

Comitato Nazionale Italiano  
delle Grandi Dighe

3

Filippo Arredi

**I programmi per la verifica  
di stabilità alle azioni sismiche  
delle dighe di materiali sciolti**

Criteri di base e liste



Roma 1990

# INDICE

<i>PRESENTAZIONE</i> .....	pag.	5
<i>NOTA DELL' AUTORE</i> .....	"	7
<i>RICHIAMI GENERALI</i>		
<i>PREMESSA</i> .....	"	9
I <i>I caratteri delle vibrazioni del rilevato</i> .....	"	13
II <i>L' analisi dinamica</i> .....	"	15
III <i>Il procedimento proposto</i> .....	"	18
IV <i>L' analisi dinamica col metodo delle caratteristiche.</i> <i>Osservazioni preliminari</i> .....	"	23
V <i>I programmi URAS I e URAS II</i> .....	"	30
VI <i>I programmi URAS III e URAS IV</i> .....	"	34
VII <i>Operazioni conclusive</i> .....	"	37
<i>NOTA A</i> .....	"	42
<i>NOTA B</i> .....	"	44
<i>NOTA C</i> .....	"	49
<i>NOTA D</i> .....	"	52
<i>ILLUSTRAZIONE DEI PROGRAMMI</i>		
<i>Nota preliminare</i> .....	"	56
<i>Programma URAS I</i> .....	"	61
<i>Programma URAS II</i> .....	"	76
<i>Programma URAS III</i> .....	"	97
<i>Programma URAS IV</i> .....	"	109
<i>ESEMPIO</i> .....	"	111
<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	"	125
<i>LISTE DI PROGRAMMI</i>		
<i>URAS I</i> .....	"	126
<i>URAS II</i> .....	"	138
<i>URAS III</i> .....	"	148
<i>URAS IV</i> .....	"	158

## PRESENTAZIONE

*Quale terzo volume della serie di pubblicazioni tecniche che il Comitato Italiano delle grandi Dighe ha determinato di rendere periodicamente disponibili agli Associati, ho il piacere di presentare «I programmi per la verifica di stabilità alle azioni sismiche delle dighe di materiali sciolti».*

*Si tratta dei risultati degli studi e dell'esperienza consolidata in molti progetti da Filippo Arredi che con la consueta lucidità ha qui considerato a fondo un aspetto di grande delicatezza nell'analisi del comportamento di questo tipo di strutture.*

*Il prof. Arredi teneva in modo particolare a che questo suo lavoro giungesse presto nelle mani di quanti si dedicano al calcolo delle dighe. Essi potranno effettivamente trovare nella monografia uno strumento di grande utilità per la loro attività di studio e di progettazione.*

*Purtroppo il Prof. Arredi è improvvisamente mancato quando era già in corso la preparazione editoriale di questo volume. Così oggi il libro si trova ad accompagnare la parola di commiato, commossa e affettuosa, che il Comitato sente di dover rivolgere alla memoria di uno dei maggiori idraulici italiani, memoria legata a un'intensa attività teorica e didattica, ma anche alla realizzazione di opere imponenti.*

*L'Autore ha dato per lunghi anni un contributo attivissimo e appassionato ai lavori del Comitato Nazionale Italiano e della Commissione Internazionale delle Grandi Dighe. Questi, mio tramite, trasmettono ai suoi familiari l'espressione della loro grata solidarietà.*

Morando Dolcetta

Vice Presidente della Commissione Internazionale delle Grandi Dighe  
Vice Presidente del Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe

Roma, febbraio 1990

Aderendo al parere più volte espressomi dal prof. Arredi il testo della monografia, fatta sola eccezione per la «Nota dell'Autore» e per la «Premessa», viene pubblicato riproducendo anastaticamente il dattiloscritto originale che ha potuto essere da lui meticolosamente controllato. Per questo abbiamo rinunciato alla composizione tipografica già molto avanzata che avrebbe forse migliorato l'estetica del libro, ma che peraltro non amiamo perchè, avendo ritardato i tempi della pubblicazione, ha impedito all'Autore di vedere il suo libro stampato. E questo aggiunge un velo di rammarico alla nostra tristezza per la sua scomparsa.

Carlo Niccolai  
Coordinatore del Gruppo di Lavoro  
per la Documentazione, la Nomenclatura  
e il Registro Mondiale delle Dighe

## NOTA DELL'AUTORE

La presente monografia pone a disposizione i programmi per la esecuzione della analisi dinamica e la determinazione degli "indici di stabilità" delle dighe di materiali sciolti zonate, soggette a sismi.

I programmi sono redatti con i criteri di base indicati nella mia memoria "*ALCUNE NOTE SUL PROBLEMA DELLA SICUREZZA DELLE DIGHE DI MATERIALI SCIOLTI A FRONTE DI AZIONI SISMICHE*" pubblicata nel "Giornale del Genio Civile", fasc. 7,8,9 del 1985.

Ritengo che la procedura del calcolo proposta abbia un campo di fiducia molto largo sia per la accettabilità delle ipotesi semplificanti di base, sia per la sua derivazione dal criterio della casualità dei valori dei vari parametri del "modello" assunto per i sismi, che non sono prevedibili per via teorica o da osservazioni. È poi fondamentale ricordare che, come emerge dalla memoria sopra ricordata, con il procedimento proposto, analogamente ad ogni altro della stessa specie, viene segnalato il limite del campo elastico delle vibrazioni e non la soglia del collasso, la quale per la duttilità posseduta della struttura è, in termini di azioni attive, assai più lontana.

Un vivo ringraziamento rivolgo alla Presidenza del Comitato Italiano delle Grandi Dighe per aver accolto nella sua serie di monografie il presente contributo ad un importante problema di sicurezza di strutture assai diffuse.

F.A.

# RICHIAMI GENERALI

## PREMESSA

*Questa monografia è dedicata alla descrizione delle basi, ai dettagli di svolgimento delle procedure e ai relativi programmi per l'esecuzione di analisi dinamica e di stabilità relativa a dighe di materiali sciolti soggette a sismi.*

*Tutto ciò a conclusione della indagine generale sulla vulnerabilità di tali opere da sismi svolte nella mia memoria pubblicata nel fasc. 7-8-9 (luglio, agosto, settembre 1988) nella rivista "Il Giornale del Genio Civile".*

*Ho richiamato in essa come dal complesso degli studi attivamente svolti da illustri Autori nell'ultimo ventennio sia emerso il riconoscimento di una particolare resistenza delle opere in questione alle sollecitazioni da sismi; riconoscimento che ha fatto seguito alla individuazione delle cause del collasso nei pochissimi casi in cui questo si è verificato: presenza nel corpo o nella fondazione dell'opera di materiali, specificamente definiti, le cui caratteristiche di resistenza sono soggette a decadimento in conseguenza di vibrazioni.*

*La particolare stabilità che in assenza della ricordata anomalia presentano i rilevati di materiali sciolti deriva da un loro comportamento duttile per cui alle tensioni alternative eccitanti rispondono dapprima deformazioni di tipo elastico-viscoso classico a cui peraltro ben presto si sostituiscono spostamenti reciproci fra grani con dissipazione attritiva di energia molto elevata, senza che ne risulti alterazione degli specifici valori dei parametri della resistenza. Tale specie di reattività alle tensioni può essere denominata plastica alla Coulomb. La analisi dinamica condotta, come solo oggi è possibile, sulla base della reattività del materiale alle tensioni oscillanti del tipo elastico-viscoso classico perde pertanto di significato ai fini della stabilità delle strutture.*

*Peraltro un indice di stabilità dedotto da tale analisi può assumere*

*significato di parametro caratterizzante la struttura nei riguardi della forma, delle dimensioni, della qualità dei materiali e come tale rappresentarla in problemi di comparazione.*

*Ma affinché esso risulti a tal fine significativo occorre che i criteri di base con i quali esso viene dedotto siano specifici per tale fisionomia.*

*Va richiamato anzitutto in proposito che la risposta di una struttura ad un sisma dipende dall'intero svolgimento cronologico dell'evento, il quale, estremamente complesso e diverso in ogni singolo caso, non è rappresentabile a mezzo di parametri di sintesi.*

*Il modello di una eccitazione sismica (al suolo) risulterà sufficientemente generale se conterrà molti parametri casuali; potrà esserlo ad esempio se è costituito dalla sovrapposizione di molte componenti periodiche, di periodi diversi, insorgenti e aggiungentisi in tempi diversi, ciascuna di amplitudine dapprima rapidamente crescente e poi lentamente decrescente, con propri valori diversi del massimo e della rapidità di crescita e decrescenza, inteso che tutte le diversità siano regolate dal caso.*

*L'ostacolo sostanziale alla adozione di un tale modello è la numerosità delle analisi da ripetere affinché la casualità si esprima in probabilità.*

*L'ostacolo è stato peraltro qui superato con la divisione della ricerca in una parte deterministica ed una parte probabilistica che ha concesso di limitare la numerosità delle analisi. Nella prima parte la struttura viene esaminata sino alla determinazione degli indici di stabilità per sismi semplici monopiodali, di periodi diversi nell'intorno di quello di risonanza, stabilendo con ciò una associazione fra tali indici e i valori di una grandezza appositamente prescelta, denominata parametro di trasferimento, indicativa del valore massimo durante lo svolgimento dell'evento dell'insieme delle azioni inerziali a cui risulta assoggettata la struttura. Nella parte probabilistica della ricerca l'analisi dinamica viene ripetuta per una serie di sismi a clusters casuali fino al punto che dalla collezione dei valori dei parametri di trasferimento emerge una propria legge di probabilità.*

*Dalla combinazione dei precedenti risultati è tratta la attribuzione*

*del rischio di raggiungimento degli indici di stabilità ottenuti nella prima ricerca dall'universo dei sismi casuali della seconda per parità di valori del parametro di trasferimento ridotti per il valore della accelerazione massima durante gli eventi quale preliminarmente prestabilito.*

*La fisionomia di indicazione generale degli effetti del sisma limitata alla fase elastica, l'unica indagabile analiticamente, che si intende attribuire ai risultati della ricerca consente semplificazioni relativamente alla morfologia delle opere, al processo propagatorio delle vibrazioni, alla caratteristica di reattività dei materiali.*

*In tema di morfologia si è ritenuto sufficiente il riferimento alla sezione maestra della struttura, di forma trapezia, ripartita in tre zone (due semicorpi e nucleo) simmetricamente disposte rispetto alla verticale e costituite di due materiali diversi a caratteri fisici omogenei entro le proprie zone; struttura intesa giacente su fondazione omogenea infinitamente estesa e come tale elastica, dispersiva di parte dell'energia di ritorno.*

*La soluzione delle equazioni della propagazione con il procedimento delle linee caratteristiche preceduto dalla individuazione dei nodi di sincronismo nel relativo reticolo consente di seguire l'evoluzione locale delle tensioni e di individuare la distribuzione nel tempo delle forze inerziali fino a quella di maggiore aggravio ai fini della stabilità, che di norma non coincide per tempo ed intensità con quella di maggiore accelerazione al suolo.*

*La propagazione vibratoria si considera unidirezionale (sulla verticale) e solo per onde di taglio attesa la prevalenza di queste agli effetti della stabilità.*

*Il tema dei rapporti fra tensioni e deformazioni caratteristici dei materiali è stato di recente affrontato in numerose ricerche di laboratorio e in conseguenza su materiali sottili ma senza ancora raggiungere risultati omogenei e sicuri particolarmente nei riguardi della applicazione ai materiali grossolani che prevalgono nelle opere.*

*Si è ritenuto pertanto che convenga attenersi alla semplice proporzionalità tensioni - deformazioni con moduli indipendenti dalle tensioni*



*e dal tempo, inteso, comunque, che i loro valori siano tratti, come attualmente è facile, dal materiale in sito.*

*Tutto ciò è descritto e giustificato nella memoria inizialmente citata, con integrazioni per i dettagli nella presente monografia.*

*I programmi in BASIC e la loro specifica struttura quale qui realizzata consentono lo svolgimento delle elaborazioni nell'ambito di singoli studi tecnici a favore della pluralità di occasioni di ricerche, con il vantaggio del miglioramento delle nozioni di carattere generale sul tema.*

## I. - I caratteri delle vibrazioni del rilevato

Nel corso delle vibrazioni del suolo che si manifestano durante un sisma, un rilevato di materiali sciolti è soggetto a movimenti diversi dei suoi vari punti, con dipendenza delle diversità dalla forma di esso, dalle caratteristiche fisiche del materiale di cui esso è costituito ed evidentemente dalle vibrazioni eccitanti (del suolo).

Fin quando queste ultime sono contenute entro un particolare limite, le deformazioni conseguenti del rilevato sono di specie elasto-viscosa e quindi isteretica, durante le quali la struttura conserva la continuità e cessata la eccitazione riacquista la conformazione iniziale.

Ma se il limite predetto viene superato, si verificano lungo qualche superficie interna della struttura distacchi e scorrimenti di massa durante i quali la resistenza al movimento relativo delle parti a contatto è regolata dalla legge di Coulomb con la conseguenza che assai maggiori sono le dissipazioni d'energia rispetto a quelle indotte dalle deformazioni della fase precedente.

Nei materiali sciolti delle specie normalmente impiegate nelle dighe, i valori dei parametri della legge sopra richiamata non subiscono ad effetto delle deformazioni, alterazioni apprezzabili. Sono poche, oggi note, le specie di materiali sciolti nei quali le tensioni alternative rapide indotte da un

sisma provocano decadimento della resistenza allo scorrimento in conseguenza di un processo d'addensamento dei granuli e conseguente redistribuzione delle pressioni interstiziali. Ed oggi la presenza di tali materiali nei rilevati ricadenti in zone sismiche è accuratamente evitata.

In conseguenza delle maggiori dissipazioni d'energia negli scorrimenti di massa rispetto a quelle indotte dalle deformazioni elasto-viscose, il verificarsi di essi attenua in misura assai rilevante il propagarsi delle vibrazioni lungo il rilevato.

Ma emerge soprattutto una profonda differenza in tema di effetti dei sismi fra le strutture di materiali sciolti e quelle degli ordinari materiali legati (muratura, calcestruzzo). Le prime, al contrario delle seconde, non perdono nulla del loro grado di stabilità se in conseguenza delle eccitazioni da sismi si verificano fessurazioni, salvo il caso, da ritenere tecnicamente impossibile, di alterazioni macroscopiche, in conseguenza di scorrimenti, della distribuzione delle masse. In altre parole, i materiali sciolti, possiedono una elevata duttilità in conseguenza della quale il pericolo di collasso delle strutture di essi costituite sottoposte ad azioni sismiche, è ampiamente allontanato.

Tale principio, già accennato in [1] e sviluppato in [2] <sup>(1)</sup>, è la ragione del ben noto ottimo comportamento dimostrato dalle strutture di materiali sciolti che hanno subito l'azione di sismi.

---

(<sup>1</sup>) Richiami alla Bibliografia.

## II. - L'analisi dinamica

a - Le vicende di una struttura di materiali sciolti nella fase delle vibrazioni elastiche non definiscono, in conseguenza di quanto sopra richiamato, l'effettivo limite di stabilità di essa, il quale se esiste, ricade nella successiva fase degli scorrimenti. Tuttavia, nozioni sulle vicende nella fase elastica delle vibrazioni sono assai utili.

In primo luogo perchè un risultato già in essa positivo (non raggiungimento della soglia iniziale dei distacchi) significa stabilità effettiva in larga misura in conseguenza del margine di resistenza ancora esistente nella successiva fase degli scorrimenti. In secondo luogo perchè l'analisi predetta è significativa in pieno in tema di comparazione di strutture diverse per forma e caratteristiche di materiali di esse costituite.

b - I sismi dei quali sono note le vicende del movimento sono oggi classificati sulla base dei valori massimi della accelerazione verificatasi al suolo nei singoli eventi e ad un valore massimo di essa è limitata la prevedibilità d'eventi futuri. Ogni altro carattere dell'azione eccitatrice sfugge ai tentativi di sistematico inquadramento e pertanto ai fini della previsione è da considerare totalmente casuale.

Ma la risposta di una struttura, intesa come distribuzione nei punti di questa e nel tempo delle maggiori forze inerziali, dipende dalla intera vicenda vibratoria in essa, quindi dalla successione nel tempo degli impulsi eccitanti e non dal solo valore massimo. Da ciò discende che la verifica della

stabilità delle strutture in un determinato sito è esauriente se ha assunto per base un universo di sismi avente a caratteristica comune solo il valore massimo della accelerazione eccitante mentre il valore di ogni altro parametro è da considerare casualmente variabile. In conseguenza, ogni struttura dovrebbe essere assoggettata ad analisi dinamica con diversi valori casuali di tutti i parametri che definiscono la funzione eccitatrice, analisi ripetute nel numero necessario a costituire un campione dell'universo predetto e seguite da altrettante analisi di stabilità (<sup>1</sup>).

Ma, tenuto ancor conto che ogni analisi di stabilità implica una ricerca per tentativi, su una larga varietà di possibili linee di scorrimento, del minor valore dell'indice di stabilità, la impostazione sopra indicata comporterebbe una mole di lavoro difficilmente accettabile nella pratica professionale.

---

(<sup>1</sup>) Si intende analisi dinamica il procedimento di determinazione della distribuzione nel rilevato delle forze inerziali conseguenti ad un sisma di definite caratteristiche al suolo (libero) e analisi di stabilità il procedimento di determinazione del minor valore del rapporto (indice di stabilità) fra forze (o momenti rispetto ad un centro) resistenti secondo la legge di Coulomb e forze (o momenti analoghi) statiche e dinamiche attive applicate alla parte sovrastante ad una qualsiasi linea tracciata entro la sezione del rilevato (usualmente un arco di cerchio) lungo la quale lo scorrimento d'insieme della massa di tale parte è cinematicamente possibile.

c - Per l'analisi dinamica in fase elastica è oggi disponibile il procedimento per elementi finiti normalmente impiegato nel campo di una sezione e più raramente in quello della intera struttura, il quale può essere utilizzato con ipotesi di reattività anche diversa dalla lineare dei rapporti tensioni-deformazioni; è questo peraltro un vantaggio attualmente solo formale a ragione delle incertezze tuttora rilevanti circa tali rapporti nei materiali di comune impiego nelle opere in oggetto (vedi [2]).

Sul procedimento gravano peraltro delle incertezze in tema di modellazione dei vincoli al contorno di imbasamento nella struttura [5]. E d'altra parte il procedimento, per la mole dei programmi, può essere affidato solo ad elaboratori di grande potenza, il che importa oneri economici elevati; ne deriva un notevole freno nella pratica professionale ad affrontare con frequenza e completezza la specie di problemi in oggetto, con l'effetto della omissione frequente negli studi progettuali della comparazione di possibili strutture di dimensioni e di materiali diversi.

E' da richiamare ancora che a fronte della nota grande diversità dei sismi da caso a caso <sup>(1)</sup> e della conseguente impossibilità di stabilire un modello di essi sufficientemente rappresentativo della generalità dei sismi effettivi, si ricorre a modelli tratti da casi reali specifici empiricamente prescelti che lasciano, come tali, molto spazio a dubbi, in senso di difetto o di eccesso sulla loro rappresentatività del fenomeno in generale correlativamente alla diversità dei parametri degli eventi dominati dalla casualità.

---

<sup>(1)</sup> Vedi ad esempio [1], Parte prima.

In conseguenza di tutto ciò, appare utile un procedimento generale di analisi sufficientemente semplice al punto di essere realizzabile su elaboratori della classe disponibile in ogni studio tecnico, semplicità ottenuta con l'omissione delle dipendenze del processo vibratorio che non possono generare effettivo aumento di precisione dei risultati a causa sia d'incertezze nella formulazione delle correlazioni, sia per incertezze sui valori dei parametri; procedimento d'altra parte basato su modello dei sismi non derivato dalle registrazioni di eventi particolari ma invece caratterizzato da ampia generalità nei riguardi delle variabili aleatorie.

### III. - Il procedimento proposto

a - A tali caratteri è improntato il procedimento proposto in [2].

E' in esso considerata ai fini della analisi dinamica, una sezione trasversale della struttura (di norma sarà quella maestra) costituita di una parte centrale (il nucleo) e di due parti esterne alla prima addossate (i semicorpi), limitate da rette e simmetricamente disposte rispetto alla verticale d'asse, la prima di materiale diverso rispetto a quello delle altre (fig. 1).

E' ammesso che la eccitazione delle vibrazioni proveniente dal suolo di fondazione sia uniforme e sincrona lungo la intera base della struttura, e sia definita da una prestabilita funzione di velocità intesa in campo libero; è posto in conto l'effetto della retroalimentazione dell'energia.

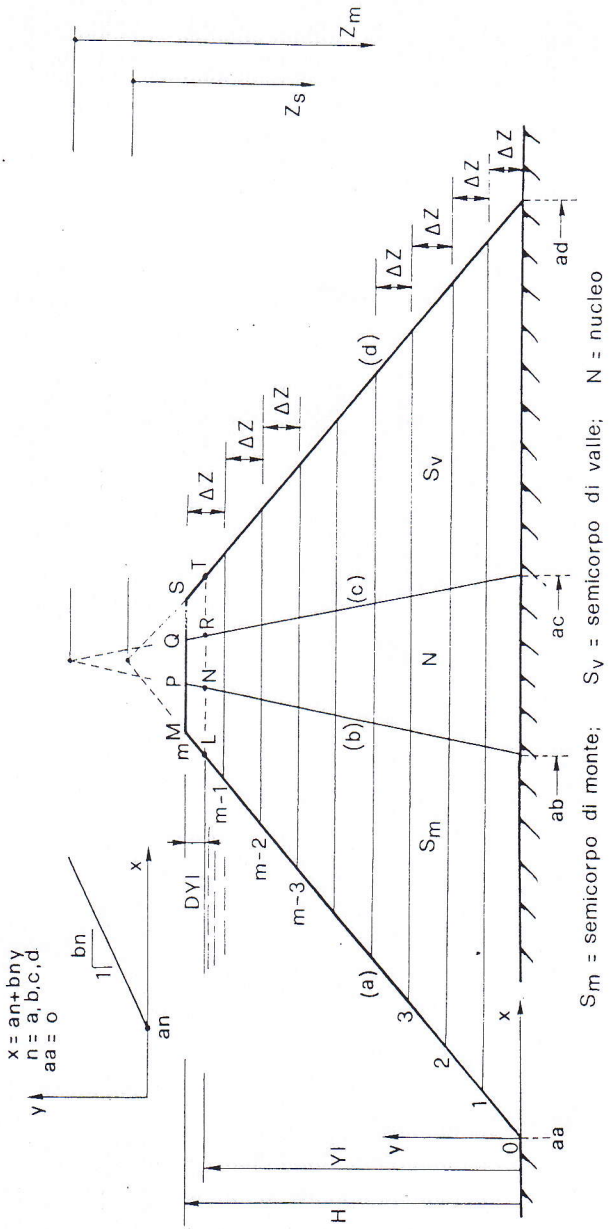


Fig. 1



Viene ammessa la propagazione indipendente delle perturbazioni nei semicorpi e nel nucleo, e ciò in considerazione che le interferenze fra le vibrazioni negli uni e nell'altro, sono nella realtà deboli per l'effetto smorzante dei filtri di norma interposti, effetto derivante dal più basso addensamento in essi del materiale.

Sono quindi considerate differenti ed indipendenti i caratteri delle vibrazioni nel nucleo da quelle nei semicorpi (in questi fra loro uguali e sincrone per la assunta simmetria del sistema) in dipendenza della diversità dei valori dei parametri geometrici e fisici. Sono ritenuti uniformi lungo le orizzontali dei singoli corpi vibranti i valori assunti in ogni istante dalle funzioni fondamentali del moto e sono ammesse lineari le relazioni fra deformazioni e tensioni tangenziali ma con diverso valore nel nucleo e nei semicorpi del loro rapporto (modulo elastico al taglio), in conseguenza dei diversi valori dei relativi parametri (velocità di propagazione delle perturbazioni e massa specifica), valori i quali sono facilmente determinabili in fase di progetto su rilevati sperimentali o, successivamente nella struttura, con procedimenti della specie cross-hole (vedi [4]).

Trascurata con ciò la componente viscosa dissipativa della deformazione, la risposta risulta esaltata con favore per la sicurezza.

Il problema è in tal modo ridotto lineare e monodirezionale ed è risolubile con procedure numeriche di cui quello delle linee caratteristiche proposta in [2] è semplice.

In merito alle ipotesi di sincronismo e uniformità della funzione eccitante lungo la base del rilevato che il metodo assume, è da osservare agli effetti delle conseguenze sulle

strutture, che un sisma è nella realtà un transito sulla superficie del suolo, con velocità finita, di un treno d'onde, per cui le ipotesi predette sono sicuramente inesatte su lunghezze delle basi quali quelle delle strutture in questione, tenuto anche conto della deformazione progressiva durante il transito, quindi non sincronicamente operata sull'onda eccitatrice dalle diverse parti del rilevato, dalla retroalimentazione della energia: tuttavia esse sono accettabili in rapporto alle notevoli deficienze di informazioni su parametri di maggiore influenza sul processo. Non altrimenti può concludersi circa la altra ipotesi posta dalla uniformità e sincronismo di ogni manifestazione del fenomeno vibratorio lungo le singole sezioni orizzontali dei corpi considerati.

b - Il confronto fra la semplicità cui deve essere improntato il procedimento al fine di una sua facile applicabilità ed il carattere di generalità che deve possedere nei riguardi della casualità di valori dei parametri di cui manca la base perchè possano essere prestabiliti, è stato risolto con l'adozione di una procedura in due fasi.

Una prima è costituita da analisi dinamiche e di stabilità svolte per una piccola serie di funzioni eccitanti semplici con parametri determinati, quali le funzioni monoperiodali della specie della (IV,3) di  $\bar{[2]}$ , con diversità nella serie del solo periodo  $T_0$  della componente sinusoidale.

Il valore del parametro  $\beta$  ha modesta influenza sui risultati e può essere mantenuto uguale nella serie; l'accelerazione massima  $|a|_{\max}$  che in base alla (V,12) ancora di  $\bar{[2]}$  completa la definizione della predetta (IV,3) viene mantenuta uguale in tutta la serie e uguale al valor massimo della accele-

razione sismica attribuito al sito dell'opera (prodotto della accelerazione di gravità per il coefficiente sismico CFS del sito).

Dalle singole analisi dinamiche di tale serie vengono dedotti i diversi valori di un parametro di trasferimento tale da rispecchiare l'effetto inerziale nel suo insieme sulla struttura della funzione eccitatrice definita con i particolari parametri sopra accennati.

Eseguite poi con le distribuzioni delle accelerazioni associate a tale parametro, le successive analisi di stabilità, se ne ha una associazione fra i valori degli indici di stabilità ed i valori del suaccennato parametro degli effetti inerziali.

La seconda fase del procedimento è costituita dalle sole analisi dinamiche per funzioni eccitanti pluriperiodali (clusters) quali quelli della specie (IV,4) di  $[2]$ , con valori casuali dei parametri. Esse dovranno essere in un numero sufficiente a costituire un campione significativo dell'universo dei sismi possibili. Tali analisi saranno limitate a fornire la collezione dei valori dei parametri di trasferimento, della stessa specie di quelli della serie di prima fase.

Pertanto, mentre questa definisce la corrispondenza fra indici di stabilità e parametri di trasferimento, la serie di seconda fase definisce la corrispondenza fra valori del parametro di trasferimento e probabilità dei clusters che per essere definiti dagli insiemi dei valori casuali dei loro parametri, hanno la stessa probabilità di questi.

Posto che il parametro di trasferimento sia scelto tale da rappresentare l'effetto inerziale di un sisma generico, dalle due corrispondenze sopra indicate discende quella degli indici di stabilità quali determinati nella prima fase del procedimento con la probabilità degli eventi in quanto dipendenti

dai fattori assunti come parametri casuali.

