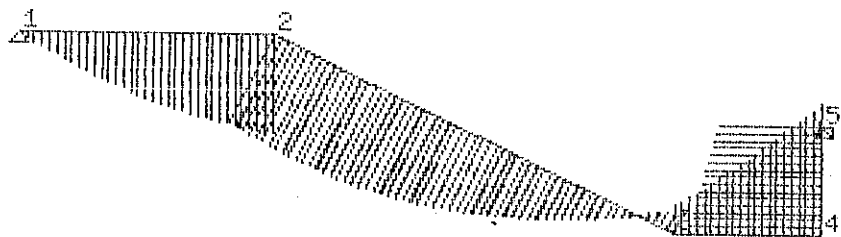


### 4.2.8.3 Deformata elastica

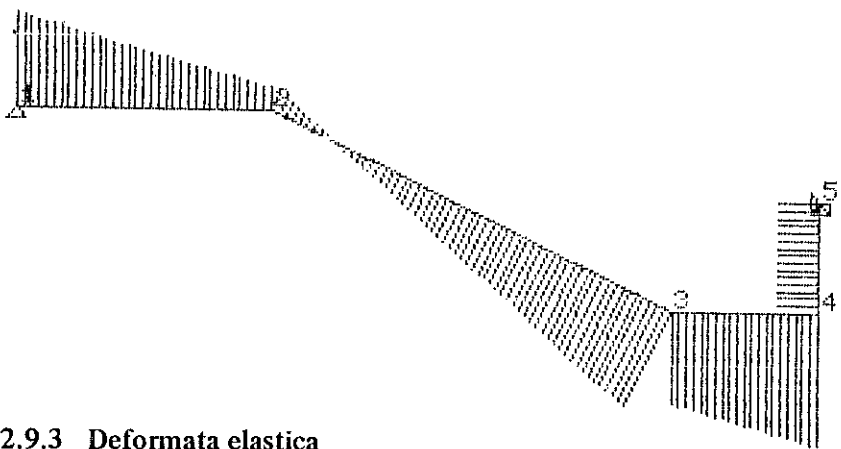


## 4.2.9 Seconda condizione di carico: verticali e forze sismica in direzione x

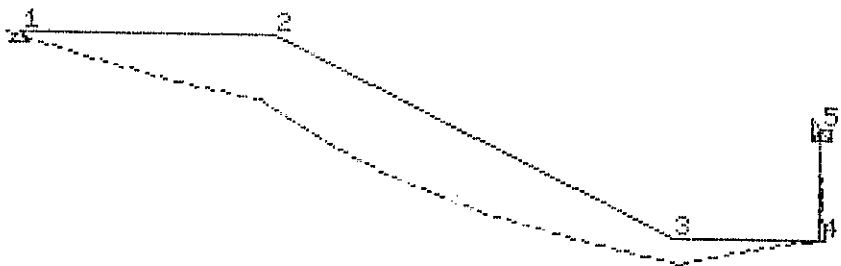
### 4.2.9.1 Diagramma del momento



### 4.2.9.2 Diagramma del taglio

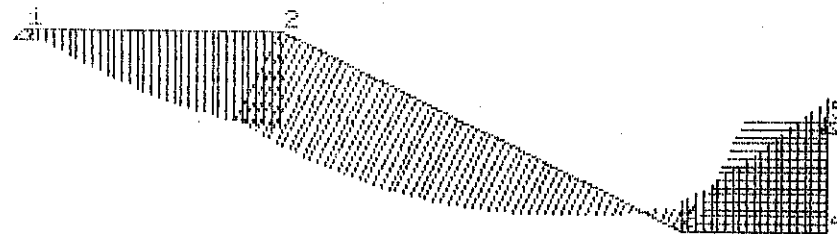


### 4.2.9.3 Deformata elastica

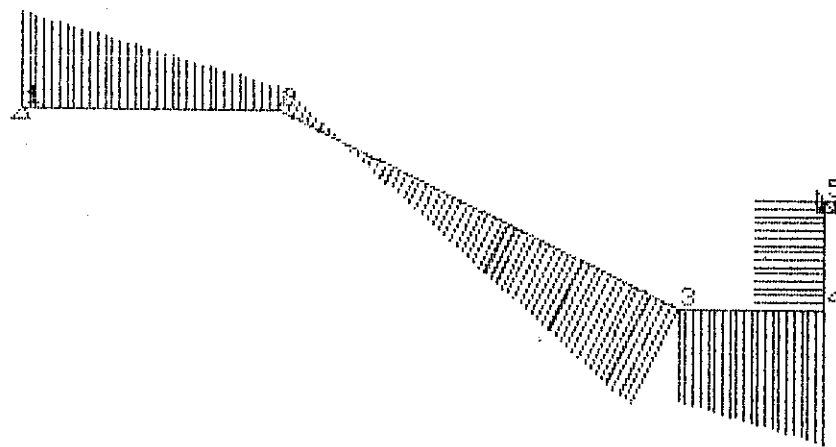


## 4.2.10 Terza condizione di carico: carichi verticali e forza sismica in direzione -x

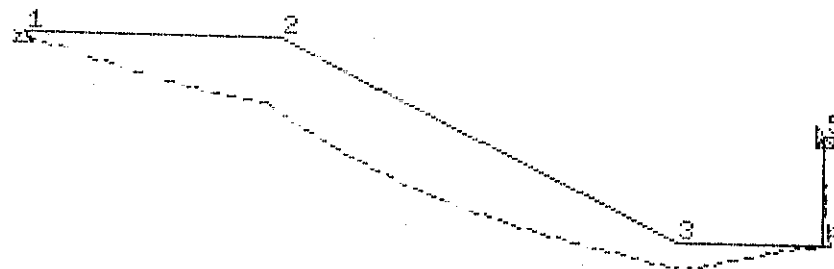
### 4.2.10.1 Diagramma del momento



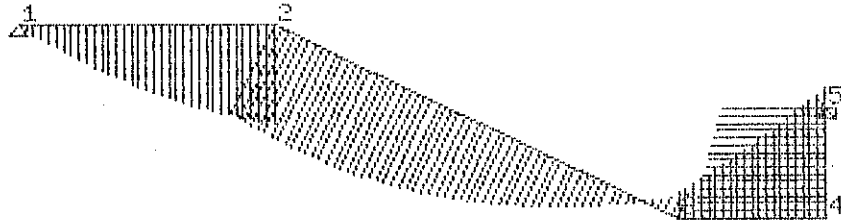