A parametro di trasferimento è sembrato possibile adottare il rapporto tra momento massimo rispetto alla base del rilevato durante la vicenda vibratoria della distribuzione delle accelerazioni lungo la verticale ed il massimo valore della accelerazione eccitante (a suolo libero) sul corso della vicenda. Il momento predetto è così assunto ad indice significativo dell'effetto inerziale del sisma ed il valor massimo della accelerazione nella vicenda è assunto quale indice della intensità del sisma stesso. Tale scelta del predetto parametro è forse suscettibile di miglioramento; comunque non dipende da essa la validità delle linee generali del metodo.

L'analisi di stabilità prevista come seconda parte della prima fase del procedimento è la consueta dell'equilibrio limite allo scorrimento lungo una serie di archi di cerchio, con l'aggiunta alle forze attive in quiete (peso proprio del materiale della struttura e pressioni verticali e tangenziali da filtrazione agenti nel nucleo), di quelle inerziali, somma di quelle relative ai semicorpi con quelle relative al nucleo quali risultanti dalle loro distribuzioni sulla verticale nell'istante in cui è massimo durante la vicenda il momento costituente il già definito parametro di trasferimento.

#### IV. - L'analisi dinamica col metodo delle caratteristiche

##### Osservazioni preliminari

Con l'impiego del metodo delle caratteristiche nella contemporanea doppia applicazione ai semicorpi ed al nucleo, il

problema della determinazione della successione nel tempo delle velocità e delle tensioni tangenziali su una serie di orizzontali del rilevato a piccola ed uniforme distanza fra loro, le quali definiscono gli strati di uniforme altezza, è ridotto alla risoluzione di serie di equazioni algebriche lineari alle differenze finite.

E' utile in proposito introdurre già in questa sede di osservazioni preliminari le numerazioni sia delle orizzontali di visorie del rilevato in strati, sia dei tempi.

Così, per una struttura di altezza  $H$  divisa in  $m$  strati, l'altezza elementare che si assume a base della numerazione è  $\Delta z = H/m$ ; i numeri  $j$  d'individuazione delle orizzontali divisorie iniziano da zero alla base per terminare con  $m$  in coronamento (fig.1).

Viene assunto a tempo elementare quello di percorrenza di uno strato con la velocità  $v$  di propagazione delle perturbazioni il cui valore è una caratteristica del materiale, cioè  $\Delta t = \Delta z/v$ ; in luogo dei tempi effettivi  $t$  verranno quindi considerati quelli relativi  $i = t/\Delta t$ .

Per le strutture costituite di tre parti, semicorpi a monte e valle uguali e simmetrici e nucleo, di materiali aventi due valori diversi della velocità di propagazione delle perturbazioni, si hanno due unità di tempo di riferimento (tempi elementari)  $\Delta t_s$  e  $\Delta t_m$  e quindi per uno stesso tempo assoluto  $t$ , due diversi tempi relativi  $i_s = t/\Delta t_s$  e  $i_n = t/\Delta t_n$  riguardanti rispettivamente i semicorpi ed il nucleo. Se il rapporto, fra la velocità di propagazione nei semicorpi  $v_s$  e nel nucleo  $v_n$  è  $s/n$  con  $s$  ed  $n$  numeri interi primi fra loro (e verrà inteso con aderenza alle situazioni reali  $s > n$ ) il rapporto fra i predetti tempi relativi è  $\Delta t_s/\Delta t_n = n/s$ .

E' dimostrato in [2] che nel doppio piano delle caratteristiche della specie C (delle accelerazioni) una caratteristica relativa al nucleo che esce dall'asse delle ascisse (relative) al tempo  $2 \cdot i_{on} - 1$  ed una analogha caratteristica relativa ai semicorpi che esce dall'asse analogo al tempo  $2 \cdot i_{os} - 1$  si incrociano al nodo di altezza  $j$  in corrispondenza della ascissa di tempo assoluto  $t^*$  e quindi delle ascisse di tempi relativi  $i_{an}$  e  $i_{as}$  connessi dalla relazione

$$(a) \quad t^* = i_{an} \cdot \Delta t_n = i_{as} \cdot \Delta t_s ,$$

relazione dalla quale segue

$$i_{an}/i_{as} = \Delta t_s / \Delta t_n = n/s .$$

I punti d'incrocio quali suaccennati diconsi nodi di sincronismo per le accelerazioni.

E' possibile porre

$$i_{an} = n \cdot \rho \quad , \quad i_{as} = s \cdot \rho$$

con  $\rho$  numero intero per cui dalla (a) discende

$$t^* = n \cdot \Delta t_n \cdot \rho = s \cdot \Delta t_s \cdot \rho$$

ed il numero  $\rho$ , che verrà detto parametro del tempo di sincronismo, è il tempo  $t^*$  del sincronismo espresso in misura dei tempi reali  $n \cdot \Delta t_n$  e  $s \cdot \Delta t_s$ , fra loro uguali.

Per semplificare le espressioni conviene introdurre le relazioni

$$I_{on} = 2 \cdot i_{on} - 1 \quad , \quad I_{os} = 2 \cdot i_{os} - 1 \quad ,$$

con che le (VII,3), (VII,4), (VII,5) di [2] si trasformano nelle

$$(b) \quad j + I_{OS} = s \cdot \rho \qquad j + I_{On} = n \cdot \rho ,$$

$$(c) \quad I_{OS} - I_{On} = (s - n) \cdot \rho$$

La prima delle caratteristiche delle accelerazioni che de termina un nodo di sincronismo è quella del nucleo che esce dall'asse delle ascisse alla ascissa  $I_{On} = 0$  alla quale è associata per la formazione del nodo di sincronismo, a ragione delle (c), la caratteristica delle accelerazioni nei semicorpi uscente dall'asse delle ascisse alla ascissa  $I_{OS} = (\underline{s} - \underline{n}) \cdot \underline{\rho}$ ; e per essere  $\underline{s} > \underline{n}$  è  $I_{OS} > I_{On}$ . Il relativo nodo di sincronismo sta alla ordinata  $\underline{j}^*$  uguale a  $\underline{n} \cdot \underline{\rho}$  che, come risulta dalla seconda della (b), può essere uguale a  $\underline{m}$  o a  $\underline{m} - 1$ .

I successivi nodi di sincronismo per uguale valore di  $\underline{\rho}$ , che giacciono quindi su una stessa parallela all'asse delle ordinate nel piano delle caratteristiche, si succedono per valori di  $\underline{j}$  decrescenti con passo due. Al crescere di una unità del parametro  $\underline{\rho}$  i nodi di sincronismo si verificano secondo la successione degli  $\underline{j}$  pari o dispari decrescenti, ancora con passo due.

Assunti a titolo di esempio <sup>per</sup> i valori  $\underline{m} = 30$ ,  $\underline{n} = 3$ ,  $\underline{s} = 5$ , le relazioni (b) e (c) divengono

$$I_{On} + j = 3 \cdot \rho \qquad , \qquad I_{OS} + j = 5 \cdot \rho \qquad , \qquad I_{OS} - I_{On} = 2 \cdot \rho .$$

Il primo valore  $\underline{\rho}^*$  di  $\underline{\rho}$ , associato a  $\underline{j}^* = 30$ , è quindi 10 ed è correlativo agli  $\underline{j}$  pari da 30 a zero. Al valore successivo 11 di  $\underline{\rho}$  sono associati i valori di  $\underline{j}$  dispari da 29 ad 1, al successivo valore di 12 di  $\underline{\rho}$  sono associati ancora i valori di  $\underline{j}$  pari, ancora da 30 a zero e così via (vedi le figure nella Nota VII di [2]).

E' ancora da osservare che ai valori di  $I_{On}$  da zero a 30 sono associati per la (c) i valori di  $I_{OS}$  da 20 a 50. Esiste

pertanto un periodo nella successione degli istanti  $I_{\underline{os}}$  esteso da zero a 18 nel quale mancano nodi di sincronismo. Esso verrà detto periodo a vuoto.

E' da osservare inoltre che le (b) dicono che a parità di valori di  $I_{\underline{os}}$  o  $I_{\underline{on}}$  un incremento  $\Delta \rho$  di  $\rho$  importa un incremento di  $j$  rispettivamente di  $\Delta j = s \cdot \rho$  e  $\Delta j = n \cdot \rho$  o, in altra forma, che le somme  $s \cdot \Delta \rho - \Delta j$  e  $n \cdot \Delta \rho - \Delta j$  sono costanti lungo le singole caratteristiche delle accelerazioni.

Per ogni terna di valori di  $\underline{m}$ ,  $\underline{s}$ ,  $\underline{n}$  può essere formata una tabella che per i vari valori di  $j$  da zero ad  $\underline{m}$ , distintamente pari e dispari e per vari valori di  $\rho$  progressivamente crescenti con passo uno indichi i valori di  $I_{\underline{on}}$  e  $I_{\underline{os}}$ , cioè delle ascisse di origine delle caratteristiche delle accelerazioni, rispettivamente relative al nucleo ed ai semicorpi che formano nodi di sincronismo.

Una tabella del genere, fondamentale per la formazione del prog. è la Tabella A allegata, relativa ai dati esemplificativi già citati  $\underline{m} = 30$ ,  $\underline{s} = 5$ ,  $\underline{n} = 3$ .

Accertato come già indicato che il primo valore  $\rho^*$  del parametro dei tempi di sincronismo è 10, nella prima riga di testata della tabella sono indicati i successivi valori di  $\rho$  crescenti con passo uno; nella seconda riga sono indicati i valori  $3 \cdot \rho$ , e nella terza i valori di  $5 \cdot \rho$ , nella quarta i valori di  $2 \cdot \rho$  i quali, sulla base delle (b) e (c), uguagliano rispettivamente le somme  $I_{\underline{on}} + j$ ,  $I_{\underline{os}} + j$  e la differenza  $I_{\underline{os}} - I_{\underline{on}}$ .

La prima colonna della tabella contiene i valori di  $j$  distinti in pari e dispari; le colonne successive, una per ogni valore di  $\rho$ , contengono le coppie dei valori  $I_{\underline{on}}$  ed  $I_{\underline{os}}$  dell'origine (sull'asse delle ascisse) delle caratteristiche del-



le accelerazioni di nucleo e semicorpi che formano nodo di sin cronismo al valore p del relativo parametro di colonna ed alla quota relativa j di riga. Tale tabella deriva facilmente dalle relazioni sopra ricordate e riprodotte nelle righe di testata della tabella stessa.

Per il seguito del periodo a vuoto è utile dividere la successione delle coppie in periodi di I<sub>on</sub> e I<sub>os</sub> inteso con i l'indice dei valori iniziali ed f quello dei finali come segue:

Periodo	<u>I<sub>on</sub></u>	<u>I<sub>os</sub></u>
	da <u>I<sub>ion</sub></u> a <u>I<sub>ofn</sub></u>	da <u>I<sub>ios</sub></u> a <u>I<sub>fos</sub></u>
Zero	0 ÷ 32	20 ÷ 54
1	34 ÷ 38	56 ÷ 64
2	40 ÷ 44	66 ÷ 74
3	46 ÷ 50	76 ÷ 84
4	52 ÷ 56	86 ÷ 94
...	...	...

Dopo il periodo zero valgono le regole: le I<sub>i</sub> sono uguali alle I<sub>f</sub> del periodo precedente più due, la I<sub>fn</sub> è uguale a I<sub>fn</sub> del periodo precedente più  $2 \cdot \underline{n}$ , le I<sub>fs</sub> sono uguali a I<sub>fs</sub> del periodo precedente più  $2 \cdot \underline{s}$ , intesi con I<sub>in</sub> e I<sub>is</sub> i valori di I<sub>on</sub> o I<sub>os</sub> iniziali del periodo e I<sub>fn</sub> e I<sub>fs</sub> i valori di I<sub>on</sub> e I<sub>os</sub> finali di ciascun periodo. Si può notare che i valori finali dei periodi sono quelli relativi alla quota j = 1 per i valori dispari dell'indice p.

(<sup>1</sup>) Le sigle C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, ....., S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub> che compaiono in testa alle colonne della tabella non hanno interesse al momento. Trattasi delle sigle di vettori impiegati nella elaborazione.

E' ancora da richiamare che lungo ogni caratteristica delle accelerazioni del nucleo e di quelle dei semicorpi esistono più nodi di sincronismo che si differenziano per il tempo  $t^*$  (e quindi per i valori dell'indice relativo  $\rho$ ) e per una associata ordinata  $j$ .

E' pertanto utile ai fini della formazione del prog. individuare per quali tempi di sincronismo e per essi per quali valori di  $\rho$  ciascuna delle caratteristiche estreme dei singoli periodi predetti contiene nodi di sincronismo.

Può essere rilevato che una caratteristica che interseca la parallela all'asse dei tempi correlativa al valore  $\rho_1$  di  $\rho$  alla ordinata  $j=1$  ha il suo ultimo nodo di sincronismo alla intersezione della parallela analoga correlativa al valore  $\rho_2$  di  $\rho$  secondo le

$$\rho_{2n} = \rho_1 + \left(\frac{m}{n} - 1\right),$$

$$\rho_{2s} = \rho_1 + \left(\frac{m}{s} - 1\right),$$

e nel caso particolare di  $m=30$ ,  $n=3$ ,  $s=5$

$$\rho_{2n} = \rho_1 + 9,$$

$$\rho_{2s} = \rho_1 + 5.$$

Se ne deducono, relativamente al caso della Tabella A, i valori seguenti:

Periodo	$\rho_1$	$\rho_{2n}$	$\rho_{2s}$
0	11	20	16
1	13	22	18
2	15	24	20
3	17	26	22
4	19	28	24
...	...	...	...

Quindi anche  $\rho_{2n}$  e  $\rho_{2s}$  crescono con passo due come  $\rho_1$  e mantengono una differenza fra loro costante di quattro.

#### V. - I programmi "URAS I" e "URAS II"

a - I calcoli della prima fase di cui al paragr. III-b sono oggetto dei prog. URAS I per l'analisi dinamica ed URAS II per l'analisi di stabilità <sup>(1)</sup>.

Provvede il primo alla determinazione del valore del parametro di trasferimento quale già definito, per la funzione eccitante monoperiodale del tipo (IV,1) e (IV,2) di [2]. Tale determinazione è da ripetere per quattro o cinque valori diversi del periodo  $T_0$  del fattore sinusoidale della funzione eccitante, valori scelti nell'intorno di quello di risonanza della struttura preventivamente stabilito in via di massima, al quale corrispondono le maggiori ampiezze della vibrazione di questa. Ed è possibile assumere un valore unico del secondo parametro  $\beta$  della predetta funzione eccitante (vedi in [2] le relazioni che seguono le sopracitate), il quale definisce il tempo del massimo valore della velocità di eccitazione. Tale unicità è possibile per essere provato che assai limitata è la

---

<sup>(1)</sup> URAS (ovvero KI) è il nome della deità (femminile) della Terra (e come tale probabilmente responsabile anche dei terremoti) nell'affollato e bizzarro pantheon dei Sumeri. Sarebbe quindi la più antica competente sul tema qui trattato. Dando il suo nome a questi programmi, si confida nella sua benevolenza verso gli umani.

influenza di esso sulla risposta della struttura. Il terzo parametro,  $|a|_{\max}$ , accelerazione massima della funzione eccitante che definisce a mezzo della (V,12) di  $[2]$  la costante  $W^*$  dell'espressione (IV,3) ancora di  $[2]$ , è da porre uguale per tutta la serie dei  $T_0$  e pari al valore previsto della massima accelerazione dei sismi nel sito.

Le considerazioni teoriche di base ed il programma fanno riferimento in luogo del periodo  $T_0$  al parametro adimensionale <sup>(1)</sup>

$$k = T_0 / \Delta t = T_0 \cdot V / \Delta z = T_0 \cdot V \cdot m / H = T_0 \cdot m / T_t$$

In questa espressione è inteso  $T_t$  il tempo di percorrenza delle perturbazioni della intera altezza del rilevato (tempo di transito).

Il periodo di risonanza  $T_{0r}$  può essere assunto nei valori  $2,61 \div 2,50 / T_t$  <sup>(2)</sup> ai quali corrispondono ad esempio per rilevato di 100 m di altezza e velocità di propagazione  $v_s = 500$  e  $v_n = 300$  m/s rispettivamente nei semicorpi e nel nucleo, i periodi  $T_0 = 0,5 \div 0,522 \cdot s$  relativamente ai primi e  $0,833 \div 0,870 \cdot s$  relativamente al secondo. Assumendo in tal caso quale serie applicativa di URAS I i valori di  $k_s$  (relativi ai semicorpi) da 40 a 120 con passo 20, ai quali sono associati i valori di  $k_n$  (relativi al nucleo) da 24 a 72 con passo 12, gli uni e gli altri tutti multipli di 4 e maggiori di 8 come richiesto dalla teoria <sup>(3)</sup>, viene coperto il campo dei periodi

<sup>(1)</sup>  $v_s$  e  $v_n$  sostituiscono nel prog.  $v_{ss}$  e  $v_{sn}$  della teoria.

<sup>(2)</sup> Vedi  $[1]$  e  $[5]$

<sup>(3)</sup> Vedi  $[2]$

da 0,2667 a 0,8 s (e delle frequenze da 7,5 a 1,25 Hz) (vedi Tabella B allegata) entro il quale ricade sicuramente il periodo di risonanza.

b - Il prg. URAS I determina alle differenze finite per una successione di istanti assoluti  $\underline{t}$  con passo  $2 \cdot \underline{\Delta t}_s$  per i semicorpi e  $2 \cdot \underline{\Delta t}_n$  per il nucleo, quindi per una successione di istanti relativi di valori intieri pari  $\underline{i}_s = \underline{t} / \underline{\Delta t}_s$  e  $\underline{i}_n = \underline{t} / \underline{\Delta t}_n$  rispettivamente relativi a semicorpi e nucleo, la velocità e le tensioni tangenziali nelle varie orizzontali di divisione del rilevato; deduce poi le accelerazioni, alle quote divisorie  $\underline{j}$  dei diversi strati, sincrone nei semicorpi e nel nucleo, in ciò sulla base della tabella di sincronismo di cui al precedente paragrafo.

Moltiplicate le accelerazioni negli istanti di sincronismo, distintamente per semicorpi e nucleo, per le masse delle due specie entro le singole strisce del rilevato, sommate le coppie dei risultati, moltiplicati poi per le quote relative  $\underline{j}$ , si ha un totale che diviso infine per la accelerazione massima  $|\underline{a}|_{\max}$ , parametro fondamentale della intensità del sisma, determinano nella serie dei tempi di sincronismo, alternativamente per  $\underline{j}$  pari e dispari una successione di valori il cui massimo nel corso della vicenda costituisce il valore del parametro di trasferimento. Il prg. provvede inoltre a memorizzare le distribuzioni sulla verticale delle accelerazioni nei semicorpi e nel nucleo associate al predetto valor massimo, distribuzioni che vengono poi tradotte con procedimento di regressione in polinomi di sesto grado nelle quote  $\underline{j}$  (vedi Nota D).

La serie dei coefficienti di questi polinomi relative ai diversi valori di  $\underline{k}_s$  per i quali viene eseguita l'analisi di

prima fase vengono memorizzati in disco per poi passare da questo alla unità centrale con il prg. successivo URAS II .

c - Il prg. URAS II provvede a determinare per ogni assegnato arco di cerchio intersecante la sezione del rilevato, il rapporto fra il momento, rispetto al centro dell'arco, delle forze attive per un presumibile scorrimento d'insieme lungo l'arco della massa ad esso sovrastante ed il momento resistente lungo questo, rapporto che costituisce l'indice di stabilità relativo al particolare arco. L'indice di stabilità del rilevato è il valore minimo fra gli indici di stabilità di tutti gli archi entro la sezione della struttura nei quali lo scorrimento è cinematicamente possibile.

Forze attive in ciò considerate sono quelle in quiete (peso proprio e spinta dell'acqua) e quelle inerziali; forze resistenti sono considerate attrito e coesione agenti secondo la relazione di Coulomb.

Il prg. provvede a determinare, relativamente ad ogni arco proposto, le spinte sul nucleo derivante dalla filtrazione con i criteri di cui all'allegata Nota B e relativamente alle forze inerziali, partendo dalla distribuzione delle accelerazioni lungo la verticale, tradotta nei coefficienti dei polinomi sopra accennati, con i criteri di cui alla Nota C e D; quelle resistenti infine con il criterio di Coulomb; le une e le altre con il procedimento per elementi inteso come partizione della superficie sovrastante l'arco di cerchio di presunto scorrimento in zone divise fra loro da rette verticali (gli elementi).

Per ogni arco l'indice di stabilità è poi determinato con il criterio di BISHOP, qui riassunto nella Nota A.

## VI. - I programmi "URAS III" e "URAS IV"

a - Alla determinazione dei valori del parametro di trasferimento per funzione di eccitazione multiperiodale casuale è dedicato il prg. URAS III .

Esso impiega la funzione eccitante (IV,4) di  $[2]$  con valori casuali dei relativi parametri e pertanto inizia con la determinazione casuale di questi e prosegue poi in similitudine con URAS I ma limitatamente alla determinazione del valore del parametro di trasferimento. E' richiesta la replicazione numerosa dell'esecuzione del prg. tale che la collezione dei valori del parametro di trasferimento che ne deriva sia accettabile quale campione dell'universo di esso parametro correlativo alla casualità dei valori dei parametri della funzione eccitante assunta a rappresentare la generalità dei sismi.

A ragione della numerosità necessaria delle repliche è difficile che la esecuzione di questa fase del procedimento possa essere completata con continuità. Pertanto i valori del parametro di trasferimento via via ottenuti per i diversi cluster vengono memorizzati su disco per essere poi recuperati nel successivo prg. URAS IV che provvede alla elaborazione statistica di essi.

In URAS III è programmata la esecuzione di cinquanta cluster, divisi in dieci serie, ciascuna di queste eseguita in continuo.

E' prefissato in 20 il numero delle funzioni monoperiodali componenti di ogni cluster, ciascuna correlativa ad un diverso periodo  $T_0$  del fattore sinusoidale, associato ai differenti valori di  $K_s$  compresi fra 20 e 400 con differenze di 20 . Ai valori

estremi predetti di  $K_s$  corrispondono frequenze rispettivamente di 7,5 e 0,38 Hz cioè nei normali limiti di maggiore effetto dei sismi reali. Il passo 20 fra i valori di  $K_s$  è imposto dalla condizione generale che gli  $K_s$  e  $K_n$  associati secondo la relazione  $K_s/K_n = s/n$  risultino tutti multipli di quattro.

I valori del parametro  $g$  delle componenti dei clusters non trovano suggerimento nelle registrazioni dei sismi reali, pertanto a ragione della rilevante scarsa influenza di essi sui risultati sono empiricamente adottati in prog. i valori fissi 2,25 ; 3,25 ; 4,25 ; 5,25 ; 6,25 equamente distribuiti fra le singole componenti di ogni cluster.

Le fasi intese come ritardo sul tempo iniziale del cluster dell'inizio dei suoi successivi componenti, dopo un primo di essi scelto casualmente, sono determinate casualmente diverse fra il valore zero ed un valore limite superiore prestabilito.

Non sono traibili dalle registrazioni dei sismi indicazioni in merito al predetto valor limite delle fasi successive. In prog. è adottato in proposito il valore 180 in misura relativa a  $2 \cdot \Delta t_s$ . Nel caso di  $H = 100$  m e  $v_s = 500$  m/s esso corrisponde ad un tempo assoluto di 2,4 s che appare ragionevole, tenuto presente che esso è il limite del periodo iniziale, quello di formazione del sisma, e non è il limite della durata di esso che è ammesso, in teoria, infinita.

Comunque, l'accennato valore limite di prog. può essere sostituito caso per caso da diverso valore, come, d'altra parte il numero  $N$  dei componenti dei clusters ed i limiti inferiore e superiore dei  $K_s$ .

Diverso nel particolare da quello di URAS I è in URAS III



il processo di determinazione del parametro di trasferimento.

Si osserva in proposito che il massimo valore della funzione eccitatrice in URAS I è prefissato ed uniforme; in URAS III, in conseguenza della diversità dei valori, attribuiti con scelta casuale, alle massime accelerazioni dei singoli componenti dei clusters e ancora in conseguenza delle differenze dei tempi, anche esse attribuite casualmente, della "entrata" nella funzione eccitatrice dei componenti stessi, il massimo valore di questa è casuale e quindi diverso da cluster a cluster.

Giacchè parametro di trasferimento è inteso il rapporto fra maggior valore durante la vicenda vibratoria dei momenti della distribuzione delle accelerazioni lungo la verticale rispetto alla base (indice delle massime forze inerziali) ed il valor massimo della accelerazione eccitante (indice della intensità del sisma), quest'ultimo, diverso casualmente da cluster a cluster deve essere in URAS III determinato direttamente sulla base delle successione delle velocità ecciatrici som me delle singole correlative a ciascun componente del cluster.

- b - La collezione dei valori dei parametri di trasferimento P ottenuta col prg. URAS III viene ripresa dal file memorizzato in disco da URAS III ed elaborato dal prg. URAS IV. Sarà da prov vedere anzitutto alla ricerca per tentativi della trasformazio ne dei valori di P secondo una funzione che ne converta il meglio possibile la distribuzione in normale.

In dettaglio, prescelta una tale funzione ed inseritala nel prg. secondo le indicazioni nella parte iniziale di esso contenute, viene determinato il valore medio, lo scarto quadratico medio e gli scarti ridotti  $\lambda$  dei valori traformati di P, ed essi vengono poi ordinati in successione crescente ed asso-

ciati ai valori  $\phi(\lambda)$  delle relative probabilità cumulate, pari al rapporto dei numeri progressivi di ordinamento degli scarti predetti al numero totale di essi.

Vengono poi immessi da tastiera i valori del parametro di trasferimento  $Q$  determinati da URAS I e per ciascuno di essi, trasformati come gli  $P$  nella ipotesi di base della loro assimilabilità, ai fini di probabilità, ai  $P$ , se ne traggono i valori degli scarti ridotti da attribuire ai  $Q$  e quindi con l'uso di grafici o tabelle delle probabilità normali, gli associati valori di  $\phi(\lambda)$ .

Il progr. è compatibile con un numero qualsiasi di valori dei parametri  $P$ .

#### VII. - Operazioni conclusive

In un piano cartesiano di sintesi, ascisse il parametro  $K_s$  o il periodo  $T_0$  o la frequenza  $F_r$  associati a  $K_s$  (fig. 2) vengono tracciate:

- la curva del parametro di trasferimento  $Q$  (maggiori valori per ogni singolo  $K_s$  fra i due,  $Q_c$  e  $Q_o$  risultati da URAS I);
- la curva dei valori di probabilità  $\phi(\lambda)$  associati agli  $Q$  quali determinati attraverso  $\lambda$  da URAS IV;
- le curve degli indici di stabilità  $IS$  secondo i risultati di URAS III associati ai  $K_s$  e relative ad almeno tre diversi valori del coefficiente sismico  $CFS$  l'uno inferiore e gli altri superiori a quello massimo attribuito al sito.

Assunto un valore  $IS_0$  dell'indice di stabilità  $IS$ , per ragioni di sicurezza eventualmente superiore all'unità, sono desumibili dall'accennato grafico i parametri del rischio che

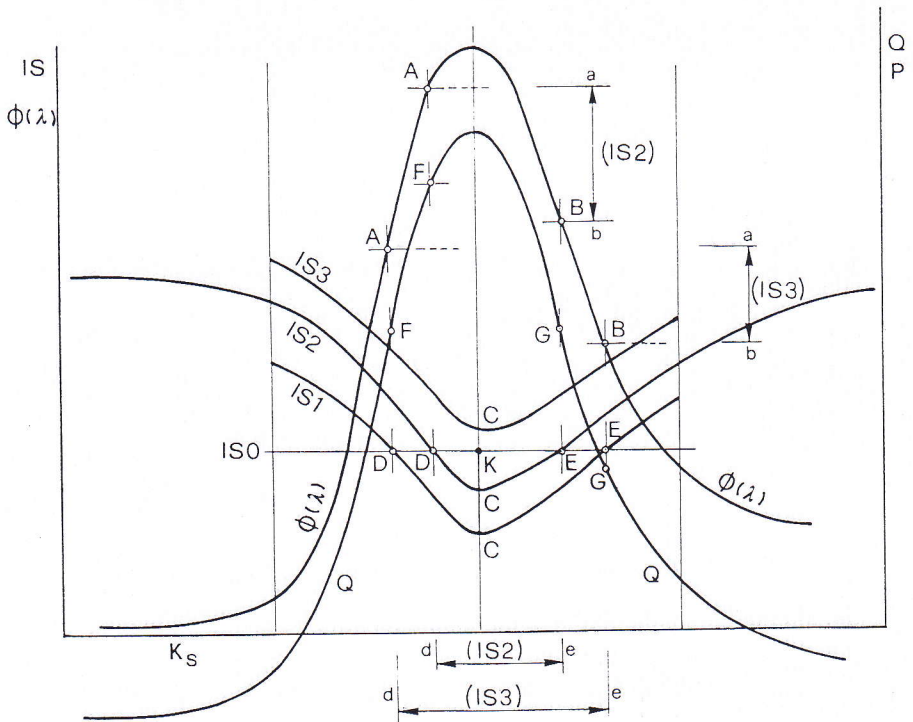


Fig. 2

per un sisma casuale della specie considerata in URAS III, l'indice di stabilità risulti inferiore al prefissato IS<sub>0</sub>.

Verrà a tal fine tracciata la parallela all'asse delle ascisse alla ordinata IS<sub>0</sub> ed essa incontri le due curve di IS relative ai due accennati maggiori valori di CFS nei punti D ed E. Per tali quattro punti si tracciano le parallele all'asse delle ordinate le quali intersecheranno la curva dei Q nei punti F e G e la curva dei  $\phi(\lambda)$  nei punti A e B.

E' facile dedurre, in base alla ammessa uguaglianza dell'effetto dinamico a valori pari del parametro di trasferimento P dei sismi pluriperiodali casuali con quelli Q dei sismi monoperiodali, che tutti i sismi della prima accennata specie con valori di P inferiori alle ordinate dei punti F ricadenti nella regione del grafico a sinistra dei punti stessi e tutti gli analoghi sismi con valori di P inferiori alle ordinate dei punti G ricadenti nella regione del grafico alla destra di tali punti, danno valori dell'indice di stabilità IS superiori a IS<sub>0</sub>. La regione dei valori di P fra F e G, d'ampiezza  $d$  e in termini di valori di ascisse ( $K_s$  o  $T_0$  o  $F_r$ ) è quella dei sismi che danno valori di IS inferiori a IS<sub>0</sub>.

Le ordinate dei punti A e B sulla curva dei  $\phi(\lambda)$  indicano le probabilità (cumulate) dei valori di P pari alle ordinate di F e G, per cui la differenza fra le ordinate di A e B rappresenta il rischio di sismi il cui valore di IS è inferiore a IS<sub>0</sub>.

Il punto K di figura, intersezione della parallela all'asse delle ascisse di ordinata IS<sub>0</sub> con la parallela all'asse delle ordinate tracciata per il massimo delle curve Q e  $\phi(\lambda)$ , il cui valore rappresenta la condizione di valore di IS pari a IS<sub>0</sub>, può

essere determinato per interpolazione fra i valori di CFS relativi ai valori delle curve di IS superior<sub>2</sub> ed inferior<sub>2</sub> a K.

Quando, come spesso accade, in luogo d'un maggiore valore del coefficiente sismico del sito avente sicuro valore, per essere stato dedotto da una precisa analisi sismotettonica, sono noti i tempi di ritorno (inversi della frequenza annuale del verificarsi di eventi di stabilita intensità) di vari maggiori valori del CFS e comunque anche in assenza di tali nozioni), potrà trarsi dal grafico sopra indicato una sintesi generale significativa dei rischi.

Si tracciano a tale fine le curve degli indici di stabilità per la serie di valori del coefficiente sismico CFS dei quali è noto il tempo di ritorno.

Per uno o più valori dell'indice minimo prescelto ISO vengono determinati i rischi, rappresentati dalle lunghezze dei segmenti a b (fig. 2), del verificarsi di valori di IS inferiori ad ISO; essi vengono poi divisi per i tempi di ritorno associati ai CFS. L'insieme di tali risultati costituisce una buona rappresentazione del rischio sismico della struttura.

Un risultato più rapido e di maggiore affidamento si ottiene se si considera l'unico valore "uno" per ISO relativamente al quale è da fare riferimento ai punti C minimi le cui ordinate sono in genere numericamente note e non soggette quindi alle incertezze del tracciamento della curva  $\phi(\lambda)$ .

Una curva con ordinate pari ai valori dell'indice di stabilità minimo che si raggiunge con i diversi valori del CFS (punti C del diagramma) e con ascisse le probabilità (inversi dei tempi di ritorno) dei valori dei CFS, preferibilmente que-

sti in scala logaritmica, curva poi estrapolata fino al valore "uno" di CFS, indica con la relativa ascissa la probabilità (virtuale) in termini temporali del verificarsi di tensioni nella struttura superiori al limite elastico e quindi al passaggio della vibrazione alla fase plastica alla Coulomb.

NOTA A

Relativamente alla determinazione col procedimento per elementi dell'indice di stabilità allo scorrimento lungo linee circolari vengono introdotte le seguenti notazioni:

$$\begin{aligned}
 A &= \Sigma (p_i \cdot \cos \alpha_i - q_i \cdot \sin \alpha_i) \cdot \Delta x_i \cdot \operatorname{tag} \phi_i , \\
 B &= \Sigma (p_i \cdot \sin \alpha_i + q_i \cdot \cos \alpha_i) \cdot \Delta x_i , \\
 C &= \Sigma c_i \cdot \Delta x_i \cdot \sec \alpha_i , \\
 D &= \Sigma q_i \cdot K_{qi} \cdot \Delta x_i , \\
 E &= \Sigma c_i \cdot m_i \cdot \Delta x_i \cdot \sec \alpha_i , \\
 G &= \Sigma p_i \cdot m_i \cdot \Delta x_i \cdot \operatorname{tag} \phi_i \cdot \sec \alpha_i ,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

nelle quali le  $\underline{p}_i$  sono le componenti verticali e le  $\underline{q}_i$  le componenti orizzontali delle forze attive riferite alla larghezza unitaria degli elementi (pressioni), le  $\underline{\alpha}_i$  e le  $\underline{\Delta x}_i$  sono rispettivamente gli angoli di inclinazione delle basi degli elementi e le larghezze (orizzontali) di essi, le  $\underline{k}_{qi}$  i bracci delle  $\underline{q}_i$  rispetto al punto mediano delle basi predette,  $\underline{\phi}_i$  e  $\underline{c}_i$  gli angoli d'attrito e le coesioni unitarie offerte dalle basi predette ;  $\underline{m}_i$  è un parametro variabile con  $\underline{\alpha}_i$ , con  $\underline{\phi}_i$  e con l'indice di stabilità e correlativo al secondo metodo di cui in seguito. Le sommatorie sono intese estese a tutti gli elementi.

Viene in primo luogo determinato l'indice di stabilità con i criteri del metodo denominato di BISHOP semplificato avente per base l'equilibrio della somma dei momenti attivi con l'analoga somma di quelli resistenti lungo l'arco di cerchio considerato e relativamente al centro di questo nonché la ipotesi complementare che le risultanti delle forze normali e paralle-

le nelle interfacce degli elementi siano singolarmente parallele alle basi di questi.

In tali condizioni l'indice di stabilità risulta espresso dalla

$$(2) \quad F_1 = (A + C)/(B - D/R)$$

ove R è il raggio dell'arco di presunto scorrimento e che costituisce base degli elementi.

Tale indice viene impiegato come introduttivo al procedimento per successive approssimazioni di BISHOP originale basato ancora sullo stesso equilibrio dei momenti ma con la ipotesi complementare che le forze di interfaccia siano normali a ciascuna di esse. In tali condizioni l'indice di stabilità è espresso dalla

$$(3) \quad F = (G + E)/(B - D/R)$$

a cui va unita la espressione di  $\underline{m}_i$ , i cui valori entrano in E e G:

$$(4) \quad m_i = 1 / (1 + \frac{1}{F} \operatorname{tag} \alpha_i \cdot \operatorname{tag} \phi_i)$$

per cui è richiesta la risoluzione della (3) per successive approssimazioni.



## NOTA B

La ipotesi di orizzontalità delle linee di flusso del moto di permeazione dell'acqua attraverso il nucleo e quindi della costanza della pendenza piezometrica  $J$  lungo le linee stesse, con valore  $z/l$  (simboli secondo le indicazioni di fig.3) conduce ad un procedimento semplificato (e cautelativo) quale indicato nella Nota (<sup>1</sup>) per la determinazione della azione di trascinamento che, oltre la spinta verticale idrostatica, l'acqua permeante esercita sul materiale del nucleo.

Sia  $z$  la ordinata verticale di riferimento con origine al livello libero dell'invaso (di norma, il livello massimo) e con verso positivo volto in basso (fig.3).

In conseguenza della preaccennata forma della sezione, la larghezza (orizzontale)  $l$  di questa ad una generica ordinata  $z$  è :

$$l = u + w \cdot z$$

con  $u = l_0$ ,  $w = \tan \alpha + \tan \gamma$ , ove  $l_0$  è la larghezza della sezione al livello libero d'invaso e  $\alpha$  e  $\gamma$  sono gli angoli alla verticale delle rette limiti del nucleo, di monte e di valle.

Dalla ipotesi di orizzontalità delle linee di flusso nella permeazione attraverso il nucleo discende che la pendenza piezometrica, costante lungo le linee medesime, ha il valore:

$$J = z/l .$$

Si considera un elemento orizzontale della sezione di lun-

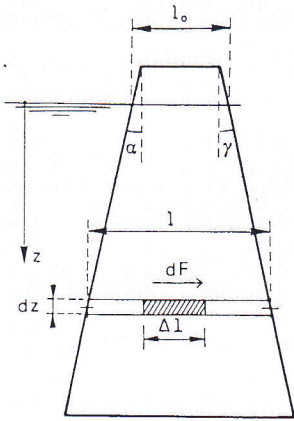


Fig. 3

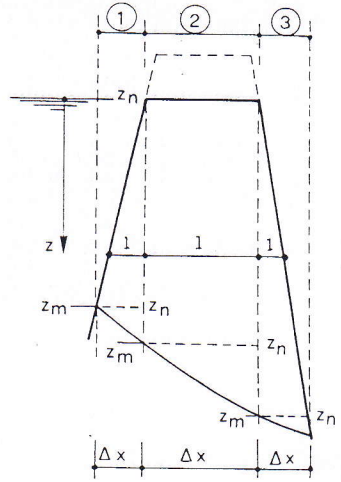


Fig. 4

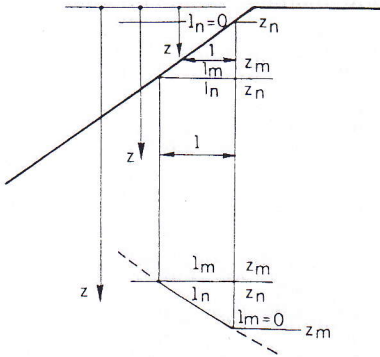


Fig. 5

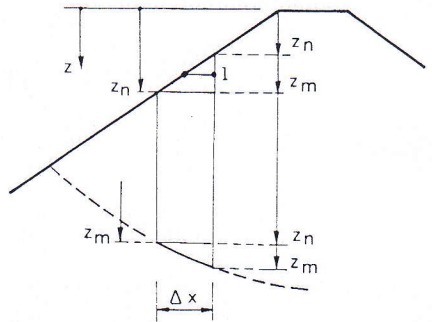


Fig. 6

ghezza  $\Delta l$  e di altezza  $dz$ . La forza (orizzontale) di trascinamento esercitata dall'acqua in moto di filtrazione, sul materiale solido costitutivo dell'elemento è:

$$dF = \delta_a \cdot J \cdot \Delta l \cdot dz$$

ed il relativo momento rispetto al livello libero dell'invaso è:

$$dM = z \cdot dF$$

inteso con  $\delta_a$  il peso di volume dell'acqua.

Della sezione del nucleo si considera ora la parte sovrastante l'arco traccia sul piano di una presunta superficie di scorrimento (fig.4); si assume che la parte stessa sia divisa da una serie di rette verticali che delimitino le parti di nucleo appartenenti a singoli elementi presi a base per la ricerca dello stato di stabilità del rilevato.

Ciascuna di tali parti è poi immediatamente divisibile in trapezi e quindi mediante segmenti orizzontali in triangoli e rettangoli; la larghezza orizzontale di ciascuna di queste figure ad una generica ordinata  $z$  è esprimibile in via generale con la

$$l = a + b/z$$

con valori dei parametri  $a$  e  $b$  specifici per ogni figura (ed in particolare con  $b$  nullo per i rettangoli). In ciò viene inteso che gli archi (elementari) terminali in basso delle singole striscie siano assimilabili a segmenti rettilinei.

A ciascuna delle figure predette è associato un valore  $z_m$  di  $z$  del vertice o lato inferiore ed un valore  $z_n$  di  $z$  del vertice o lato superiore (fig.5).

Discende subito dalle relazioni precedenti che la forza di trascinamento dell'acqua ed il relativo momento agenti su una qualunque delle figure predette, sono espressi dalle:

$$(1) \quad F = \delta_a \left[ a \int_{z_n}^{z_m} \frac{z}{u+w \cdot z} dz + b \int_{z_n}^{z_m} \frac{z^2}{u+w \cdot z} dz \right]$$

$$M = \delta_a \left[ a \int_{z_n}^{z_m} \frac{z^2}{u+w \cdot z} dz + b \int_{z_n}^{z_m} \frac{z^3}{u+w \cdot z} dz \right]$$

Ricordato che a meno di costanti:

$$\int \frac{z}{u+w \cdot z} dz = \frac{1}{w} \left[ \frac{u}{w} + A(z) \right],$$

$$\int \frac{z^2}{u+w \cdot z} dz = \frac{1}{w} \left[ -\frac{3}{2} \frac{u^2}{w} + B(z) \right],$$

$$\int \frac{z^3}{u+w \cdot z} dz = \frac{1}{w} \left[ \frac{11}{6} \frac{u^3}{w} + G(z) \right],$$

nelle quali

$$A(z) = z + \frac{u}{w} \ln \left| 1 + \frac{w}{u} z \right|,$$

$$B(z) = -\frac{u}{w} z + \frac{1}{2} z^2 + \frac{u^2}{w^2} \ln \left| 1 + \frac{w}{u} z \right|,$$

$$G(z) = \frac{u^2}{w^2} z - \frac{1}{2} \frac{u}{w} z^2 + \frac{1}{3} z^3 - \frac{u^3}{w^3} \ln \left| 1 + \frac{w}{u} z \right|,$$

le (1) divengono:

$$F = \frac{\delta_a}{w} \left\{ a \left[ A(z_m) - A(z_n) \right] + b \left[ B(z_m) - B(z_n) \right] \right\},$$

$$M = \frac{\delta_a}{w} \left\{ a \left[ B(z_m) - B(z_n) \right] + b \left[ G(z_m) - G(z_n) \right] \right\}.$$

Queste ultime consentono l'immediata determinazione, per ognuna delle figure che compongono le parti di nucleo di un generico elemento, della forza di trascinamento, e del momento relativo, da cui si deduce subito per somme la forza ed il momento agenti sui singoli elementi.

Nella maggior parte dei casi il nucleo è abbastanza stretto rispetto all'ampiezza della sezione totale della struttura per cui nella divisione di questa in elementi esso può essere

contenuto entro tre soli di essi (fig. 4), singolarmente costituiti per la parte relativa al nucleo, le due estreme di un triangolo superiore ed un triangolo inferiore e quella intermedia di un rettangolo superiore ed un triangolo inferiore.

---

(<sup>1</sup>) F. ARREDI - Soluzioni utili di due problemi particolari che fanno parte della determinazione della stabilità delle dighe di materiali sciolti - Idrotecnica, n°4, 1981

NOTA C

Relativamente alle forze dinamiche agenti sulla parte di struttura sovrastante un generico arco di cerchio di presunto scorrimento verrà considerato un generico trapezio quale quello di fig. 5, derivante dalla divisione in strisce verticali (elementi) della regione del rilevato sovrastante l'arco predetto. Il trapezio è decomponibile nel caso più generale in un triangolo superiore caratterizzato dal valore nullo della lunghezza  $\underline{l}$  alla quota estrema superiore e lunghezza  $\underline{\Delta x}$  alla quota estrema inferiore ( $\underline{l}_n = 0$  per  $\underline{z} = \underline{z}_n$ ;  $\underline{l}_m = \underline{\Delta x}$  per  $\underline{z} = \underline{z}_m$ ), da un rettangolo intermedio con valore costante della larghezza  $\underline{l}$  (quindi  $\underline{l}_m = \underline{l}_n = \underline{\Delta x}$  sia alla quota superiore  $\underline{z} = \underline{z}_n$  sia a quella inferiore  $\underline{z} = \underline{z}_m$ ), da un triangolo inferiore con valore nullo della larghezza  $\underline{l}$  alla quota inferiore e larghezza  $\underline{\Delta x}$  alla quota superiore ( $\underline{l}_m = 0$  per  $\underline{z} = \underline{z}_m$ ;  $\underline{l}_n = \underline{\Delta x}$  per  $\underline{z} = \underline{z}_n$ ).

La larghezza  $\underline{l}$  di ciascuna delle figure predette è correlata alla ordinata  $\underline{z}$  dalla

$$(1) \quad \underline{l} = a + b \cdot \underline{z}$$

con

$$a = \underline{l}_n - \frac{\underline{l}_m - \underline{l}_n}{\underline{z}_m - \underline{z}_n} \cdot \underline{z}_n, \quad b = \frac{\underline{l}_m - \underline{l}_n}{\underline{z}_m - \underline{z}_n}$$

per cui

$$\underline{l} = \underline{l}_n + \frac{\underline{l}_m - \underline{l}_n}{\underline{z}_m - \underline{z}_n} \cdot (\underline{z} - \underline{z}_n)$$

inteso qui che le  $\underline{z}$  abbiano origine alla quota di coronamento con verso positivo volto in basso.

Sia  $\underline{A}(\underline{z})$  la distribuzione delle accelerazioni lungo la verticale in un istante generico e sia  $\underline{D}$  la massa unitaria del materiale di cui il trapezio è costituito.

La forza d'inerzia relativa alle singole figure che formano il trapezio è pertanto

$$F = D \int_{z_n}^{z_m} 1 \cdot A(z) \cdot dz = D \left\{ a \int_{z_n}^{z_m} A(z) \cdot dz + b \int_{z_n}^{z_m} z \cdot A(z) \cdot dz \right\},$$

l'ultimo membro della quale deriva dalla sostituzione della (1).

Assunta per  $A(z)$  la espressione di regressione polinomiale di sesto grado in  $z$

$$(2) \quad A(z) = \sum_0^6 L_h \cdot z^h$$

ove  $L_h$  sono i coefficienti del polinomio, si ha

$$(2) \quad F = D \left\{ a \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+1} \cdot z^{h+1} \right]_{z_n}^{z_m} + b \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+2} \cdot z^{h+2} \right]_{z_n}^{z_m} \right\}.$$

Il relativo momento rispetto alla origine della  $z$  è

$$(3) \quad M = D \int_{z_n}^{z_m} 1 \cdot z \cdot A(z) \cdot dz = D \left\{ a \int_{z_n}^{z_m} z \cdot A(z) \cdot dz + b \int_{z_n}^{z_m} z^2 \cdot A(z) \cdot dz \right\},$$

e quindi, introdotta la (2)

$$M = D \left\{ a \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+2} \cdot z^{h+2} \right]_{z_n}^{z_m} + b \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+3} \cdot z^{h+3} \right]_{z_n}^{z_m} \right\}.$$

Ai fini delle determinazioni numeriche si pone

$$U_m = \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+1} \cdot z^{h+1} \right]_0^{z_m}, \quad V_m = \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+2} \cdot z^{h+2} \right]_0^{z_m},$$

$$W_m = \left[ \sum_{h=0}^6 \frac{L_h}{h+1} \cdot z^{h+3} \right]_0^{z_m}$$

ed espressioni analoghe  $U_n$ ,  $V_n$ ,  $W_n$  con sostituzione di  $z_n$  a  $z_m$ . Derivano dalle (2) e (3)

$$P = D \left[ a (U_m - U_n) + b (V_m - V_n) \right]$$

$$M = D \left[ a (V_m - V_n) + b (W_m - W_n) \right]$$



NOTA D

Sia  $y$  una funzione di  $x$  e di essa siano noti  $m+1$  valori  $y_i$  (con  $i$  da zero ad  $m$ ). Si intende esprimere la funzione stessa mediante un polinomio di grado  $n$  (minore di  $m$ ) della forma

$$y = \sum_0^n c_i \cdot x^i$$

Le  $c_i$  sono  $n+1$  incognite che si intende di determinare col criterio dei minimi quadrati.

Il sistema determinante delle  $c_i$  è pertanto

$$c_0 \sum_1^m x_i^0 + c_1 \sum_1^m x_i^1 + c_2 \sum_1^m x_i^2 + \dots + c_n \sum_1^m x_i^n = \sum_1^m y_i$$

$$c_0 \sum_1^m x_i^1 + c_1 \sum_1^m x_i^2 + c_2 \sum_1^m x_i^3 + \dots + c_n \sum_1^m x_i^{n+1} = \sum_1^m x_i \cdot y_i$$

...

$$c_0 \sum_1^m x_i^n + c_1 \sum_1^m x_i^{n+1} + c_2 \sum_1^m x_i^{n+2} + \dots + c_n \sum_1^m x_i^{n+m} = \sum_1^m x_i^n y_i$$

Per  $n=6$  il sistema precedente è costituito da sette equazioni nelle sette incognite  $c_i$  ( $i=0+6$ ).

Viene posto

$$x_i = c_i, \quad (i=0+6),$$

$$c_{00} = \sum_1^m x_i^0 = m, \quad c_{01} = c_{10} = \sum_1^m x_i, \quad c_{02} = c_{20} = \sum_1^m x_i^2, \quad \dots$$

$$\dots, \quad c_{06} = c_{60} = \sum_1^m x_i^6, \quad c_{11} = \sum_1^m x_i^2, \quad c_{16} = c_{61} = \sum_1^m x_i^7, \quad \dots$$

$$\dots, \quad c_{66} = \sum_1^m x_i^{12}.$$

$$Y_0 = \sum_1^m y_i, Y_1 = \sum_1^m x_i \cdot y_i, \dots, Y_6 = \sum_1^m x_i^n \cdot y_i$$

con che il sistema precedente diviene

$$C_{00} \cdot X_0 + C_{01} \cdot X_1 + C_{02} \cdot X_2 + \dots + C_{06} \cdot X_6 = Y_1$$

$$C_{10} \cdot X_0 + C_{11} \cdot X_1 + C_{12} \cdot X_2 + \dots + C_{16} \cdot X_6 = Y_2$$

...

$$C_{60} \cdot X_0 + C_{61} \cdot X_1 + C_{62} \cdot X_2 + \dots + C_{66} \cdot X_6 = Y_6$$

che può essere scritto nella forma

$$\sum_0^n C_{ji} \cdot X_i = Y_j \quad \text{con} \quad j = 0 \div 6 \quad \text{e} \quad i = 0 \div 6.$$

Procedendo alla eliminazione successiva delle X si perviene a successivi sistemi ridotti

$$\sum D_{ji} \cdot X_i = U_j \quad \text{ove}$$

$$D_{ji} = C_{00} \cdot C_{ji} - C_{j0} \cdot C_{0i} \quad \text{e}$$

$$U_j = C_{00} \cdot Y_j - C_{j0} \cdot Y_0 \quad \text{con} \quad i = 1 \div 6 \quad \text{e} \quad j = 1 \div 6,$$

$$\sum E_{ji} \cdot X_i = V_j \quad \text{con}$$

$$E_{ji} = D_{11} \cdot D_{ji} - D_{j1} \cdot D_{1i} \quad \text{e}$$

$$V_j = D_{11} \cdot U_j - D_{j1} \cdot U_1 \quad \text{con} \quad i = 2 \div 6 \quad \text{e} \quad j = 2 \div 6,$$

$$\sum F_{ji} \cdot X_i = W_j \quad \text{con}$$

$$F_{ji} = E_{22} \cdot E_{ji} - E_{j2} \cdot E_{2i}$$

$$W_j = E_{22} \cdot V_j - E_{j2} \cdot V_2 \quad \text{con} \quad i = 3 + 6 \quad \text{e} \quad j = 3 + 6$$

$$\sum G_{ji} \cdot X_i = P_j \quad \text{con}$$

$$G_{ji} = F_{33} \cdot F_{ji} - F_{j3} \cdot F_{3i}$$

$$P_j = F_{33} \cdot W_j - F_{j3} \cdot W_3 \quad \text{con} \quad i = 4 + 6 \quad \text{e} \quad j = 4 + 6$$

$$\sum H_{ji} \cdot X_i = Q_j \quad \text{con}$$

$$H_{ji} = G_{44} \cdot G_{ji} - G_{j4} \cdot G_{4i}$$

$$Q_j = G_{44} \cdot P_j - G_{j4} \cdot P_4 \quad \text{con} \quad i = 5 + 6 \quad \text{e} \quad j = 5 + 6$$

$$\sum K_{ji} \cdot X_i = S_j \quad \text{con}$$

$$K_{ji} = H_{55} \cdot H_{ji} - H_{j5} \cdot H_{5i}$$

$$S_j = H_{55} \cdot Q_j - H_{j5} \cdot Q_5 \quad \text{con} \quad i = 6 \quad \text{e} \quad j = 6$$

Quest'ultima e le precedenti determinano in successione le X :

$$X_6 = S_6 / K_{66} \quad ,$$

$$X_5 = (Q_5 - X_6 \cdot H_{56}) / H_{55} \quad ,$$

$$X_4 = (P_4 - X_6 \cdot G_{46} - X_5 \cdot Q_{45}) / G_{44} \quad ,$$

$$X_3 = (W_3 - X_6 \cdot F_{36} - X_5 \cdot F_{35} - X_4 \cdot F_{34}) / F_{33} \quad ,$$

$$X_2 = (V_2 - X_6 \cdot E_{26} - X_5 \cdot E_{25} - X_4 \cdot E_{24} - X_3 \cdot E_{23}) / E_{22} \quad ,$$

$$X_1 = (U_1 - X_6 \cdot D_{15} - X_5 \cdot D_{15} - X_4 \cdot D_{14} - X_3 \cdot D_{13} + X_2 \cdot D_{12}) / D_{11},'$$

$$X_0 = (Y_0 - X_6 \cdot C_{06} - X_5 \cdot C_{05} - X_4 \cdot C_{04} - X_3 \cdot C_{03} - X_2 \cdot C_{02} - X_1 \cdot C_{01}) / C$$

## ILLUSTRAZIONE DEI PROGRAMMI

### NOTA PRELIMINARE

La precisione dei risultati delle elaborazioni cresce: col crescere del numero degli "strati" di divisione orizzontale del rilevato previsto nei prog. URAS I,II,III; col crescere del numero degli "elementi" nella suddivisione verticale dello stesso (prog.URAS II); col crescere del numero delle funzioni elementari componenti di ogni cluster; infine del numero dei clusters e associati parametri di trasferimento  $P$  impiegati per la definizione della distribuzione di probabilità dei sismi casuali (prog. URAS III e IV). Peraltro con gli accrescimenti di essi cresce il tempo di esecuzione dei prog. In un giusto equilibrio fra le due conseguenze delle numerosità predette, in rapporto con la velocità dell'elaboratore utilizzato nella formazione dei prog., sono stati impiegati i valori 30 per gli strati di divisione orizzontale, ancora 30 per gli elementi di suddivisione verticale, 20 per il numero dei componenti dei clusters. Peraltro i prog. sono stati compilati col criterio di compatibilità con numerosità diverse, salvo adeguamento delle istruzioni nelle linee di introduzione in memoria di esse ed eventuali variazioni delle dimensioni dei vettori dipendenti.