### 4.2.10.2 Diagramma del taglio



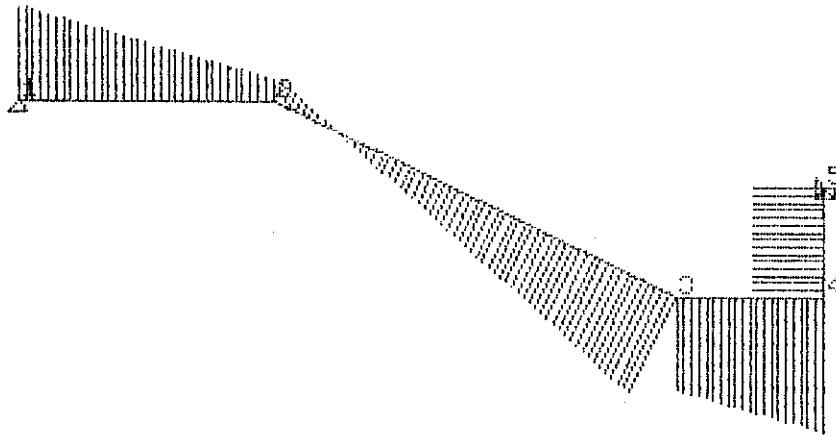
### 4.2.10.3 Deformata elastica



## 4.2.10.4 Diagramma involucro dei momenti



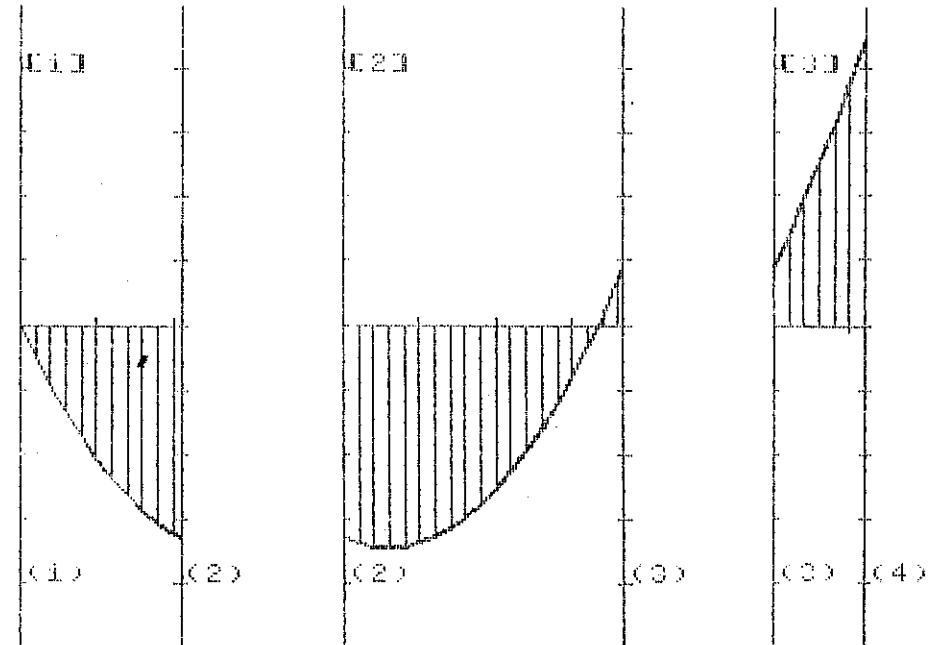
## 4.2.10.5 Diagramma involucro dei tagli



## 4.2.11 Diagramma involucro dei momenti nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

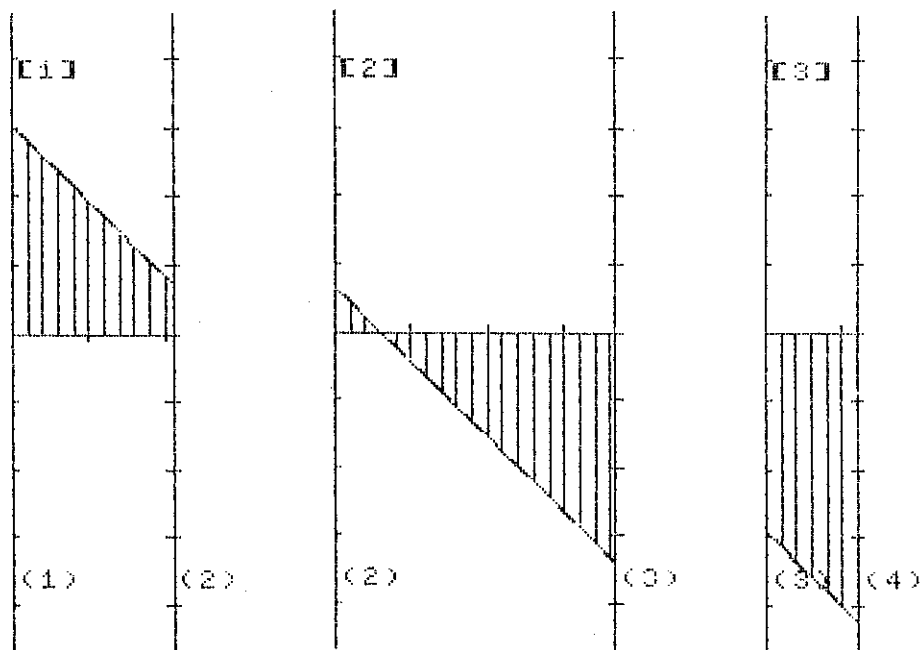
scala dei momenti : un segmento = 1100 kgm



## 4.2.12 Diagramma involuppo dei tagli nelle travi

scala delle lunghezze : 1/ 100

scala dei tagli : un segmento = 1000 kg



## INDICE

Prefazione .....	pag. 3
Premessa .....	pag. 5
Caratteristiche della scala proposta .....	pag. 5
Esempi numerici .....	pag. 15
Primo esempio .....	pag. 17
Rampa in salita .....	pag. 17
Rampa in discesa .....	pag. 28
Secondo esempio .....	pag. 39
Rampa in salita .....	pag. 39
Rampa in discesa .....	pag. 50

Composizione ed impostazione grafica della CUEN  
(Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana)  
Piazzale V. Tecchio, 80 Facoltà di Ingegneria,  
80125 NAPOLI.  
Tel. [39] (81) 610426 - 636667 - 7682337.

Finito di stampare nel mese di Novembre 1987  
presso il C.S.L. - Napoli, per conto della CUEN a r.l.