I parametri  $s$  e  $n$  delle velocità di propagazione nei se-

micorpi e nel nucleo che generano il rapporto  $\underline{s/n}$ , importante parametro nelle determinazioni, sono assunti nei prog. con i valori 5 e 3 sulla base dei risultati di ricerche su struttura reale [7] costituita di materiali delle specie di più frequente impiego e pertanto essi sono da ritenere valevoli per numerosi casi.

La tabella A dei tempi di sincronismo delle accelerazioni di cui al paragr. III dei RICHIAMI GENERALI è stata redatta per tale valore del rapporto  $\underline{s/n}$ . Per i casi di eventuale valore diverso sono da utilizzare le indicazioni di Nota VII di [2].

I prog. URAS I e II sono compatibili con qualunque valore di  $\underline{Ks}$  multiplo di 20 che, insieme alla associata serie di  $\underline{Kn}$  con il rapporto  $\underline{n/s} = 3/5$  a  $\underline{Ks}$ , soddisfano alle condizioni imposte dalla teoria di essere costituite di numeri interi multipli di quattro non inferiori a otto. Conviene, al fine del tracciamento delle curve che ne derivano, considerare normalmente cinque e al minimo tre valori di  $\underline{Ks}$  all'incirca incentrati su quello di risonanza valutabile approssimativamente con l'espressione

$$K_r = (2,61 + 2,5) \cdot M$$

ove  $\underline{M}$  è il numero adottato degli strati orizzontali di divisione del rilevato.

Il prog. URAS III prevede 20 valori di  $\underline{Ks}$ , pari alla numerosità dei componenti del cluster, nel campo da 20 a 400, con passo 20.

Non è necessario che nei prog. URAS I e II il valore del coefficiente sismico sia quello previsto per il sito dell'opera

in quanto i parametri di trasferimento che i due prog. determinano non ne sono dipendenti; ciò perchè, come definiti, contengono il coefficiente stesso a fattore sia del numeratore che del denominatore. Per questo ad essi, indicati nei due prog. rispettivamente con le sigle CFQ e CFP è stato assegnato il valore (virtuale) 0.1. Solo il prog. URAS II richiede il valore reale del coefficiente sismico previsto per il sito e per esso è stata adottata la sigla CFS.

In base a quanto indicato nel paragr. VII dei RICHIAMI GENERALI, per l'analisi statistica completa del comportamento dell'opera ai sismi è necessaria la ripetizione della esecuzione del prog. ultimo accennato, limitatamente alla parte influenzata dal valore di CFS, almeno per tre dei suoi valori, due maggiori ed un minore di quello previsto per il sito.

Nel prog. URAS III è prevista la equiripartizione fra i 20 elementi dei clusters dei cinque valori del parametro  $\beta$  (sigla di prog.:"B"): da 2,25 a 6,25 con passo 1; e la distribuzione casuale fra i clusters in equiprobabilità dei predetti 20 valori di Ks e quindi degli associati valori di TO, da 20 a 400, con passo 20. Con tale distribuzione in probabilità uguali sui TO la distribuzione delle frequenze è di tipo iperbolico con addensamento nel campo dei minori valori di esse.

Il prog. consente peraltro l'adozione di altra qualsiasi diversa distribuzione, quale si potrà attendere dall'esame delle registrazioni di sismi reali.

Il prog. stesso prevede valori delle fasi (intese con esse, come già accennato, i ritardi rispetto all'istante iniziale del cluster, degli istanti iniziali delle funzioni di tempo

dei successivi componenti) casualmente distribuite fra zero ed un massimo Fan inserito in prog. col valore 180. Esso è del tutto empirico e potrà essere facilmente modificato in prog. se si giungerà a qualche relativa determinazione dai dati di registrazione di sismi reali. E' opportuno peraltro ricordare che esso non ha rapporti con la durata del sisma che teoricamente è supposta infinita.

Il prog. URAS IV è adatto a qualsiasi funzione di trasformazione in normale della distribuzione dei parametri di trasferimento P. Nella lista di prog. è inserita la funzione logaritmo naturale. Di norma occorrerà una ricerca per tentativi della funzione di trasformazione meglio adatta a convertire in distribuzione normale la collezione dei valori di P; i risultati relativi sono da controllare con gli specifici tests o graficamente su carta di probabilità normale o su curve della probabilità cumulata normale tracciate in coordinate cartesiane.

In seguito viene indicata "Sottosez." la parte di una Sezione del prog., contraddistinta da una propria label, ma disposta per esecuzione in continuo entro la Sez. e come "Subsez." una serie di istruzioni disposte fuori della Sez., richiamate da GOSUB e terminanti con RETURN.



Le liste dei progg. che vengono allegate sono relative all'elaboratore HP86. Le dettagliate descrizioni di esse che qui seguono faciliteranno la loro trasformazione per altri elaboratori di analoga classe.

## PROGRAMMA URAS I

a - Il prog. URAS I determina nella serie delle orizzontali divisorie degli strati in cui è considerato ripartito il rilevato, la successione nel tempo delle velocità e delle tensioni tangenziali indotte dalla eccitazione alla base secondo la funzione della specie monopériodale quale indicata dalle (IV,3) e (V,12) di [2]. La determinazione viene svolta sulla base delle (VI,1) e delle condizioni al contorno, le quali, alle differenze finite si convertono nelle (VI,5), (VI,8), (VI,9) e (VI,11), risolubili col procedimento delle caratteristiche (vedi Note VI e VII di [2]). Il prog. è redatto per la divisione del rilevato in  $m = "M" = 30$  strati (<sup>1</sup>) per il rapporto 5/3 tra la velocità di propagazione delle perturbazioni  $v_s = "V_s"$  nei nei semicorpi e  $v_n = "V_n"$  nel nucleo.

Le caratteristiche dei materiali da assegnare caso per caso sono la prima delle velocità predette e quella  $v_{sr} = "V_r"$  della fondazione della struttura, i pesi di volume  $P_s$  e  $P_n$  dei materiali. Quelle geometriche, pure da assegnare, sono l'altezza  $H$  del rilevato, la larghezza totale alla base dei semicorpi  $L_s$ , la larghezza del nucleo alla base  $L_n$ , le altezze so

---

(<sup>1</sup>) Sono qui racchiusi tra virgolette i simboli impiegati nei prog. quando diversi da quelli delle espressioni della teoria.

pra la base dei punti di intersezione delle rette limiti dei paramenti Zs e del nucleo Zn (fig.7). Ad ogni replicazione del calcolo deve essere introdotto il valore del parametro della funzione eccitante ks = "Ks" di volta in volta diverso e reintrodotta quello dei parametri β = "B" e CFQ.

b - Ad alcuni richiami memorizzati nei REM preliminari (11. 10+30) fanno seguito nel prog. le istruzioni per la stampa del titolo, della data ed eventuali note relative alla esecuzione (11.50 ÷ 100).

Seguono le dichiarazioni di dimensioni dei vettori successivamente impiegati (11. 120 ÷ 190) e la definizione della funzione di arrotondamento dei risultati da mostrare allo schermo e stampare (1. 200).

Nella sezione A00 che segue (11. 210 ÷ 270) sono domandati e memorizzati i valori, diversi da struttura a struttura, di parametri geometrici e meccanici quali già sopra richiamati e le istruzioni di creazione di due files nel disco per la memorizzazione dei risultati (valori L dei coefficienti del polinomio di sesto grado rappresentante la distribuzione delle accelerazioni massime nei semicorpi e analoghi valori LN relativi al nucleo).

Nella sezione A0 che segue (11. 280 ÷ 400) sono domandati e memorizzati i valori dei parametri ks = "Ks" , β = "B" del significato già richiamato nonchè del parametro CFQ; poi dei numeri Rp dei passi di tempo elementari e Pr dei periodi, quali definiti nei RICHIAMI GENERALI, per i quali il rapporto fra momento delle accelerazioni e accelerazione massima eccitante

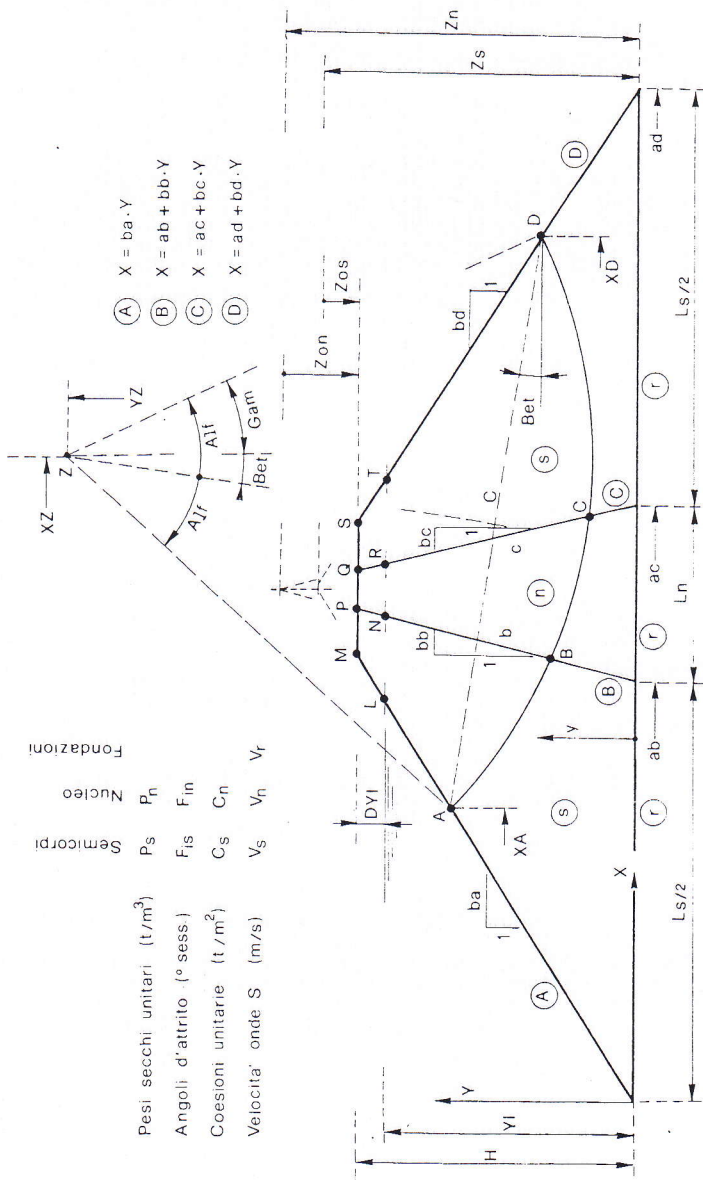


Fig. 7

dovrà risultare costante al fine di ritenere che esso abbia raggiunto il suo massimo il quale costituisce il parametro di trasferimento. Esiste successivamente in prog. una istruzione, ripetibile, che in caso di dubbio dell' effettivo raggiungimento del massimo prolunga di 10 unità il valore limite Pr predisposto (ll. 1280 + 1310).

Il prog. chiede poi la scelta fra la sua esecuzione completa ovvero ridotta (ll. 330 + 340); la riduzione riguarda la omissione della stampa, che ha fine solo informativo, dei coefficienti dei polinomi di regressione di cui è stato fatto cenno, della distribuzione delle accelerazioni sincrone al parametro di trasferimento e della stampa dei valori effettivi e dei valori dedotti dalle rappresentazioni polinomiali delle distribuzioni predette.

Dopo la l. 350 di memorizzazione dei valori dei parametri fissi di base m="M"; n; s già ricordati e ancora g (accelerazione gravitazionale) e |a| max =CFQ .g="Am", vengono determinati la velocità di propagazione delle perturbazioni nel nucleo vn = "Vn" correlativa a Vs ed al rapporto n/s (l. 360) e i tempi elementari di propagazione Δts = "Dts" e Δtn = "Dtn"; sono stampati i valori di tutti i parametri predetti.

Nella Sez. A1 (ll. 410 + 420) viene memorizzato il tempo iniziale TO della elaborazione.

Nella Sez. B che segue (ll. 430 + 450) viene completata la serie dei valori dei parametri fissi con la determinazione di:

Δz="Dz", altezza dei singoli strati di divisione del rilevato, che costituisce l'unità nella numerizzazione delle

quote relative  $\underline{j} = \underline{J}$ ;

$\underline{Z0s}$  e  $\underline{Z0n}$ , quote del livello di coronamento secondo le due diverse origini delle  $\underline{Z}$  negli incontri rispettivamente delle rette di paramento del rilevato e delle rette limiti del nucleo;;

$\underline{Ns}$  e  $\underline{Nn}$ , parametri, rispettivamente dei semicorpi e del nucleo, per la determinazione delle lunghezze degli strati nel loro piano mediano;

$\underline{kn} = \underline{Kn}$ ", valore del parametro  $\underline{k}$  per il nucleo, associato a quello  $\underline{Ks}$  relativo ai semicorpi e già introdotto;

$\underline{ps} = \underline{Ros}$  e  $\underline{pn} = \underline{Ron}$  pari alle masse unitarie rispettivamente dei semicorpi e del nucleo;

$\underline{\theta s} = \underline{Tes} = \underline{Vs}/\underline{Vr}$  e  $\underline{\theta n} = \underline{Ten} = \underline{Vn}/\underline{Vr}$ , rapporti tra la velocità di propagazione delle perturbazioni rispettivamente nei semicorpi e nel nucleo alla analoga grandezza nella formazione di fondazione;

$\underline{Cs}$  e  $\underline{Cn}$ ", valori del parametro  $\underline{c} = \underline{p} \cdot \underline{v}$  rispettivamente per semicorpi e nucleo.

La Sez. successiva TS (11. 460 + 580) riguarda solo i semicorpi e determina, con l'ausilio della Subsez. T (11. 2620+2750), i parametri  $\underline{R}$ ,  $\underline{Q}$ ,  $\underline{W}^* = \underline{Ww}$  per i semicorpi (indici  $\underline{s}$ ), intesa la (V,12) di [2] scritta nella forma

$$(a) \quad \underline{Ww} = 2.Dt.Am/SIN(4.\pi /k) \quad \text{e intesi}$$

$$\underline{R} = K.B.Dt, \quad \underline{Q} = 2\pi/Dt/k,$$

con che la (IV,3) della [2] stessa assunse l'espressione

$$(b) \quad \underline{W} = \underline{Ww}.T.EXP (1-T/R).SIN (Q.T)/ R$$

ove  $\underline{t} = \underline{T}$  è il tempo assoluto pari al tempo relativo  $\underline{i} = \underline{I} = \underline{t}/\underline{\Delta t}$  moltiplicato per l'elemento di tempo  $\underline{Dt}$ .

Vengono poi determinati, ancora con l'ausilio della Subsez. T, le quote  $\underline{Z}(\underline{J})$  e le lunghezze degli strati  $\underline{L}(\underline{J})$ , i valori delle funzioni  $\underline{a1}=\underline{A1}(\underline{J})$ ,  $\underline{a2}=\underline{A2}(\underline{J})$ ,  $\underline{b1}=\underline{B1}(\underline{J})$ ,  $\underline{b2}=\underline{B2}(\underline{J})$  secondo le espressioni di pag.248 di [2], il tutto relativamente agli strati dei semicorpi e relativamente alla numerazione degli strati  $\underline{j}=\underline{J}$ .

Alla Sez. TS fa seguito la Sez. TN (11. 590 + 710), del tutto analoga alla TS ma con i valori dei parametri propri del nucleo; determina quindi valori dei parametri e delle funzioni relativi al nucleo analoghi a quelli determinati da TS.

Segue la Sez. PS (11. 720 + 790), riguardante i semicorpi, nella quale, dopo aver imposto i valori iniziali nulli alle velocità  $\underline{VAs}$  e alle tensioni tangenziali  $\underline{TAs}$  a tutte le quote  $\underline{J}$  lungo la prima delle linee caratteristiche (di specie A) e aver fissato i valori iniziali e finali  $\underline{Iis}=0$  e  $\underline{Ifs}=18$  dei tempi relativi di insorgenza delle perturbazioni alla base all'inizio ed alla fine del periodo "a vuoto", passa (1.770) l'elaborazione alla Subsez. AS.

Il rinvio a questa viene successivamente ripetuto (1.790) dopo aver fissato i tempi relativi iniziale e finale  $\underline{Iis}=20$  e  $\underline{Iif} = 54$  del periodo "zero" (vedi Tabella A). Vengono così determinati dalla Subsez. AS (11. 2760 + 2880) per gli istanti che si succedono con intervalli di due unità, compresi fra i predetti  $\underline{Iis}$  e  $\underline{Ifs}$ , i tempi assoluti  $\underline{Ts}$ , e i valori della funzione  $\underline{Ws}$  secondo l'espressione (b) precedente, le velocità  $\underline{Vp} = \underline{VBs}$  e le tensioni tangenziali  $\underline{\tau p} = \underline{TBs}$  alla base ( $\underline{J}=0$ ) secondo le (VI,11) e (VI,10) di [2] per i nodi delle caratteristiche di specie B, dedotte dalle grandezze, in pre-

Tabella A

TEMPI RELATIVI  $I_{on}$ ,  $I_{os}$  DI ORIGINE ALLA BASE DELLE CARATTERISTICHE DELLE ACCELERAZIONI PER CUI QUESTE GIUNGO NO IN SINCRONISMO ALLE VARIE QUOTE  $j$ .

	10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21			
											$I_{on}^{+j=3 \cdot p}$															
													$I_{os}^{+j=5 \cdot p}$													
													$I_{os}^{-j=2 \cdot p}$													
$j$	$C_0$	$S_0$	$C_1$	$S_1$	$C_2$	$S_2$	$C_3$	$S_3$	$C_4$	$S_4$	$C_5$	$S_5$	$C_6$	$S_6$	$C_7$	$S_7$	$C_8$	$S_8$	$C_9$	$S_9$	$C_{10}$	$S_{10}$	$C_{11}$	$S_{11}$		
	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$	$I_{on}$	$I_{os}$		
30	0	20			6	30			12	40			18	50			24	60			30	90				
29			4	26			10	36			16	46			22	56			28	66			34	76		
28	2	22			8	32			14	42			20	52			26	62			32	72				
27			6	28			12	38			18	48			24	58			30	68			36	78		
26	4	24			10	34			16	44			22	54			28	64			34	74				
25			8	30			14	40			20	50			26	60			32	70			38	80		
24	6	26			12	36			18	46			24	56			30	66			36	76				
23			10	32			16	42			22	52			28	62			34	72			40	82		
22	8	28			14	38			20	48			26	58			32	68			38	78				
21			12	34			18	44			24	54			30	64			36	74			42	84		
20	10	30			16	40			22	50			28	60			34	70			40	80				
19			14	36			20	46			26	56			32	66			38	76			44	86		
18	12	32			18	42			24	52			30	62			36	72			42	82				
17			16	38			22	48			28	58			34	68			40	78			46	88		
16	14	34			20	44			26	54			32	64			38	74			44	84				
15			18	40			24	50			30	60			36	70			42	80			48	90		
14	16	36			22	46			28	56			34	66			40	76			46	86				
13			20	42			26	52			32	62			38	72			44	82			50	92		
12	18	38			24	48			30	58			36	68			42	78			48	88				
11			22	44			28	54			34	64			40	74			46	84			52	94		
10	20	40			26	50			32	60			38	70			44	80			50	90				
9			24	46			30	56			36	66			42	76			48	86			54	96		
8	22	42			28	52			34	62			40	72			46	82			52	92				
7			26	48			32	58			38	68			44	78			50	88			56	98		
6	24	44			30	54			36	64			42	74			48	84			54	94				
5			28	50			34	60			40	70			46	80			52	90			58	100		
4	26	46			32	56			38	66			44	76			50	86			56	96				
3			30	52			36	62			42	72			48	82			54	92			60	102		
2	28	48			34	58			40	68			46	78			52	88			58	98				
1			32	54			38	64			44	74			50	84			56	94			62	104		
0	30	50			36	60			42	70			48	80			54	90			60	100				



cedenza determinate, delle stesse funzioni relative ai nodi associati sulle caratteristiche di specie A; indi, analogamente, vengono determinati i valori delle tensioni e delle velocità alle quote relative intermedie da  $\underline{J} = 1$  a  $\underline{J} = \underline{M}-1$  secondo la (VI,6) e (VI,7) ancora di [2]; infine la velocità al coronamento ( $\underline{J}=\underline{M}$ ) secondo la (VI,8) e viene imposta la condizione al coronamento stesso  $\underline{TBS}(\underline{M}) = 0$ .

Relativamente al periodo "a vuoto" ( $\underline{Is} < 20$ ) il prog. omette la sottosezione CS e passa alla CSS (ll. 3140 +3190) la quale, in preparazione del successivo incremento di  $\underline{I}$  provvede a trasferire nominalmente velocità e tensioni tangenziali quali determinate per le caratteristiche di specie B, alle caratteristiche di specie A.

Tutto ciò si ripete su istruzione della l. 2780, di AS per tutti i tempi relativi  $\underline{I}$ , con passo due da quello iniziale  $\underline{Iis}$  a quello finale  $\underline{Ifs}$  di ogni periodo.

Vengono poi assunti nella PS i nuovi limiti di tempo  $\underline{Iis}$  e  $\underline{Ifs}$  che definiscono il periodo "zero" (l.780); segue il ritorno alla Subsez. AS la quale prosegue peraltro con la Subsez. CS (ll. 2890 + 3130) e con la già ricordata CSS con ritorno poi alla AS e assunzione in questa del nuovo valore di  $\underline{I}$  con incrementi successivi di due unità per ogni passo fino al nuovo valore di  $\underline{Ifs}$ .

Nella Subsez. CS vengono determinati, distintamente per i valori  $\underline{J}$  pari e dispari (indici rispettivamente  $\underline{e}$  e  $\underline{o}$ ) le accelerazioni  $\underline{Ase}$  e  $\underline{Aso}$  alle varie quote relative  $\underline{J}$  rispettivamente pari e dispari, lungo le caratteristiche di specie C, quali differenze divise per  $2 \cdot \underline{Dts}$  delle velocità nei

nodi ad uguali quote  $\underline{J}$  relative alle caratteristiche di specie B ed in quelle relative alle caratteristiche di specie A (vedi Nota VI e fig.12 di 2 ; vengono determinati poi i momenti  $\underline{M_s}$  delle predette  $\underline{A_{Se}}$  e  $\underline{A_{So}}$  rispetto alla base del rilevato con la moltiplicazione di esse per la massa specifica  $\underline{R_{os}}$ , per le lunghezze degli strati  $\underline{L_s}$  e per i bracci  $\underline{J}$ . Essi sono da intendere momenti "virtuali" delle forze inerziali sia per l'impiego dei bracci virtuali  $\underline{J}$  sia perchè vi è omessa la moltiplicazione per lo spessore degli strati  $\underline{D_z}$ , tuttavia validi per essere sommati agli analoghi momenti relativi al nucleo e per i confronti delle somme tra loro, in quanto  $\underline{J}$  e  $\underline{D_z}$  sono uguali per le due parti del rilevato (semicorpi e nucleo).

Tali momenti virtuali vengono memorizzati con le sigle  $\underline{S_0(\underline{J})}$ ,  $\underline{S_1(\underline{J})}$ , ...  $\underline{S_6(\underline{J})}$  quali indicate nella Tabella A (1)

Terminato così il periodo "zero" per i semicorpi, il prog. passa alla sezione PN (ll. 800 + 860), relativa al nucleo la quale esegue, con il sussidio della Subsez. AN, divisa nella parte iniziale (ll. 3200 + 3310) analoga alla AS

---

(1) Dalla quale si trae la regola base per la formazione di tali vettori: la somma  $\underline{U} = \underline{I_{os}} + \underline{J} - 2 \cdot \underline{pr} \cdot \underline{s}$  ha i valori 50, 60, 70, 80 ... per i vettori di indice pari ( $\underline{S_0}, \underline{S_2}, \underline{S_4}, \dots$  corrispondenti ai valori pari di  $\underline{J}$ ) e i valori 55, 65, 75 per i vettori d'indice dispari, inteso con  $\underline{pr}$  il numero del periodo.

Tali valori di  $\underline{U}$  sono quelli di  $\underline{I_{as}} = 5 \cdot \underline{e}$  indicati nella terza linea di testata della Tabella A in corrispondenza delle colonne degli  $\underline{S}$  qui richiamate.

ed in una seconda parte CN (ll. 3320 + 3690) analoga alla CS e CSS insieme, con la sola differenza che qui manca la divisione fra tali due richiamate parti in quanto relativamente al nucleo manca il periodo "a vuoto" e il periodo "zero" inizia già al tempo zero.

La parte iniziale provvede al calcolo delle velocità, la successiva al calcolo dei momenti ed alla formazione dei relativi vettori  $\underline{CO}(\underline{J})$ ,  $\underline{C2}(\underline{J})$ ,  $\underline{C4}(\underline{J})$ ... relativi ai valori pari di  $\underline{J}$  e  $\underline{C1}(\underline{J})$ ,  $\underline{C3}(\underline{J})$ ,  $\underline{C5}(\underline{J})$ ... relativi ai valori dispari.

Dopo ciò il prog. su istruzione della l.860, passa alla Sez. C (ll. 940 + 1310). In questa, sia nel periodo "zero" che in tutti i successivi, vengono sommati relativamente ai singoli  $\underline{J}$  pari i vettori  $\underline{SO}$  e  $\underline{CO}$  (momenti nei semicorpi e nel nucleo) e per  $\underline{J}$  dispari gli analoghi momenti  $\underline{S1}$  e  $\underline{C1}$  con formazione rispettivamente dei vettori  $\underline{Me}(\underline{J})$  e  $\underline{Mo}(\underline{J})$ ; da questi vengono tratti i valori assoluti delle relative somme  $\underline{SMe}$  e  $\underline{SMo}$  riferite alla serie di  $\underline{J}$  rispettivamente pari e dispari i quali costituiscono i valori assoluti dei momenti totali virtuali delle forze (orizzontali) d'inerzia così determinate per istanti successivi con passo due relativi alternativamente a valori di  $\underline{J}$  pari e dispari. Essi <sup>(1)</sup> ad ogni passo vengono confrontati con gli analoghi due maggiori valori verificatisi

---

(<sup>1</sup>) Per questi vettori  $\underline{C}$  vale la regola di formazione  $\underline{U} = \underline{I_{on} + \underline{J} - 2 \cdot \text{pr.} \cdot \underline{n}}$  con  $\underline{U} = 30, 36, 42, \dots$  per quelli di indice pari e  $33, 35, 39, 45, \dots$  per quelli di indice dispari, cioè con valori  $\underline{U}$  uguali a quelli di  $\underline{I_{an}} = 3 \cdot \underline{p}$  indicati nella seconda riga di testata della tabella A.

nelle fasi precedenti (memorizzati con le sigle SMte e SMto) e a questi sostituiti se risultano superiori. In tal modo gli SMte e SMto costituiscono i progressivi maggiori valori aggiornati dei momenti totali.

Insieme a tale sostituzione viene eseguita anche quella dei valori dei vettori Asme(J), Asmo(J); Anme(J), Ammo(J), rispettivamente dei semicorpi e del nucleo e delle J pari e dispari. In tal modo questi costituiscono i valori aggiornati delle distribuzioni delle accelerazioni associate ai due maggiori valori dei momenti.

Al verificarsi di tali sostituzioni torna al valore iniziale -1 il parametro u che conta i successivi passi di assenza di tale accrescimento (quindi di costanza dei valori SMte e SMto).

I valori di SMte/Am e SMto/Am, con sigle rispettivamente Qe e Qo vengono dopo ogni periodo mostrati allo schermo insieme al numero dei passi successivi mancanti di incremento (con la sigla rep = replicazioni) e al numero dei periodi (sigla per). In caso di incremento si ha anche la stampa di Qe, Qo, rep e per.

Fin quando il valore del parametro u = rep resta inferiore al prestabilito numero Rp e il valore del parametro pr inferiore al prestabilito numero Pr il prog. torna alla Sez. R (l. 870) e con essa anzitutto alle Subsezz. DS e DN (ll. 3700 + 3890 e 3900 + 4150). Queste provvedono alla traslazione virtuale dei vettori incompleti C e S, nei quali nei periodi precedenti erano stati memorizzati alcuni valori, traslazione consistente nella riduzione di due unità dei loro

numeri indici. Dopo ciò i nuovi vettori CO, SO, C1, S1 derivanti dalla traslazione, i quali risultano incompleti per i minori valori di J (per i valori zero e 2 di J il CO, per i valori di J = 1;3;5 il C1, per i valori di J = 0;2;4 l'SO, per i valori di J = 1;3;5;7;9 l'S1), vengono completati con la ripetizione della Subsez. AS e CS previa introduzione alle ll.900 e 920 dei valori iniziali e finali dei tempi Is e In del nuovo periodo.

Se il contatore pr=per dei periodi ha raggiunto il valor limite Pr prestabilito e il contatore delle repliche u=rep di uguali valori SMte e SMTto ha raggiunto il valore Rp vengono visualizzati e stampati i valori finali di Qe, Qo, di rep e di per (ll. 1260 : 1270).

Il prog. chiede poi se tali valori si ritengono definitivi (stabilizzati) (l. 1280). Se la risposta è negativa il prog. aggiunge 10 unità al valore Pr prefissato e torna (ll. 1300:1310) alla Sez. R (l. 1870). La domanda naturalmente viene ripetuta dopo l'esecuzione degli aggiunti 10 periodi.

In caso di risposta positiva circa la raggiunta stabilità dei valori dei parametri di trasferimento Qe e Qo il prog. passa alla Sez. Q (l. 1320) nella quale viene in primo luogo rilevato quale, fra Qe e Qo, relativi rispettivamente ai valori di J pari e dispari ha maggior valore. Vengono quindi richiamati i vettori associati delle accelerazioni nel nucleo e nei semicorpi Anme(J) e Asme(J) se Qe è maggiore di Qo e Anmo(J) e Asmo(J) in caso contrario; e successivamente gli uni o gli altri vengono memorizzati con la sigla AC(J).

Con le Subsez. Ed (ll.4160:4220) il primo ed Ep (ll.4230+4290) il secondo e con la Subsez. HH (ll.1850 + 2610)

entrambi, viene eseguita la determinazione ai minimi quadrati dei sette coefficienti dei polinomi di sesto grado di regressione delle accelerazioni nei semicorpi e nel nucleo (<sup>1</sup>).

La parte KK (ll. 2430+2610) della Subsez. HH, che peraltro viene omessa nella esecuzione nel caso di scelta iniziale del prog. ridotto, provvede alla stampa dei coefficienti sopra accennati, dei valori effettivi delle accelerazioni e di quelli interpolati, stampa che ha fine informativo sul grado di precisione della regressione.

Il prog. passa poi alla Sez. RJ (ll. 1710 + 1840) nella quale i coefficienti dei polinomi vengono trasferiti al disco in files di sigla L per i semicorpi ed LN per il nucleo. Viene poi indicato allo schermo e stampato il tempo di esecuzione ed è richiesto se la elaborazione deve riprendere o meno con nuovi valori dei parametri Ks e CFQ della funzione di eccitazione ovvero se deve essere interrotta o chiusa la elaborazione.

---

(<sup>1</sup>) I valori delle accelerazioni noti ed assunti a base della regressione sono 15 sia con la serie J pari sia con la serie J dispari in quanto nella prima viene trascurato il valore corrispondente a JO evidentemente nullo.

Per i dettagli del procedimento di regressione e della risoluzione del sistema di equazioni per eliminazioni successive per il quale è compilato il prog. vedi nota D nei RICHIAMI GENERALI.

Se l'elaboratore è provvisto di modulo per i calcoli su matrici le istruzioni della risoluzione predetta (11.2030+2410) possono essere sostituite da quelle d'inversione della matrice dei coefficienti.

Tabella B

VALORI DI  $\underline{k_s}$  ,  $\underline{k_n}$  , PERIODO  $\underline{T_0}$  E FREQUENZA  $\underline{f_r}$  ASSOCIATI

PER I VALORI DEI PARAMETRI  $\underline{M} = 30$  ;  $\underline{V_s} = 500$  m/s ;  $\underline{V_n} = 300$  m/s .

$\underline{k_s}$	$\underline{k_n}$	$\underline{T_0}$	$\underline{f_r}$ (Hz)	$\underline{k_s}$	$\underline{k_n}$	$\underline{T_0}$	$\underline{f_r}$ (Hz)
20	12	0,1333	7,5	220	132	1,4667	0,6818
40	24	0,2667	3,75	240	144	1,6	0,6250
60	36	0,4	2,5	260	156	1,7333	0,5769
80	48	0,5333	1,875	280	168	1,8667	0,5357
100	60	0,6667	1,5	300	180	2,0	0,5
120	72	0,8	1,25	320	192	2,1333	0,4688
140	84	0,9333	1,0714	340	204	2,2667	0,4412
160	96	1,0667	0,9375	360	216	2,4	0,4167
180	108	1,2	0,8333	380	228	2,5333	0,3947
200	120	1,3333	0,75	400	240	2,6667	0,3750



## PROGRAMMA URAS II

a - Il prog. URAS II si propone di determinare il rapporto fra momento delle forze resistenti e momento delle forze attive lungo un prescelto arco di cerchio tracciato entro la sezione della struttura, arco considerato quale linea di presunto scorrimento della parte del rilevato ad esso sovrastante sulla inferiore, i momenti intesi rispetto al centro dell'arco. Il rapporto predetto costituisce l'indice di stabilità per l'arco prestabilito. Il minore valore, da determinare per tentativi, degli indici di stabilità relativi ad una serie di archi lungo i quali il movimento è cinematicamente possibile costituisce "l'indice di stabilità" IS dell'opera.

Il prog. prevede la determinazione dell'indice predetto per singoli archi, di volta in volta prescelti, dapprima per lo stato normale (di quiete) nel quale le forze attive sono il peso proprio e la spinta idrica e successivamente, per lo stato di sisma; con aggiunta quindi quali forze orizzontali di quelle di inerzia conseguenti alla più gravosa delle distribuzioni delle accelerazioni che si manifestano nel corso delle vibrazioni da eccitazione della specie monopériodale caratterizzata da prestabiliti valori dei due parametri  $k_s = "K_s"$  e  $C_F$ , il cui significato è indicato nei RICHIAMI GENERALI.

Il prog. prevede la ripetizione eventuale del calcolo per la parte dipendente da tali parametri con valori di essi diversi, senza ripetizione della parte riguardante lo stato di quiete.

Per la determinazione degli indici di stabilità relativi a singoli archi il prog. adotta il metodo del gruppo "per elementi" nella particolare specie proposta da BISHOP (vedi Nota A nei RICHIAMI GENERALI)

L'acqua dell'invaso esercita sul materiale solido spinte idrostatiche nelle regioni immerse del semicorpo di monte e del nucleo. In questa seconda regione si esercitano ancora pressioni di trascinamento conseguenti al moto di filtrazione entro essa (le analoghe pressioni nel semicorpo di monte sono, in confronto, trascurabili per l'assai più elevata permeabilità del relativo materiale) ed esse sono determinate dal prog. secondo il procedimento semplificato richiamato nella Nota B.

E' previsto che i vettori dei valori dei coefficienti dei polinomi di sesto grado determinati con il prog. URAS I, rappresentativi delle distribuzioni lungo la verticale delle accelerazioni associate ai parametri di trasferimento, relativi ad ogni sisma definito dal valore del parametro  $k_s$ , memorizzati in disco da URAS I nei files L ed LN siano trasferiti alla unità centrale da URAS II.

Il procedimento di trasformazione delle distribuzioni delle accelerazioni in forze e relativi momenti inerziali, incluse in URAS II, è quello indicato nella nota C dei RICHIAMI GENERALI.

b - Il prog. contiene anzitutto (ll. 10+190) delle istruzioni per operazioni di carattere preliminare: stampa del titolo del

prog.; richiesta e stampa di brevi note e data dell'esecuzione; richiami circa parametri generali; definizione della funzione d'arrotondamento nella stampa dei risultati; richiesta, memorizzazione e stampa dei parametri geometrici di definizione della struttura (H, YI, Ls, Ln, Zs, Zn; vedi fig.7); richiesta memorizzazione e stampa dei parametri meccanici dei materiali (Ps, Pn, Fis, Fin, cs, cn, vedi fig. 7); introduzione del numero N = 30 degli strati orizzontali di divisione del rilevato; introduzione della limitazione della elaborazione allo stato di quiete, se solo relativamente a questo il prog. viene impiegato, ovvero estensione del calcolo con azioni sismiche.

La Sez. A del prog. (ll. 200 ÷ 260) provvede alla determinazione dei coefficienti ab, ac, ad, ba, bd, bb, bc (il coeff. aa è uguale a zero) delle rette A e D limiti del rilevato a monte e a valle e delle rette B e C limiti del nucleo secondo l'espressione generale  $X = a + bY$  (vedi fig.7); provvede ancora alla determinazione delle ascisse X dei punti M, P, Q, S sul coronamento e dei punti L, N, R, T associati ai predetti alla quota di massimo invaso.

La Sez. B (ll. 270 ÷ 420) dopo aver rilevato il tempo TMO iniziale della elaborazione relativa ad ogni arco di cerchio che viene esaminato, chiede e memorizza le ascisse XA e XB dei punti estremi sulle rette rispettivamente A e B dell'arco da esaminare ed il raggio R di questo; esamina la compatibilità fra essi e la sezione del rilevato proposta e in caso negativo chiede la variazione dei dati e torna all'inizio della Sez.; esegue la stampa dei valori accettati; calcola la corda C

dell'arco già definito e gli angoli Alf, Bet, Gam (vedi fig. 7); calcola e stampa l'ascissa XZ e la ordinata YZ del centro dell'arco quali risultanti dai valori dei parametri introdotti; calcola con l'ausilio della Subsez. L1 (11.1650,1660) le ascisse XB e XC e le ordinate YB e YC dei punti di intersezione B e C dell'arco con le rette limiti del nucleo.

Sono poi dichiarate le dimensioni di vettori che verranno introdotti nelle elaborazioni successive. Il numero delle componenti di essi è uguale al numero N degli "elementi" in cui si intende divisa la regione del rilevato sovrastante l'arco di presunto scorrimento. Tale numero, posto nel prog. in 30, può essere comunque cambiato in altro, con minime di 11, senza necessità di altre variazioni del prog.

c - Il prog. considera l'arco di presunto scorrimento diviso in tre zone: zona di monte, intieramente ricadente nel semicorpo di monte, estesa dal punto iniziale A al punto L', intersezione con l'arco della verticale per il punto L nel caso che L' precede B (schemi Aa di fig. 8 e Bb di fig. 9) ed invece estesa da A a B nel caso che B precede L' (schema Cc di fig. 10); zona di valle, intieramente ricadente nel semicorpo di valle, estesa dal punto T', intersezione con l'arco della verticale per il punto T nel caso che C preceda T' al punto terminale D (schemi Dd di fig.11 ed Ee di fig. 12) e se C segue T' estesa da C a D (schema Ff di fig. 12); zona centrale estesa in ogni caso fra limite di valle della zona di monte (L' o B) e limite di monte della zona di valle (T' o C).







Alle tre predette zone dell'arco sono associate tre regioni della sezione verticalmente sovrastante l'arco. La regione centrale viene divisa mediante le verticali per L, M, N, P, B, Q, R, S, T, C in nove elementi indipendenti dalla posizione relativa di B rispetto ad L' e M' e di C rispetto ad S' e T'. Le verticali divisorie vengono numerate con sigla generica I; è assegnato numero zero alla verticale per A, numero N a quella per D, numero u alla verticale terminale della zona di monte ed iniziale della zona centrale, cosicchè quella iniziale della zona di valle e terminale della zona centrale assume il numero u + 9.

Agli elementi compresi fra le successive verticali viene attribuito, ancora con la sigla generale I, il numero della loro verticale limitatrice a valle. E' da notare che gli elementi della zona centrale  $\underline{I} = \underline{u}+4; \underline{u}+5; \underline{u}+6$  sono limitati da verticali determinate dai punti N, P, Q, R che non dipendono dalle posizioni di B rispetto a L' e M' e dalla posizione di C rispetto ad S' e T' e pertanto essi sono indipendenti dalle estensioni delle zone di monte e di valle.

d - Ciò premesso la sezione C del prog. (11. 430 + 560) provvede a distinguere con i numeri 1, 2, 3 assegnati al parametro T1 le differenti situazioni di posizioni reciproche, lungo l'arco, del punto B rispetto ai punti L' ed M' e con i numeri 4, 5, 6 attribuiti al parametro T2 le diverse situazioni delle posizioni reciproche del punto C rispetto ai punti S' e T'.

Proposto di tendere alla più uniforme possibile larghezza



degli elementi sia nella zona di monte che in quella di valle, vengono determinati per il numero totale  $N$  degli elementi, i numeri  $u$  e  $v$  da attribuire alle zone rispettivamente di monte e di valle per i quali  $N = u+v+9$  e determinanti le larghezze singolarmente uniformi  $DXu$  e  $DXv$  di essi.

Dopo ciò alle ll. 540 e 550 il prog. stabilisce la numerazione progressiva delle verticali divisorie: zero attribuito alla verticale per A;  $u$  attribuito al limite di valle della zona di monte, quindi a seconda dei casi ad L' (schema Aa e Bb) ovvero a B (schema Cc);  $u+9$  attribuito al limite di monte della zona di valle, quindi a seconda dei casi a T' (schema Dd ed Ee) o a C (schema Ff); infine  $N$  attribuito a D.

La Sez. D che segue nel prog (ll. 570 + 700) determina il volume dei vari elementi e quindi la pressione verticale sulla loro base dovuta al peso proprio, dedotta da questo la spinta idrostatica nelle zone del semicorpo di monte e del nucleo soggiacenti alle quote di massimo invaso.

Sulla base dei valori del parametro  $3.T1+T2 - 6$  vengono pertanto selezionati anzitutto i diversi casi di posizione di B e di C rispetto a L', M', S', T' e le successive determinazioni vengono attribuite: alle Subsez. Aa, Bb, Cc relative alla zona di monte ma estesa fino alla verticale  $I=u+4$ ; Dd, Ee, Ff relative alla zona di valle ma intesa iniziante alla verticale  $I= u+6$  mentre relativamente alla zona centrale ridotta fra  $I= u+4$  e  $I= u+6$  (zona indipendente dalle posizioni relative di B e di C, come sopra accennato) provvede la Sottosez. Ca (ll. 680 + 700).

Insieme alla assegnazione alle Subsezz. di cui sopra ven-

gono determinati i numeri af e bf delle verticali in corrispondenza delle quali inizia e termina lungo l'arco rispettivamente la zona di attraversamento del nucleo.

Vengono distinte in ogni elemento la zona compresa fra coronamento e livello di massimo invaso e le relative altezze lungo le rette di estremità di ogni elemento vengono indicate con S1 e S2 per i semicorpi e N1 e N2 per il nucleo; per la zona al di sotto del livello predetto sono considerate le ordinate Y ai due estremi ed esse vengono indicate con Sa, Sb, Na, Nb quelle superiori, Sd e Sf, Nd e Nf quelle inferiori (S per semicorpi, N nucleo) (fig.14).

La Sottosez. Ca (11.680 + 700) relativamente alla regione centrale degli elementi (I=u+4 + u+6) e la Subsez. Aa (11.1690+1730), Bb (11. 1740+1780), Cc (11. 1790+1830), per la regione di monte (I=1+u+3) della serie degli elementi e le analoghe Dd (11. 1840+1880), Ee (11. 1890+1930), Ff (11. 1940 + 1980) per la regione di valle (I=u+7 + u+9) determinano i pesi (in immersione per le regioni del semicorpo di monte e del nucleo al di sotto del livello di massimo invaso) dei singoli elementi e da essi le pressioni verticali sulle basi. Sono per questo introdotti in prog. i valori delle altezze verticali S1 e S2, N1 e N2 delle zone ai limiti di monte e di valle di ciascun elemento superiori al livello di massimo invaso appartenenti ai semicorpi (sigla S) e al nucleo (sigla N) e i valori delle ordinate Sa, Sb, Sd, Sf, Na, Nb, Nd, Nf (vedi fig. 14) dei vertici delle regioni al di sotto del livello predetto delle parti dei singoli elementi dei semicorpi e del nucleo, alcune già precisate, altre determinate dalle Subsezz. Jm e Jv

(11. 1980 e 1990) relativamente ai punti Bs e Cs ricadenti lungo i due paramenti (Figg.9,10,12,13), dalle Subsez. Ss e Sn (11. 2060 e 2070) e P1 e P2 (11. 2020 e 2030) relativamente alle ordinate Sd e Sf, Nd e Nf delle intersezioni con il cerchio di presunto scorrimento delle verticali limiti degli elementi (Fig.14) se non note da precedenti determinazioni e infine dalla NO (1.2010) che dà valore zero a tutti i valori caratteristici delle zone di nucleo negli elementi in cui esse mancano.

Le ultime quattro Subsez. citate sono sussidiate dalla Subsez. Lk (1.1680) che utilizzando a sua volta la L2 (1. 1670) determina le ordinate  $y(I)$  delle intersezioni predette. Ma ne determina anche le ascisse  $x(I)$  e ancora l'angolo  $An(I)$  di inclinazione alle orizzontali e la ordinata mediana  $Ym(I)$ , delle basi degli elementi e ancora la larghezza  $Dx(I)$  di essi.

Seguono le determinazioni, con le Subsez. Pa e Pb (11.2040 e 2050); delle pressioni sulle basi  $P(I)$  di ogni elemento, la prima Subsez. riguardante gli elementi della regione di monte e del nucleo (con valori  $Ps-1$  e  $Pn-1$  per le zone del semicorpo di monte e del nucleo al di sotto del livello di massimo invaso) e la seconda per la zona del semicorpo di valle.

e - La Sez. E (11. 710:840) provvede alla determinazione delle pressioni orizzontali agenti sulle basi degli elementi e relativi momenti rispetto al punto mediano di esse derivanti dalla filtrazione dell'acqua attraverso il nucleo, pressioni globalmente equivalenti alla spinta idrostatica.

Con riferimento alla teoria riassunta nella Nota B dei

RICHIAMI GENERALI, la parte di nucleo ricadente nei diversi elementi e sottostante alla quota di massimo invaso è da dividere in triangoli e rettangoli; sono poi da determinare per ognuna di tali figure i due parametri di forma  $\underline{a}$  e  $\underline{b}$  e le ordinate  $\underline{z}$  (con origine alla quota di massimo invaso e contate positivamente dall'alto al basso) dei loro estremi superiore  $\underline{z_n}$  e inferiore  $\underline{z_m}$  (vedi fig.15) per poi applicare le espressioni della nota predetta che determinano per le singole figure le forze  $\underline{F}$  e i momenti  $\underline{M}$  che riferiti inizialmente alla quota di massimo invaso sono poi da convertire nel riferimento al punto mediano delle basi degli elementi.

La Sez. E già sopra richiamata, definisce in primo luogo le funzioni  $\underline{FNzM}$  e  $\underline{FNzm}$  utilizzate in seguito per discriminare il maggiore e il minore dei valori delle ordinate  $\underline{z(I-1)}=\underline{yI-y(I-1)}$  e  $\underline{z(I)}=\underline{yI-y(I)}$  degli estremi della base degli elementi del sistema  $\underline{z}$  qui sopra accennato (le  $\underline{y}$  sono le ordinate degli estremi stessi nel sistema fondamentale X,Y), inteso che al maggiore valore viene assegnata la sigla  $\underline{zf}$  e al minore la sigla  $\underline{zd}$  (vedi fig. 15).

Vengono poi introdotti i parametri caratteristici di forma del nucleo  $\underline{u} = \underline{l}$  e  $\underline{w}=2.\underline{bb}$  con  $\underline{bb}$  tangente degli angoli di inclinazione delle rette limiti del nucleo (simmetriche) e determinato il loro rapporto  $\underline{f} = \underline{l/w}$ ; si passa quindi alla introduzione delle Subsez. Ha (11.2080 ÷ 2090), Hb (11.2100 ÷ 2120), Hc (11.2130 ÷ 2160), Hd (11.2170 ÷ 2180), He (11.2190 ÷ 2210), Hf (11.2220 ÷ 2250) nonchè alla Sottosez. Ea(11.850 ÷ 880) dipendentemente dalla discriminazione relativa alla geometria degli elementi operata dal valore del parametro

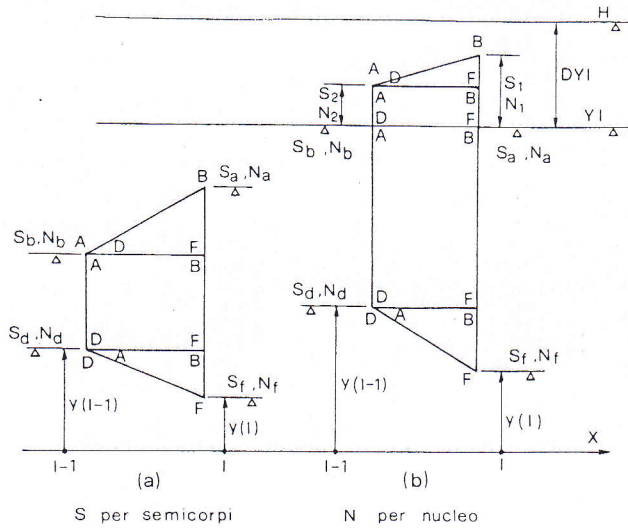


Fig. 14

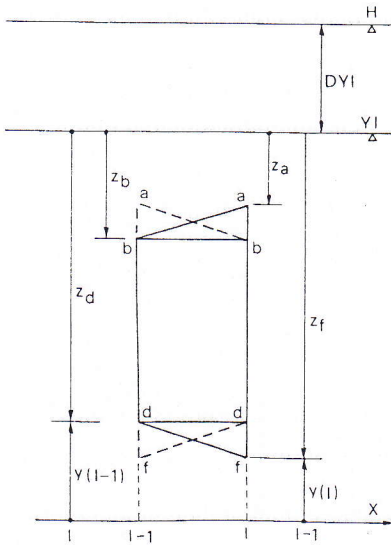


Fig. 15

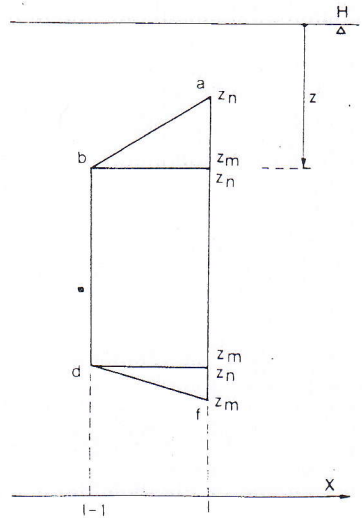


Fig. 16

Tabella C

COORDINATE ESTREME  $z_n$  E  $z_m$  DELLE FIGURE COSTITUENTI VARI ELEMENTI I

S = semicorpi; N = nucleo; a = triangolo superiore; b = rettangolo intermedio; c = triangolo inferiore  
 // = figure mancanti

I	a		b		b		
	$z_n$	$z_m$	$z_n$	$z_m$	$z_n$	$z_m$	
1 + u	S N	B //	A //	A //	m //	m //	M //
A a							
u + 1	S N	0 //	DYI //	DYI //	m //	m //	M //
u + 2	S N	// //	0 //	m //	m //	m //	M //
u + 3	S N	DYI //	H - YB //	0 //	DYI m	DYI m	H - YB M
B b							
u + 1	S N	H - B <sub>s</sub> //	DYI //	DYI //	m //	m //	M //
u + 2	S N	0 H - M <sub>b</sub>	H - B <sub>s</sub> M - YB	H - B <sub>s</sub> //	H - M <sub>b</sub> m	H - M <sub>b</sub> m	H - YB M
u + 3	S N	DYI //	H - M <sub>b</sub> //	0 H - M <sub>b</sub>	DYI m	DYI m	H - M <sub>b</sub> M
C c							
u + 1	S N	DYI H - L <sub>b</sub>	H - B <sub>s</sub> H - YB	H - B <sub>s</sub> //	H - L <sub>b</sub> m	H - L <sub>b</sub> m	H - YB M
u + 2	S N	0 H - M <sub>b</sub>	DYI H - L <sub>b</sub>	DYI H - L <sub>b</sub>	H - M <sub>b</sub> m	H - M <sub>b</sub> m	H - L <sub>b</sub> M
u + 3	S N	DYI //	H - M <sub>b</sub> //	0 H - M <sub>b</sub>	DYI m	DYI m	H - M <sub>b</sub> M
u + 4	S N	0 //	DYI //	DYI //	m //	0 m	DYI M
u + 5	S N	// //	0 //	m //	m //	m //	M //
u + 6	S N	0 //	DYI //	DYI //	m //	0 m	DYI M

I	a		b		c		
	$z_n$	$z_m$	$z_n$	$z_m$	$z_n$	$z_m$	
D d							
u + 7	S N	DYI //	H - YC //	0 //	DYI m	DYI m	H - YC M
u + 8	S N	// //	0 //	m //	m //	m //	M //
u + 9	S N	0 //	DYI //	DYI //	m //	m //	M //
E e							
u + 7	S N	DYI //	H - S <sub>c</sub> //	0 H - S <sub>c</sub>	DYI m	DYI m	H - S <sub>c</sub> M <sub>c</sub>
u + 8	S N	0 H - S <sub>c</sub>	H - C <sub>s</sub> H - YC	H - C <sub>s</sub> //	H - C <sub>s</sub> m	H - S <sub>c</sub> m	H - YC M
u + 9	S N	H - C <sub>s</sub> //	DYI //	DYI //	m //	m //	M //
F f							
u + 7	S N	DYI //	H - S <sub>c</sub> //	0 H - S <sub>c</sub>	DYI m	DYI m	H - S <sub>c</sub> M <sub>c</sub>
u + 8	S N	0 H - S <sub>c</sub>	DYI H - T <sub>c</sub>	DYI H - T <sub>c</sub>	H - S <sub>c</sub> m <sub>c</sub>	H - S <sub>c</sub> m <sub>c</sub>	H - T <sub>c</sub> M <sub>c</sub>
u + 9	S N	DYI H - T	H - C <sub>s</sub> H - YC	H - C <sub>s</sub> //	H - T <sub>c</sub> m <sub>c</sub>	H - T <sub>c</sub> m <sub>c</sub>	H - YC M <sub>c</sub>
u + 10 + N	S N	A //	B //	B //	m //	m //	M //

m; M = da FN  $z_m$  e FM  $z_m$

A, B = da MK e VK

DYI, YB, YC, B<sub>s</sub>, M<sub>b</sub>, L<sub>b</sub>, S<sub>c</sub>, C<sub>s</sub>, T<sub>c</sub> = vedi figg. 6, 7, 8

3. T1+T2-6 (1.750).

Nelle Subsez. predette e nella Sottosez. Ea vengono introdotte le ordinate za e zb dei vertici superiori dei trapezi costituenti le zone di nucleo dei vari elementi limitati superiormente alla quota di massimo invaso, indi con la Subsez. Zz (1.2260) vengono stabiliti i valori zd e zf conseguenti ai rapporti fra loro, dei valori, quali sopra indicati.

La Subsez. W (11.2270 + 2300) determina i parametri di forma a e b delle figure parziali (triangoli, rettangoli) delle zone di nucleo dei singoli elementi e fissa le ordinate zm e zn associate alle singole figure.

Nella Subsez. SS (11. 2310+2330), col sussidio della Subsez. S (1.2340) vengono calcolate, ancora per ogni figura, i valori Azm, Bzm, Gzm, Azn, Bzn, Gzn delle funzioni quali indicate nella Nota B precennata e da tali valori insieme a quelli dei parametri di forma a e b vengono dedotti per ogni figura i valori F ed M delle sopra richiamate forze e momenti. Alla l. 2300 della Subsez. W tali forze e momenti, relativi alle figure di uno stesso elemento vengono sommati e sono poi determinate le conseguenti pressioni orizzontali Qi(I) (delle azioni dell'acqua sui diversi elementi) e i relativi bracci bi(I) rispetto al punto mediano delle basi di essi.

E' peraltro provveduto nelle Subsez. Ha, Hb, Hc, Hd, He, Hf ad assegnare valori nulli di Qi e bi agli elementi in cui non sono incluse zone di nucleo, con effetto di semplificazione della successiva determinazione della forza totale di trascinamento.

f - La Sez. F (11.890 + 1250) che segue nel prog. provvede al calcolo dell'indice di stabilità sulla base delle espressioni indicate nella Nota A dei RICHIAMI GENERALI per il particolare arco di cui sono stati inizialmente introdotti i parametri.

La determinazione di tale indice è prevista in prog. in primo tempo per lo stato di quiete, stato nel quale le forze attive sono le pressioni verticali di peso proprio  $P(I)$  e le forze orizzontali da filtrazione  $Q_i(I)$ . A richiamo del riferimento allo stato di quiete vengono memorizzati con valore zero (1.910), i parametri  $K_s$  e  $CFS$  successivamente mostrati nello schermo e stampati con tali valori.

Nella Subsez. Fa (1.920 + 1250) in primo luogo i valori degli angoli d'attrito  $F_{is}$  e  $F_{in}$  relativi ai semicorpi ed al nucleo, inizialmente introdotti in misura di gradi sessagesimali vengono convertiti in radianti (unità di lavoro del sistema) ed essi, insieme ai valori delle coesioni unitarie  $c_s$  e  $c_n$  dei due materiali, vengono attribuiti alle zone d'arco appartenenti ai semicorpi o nucleo con la guida dei valori dei parametri  $a_f$  e  $b_f$  determinati nella Sez. D e indicanti i numeri delle verticali dei limiti del nucleo nella intersezione con il cerchio di scorrimento.

A ciò fa seguito la determinazione dei valori per i singoli elementi delle funzioni  $A = "AI"; B = "BI"; C = "CI"; D = "DI"$  definite nella Nota A dei RICHIAMI GENERALI e delle loro somme  $AS; BS; CS; DS$  lungo l'intero arco. Viene quindi determinato il valore di prima approssimazione  $F_x$  dell'indice di stabilità (1. 1030).



Alla l. 1040, nella quale sono fissati i parametri del calcolo del valore finale dell'indice  $F = \text{"FX"}$  per successive approssimazioni ( $F_x$  valore iniziale;  $DLX$  ed  $E$ , passo e limite di scarto accettabile fra due prove successive) fanno seguito le istruzioni del procedimento standard di successive approssimazioni per secanti (ll. 1040+1250).

Ogni replica comporta la ripetizione del calcolo delle già ricavate funzioni  $AI$ ;  $BI$ ;  $CI$ ;  $DI$ , delle nuove funzioni  $mi = \text{"mI"}$  e conseguenti  $E = \text{"EI"}$ ;  $G = \text{"GI"}$ ;  $ES$ ,  $GS$  quali definite nella nota già ricordata.

Segue la Sez. G (ll. 1260+1300) nella quale in vista della utilizzazione del prog. con l'aggiunta delle azioni sismiche, vengono richiamati e stampati i valori di  $Ks$  e  $CFS$  introdotti, parametri delle azioni predette (<sup>1</sup>), e insieme dell'indice di stabilità  $FX=IS$  quindi del tempo di elaborazione impiegato, in minuti e decimi.

Viene poi richiesto nella seguente sezione Ga (ll.1310+1360) se si intende ripetere la determinazione per lo stato di quiete per un nuovo arco, decisione correlativa

---

(<sup>1</sup>) I risultati della descritta prima fase del prog. (fase per lo stato di quiete) sono utilizzati più volte (senza replicazione del calcolo) nelle successive fasi della elaborazione includenti le azioni sismiche anche se per diversi valori dei parametri  $Ks$  e  $CFS$ .

al caso di utilizzazione del prog. limitatamente allo stato predetto ( <sup>1</sup> ) avendosi: per risposta "1" alla domanda di 1.1340 , ritorno alla Sez.B , ovvero intendendosi passare al calcolo sismico per il primo ovvero successivi valori di Ks (opzione "2"), passaggio alla Sez. H ; per l'introduzione del valore di CFS (opzione "3"), passaggio alla Sez.Z; per la cancellazione delle files L e LM (opzione "4"), passaggio alla Subsez. PL; per la fine delle elaborazioni (opzione "0" od altro numero diverso dai precedenti), termine del calcolo con la istruzione END.

g - Con la Sez. H e seguenti vengono determinate le forze orizzontali inerziali che in caso di vibrazione da sisma del rilevato si aggiungono a quelle da filtrazione nello stato di quiete, dopo di che il prog. torna alla Sez. Fa per la determinazione dell'indice di stabilità FX.

La determinazione delle forze inerziali ha per base la distribuzione delle accelerazioni sincrone nei semicorpi e nel nucleo associata al massimo del loro momento nel corso della vibrazione, identificata con il parametro di trasferimento P, distribuzione rappresentata dai coefficienti L e LN dei polinomi di sesto grado determinati da URAS I, trasferiti in disco quali files L ed LN e recuperati da URAS II.

---

(<sup>1</sup>) In tal caso senza la precedenza del prog. URAS I.

La Sez. H (11.1370+1480) definisce anzitutto le funzioni FNHm e FNHM che analogamente alle precedenti FNzm e FNzM provvedono alla selezione fra minore e maggiore delle ordinate verticali dei due estremi della base degli elementi (ordinate z ancora con verso positivo dall'alto al basso ma qui con origine alla quota H di coronamento (vedi fig. 16) ) del valore del parametro Ks, il primo dei due che caratterizza la funzione eccitatrice dei sismi monoperiodali qui considerati.

Segue con le istruzioni delle 11. 1420 + 1430 il trasferimento alla memoria centrale dei coefficienti L e LM dei polinomi rappresentativi della distribuzione delle accelerazioni rispettivamente riguardanti i semicorpi ed il nucleo, selezionati sulla base del valore del parametro Ks/20 già utilizzato per la numerazione dei files da URAS I

La Sez. I (11.1490+1580), sulla base del valore del parametro  $3 \cdot \frac{T_1+T_2}{6}$  già in precedenza utilizzato, seleziona le Subsez. Ka, Kb, Kc, Kd, Ke, Kf alle quali, come in precedenza, rinvia il calcolo, correlativamente alle diverse posizioni dei punti B e C rispetto a L',M',S'e T'; la Sottosez. Ia (11.1590 + 1620) esegue equivalenti operazioni di quelle delle Subsez. predette relativamente ai tre elementi centrali indipendenti dalle posizioni relative dei punti sopra accennati.

Le Subsez. e la Sottosez. indicate stabiliscono in primo luogo le ordinate zn superiore e zm inferiore dei vertici delle figure elementari (triangolo superiore, rettangolo intermedio, triangolo inferiore, in cui può essere suddiviso il

tuttó o la parte dei singoli elementi appartenenti ai semicorpi ed al nucleo (vedi fig.16) (<sup>1</sup>).

La Sez. e le Sottosez. suaccennate coordinano la esecuzione delle Subsez. seguenti:

Mk (11.2670+2680) e Vk (11.2690+2700) rispettivamente relative agli elementi di numeri I da 1 a u e da u+10 ad N aventi gli estremi superiori lungo le rette di paramento A e D;

Um (1. 2800) e Uv (1.2810) che determinano nel sistema z le ordinate A e B degli estremi superiori di cui sopra e stabiliscono i valori rispettivamente di zn e zm del triangolo superiore;

Ra, Rb, Rc (11.2770; 2780; 2790) che rispettivamente per il triangolo superiore, il rettangolo intermedio ed il triangolo inferiore di ogni elemento (o sua parte appartenente a semicorpi o a nucleo) determinano, sulla base dei valori di DX(I), dei zn e zm, i valori dei parametri di forma a e b;

Ts e Tn (11. 2910 + 2930; 2940 + 2960) che per un generico valore t della coordinata verticale del sistema z determinano i valori delle funzioni U, V, W di nota C dei RICHIAMI GENERALI;

TS e TN (11. 2890 e 2900) che introducono nelle Ts e Tn i valori t=zm e zn di ogni figura e ricevono i relativi valori Um, Un, Vm, Vn, Wm, Wn delle funzioni predette;

Sg (1. 2880) che per una generica figura trae dai ri-

---

(<sup>1</sup>) Nella tavola C sono raccolte le ordinate z dei vertici di tutte le figure costitutive degli elementi.

sultati precedenti i valori della forza  $\underline{F} = "f"$  e del momento  $\underline{M} = "m"$ , a meno del fattore  $\underline{CFS}$ , con le espressioni di nota C preaccennata;

ZS e ZN (11.2710 e 2720) relative, rispettivamente a semicorpi e nucleo, che assegnano valore zero alle forze  $\underline{f}$  e momenti  $\underline{m}$  di tutte le zone delle figure eventualmente mancanti;

ZSa; ZSb; ZNa; ZNb (1. 2730; 2740; 2750; 2760) che assegnano valore zero ad  $\underline{f}$  e ad  $\underline{m}$  per le figure parziali (triangolo superiore, rettangolo intermedio, triangolo inferiore) eventualmente mancanti nelle zone dei singoli elementi di semicorpi o nucleo;

Sa; Sb; Sc; Na; Nb; Nc (11. 2820+2870) che coordinano l'impiego delle Sottosezz. precedenti.

La Subsez. R (1. 2970) su richiamo delle Subsez. Ka; Kb; Kc; Kd; Ke e della Sottosez. Ia interviene per ogni singolo elemento per la determinazione delle somme  $\underline{Fs(I)}$  delle  $\underline{f}$  e  $\underline{Ms(I)}$  delle  $\underline{m}$  relativamente alle figure componenti di esso.

Con la Subsez. Z (11. 2980+3030) vengono: richiesto, introdotto e stampato il valore del parametro  $\underline{CFS}$ ; calcolate le pressioni orizzontali  $\underline{Qs(I)}$  e i bracci  $\underline{bs(I)}$  (al solito rispetto al punto mediano della base dell'elemento) derivanti dal sisma, infine combinate con le analoghe pressioni  $\underline{Qi(I)}$  e bracci  $\underline{bi(I)}$  derivanti dalla filtrazione, già determinati per lo stato di quiete. Dopo di ciò l'elaborazione passa alla Sez.F (1.890) per la determinazione dell'indice di stabilità.

Segue la Sez. PL (1. 3040) che in armonia con la opzione "4" scelta nella Sez. Ga provvede alla cancellazione delle files  $\underline{L}$  e  $\underline{LN}$ .

### PROGRAMMA URAS III

a - Il prog. si propone di determinare l'effetto sulla struttura di azioni eccitanti complesse costituite da clusters della specie (IV,4) di [2], di N componenti singolarmente della specie (IV,3) ancora di [2], ciascuno caratterizzato:

da proprio periodo  $T_0 = "T_0"$  del fattore sinusoidale;

da proprio valore massimo per ogni diverso valore del fattore predetto, diversità derivanti da quella di  $|a|_{max} = "A_m"$ , fattori nella (V,12) di [2];

da proprio valore del parametro  $\beta = "B"$  che determina l'istante di valore massimo della funzione W;

da proprio ritardo di tempo iniziale  $t^* = "F_a"$  (fase) rispetto a quello iniziale del cluster.

Tutte le predette diversità sono intese di specie casuale.

Stabilito un campo di valori di T<sub>0</sub>, risultano accettabili per l'elaborazione, in dipendenza di condizioni derivanti dalla teoria del metodo, i valori per i quali quelli degli associati  $k_s = "K_s"$  e  $k_n = "K_n"$  rispettivamente relativi a semicorpi e nucleo sono multipli di 4 non inferiori a 8.

In particolare:

La accelerazione massima A<sub>M</sub> che è fattore di W\* nella relazione (V,12) già citata verrà assunta solo per uno dei componenti del cluster pari al valore base A<sub>m</sub> prodotto di g per il coefficiente sismico CFP; per gli altri componenti verrà assunta pari al prodotto di tale valore base per numeri

casuali  $C$  compresi fra zero e l'unità;

del parametro  $B$ , in conseguenza della sua limitata influenza sui risultati, constatati in [2], ne vengono considerati solo cinque valori, ed essi attribuiti ai componenti del cluster con criterio di equiripartizione;

stabilito un loro limite superiore  $F_{am}$ , i valori delle fasi  $F_a$ , salvo quello di un componente scelto casualmente a cui è attribuito il valore zero (componente iniziale del cluster), vengono determinati su base casuale entro l'intervallo fra zero e l'accennato limite superiore.

Così definiti i clusters, il prog. è volto a determinare il valore del parametro di trasferimento  $P$  per il quale è assunto, come già indicato nei RICHIAMI GENERALI, il valore massimo nel corso della vibrazione del valore assoluto del momento rispetto alla base del rilevato, delle forze d'inerzia virtuali (prescindendo cioè dallo spessore degli strati che è uniforme) distribuite lungo l'altezza diviso per accelerazione della funzione eccitante  $AL$  massima nel corso della vibrazione stessa.

Tale accelerazione massima ha solo rapporti casuali con le accelerazioni massime delle singole componenti del cluster in conseguenza della casualità dei valori delle fasi; deve essere quindi direttamente determinata, alle differenze finite.

La reiterazione del prog. genera una collezione di valori del parametro di trasferimento  $P$  la quale costituisce, se sufficientemente numerosa, il campione dell'universo delle  $P$ . Per ciò ad un qualsiasi valore di  $P$  è associata una probabi

lità del suo verificarsi determinabile in base alla distribuzione delle  $\underline{P}$  risultante dal prog. Dal raffronto fra questi risultati e quelli dei prog. URAS I e II per i quali ad ogni valore  $\underline{Q}$  del parametro di trasferimento è associato un valore dell'indice di stabilità della struttura, accettata l'equivalenza agli effetti della stabilità dei valori di  $\underline{P}$  e di  $\underline{Q}$ , risulta l'associazione degli indici di stabilità con i rischi del loro superamento, come è stato già indicato nei RICHIAMI GENERALI.

b - Le ipotesi di forma e di caratteristiche meccaniche del rilevato, compresi: il rapporto fra le velocità di propagazione nei semicorpi, nel nucleo e nella fondazione; il numero degli strati di divisione; le equazioni di propagazione delle perturbazioni in esso; il metodo della loro risoluzione e la tabella di sincronismo di URAS I sono mantenute per URAS II.

Assunto il campo delle frequenze delle singole componenti di un cluster fra 7,5 e 0,38 Hz, ne discendono subito i valori 20 e 400 limiti di campo di  $\underline{Ks}$  e gli associati valori 12 e 240 del campo di  $\underline{Kn}$  (1).

---

(1) Si richiamano da [2] le relazioni

$$ks = TQ / \Delta ts, \Delta ts = M/m/vss$$

e quindi

$$TQ = ks.H/m/vss$$

ove  $\underline{TQ}$  è il periodo del fattore sinusoidale delle  $\underline{W}$ ,  $\underline{H}$  l'al-



Fra tali limiti esistono 20 valori di  $K_s$  e 20 di  $K_n$  che soddisfano alle condizioni del metodo e già ricordati. Vengono quindi considerati clusters di 20 componenti con i valori del periodo  $T_0$  associati ai 20 valori di  $K_s$  con passo 20 compresi fra i limiti predetti ed ai 20 valori di  $K_n$  fra i limiti indicati, con passo 12.

Per il parametro  $B$  sono assunti i cinque valori 2,25; 3,25; 4,25; 5,25; 6,25 e ciascuno di essi casualmente assegnato a quattro componenti dei clusters.

Il valore massimo delle fasi (tempi iniziali dei singoli clusters) assunto in prog. è 180 col significato di 180 passi; ciascuno di valore singolo  $2 \cdot \Delta t_s$ ; è esso un numero assunto empiricamente in assenza di dati di osservazioni in proposito.

E' peraltro un valore immediatamente sostituibile se si potrà avere qualche base di scelta razionale.

Nel corso del prog. vengono determinati in tutti i singoli istanti di sincronismo (vedi RICHIAMI GENERALI) le somme dei momenti rispetto alla base delle accelerazioni nei vari

---

tezza del rilevato,  $m$  il numero degli strati,  $v_{ss}$  la velocità di propagazione delle perturbazioni nei semicorpi.

A parità di valori di  $H$  ed  $m$  nei semicorpi e nel nucleo risulta, per uguale  $T_0$ ,  $k_n = k_s \cdot n/s$ , ove  $n/s$  è il rapporto fra le velocità predette nel nucleo e nei semicorpi, rapporto che è assunto, come in URAS I pari a 3/5.

strati, relative ai semicorpi e al nucleo.

I valori di esse che superano gli analoghi precedenti nel tempo sono crescenti inizialmente ma solo fino a raggiungere un valore limite che si mantiene successivamente invariato e che pertanto ne costituisce il massimo e pertanto è il parametro di trasferimento P.

In assenza di criteri analitici per la sua determinazione, il riconoscimento verrà da una raggiunta permanenza dei maggiori valori delle somme predette individuata da assenza di incrementi per un numero elevato di periodi.

Il prog. è previsto per la sua ripetizione per 50 diversi clusters raggruppati in 10 serie di 5 clusters, ogni serie eseguita in continuo con memorizzazione in disco dei valori dei parametri di trasferimento P risultanti per i diversi clusters; ciò consente sospensioni di esecuzione senza trascrizione manuale dei risultati. Le interruzioni sono di norma necessarie giacchè la completa esecuzione occupa notevole tempo.

c - Dopo l'indicazione del titolo e del tema del prog., il richiamo in REM dei valori di alcuni dei parametri di base (11.10+50) e la definizione di due funzioni di arrotondamento per la visione allo schermo e per la stampa di alcuni risultati intermedi (11. 60+70), è prevista la stampa del titolo,

della data e di brevi note relative alla elaborazione (11. 90+140). Segue la richiesta e memorizzazione: dei valori dei parametri specifici della struttura in esame: Vs e Vr, Ps e Pn, Zs e Zn, Ls e Ln, H quali indicati in fig. 7 e già impiegati nei prog. precedenti e infine CFP, coefficiente sismico virtuale (11.150 e 160).

La Sez. A00 che segue (11. 170+360) contiene anzitutto la designazione delle dimensioni della serie di vettori successivamente impiegati, il numero di elementi il quale è uguale, per alcuni, al numero dei componenti dei clusters (20), per altri al numero delle orizzontali divisorie degli strati (30), per altri al numero dei clusters previsti (50).

Vengono poi memorizzati i valori fissi di alcuni parametri di base: M, n, s (quali impiegati nei prog. precedenti); g (accelerazione di gravità); N (numero dei componenti di ogni cluster): Fam (maggiore valore delle fasi;  $|a|_{\max} = g \cdot "CFP" = "Am"$  (valore base delle massime accelerazioni delle singole componenti dei clusters) (1.240).

Segue la determinazione della velocità di propagazione delle perturbazioni nel nucleo Vn dedotta da quella nei semicorpi e dal rapporto n/s e la determinazione dei valori dei tempi elementari Dts e Dtn (tempi di percorrenza di uno strato di semicorpi e nucleo) (1.250).

Segue ancora la determinazione della serie di venti valori Ks e Kn relativi ai singoli componenti del cluster, degli associati periodi T0 e frequenze Fr (11.260+310) e la stampa dei valori dei principali fra i preaccennati parametri (11.320+330).

Alla l. 340 vengono chiesti e memorizzati i valori Rp, numero delle ripetizioni successive, e di Pr, numero dei periodi trascorsi dall'inizio dei singoli clusters, entro i quali dovranno mancare incrementi di P affinché possa ritenersi raggiunto il massimo valore di questo. Quando il contatore u delle ripetizioni di ugual valore di P ha raggiunto il valore Rp e il contatore pr dei periodi ha raggiunto il valore Pr, quali introdotti in prog., questo passa alla elaborazione del cluster successivo.

Giacchè i valori Rp e Pr possono essere scelti solo a stima, esiste nel seguito del prog. una istruzione che consente il prolungamento del calcolo nel caso di dubbio sulla raggiunta permanenza del valore del parametro P.

Chiude la Sez. la richiesta se stampare o meno lo "Spettro di Fourier", stampa che ha fine solo informativo, la cui omissione è di vantaggio sul tempo di esecuzione del prog.

Nella Sez. A0 seguente (ll.370+400) viene richiesto e memorizzato il numero S da attribuire alla serie; viene poi creato, se S=1, il file di memorizzazione dei valori dei parametri di trasferimento P.

d - La Sez. A1 che segue (ll. 410+860) contiene anzitutto le istruzioni di memorizzazione del tempo TMO iniziale della elaborazione e di visualizzazione e stampa dei numeri progressivi S delle serie e ss dei clusters. Segue l'assegnazione a coppie dei componenti del cluster dei cinque già ricordati valori del parametro B="B" (ll. 440+580).

Con le seguenti ll. 590+670 viene anzitutto estratto col

sussidio della Subsez. RD (11. 3530+3580) un numero casuale e il valore intiero di esso, dopo moltiplicazione per 20, è assunto quale numero d'ordine del componente del cluster a cui viene assegnato il valore base  $\underline{A_m}$  della sua massima accelerazione  $\underline{AM}$ . Segue l'estrazione di una serie di 19 numeri casuali  $\underline{C}$  (compresi fra zero e l'unità) che vengono impiegati quali moltiplicatori della accelerazione base  $\underline{A_m}$  per l'assunzione ad accelerazione massima  $\underline{AM}$  degli altri 19 componenti del cluster (11. 610+700).

Una procedura analoga viene impiegata per l'assegnazione dei diversi tempi di ritardo  $\underline{F_a}$  degli istanti iniziali dei diversi componenti del cluster rispetto all'istante iniziale del primo (fasi); la scelta dell'iniziale, al quale viene assegnata la fase zero, è casuale (la sua designazione deriva dal numero intiero ottenuto dal prodotto di 20 per un numero casuale di preliminare estrazione); agli altri componenti vengono assegnate le fasi (espresse in unità di tempo 2.Dts),  $\underline{F_a} = \underline{F_{am}} \cdot \underline{R}$ , ove gli  $\underline{R}$  sono numeri casuali compresi fra zero e l'unità, con che le  $\underline{F_a}$  risultano comprese fra zero ed il prefissato  $\underline{F_{am}} = 180$  (11. 710+790).

Nel caso che alla domanda di 1.360 sia data risposta positiva circa la stampa dello "Spettro di Fourier" provvedono a ciò le istruzioni delle 11.800+850. La Tabella dello Spettro è formata dalle frequenze  $\underline{F_r}$  in ordine crescente, quali già sopra assegnate attraverso  $\underline{TO}$  ai diversi componenti del cluster e, affiancate, le accelerazioni massime  $\underline{AM}$  e infine le fasi  $\underline{F_a}$  quali derivate dalla associazione casuale precedente.

e - Le Sezz.: B(11.870+900); TS(11.910+1020); TN(11.1030+1140); PS(11.1150+1220); PN(11.1230+1290); R(11.1300+1360); C(11.1370+1820) e parzialmente le Sottosezz. CS(11.2150+2390); CSS(11.2400+2450) (fino al RETURN di chiusura del loop) sono uguali a quelle di uguali sigle in URAS I salvo la omissione delle istruzioni che in questo provvedono alla memorizzazione della distribuzione delle accelerazioni nei tempi del loro massimo momento e l'aggiunta delle linee di memorizzazione nel file "P" dei valori del parametro P (11.1710+1750).

Sono invece diverse la Subsez. AS(11.1950+2140) dalla 1.2000 alla 1.2060 e la AN(11.2460+2680) dalla 1.2510 alla 1.2570. Nelle diverse linee si provvede a determinare la velocità della funzione eccitatrice quale somma delle velocità contemporanee dei vari componenti del cluster, dedotte singolarmente a ragione della diversità, per la loro definizione casuale, dei parametri valori di accelerazione massima e fase.

Così nella prima parte di AS, compare l'istruzione WBS=0 (1.1980) di iniziazione della somma delle velocità W relative ai diversi componenti del cluster e, dopo la trasformazione dei tempi relativi I in tempi assoluti Ts, vengono determinati per i singoli componenti (r = 1 + N) i valori del parametro W\* = "Ww" secondo la (V,12) di [2] per moltiplicazione per il fattore casuale C(r) determinato dalle 11.610+670, ciò con equivalenza alla sostituzione del valore di |a| max della (V,12) ai singoli valori AM(r) attribuiti ai diversi componenti, nonché con la sostituzione del valore di Ks che in URAS I è unico, con i diversi valori casuali Ks(r) determina-

ti per i singoli componenti alla l. 270.

Segue il calcolo dei tempi assoluti  $t-t^*="D"$  di ritardo di ciascun componente rispetto al primo e del parametro  $L$  che assume valore nullo se  $D$  è negativo, limitando così la determinazione dei  $W(r)$  e della relativa somma  $WBS(r)$  ai soli tempi di attività dei singoli componenti del cluster (11.2020+20-60).

Analoghe varianti sono apportate alle 11.2510+2570 della Sottosez. AN e qui sono aggiunte le 11.2580+2610 che provvedono a determinare i valori delle successive accelerazioni  $AL$  della funzione eccitante globale, dedotti dalle differenze delle velocità per ogni passo, indi a selezionare di esse il maggior valore  $AL$  nella progressione del tempo.

Il prog. provvede poi, analogamente ad URAS I, a determinare nella Sez. C (11.1370+1820) i valori assoluti  $SMe$  e  $SMo$  (e gli associati rapporti  $pe=SMe/AL$  e  $po = SMo/AL$ ) relativi rispettivamente a valori di  $J$  pari e dispari, dei momenti rispetto alla base del rilevato delle distribuzioni sulla verticale dell'accelerazione, a selezionare e memorizzare i progressivi maggiori valori  $Pe$  di  $pe$  e  $Po$  di  $po$  e a contare con incrementi del parametro  $u$  le repliche in tempi successivi di uguali valori di  $Pe$  e  $Po$ ; infine a mostrare nello schermo i successivi valori di  $Pe$  e  $Po$  e a stampare questi dopo ogni loro incremento insieme al valore zero delle relative repliche ( $rep=0$ ) e al valore del periodo raggiunto ( $periodo=pr$ ) e, infine, a controllare l'eventuale raggiungimento dei prestabiliti valori limiti  $Rp$  di  $u$  e  $Pr$  di  $pr$ .

Quando questi non sono stati raggiunti l'elaborazione prosegue con il ritorno alla Sez.R e quindi d'avanzamento per un doppio tempo elementare; altrimenti vengono mostrati allo schermo i valori di u = rep e pr = per.

Il prog. chiede poi se tali valori sono ritenuti stabilizzati (1.1660). In caso di risposta negativa il valore dei periodi Pr inizialmente previsto come limite viene incrementato di 10 unità con adozione della nuova sigla PR1 e del nuovo contatore rr (1.1690) ed il calcolo riprende alla Sez. R; tale incremento può essere ripetuto più volte. In caso di risposta positiva, tra i due valori Pe e Po viene prescelto il maggiore (1.1700), il quale, con le istruzioni alle 11.1710+1750 viene memorizzato nel file P di disco già creato inizialmente dalla 1. 400.

Segue (11. 1760+1820) la visione allo schermo e la stampa del tempo di elaborazione T (in minuti e decimi); segue ancora l'esame del numero dei clusters eseguiti e se esso è minore di 5 la elaborazione torna alla Sez. A1; in caso contrario viene richiesto se si intende proseguire subito con la serie successiva e in caso di risposta positiva l'elaborazione riprende alla sezione A0, altrimenti passa all'END.

f - E' opportuno richiamare la strutturazione dei vari contatori che regolano il corso del prog.

Contatore S del numero delle serie successive dei clusters:

iniziazione da tastiera (1.390); seleziona il caso di creazione del file P (1.400); mostrato allo schermo e stampa-



to (11.420 e 430); concorre con ss a stabilire l'indice Kk dei valori del vettore P nel file (1.1710).

Contatore ss dei clusters di ciascuna serie:

iniziazione automatica (1.390); incremento (1.410); mostrato allo schermo e stampato (11.420 e 430); rinvia alla elaborazione di nuova serie, raggiunto il valore "5" (1.1780); concorre con S a stabilire l'indice Kk sopra ricordato (1.1710).

Contatore pr = per dei periodi:

iniziazione automatica (11.1210 e 1270); incremento e conferma (11.1330 e 1350); selezione della istruzione di iniziazione di Pe e Po (1.1380); selezione di ripresa per proseguimento del cluster (per rr =0 per cui Pr1=Pr (1.1620); mostrato allo schermo e stampato (11.1600 e 1610, 1640 e 1650).

Contatore u = rep delle replicazioni dei valori di Pe e Po:

iniziazione automatica (1.1530); incremento (1.1590); seleziona la stampa dei valori di Pe, Po, AL, u, pr (1.1610); seleziona la ripresa per un proseguimento del cluster (1.1620); mostrato allo schermo e stampato (come pr).

Contatore rr dei clusters dopo raggiunti i limiti Pr e di pr ed Rp di u introdotti a 1.350:

iniziazione automatica (1.420); formazione del nuovo limite Pr1 sostitutivo di Pr (1.1620); incremento (1.1690).

## PROGRAMMA URAS IV

a - E' un breve prog. che conclude con le probabilità da attribuire ai valori di Q determinati da URAS I da cui quella degli associati IS risultati da URAS II.

Con esso viene inizialmente prelevata dal file P di disco la collezione dei p valori del parametro di trasferimento ( $p=5.S$  ove S è il numero delle serie eseguite da URAS III).

Il prog. URAS IV determina di tale collezione, per una qualsiasi prefissata funzione di trasformazione in normale della distribuzione, la media M, lo scarto quadratico medio SC e gli scarti ridotti SR(I) che poi dispone in ordine crescente di questi ultimi e associa alle correlative probabilità cumulate.

La funzione di trasformazione dovrà di volta in volta essere precisata del prog.

Introdotti poi da tastiera i maggiori valori fra quelli entro le diverse coppie di Qe e Qo determinati da URAS I, li trasforma sulla base della funzione sopra ricordata in valori della stessa distribuzione normale di P e ne determina i correlativi valori delle probabilità cumulate sulla base della media e dello scarto quadratico medio della distribuzione della trasformata normale delle P.

b - Dopo titolo, richiamo dell'argomento del prog., note relative alla esecuzione, istruzione di stampa del titolo e della funzione di trasformazione prescelta <sup>(1)</sup> (11.10÷50), viene ri-

---

(1) Nella lista del prog. è prevista la  $L(I)=\ln(P)$

chiesto il numero  $p$  dei clusters elaborati da URAS III, pari alla numerosità di  $P$  (ll. 60+70).

Alla indicazione successiva delle dimensioni dei vettori  $L$  e  $SR$  (non dovranno essere inferiori al numero  $p$ ), fanno seguito le istruzioni di trasferimento dei valori  $P$  dal disco all'unità centrale e di trasformazione di essi secondo la funzione  $L(I)$  prescelta (ll. 80+130).

Vengono poi determinati, visualizzati nello schermo e stampati i valori della media  $M$  e dello scarto quadratico medio  $SC = \sqrt{Sqm}$  dei valori di  $L(I)$  (ll. 140 + 240).

Segue la determinazione degli scarti ridotti  $\lambda = "SR(I) = Lam"$  dei valori stessi che vengono poi ordinati in successione e stampati in tabella, preceduti dal numero progressivo  $I=J$  e dai valori della loro probabilità cumulata  $\phi(\lambda) = "J/p" = "Fi(Lam)"$  (ll. 250 + 370).

Sono poi da introdurre da tastiera i valori di  $Q$  precedenti peraltro dalla loro quantità  $q$ ; gli  $Q$  vengono trasformati in valori  $G$  secondo la funzione già prescelta per gli  $P$  e ne vengono determinati i correlativi scarti ridotti,  $Srq$ . I correlativi valori  $G$ , trasformati di  $Q$  e gli scarti ridotti  $Srq$  di  $Lam$   $L(Q)$  vengono indicati allo schermo e stampati (ll. 380+460).

Segue la domanda se si intende o meno cancellare il file  $P$  e segue la relativa esecuzione se la risposta è positiva (ll. 470+500).

## E S E M P I O

L'esempio qui esposto di applicazione della procedura descritta riguarda una struttura del tipo di fig. 7 con i seguenti valori dei parametri geometrici:

$H = 100$ ;  $YI = 94$ ;  $Ls = 467$ ;  $Ln = 48$ ;  $Zs = 103$ ;  $Zn = 120$   
e dei parametri fisici:

$Ps = 2,2$ ;  $Pn = 1,8$ ;  $Fis = 40$ ;  $Fin = 18$ ;  $cs = 0$ ;  $cn = 5$ ;

$Vs = 500$ ;  $Vn = 300$ ;  $Vr = 2000$ .

in unità m, t, s, gradi sessagesimali.

Correlativamente il tempo di transito  $tt$  nei semicorpi e nel nucleo risultano rispettivamente:

$$tts = H/Vs=0,2, \quad ttn=H/Vn=0,333.$$

Con i valori del  $2,61+2,5$  del rapporto fra periodo di risonanza  $Tr$  e tempo di transito  $tt$  i valori del primo predetto parametro risultano per semicorpi e nucleo:

$$Trs = 0,522 + 0,5, \quad Trn = 0,87+0,83$$

a cui corrispondono le frequenze (in Hz)

$$frs = 1,186 + 2, \quad frn = 1,149 + 1,2.$$

Assunta la divisione del rilevato in  $M = 30$  strati orizzontali, quindi di altezza  $H/M=3,33$ , i tempi elementari (di percorrenza di uno strato) risultano

$$Dts = 0,02667, \quad Dtn = 0,0111.$$

Il valore del parametro  $Kr$  associato alle frequenze di risonanza, uguale per semicorpi e nucleo, risulta  $78,3 + 75$ .

E' stata quindi considerata la serie dei valori  $Ks = 40; 60; 80; 100; 120$  relativa ai semicorpi a cui è associata la serie del nucleo  $Kn = 24; 36; 48; 60; 72$ .

E' da prevedere che la massima risposta della struttura ricada nel campo fra secondo e quarto di tali valori; il primo e l'ultimo della serie sono inclusi al fine del più regolare tracciamento delle curve delle funzioni dipendenti.

La tabella D indica i dati di INPUT e di OUTPUT,  $Q_e$  e  $Q_o$ , del prog. URAS I. I valori di tabella con le sigle rep e per rappresentano il numero di replicazioni e dei periodi in cui  $Q_e$  e  $Q_o$  sono rimasti costanti e che con la loro entità hanno provato la raggiunta stabilità.

Si può osservare che i valori di  $Q_e$ , relativi a  $J$  pari, sono risultati tutti superiori, pur di poco, a quelli di  $Q_o$  relativi a  $J$  dispari, ciò in quanto i primi comprendono lo strato più elevato della struttura. Parametri di trasferimento  $Q$  sono considerati pertanto gli  $Q_e$ .

Si può osservare subito l'andamento caratteristico di  $Q$ : dapprima modestamente decrescente col crescere di  $K_s$ , poi rapidamente saliente ad un massimo che può essere collocato alla ascissa  $K_s=80$  e quindi decrescente. Il massimo corrisponde molto prossimamente al valore previsto con la approssimata relazione precedente.

Le curve della fig.17, che hanno finalità solo informativa, rappresentano, per i diversi valori di  $K_s$  considerati le distribuzioni lungo le verticali delle accelerazioni nei semicorpi e nel nucleo sincrone con i valori di  $Q_e$  e  $Q_o$ ; esse mostrano le forme dei "modi" di vibrazione, diverse per i diversi  $K_s$ .

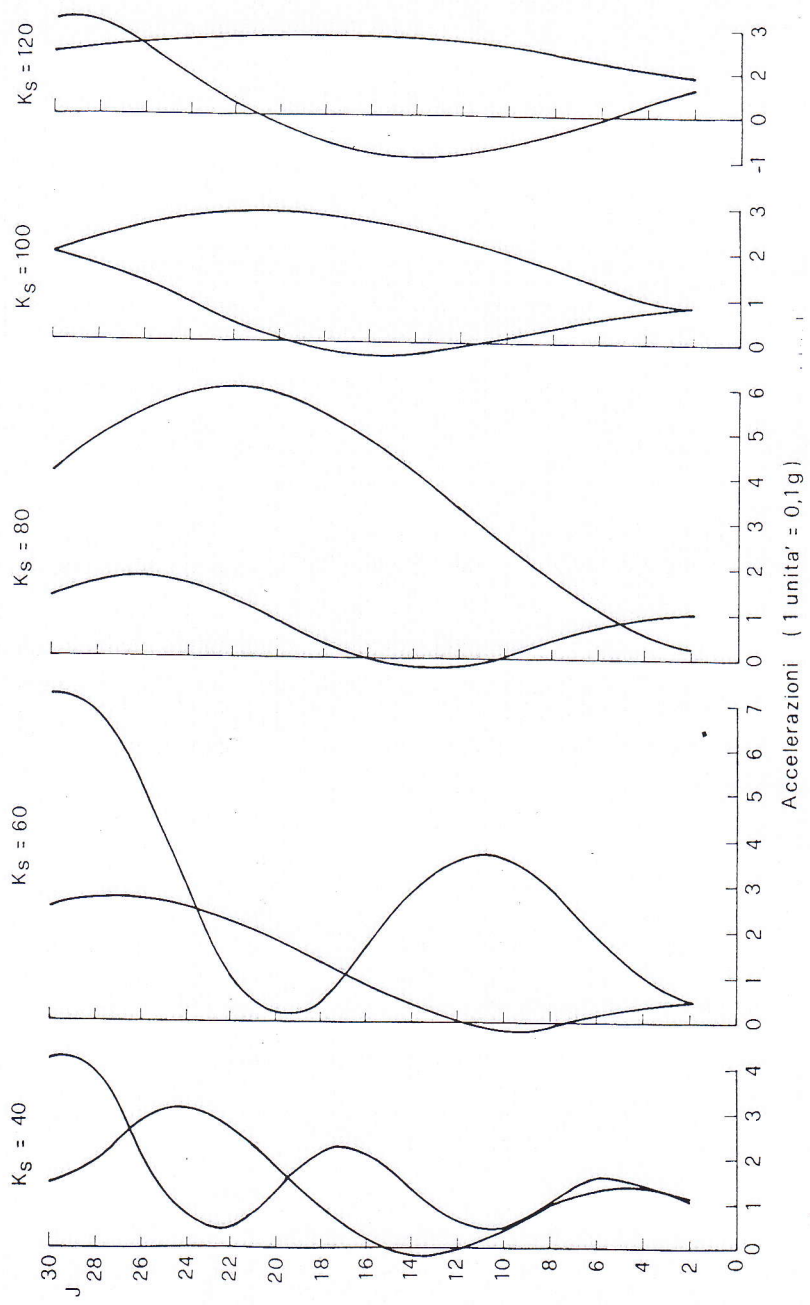


Fig. 17

La tabella E contiene in testata i valori di INPUT del prog. URAS II e nelle colonne i valori dell'indice di stabilità IS per i vari archi di cerchio caratterizzati dai valori dei parametri XA, XD, R per i vari valori di Ks indicati del quale quello zero rappresenta lo stato di quiete. Il minore valore per questo (2,641) riguarda l'arco di parametri XA = 230, XD=400; R=350, quelli per lo stato sismico l'arco di XA=200, XD=480 ed R tra 700 e 250 a seconda del valore di Ks, con un minor valore assoluto 1,073 naturalmente per Ks=80. Tuttociò per il valore 0,1 del coefficiente sismico.

La ricerca è stata estesa ad altri valori di questo coefficiente (0,05, 0,075; 0,125) per una serie più limitata di archi di cerchio e in un campo più limitato di valori di Ks. I risultati sono indicati nella Tabella F.

I risultati finali sono raccolti nella Tabella G nella quale sono riportati i minori valori di IS fra i diversi archi di cerchio considerati, relativi ad ognuno dei Ks.

La Tabella H contiene i valori del parametro di trasferimento P ottenuto con 50 ripetizioni del prog. URAS III e i maggiori valori, nel corso delle vicende della funzione eccitante, del parametro AL delle accelerazioni negli istanti di sincronismo. I valori maggiori fra le coppie dei Pe e Po, considerati valori del parametro di trasferimento, variano fra gli estremi 135.167 (cluster 10-5) e 14.279 (cluster 1-5).

Con il prog. URAS IV i valori degli P sono stati trasfor-

mati secondo la funzione  $L(P)=\ln P$  e la distribuzione di questi è risultata assimilabile alla normale come si constata dalla fig. 18. Sulla base dei valori della media  $M=10.348$  e dallo scarto quadratico medio  $S_{qm}=0,425$  relativi alla distribuzione predetta sono stati determinati i valori di  $\lambda$  relativi ai cinque valori di  $Q$  con il seguente risultato, ove i valori della probabilità cumulata  $\phi(\lambda)$  sono stati dedotti da quelli di  $\lambda$  a mezzo del grafico di fig.18:

Q	ln Q	$\lambda$	$\phi(\lambda)$
12,260	9,4141	- 2,261	0,010
11,651	9,3631	- 2,380	0,005
36,297	10,4995	0,269	0,600
20,906	9,9478	- 1,017	0,150
14,240	9,5638	- 1,912	0,013

Con i dati precedenti è stato quindi costruito il grafico di fig.10 contenente, in funzione di  $K_s$ , le curve di  $Q$ , di  $\phi(\lambda)$  e degli indici di stabilità  $IS$  per i valori 0,05;0,075; 0,1; 0,125 del coefficiente sismico  $CFS$ .

Risulta dalle determinazioni su tale grafico quali descritte nel paragrafo VII dei RICHIAMI GENERALI: il rischio che l'indice di stabilità 1,15 non sia raggiunto per sismi con  $CFS$  0,125 è del 17,5 % e per sismi con  $CFS$  0,1 del 7,5 % dei casi (lunghezze dei segmenti ab del grafico. Indice di stabilità non inferiore ad uno si ha in tutti i sismi aventi  $CFS$  non superiore a 0,0875 (punto K).

La tabella seguente indica i tempi T di ritorno previsti per il sito di sismi con vari valori del coefficiente sismico



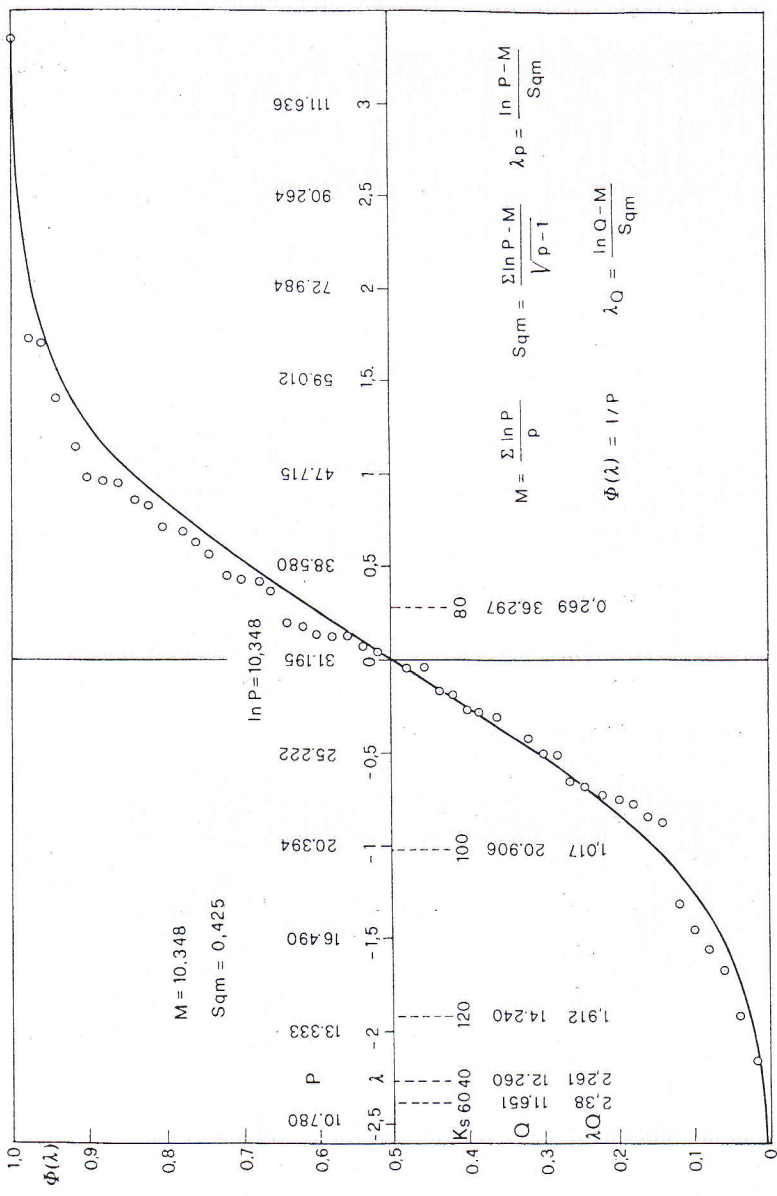


Fig. 18



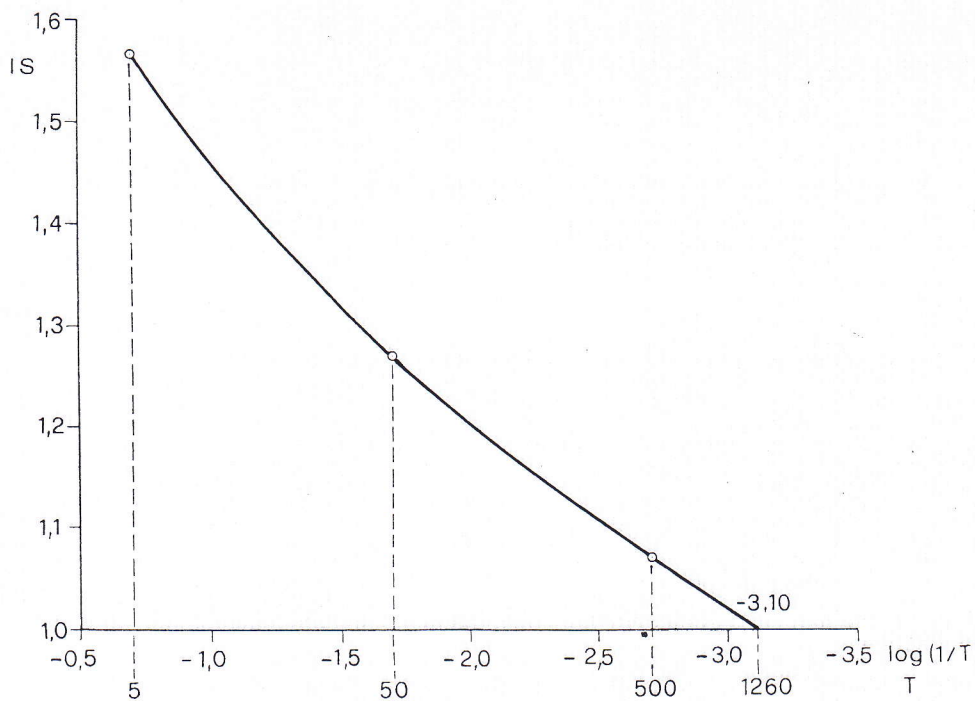


Fig. 20

CFS e i valori minimi dell'indice di stabilità a questi associati (ordinate dei punti C del grafico di fig.19).

<u>CFS</u>	<u>T</u> (anni)	log (1/ <u>T</u> )	<u>I/S</u>
0,05	5	- 0,699	1,57
0,075	50	- 1,699	1,27
0,01	500	- 2,699	1,07

Con essi è stata tracciata la curva di fig.20 dalla quale risulta che il tempo di ritorno del valore "uno" di IS, corrispondente al limite elastico delle vibrazioni della struttura, è dell'ordine di 1260 anni.

Ad esso corrispondono le seguenti probabilità p del verificarsi di valori di IS inferiori ad "uno" entro periodi di n anni:

<u>n</u> =	50	100	200
<u>p</u> =	0,039	0,076	0,147

Tabella D

URAS I

$V_s$	$V_r$	$P_s$	$P_n$	$Z_s$	$Z_n$	$L_s$	$L_n$	H
500	2000	2,2	1,8	103	120	467	48	100

$\beta = 4,25$  ;  $CFQ = 0,1$

$k_s$	40	60	80	100	120
$Q_e$	12.260	11.651	36.297	20.906	14.240
$Q_o$	11.935	11.337	35.956	20.762	14.139
rep	33	25	16	26	15
per	40	50	60	60	57

Tabella E

URAS II

H	YI	L <sub>s</sub>	L <sub>n</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>n</sub>
100	94	467	48	103	120
P <sub>s</sub>	P <sub>n</sub>	F <sub>is</sub>	F <sub>in</sub>	c <sub>s</sub>	c <sub>n</sub>
2,2	1,8	40	18	0	5

CFS = 0,1

Valori di IS

XA	XD	R	K <sub>s</sub>					
			0	40	60	80	100	120
160	480	1000	3,294	2,130	2,187	1,131	1,566	1,877
		700	3,220	2,030	2,094	1,104	1,552	1,864
		500	3,138	1,946	1,990	1,092	1,550	1,861
		350	3,025	1,939	1,870	1,119	1,580	1,884
		250	2,741	1,889	1,74	1,241	1,646	1,880
200	480	1000	2,762	1,999	2,046	1,137	1,481	1,729
		700	2,736	1,942	1,976	1,102	1,465	<u>1,719</u>
		500	2,724	1,872	1,906	1,076	<u>1,462</u>	1,722
		350	2,738	<u>1,805</u>	1,842	<u>1,073</u>	1,490	1,757
		250	2,791	1,856	<u>1,825</u>	1,140	1,585	1,865
200	440	350	2,887	2,162	2,150	1,205	1,562	1,819
		250	2,872	2,039	2,061	1,189	1,584	1,848
230	400	700	2,678	2,056	2,427	1,594	1,677	1,802
		500	2,652	2,075	2,405	1,539	1,648	1,703
		350	<u>2,641</u>	2,124	2,387	1,476	1,623	1,774
		250	2,663	2,217	2,378	1,426	1,616	1,788

Tabella F

URAS II

H 200    YI 94    L<sub>s</sub> 467    L<sub>n</sub> 48    Z<sub>s</sub> 103    Z<sub>n</sub> 120    P<sub>s</sub> 2,2    P<sub>n</sub> 1,8    F<sub>is</sub> 40    F<sub>in</sub> 18    c<sub>s</sub> 0    c<sub>n</sub> 5

Valori di IS

XA	XD	R	CFS	K <sub>s</sub>			
				0	60	80	100
200	480	1000	0	2,762	-	-	-
			0,05	-	2,355	1,642	1,944
			0,075	-	2,190	1,349	1,684
			0,1	-	2,046	1,137	1,481
			0,125	-	1,918	0,977	1,317
200	480	700	0	2,736	-	-	-
			0,05	-	2,299	1,602	1,924
			0,075	-	2,127	1,311	1,667
			0,1	-	1,976	1,102	1,465
			0,125	-	1,844	0,944	1,303
200	480	500	0	2,724	-	-	-
			0,05	-	2,248	1,572	1,918
			0,075	-	2,064	1,283	1,662
			0,1	-	1,906	1,076	1,462
			0,125	-	1,769	0,921	1,301
200	480	350	0	2,738	-	-	-
			0,05	-	2,446	1,568	1,942
			0,075	-	2,010	1,279	1,688
			0,1	-	1,842	1,073	1,490
			0,125	-	1,699	0,920	1,330
200	480	250	0	2,791	-	-	-
			0,05	-	2,212	1,633	2,029
			0,075	-	2,001	1,345	1,781
			0,1	-	1,825	1,140	1,585
			0,125	-	1,677	0,987	1,427
160	480	250	0	2,741	-	-	-
			0,05	-	2,131	1,703	2,056
			0,075	-	1,918	1,434	1,828
			0,1	-	1,744	1,241	1,646
			0,125	-	1,600	1,096	1,498

Tabella G

URAS II

Minori valori di IS rispetto ai diversi cerchi  
quali dipendenze da CFS

CFS	$K_s$					
	0	40	60	80	100	120
0	2,724	-	-	-	-	-
0,05	-	-	2,131	1,568	1,918	-
0,075	-	-	1,918	1,274	1,662	-
0,1	-	1,805	1,744	1,073	1,462	1,819
0,125	-	-	1,600	0,920	1,301	-



Tabella H

URAS III

V<sub>s</sub> V<sub>r</sub> P<sub>s</sub> P<sub>n</sub> Z<sub>s</sub> Z<sub>n</sub> L<sub>s</sub> L<sub>n</sub> H  
 500 2000 2,2 1,8 103 120 467 48 100

CFP = 0,1

R <sub>P</sub>	P <sub>r</sub>	S	C <sub>l</sub>	P <sub>e</sub>	P <sub>o</sub>	AL	r <sub>P</sub>	P <sub>r</sub>
20	30	1	1	67602	66392	1,810	25	30
20	30	1	2	66844	66976	1,950	24	30
20	30	1	3	24309	24359	2,665	29	30
20	30	1	4	22718	23579	1,493	20	31
20	30	1	5	12668	14279	1,924	25	30
20	30	2	1	25881	25998	2,110	29	30
20	30	2	2	15836	15795	1,579	20	41
20	30	2	3	17361	17143	2,074	20	40
20	30	2	4	18336	16908	2,419	22	30
20	30	2	5	42306	41992	1,643	28	30
20	30	3	1	37896	37546	1,526	28	30
20	30	3	2	26854	28585	2,357	30	41
20	30	3	3	26108	25916	1,321	23	30
20	30	3	4	48846	47964	2,152	23	30
20	30	3	5	45110	46561	1,426	30	30
20	30	4	1	38180	38527	1,677	23	30
20	30	4	2	49315	48821	2,679	20	39
20	30	4	3	22492	22328	1,886	20	34
20	30	4	4	42454	43416	1,568	20	32
20	30	4	5	39054	38657	3,098	22	30
20	30	5	1	11989	12778	2,564	26	30
20	30	5	2	23110	22934	1,969	20	64
20	30	5	3	29783	29502	1,895	26	30
20	30	5	4	40997	40763	1,368	21	30
20	30	5	5	23230	24054	2,313	20	45
20	30	6	1	52782	52583	3,963	20	39
20	30	6	2	31729	31597	2,478	20	47
20	30	6	3	32377	32166	2,434	20	34
20	30	6	4	31920	32684	2,567	20	35
20	30	6	5	25533	26750	1,216	23	30
20	30	7	1	34331	33901	3,524	30	30
20	30	7	2	16419	16226	1,381	29	30
20	30	7	3	23194	24127	1,952	21	30
20	30	7	4	33150	38721	1,401	20	31
20	30	7	5	27869	28288	2,690	20	32
20	30	8	1	33322	32666	1,561	20	32
20	30	8	2	35174	34517	2,370	29	30
20	30	8	3	30130	29355	1,576	20	34
20	30	8	4	28731	28474	1,747	20	41
20	30	8	5	43964	43006	2,117	20	34
20	30	9	1	33959	34030	2,293	21	30
20	30	9	2	34002	33967	2,296	20	56
20	30	9	3	40963	40030	2,608	28	30
20	30	9	4	22234	22037	1,764	20	35
20	30	9	5	54012	52958	1,340	30	30
20	30	10	1	48516	46905	1,618	25	30
20	30	10	2	24784	26943	1,817	30	30
20	30	10	3	27158	27128	2,288	28	30
20	30	10	4	32423	34815	2,384	22	30
20	30	10	5	135167	132665	1,000	21	70

## BIBLIOGRAFIA

1. - AMBRASEYS N.N. e SARMA S.K. - The Response of Earth Dams to strong Earthquakes. Géotechnique n°17, 1967
2. - ARREDI F. - Alcune note sul problema della sicurezza delle dighe di materiali sciolti a fronte della azioni sismiche. "Giornale del Genio Civile" Fasc.7°,8°,9°, 1985
3. - ARREDI F. - Costruzioni idrauliche. Vol.4, UTET Torino, 1977
4. - CARBELLI E. e SUPERO S. - Caratterizzazione dinamica dei terreni di fondazione mediante misure in sito della velocità di propagazione di onde di volume. Atti del XV° Convegno della Associazione Geotecnica Italiana, Spoleto, Maggio 1983
5. - EARTHQUAKE ANALYSIS PROCEDURE FOR DAM. STATE OF ART. Bulletin 56, 1986; Commission International des Grands Barrages, Parigi.

# PROGRAMMA URAS I

```
10 REM *** URAS I ***
20 REM *** Analisi dinamica dighe di materiali
sciolti..Vibrazioni monopiodali. Rilevato a due zone.***
30 REM *** Programma per valori dei parametri M=30; n=3;
s=5 e per dieci diversi periodi delle vibrazioni relativi a
Ks=20;40;.....200 ***
40 PRINT @ PRINT
50 PRINT "PRG. URAS I"
60 PRINT
70 DIM Nm$(28)
80 DISP "Data e note";
90 INPUT Nm$
100 PRINT "      Data e note",Nm$
110 PRINT
120 DIM Z(30),A1(30),B1(30),A2(30),B2(30),L(30)
130 DIM Anme(30),Anmo(30),Asme(30),Asmo(30), Ane(30),
Ano(30),Ase(30),Aso(30),AC(30),At(30)
140 DIM Zs(30),Als(30),Bls(30),A2s(30),B2s(30),
Ls(30),VAs(30),TAs(30),Vbs(30),TBs(30)
150 DIM Zn(30),Alc(30),Blc(30),A2c(30),B2c(30),
Ln(30),VAc(30),TAc(30),VBc(30),TBc(30)
160 DIM S0(30),S1(30),S2(30),S3(30),S4(30),
S5(30),S6(30),Me(30),Mo(30)
170 DIM C0(30),C1(30),C2(30),C3(30),C4(30),
C5(30),C6(30),C7(30),C8(30),C9(30),C10(30)
180 DIM C(6,6),z(6),D(6,6),U(6),E(6,6),V(6),
F(6,6),W(6),G(6,6),P(6),H(6,6),Q(6),K(6,6),S(6),X(6),Xn(6),Xs(6)
190 DIM x(15),y(15),u(12),v(12),Y(6)
200 DEF FNIN(X) = INT (X+.5)
210 A00:
220 DISP "Vs,Vr,Ps,Pn,Zs,Zn,Ls,Ln,H";
230 INPUT Vs,Vr,Ps,Pn,Zs,Zn,Ls,Ln,H
240 DISP "Files L e LN gia` create (1=SI;0=NO)";
250 INPUT CR
260 IF CR=1 THEN A0
270 CREATE "L",10,56 @ CREATE "LN",10,56
280 A0:
290 DISP "Ks,beta,CFQ";
```

```

300 INPUT Ks,B,CFQ
310 DISP "Rp,Pr";
320 INPUT Rp,Pr
330 DISP "Prg ridotto (1=SI, 0=NO)";
340 INPUT Rid @ DISP
350 M=30 @ n=3 @ s=5 @ g=9.81 @ Am=CFQ*g
360 Vn=Vs*n/s @ Dts=H/Vs/M @ Dtn=H/Vn/M
370 PRINT "Vs,Vn,Vr,Ps,Pn=";Vs;Vn;Vr;Ps;Pn
380 PRINT "Zs,Zn,Ls,Ln,H=";Zs;Zn;Ls;Ln;H @ PRINT
390 PRINT "Ks,beta,CFQ=";Ks;B;CFQ
400 PRINT "N.o replicaz.(Rp) e periodi (Pr) per
saturaz.";Rp;Pr @ PRINT
410 A1:
420 TMO=TIME
430 B:
440 Dz=H/M @ Z0s=Zs-H @ Z0n=Zn-H @ Ns=M+Z0s/Dz @ Nn=M+Z0n/
Dz @ Kn=Ks*n/s
450 Ros=Ps/g @ Ron=Pn/g @ Cs=Ros*Vs @ Cn=Ron*Vn @ Tes=Vs/Vr
@ Ten=Vn/Vr
460 TS:
470 Ro=Ros @ Dt=Dts @ Zb=Zs @ N=Ns @ Lb=Ls @ K=Ks
480 GOSUB T
490 Rs=R @ Qs=Q @ Wws=Ww
500 FOR J=0 TO M
510 Zs(J)=Z(J) @ Ls(J)=L(J)
520 NEXT J
530 FOR J=0 TO M-1
540 Als(J)=A1(J) @ B1
s(J)=B1(J)
550 NEXT J
560 FOR J=1 TO M
570 A2s(J)=A2(J) @ B2s(J)=B2(J)
580 NEXT J
590 TN:
600 Ro=Ron @ Dt=Dtn @ Zb=Zn @ N=Nn @ Lb=Ln @ K=Kn
610 GOSUB T
620 Rn=R @ Qn=Q @ Wwn=Ww
630 FOR J=0 TO M
640 Zn(J)=Z(J) @ Ln(J)=L(J)
650 NEXT J
660 FOR J=0 TO M-1
670 Alc(J)=A1(J) @ B1c(J)=B1(J)

```

```

680 NEXT J
690 FOR J=1 TO M
700 A2c(J)=A2(J) @ B2c(J)=B2(J)
710 NEXT J
720 PS:
730 FOR J=0 TO M
740 VAs(J),TAs(J)=0
750 NEXT J
760 Iis=0 @ Ifs=18
770 GOSUB AS
780 Iis=20 @ Ifs=54 @ pr=0
790 GOSUB AS
800 PN:
810 FOR J=0 TO M
820 VAc(J),TAc(J)=0
830 NEXT J
840 Iin=0 @ Ifn=32 @ pr=0
850 GOSUB AN
860 GOTO C
870 R:
880 GOSUB DS
890 GOSUB DN
900 Iis=Ifs+2 @ Ifs=Ifs+2*s @ pr=pr+1
910 GOSUB AS
920 Iin=Ifn+2 @ Ifn=Ifn+2*n @ pr=pr
930 GOSUB AN
940 C:
950 IF pr>0 THEN 970
960 SMte,SMto=0
970 FOR J=0 TO M STEP 2
980 Me(J)=S0(J)+C0(J)
990 NEXT J
1000 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1010 Mo(J)=S1(J)+C1(J)
1020 NEXT J
1030 SMe,SMo=0
1040 FOR J=0 TO M STEP 2
1050 SMe=ABS (SMe+Me(J))
1060 NEXT J
1070 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1080 SMo=ABS (SMo+Mo(J))
1090 NEXT J

```

```

1100 IF SMe>SMte OR SMO>SMto THEN u=-1
1110 IF SMe<SMte THEN 1160
1120 SMte=SMe
1130 FOR J=0 TO M STEP 2
1140 Anme(J)=Ane(J) @ Asme(J)=Ase(J)
1150 NEXT J
1160 IF SMO<SMto THEN 1210
1170 SMto=SMO
1180 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1190 Anmo(J)=Ano(J) @ Asmo(J)=Aso(J)
1200 NEXT J
1210 u=u+1 @ Qe=FNIN(SMte/Am) @ Qo=FNIN(SMto/Am)
1220 DISP "Qe=";Qe,"Qo=";Qo,"rep,per=";u;pr
1230 IF u=0 THEN PRINT "Qe=";Qe,"Qo=";Qo,"rep,per=";u;pr
1240 DISP @ IF Rp<u+1 AND Pr<pr+1 THEN 1260
1250 PR=0 @ GOTO 1310
1260 DISP ,"Qe,Qo=";Qe,Qo,"rep,per=";u;pr @ BEEP
1270 PRINT @ PRINT ", Qe,Qo=",Qe;Qo,"rep,per=";u;pr
1280 DISP @ DISP "Sono Qe e Qo stabilizzati su valori
costanti?(1=SI,0=NO)";
1290 INPUT PR
1300 IF PR=0 THEN Pr=pr+10 ELSE GOTO Q
1310 IF PR=0 THEN R
1320 Q:
1330 IF Qe<Qo THEN 1540
1340 IF Rid=1 THEN 1360
1350 DISP ,"PARI" @ PRINT @ PRINT ,"PARI"
1360 FOR J=2 TO M STEP 2
1370 AC(J)=Anme(J)
1380 NEXT J
1390 GOSUB Ep
1400 KK=2 @ GOSUB HH
1410 FOR n=0 TO 6
1420 Xn(n)=X(n)
1430 NEXT n
1440 FOR J=2 TO M STEP 2
1450 AC(J)=Asme(J)
1460 NEXT J
1470 GOSUB Ep
1480 KK=1 @ GOSUB HH
1490 FOR n=0 TO 6
1500 Xs(n)=X(n)

```

```

1510 NEXT n
1520 GOTO RJ
1530 IF Rid=1 THEN 1550
1540 DISP , "DISPARI" @ PRINT @ PRINT , "DISPARI"
1550 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1560 AC(J)=Anmo(J)
1570 NEXT J
1580 GOSUB Ed
1590 KK=2 @ GOSUB HH
1600 FOR n=0 TO 6
1610 Xn(n)=X(n)
1620 NEXT n
1630 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1640 AC(J)=Asmo(J)
1650 NEXT J
1660 GOSUB Ed
1670 KK=1 @ GOSUB HH
1680 FOR n=0 TO 6
1690 Xs(n)=X(n)
1700 NEXT n
1710 RJ:
1720 I=Ks/20
1730 ASSIGN# 1 TO "L"
1740 PRINT# 1, I ; Xs(0), Xs(1), Xs(2), Xs(3), Xs(4), Xs(5), Xs(6)
1750 ASSIGN# 1 TO *
1760 ASSIGN# 2 TO "LN"
1770 PRINT# 2, I ; Xn(0), Xn(1), Xn(2), Xn(3), Xn(4), Xn(5), Xn(6)
1780 ASSIGN# 2 TO *
1790 T=INT ((TIME -TM0)/60*10+.5)/10 @ DISP @ DISP "
T=min"; T @ PRINT @ PRINT " T=min"; T
1800 DISP @ DISP " Nuovi Ks, CFS (1=SI); Interruzione
(2=SI); Fine Ks (3=SI)";
1810 INPUT NU
1820 PRINT @ PRINT @ IF NU=1 THEN GOTO A0
1830 IF NU=2 THEN PAUSE
1840 END
1850 HH:
1860 FOR n=0 TO 12
1870 u(n)=0
1880 FOR i=1 TO 15
1890 u(n)=u(n)+x(i)^n
1900 NEXT i

```

```

1910 NEXT n
1920 FOR n=0 TO 6
1930 FOR m=0 TO 6
1940 C(m,n)=u(m+n)
1950 NEXT m
1960 NEXT n
1970 FOR n=0 TO 6
1980 v(n)=0
1990 FOR i=1 TO 15
2000 v(n)=v(n)+y(i)*x(i)^n
2010 NEXT i
2020 NEXT n
2030 FOR R=1 TO 6
2040 U(R)=C(0,0)*v(R)-C(R,0)*v(0)
2050 FOR C=1 TO 6
2060 D(R,C)=C(0,0)*C(R,C)-C(R,0)*C(0,C)
2070 NEXT C
2080 NEXT R
2090 FOR R=2 TO 6
2100 V(R)=D(1,1)*U(R)-D(R,1)*U(1)
2110 FOR C=2 TO 6
2120 E(R,C)=D(1,1)*D(R,C)-D(R,1)*D(1,C)
2130 NEXT C
2140 NEXT R
2150 FOR R=3 TO 6
2160 W(R)=E(2,2)*V(R)-E(R,2)*V(2)
2170 FOR C=3 TO 6
2180 F(R,C)=E(2,2)*E(R,C)-E(R,2)*E(2,C)
2190 NEXT C
2200 NEXT R
2210 FOR R=4 TO 6
2220 P(R)=F(3,3)*W(R)-F(R,3)*W(3)
2230 FOR C=4 TO 6
2240 G(R,C)=F(3,3)*F(R,C)-F(R,3)*F(3,C)
2250 NEXT C
2260 NEXT R
2270 FOR R=5 TO 6
2280 Q(R)=G(4,4)*P(R)-G(R,4)*P(4)
2290 FOR C=5 TO 6
2300 H(R,C)=G(4,4)*G(R,C)-G(R,4)*G(4,C)
2310 NEXT C
2320 NEXT R

```



```

2330 K(6,6)=H(5,5)*H(6,6)-H(6,5)*H(5,6)
2340 S(6)=H(5,5)*Q(6)-H(6,5)*Q(5)
2350 X(6)=S(6)/K(6,6)
2360 X(5)=(Q(5)-X(6)*H(5,6))/H(5,5)
2370 X(4)=(P(4)-X(6)*G(4,6)-X(5)*G(4,5))/G(4,4)
2380 X(3)=(W(3)-X(6)*F(3,6)-X(5)*F(3,5)-X(4)*F(3,4))/
F(3,3)
2390 X(2)=(V(2)-X(6)*E(2,6)-X(5)*E(2,5)-X(4)*E(2,4)-
X(3)*E(2,3))/E(2,2)
2400 X(1)=(U(1)-X(6)*D(1,6)-X(5)*D(1,5)-X(4)*D(1,4)-
X(3)*D(1,3)-X(2)*D(1,2))/D(1,1)
2410 X(0)=(v(0)-X(6)*C(0,6)-X(5)*C(0,5)-X(4)*C(0,4)-
X(3)*C(0,3)-X(2)*C(0,2)-X(1)*C(0,1))/C(0,0)
2420 IF Rid=1 THEN 2610
2430 KK:
2440 IF KK=2 THEN DISP,"NUCLEO" ELSE DISP,"SEMICORPI"
2450 PRINT @ IF KK=2 THEN PRINT,"NUCLEO" ELSE PRINT
,"SEMICORPI"
2460 PRINT "Coeff. X(n) polinomio VI grado (n=0,...6) in
J*Dz rappresentativo distribuzione delle accelerazioni"
2470 PRINT @ PRINT TAB(16);"n";TAB(34);"X(n)"
2480 FOR n=0 TO 6
2490 PRINT TAB(15);n;TAB(32);INT(X(n)*100000+.5)/100000
2500 NEXT n
2510 FOR J=1 TO M
2520 At(J)=0
2530 FOR n=0 TO 6
2540 At(J)=At(J)+X(n)*(J*Dz)^n
2550 NEXT n
2560 NEXT J
2570 PRINT
2580 PRINT "Raffronto distrib. valori accel. reali(AC) e
interpolati (At)"
2590 PRINT TAB(13);"J";TAB(33);"AC";TAB(53);"At"
2600 IF SMte<SMto THEN GOSUB GD ELSE GOSUB GP
2610 RETURN
2620 T:
2630 R=K*B*Dt @ Q=2*PI /Dt/K
2640 Ww=2*Dt*Am/SIN(4*PI /K)
2650 FOR J=0 TO M
2660 Z(J)=Zb-J*Dz
2670 L(J)=Lb*(1-(J-.5)/N)

```

```

2680 NEXT J
2690 FOR J=0 TO M-1
2700 A1(J)=.5*LOG ((1-Dz/Z(J))^-1)+1 @ B1(J)=2-A1(J)
2710 NEXT J
2720 FOR J=1 TO M
2730 A2(J)=.5*LOG ((1+Dz/Z(J))^-1)+1 @ B2(J)=2-A2(J)
2740 NEXT J
2750 RETURN
2760 AS:
2770 C=Cs @ Dt=Dts @ Te=Tes
2780 FOR I=Iis TO Ifs STEP 2
2790 Ts=I*Dt
2800 Ws=Wws*Ts*EXP (1-Ts/Rs)*SIN (Qs*Ts)/Rs
2810 VBs(0)=(VAs(1)-B1s(0)*TAs(1)/C)*Te+ A1s(0)*Ws)/
(A1s(0)+Te)
2820 TBs(0)=(B1s(0)*TAs(1)+(VBs(0)-VAs(1))*C)/A1s(0)
2830 FOR J=1 TO M-1
2840 TBs(J)=(VBs(J-1)-VAs(J+1))*C+B2s(J)*TBs(J-
1)+B1s(J)*TAs(J+1))/(A1s(J)+A2s(J))
2850 VBs(J)=(-(B1s(J)*TAs(J+1))+ A1s(J)*TBs(J))/C+VAs(J+1)
2860 NEXT J
2870 VBs(M)=VBs(M-1)+TBs(M-1)*B2s(M)/C @ TBs(M)=0
2880 IF I<20 THEN CSS
2890 CS:
2900 FOR J=0 TO M STEP 2
2910 Ase(J)=(VBs(J)-VAs(J))/2/Dts
2920 Ms=Ase(J)*Ros*Ls(J)*J
2930 U=I+J-2*pr*s
2940 IF U=50 THEN 2980
2950 IF U=60 THEN 2990
2960 IF U=70 THEN 3000
2970 IF U=80 THEN 3010
2980 S0(J)=Ms @ GOTO 3020
2990 S2(J)=Ms @ GOTO 3020
3000 S4(J)=Ms @ GOTO 3020
3010 S6(J)=Ms
3020 NEXT J
3030 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
3040 Aso(J)=(VBs(J)-VAs(J))/2/Dts
3050 Ms=Aso(J)*Ros*Ls(J)*J
3060 U=I+J-2*pr*s
3070 IF U=55 THEN 3100

```

```

3080 IF U=65 THEN 3110
3090 IF U=75 THEN 3120
3100 S1(J)=Ms @ GOTO 3130
3110 S3(J)=Ms @ GOTO 3130
3120 S5(J)=Ms
3130 NEXT J
3140 CSS:
3150 FOR J=0 TO M
3160 TAs(J)=TBs(J) @ VAs(J)=VBs(J)
3170 NEXT J
3180 NEXT I
3190 RETURN
3200 AN:
3210 C=Cn @ Dt=Dtn @ Te=Ten
3220 FOR I=Iin TO Ifn STEP 2
3230 Tn=I*Dt
3240 Wn=Wwn*Tn*EXP (1-Tn/Rn)*SIN (Qn*Tn)/Rn
3250 VBc(0)=((VAc(1)-B1c(0)*TAc(1)/C)*Te+ A1c(0)*Wn)/
(A1c(0)+Te)
3260 TBc(0)=(B1c(0)*TAc(1)+(VBc(0)-VAc(1))*C)/A1c(0)
3270 FOR J=1 TO M-1
3280 TBc(J)=((VBc(J-1)-VAc(J+1))*C+B2c(J)*TBc (J-
1)+B1c(J)*TAc(J+1))/(A1c(J)+A2c(J))
3290 VBc(J)=(-(B1c(J)*TAc(J+1))+ A1c(J)*TBc(J))/C+VAc(J+1)
3300 NEXT J
3310 VBc(M)=VBc(M-1)+TBc(M-1)*B2c(M)/C @ TBc(M)=0
3320 CN:
3330 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
3340 Ano(J)=(VBc(J)-VAc(J))/2/Dtn
3350 Mn=Ano(J)*Ron*Ln(J)*J
3360 U=I+J-2*pr*n
3370 IF U=33 THEN 3420
3380 IF U=39 THEN 3430
3390 IF U=45 THEN 3440
3400 IF U=51 THEN 3450
3410 IF U=57 THEN 3460
3420 C1(J)=Mn @ GOTO 3470
3430 C3(J)=Mn @ GOTO 3470
3440 C5(J)=Mn @ GOTO 3470
3450 C7(J)=Mn @ GOTO 3470
3460 C9(J)=Mn
3470 NEXT J

```

```

3480 FOR J=0 TO M STEP 2
3490 Ane(J)=(Vbc(J)-VAc(J))/2/Dtn
3500 Mn=Ane(J)*Ron*Ln(J)*J
3510 U=I+J-2*pr*n
3520 IF U=30 THEN 3580
3530 IF U=36 THEN 3590
3540 IF U=42 THEN 3600
3550 IF U=48 THEN 3610
3560 IF U=54 THEN 3620
3570 IF U=60 THEN 3630
3580 C0(J)=Mn @ GOTO 3640
3590 C2(J)=Mn @ GOTO 3640
3600 C4(J)=Mn @ GOTO 3640
3610 C6(J)=Mn @ GOTO 3640
3620 C8(J)=Mn @ GOTO 3640
3630 C10(J)=Mn
3640 NEXT J
3650 FOR J=0 TO M
3660 TAc(J)=Tbc(J) @ VAc(J)=Vbc(J)
3670 NEXT J
3680 NEXT I
3690 RETURN
3700 DS:
3710 FOR J=7 TO M-1 STEP 2
3720 C1(J)=C3(J)
3730 NEXT J
3740 FOR J=11 TO M-1 STEP 2
3750 S1(J)=S3(J)
3760 NEXT J
3770 FOR J=13 TO M-1 STEP 2
3780 C3(J)=C5(J)
3790 NEXT J
3800 FOR J=21 TO M-1 STEP 2
3810 S3(J)=S5(J)
3820 NEXT J
3830 FOR J=19 TO M-1 STEP 2
3840 C5(J)=C7(J)
3850 NEXT J
3860 FOR J=25 TO M-1 STEP 2
3870 C7(J)=C9(J)
3880 NEXT J
3890 RETURN

```

```

3900 DN:
3910 FOR J=4 TO M STEP 2
3920 C0(J)=C2(J)
3930 NEXT J
3940 FOR J=6 TO M STEP 2
3950 S0(J)=S2(J)
3960 NEXT J
3970 FOR J=10 TO M STEP 2
3980 C2(J)=C4(J)
3990 NEXT J
4000 FOR J=16 TO M STEP 2
4010 S2(J)=S4(J)
4020 NEXT J
4030 FOR J=16 TO M STEP 2
4040 C4(J)=C6(J)
4050 NEXT J
4060 FOR J=26 TO M STEP 2
4070 S4(J)=S6(J)
4080 NEXT J
4090 FOR J=22 TO M STEP 2
4100 C6(J)=C8(J)
4110 NEXT J
4120 FOR J=28 TO M STEP 2
4130 C8(J)=C10(J)
4140 NEXT J
4150 RETURN
4160 Ed:
4170 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
4180 j=(J+1)/2
4190 y(j)=AC(J)
4200 x(j)=J*Dz
4210 NEXT J
4220 RETURN
4230 Ep:
4240 FOR J=2 TO M STEP 2
4250 j=J/2
4260 y(j)=AC(J)
4270 x(j)=J*Dz
4280 NEXT J
4290 RETURN
4300 GP:
4310 FOR J=2 TO M STEP 2

```

```
4320 PRINT TAB (12);J;TAB (30);INT (AC(J)*1000+
.5)/1000;TAB (50);INT (At(J)*1000+.5)/1000
4330 NEXT J
4340 RETURN
4350 GD:
4360 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
4370 PRINT TAB (12);J;TAB (30);INT (AC(J)*1000+ .5)/
1000;TAB (50);INT (At(J)*1000+.5)/1000
4380 NEXT J
4390 RETURN
```

## PROGRAMMA URAS II

```
10 REM *** URAS II ***
20 REM *** Stabilita' dighe di materiali sciolti. Indici in
  stato di quiete e in stato di vibrazione da sisma ***
30 REM *** Programma per valore dei parametri fissi come
  URAS I. Numero degli elementi verticali N=30 ***
40 PRINT @ PRINT "PRG. URAS II "
50 DIM Nm$(28)
60 DISP "Data e note";
70 INPUT Nm$
80 PRINT @ PRINT "      Data e note";Nm$
90 DEF FNIN(X) = INT (X*100+.5)/100
100 DISP "H, YI, Ls, Ln, Zs, Zn";
110 INPUT H,YI,Ls,Ln,Zs,Zn
120 PRINT "H, YI, Ls, Ln, Zs, Zn =",H; YI;Ls;Ln;Zs;Zn
130 DISP "Ps, Pn, Fis, Fin, cs, cn";
140 INPUT Ps,Pn,Fis,Fin,cs,cn
150 PRINT "Ps, Pn, Fis, Fin, cs, cn =", Ps;Pn;Fis;Fin;cs;cn
160 N=30
170 DISP "Anche sismica ? (1=SI; 0=NO)";
180 INPUT SIS@ IF SIS=0 THEN A
190 DIM L(6),LN(6)
200 A: REM *** Parametri geometrici generali ***
210 ab=Ls/2 @ ac=Ln+Ls/2 @ ad=Ls+Ln @ Lm=(Ls+Ln)/2
220 ba=Lm/Zs @ bd=-ba @ bb=Ln/2/Zn @ bc=-bb @ DYI=H-YI
230 XM=ba*H @ XP=ab+bb*H @ XQ=ac+bc*H @ XS=ad+bd*H
240 XL=ba*YI @ XN=ab+bb*YI @ XR=ac+bc*YI @ XT=ad+bd*YI
250 PRINT "XM, XP, XQ, XS=",FNIN(XM);FNIN(XP);
  FNIN(XQ);FNIN(XS)
260 PRINT "XL, XN, XR, XT=",FNIN(XL);FNIN(XN);
  FNIN(XR);FNIN(XT)
270 B: REM *** Designazione arco di cerchio di scorrimento
  ***
280 TMO=TIME
290 DISP "XA, XD, R";
300 INPUT XA,XD,R
310 IF XA<XL THEN 330
320 DISP "XA troppo grande" @ GOTO B
330 PRINT "Parametri arco di cerchio: XA, XD, R=",XA;XD;R
```

```

340 YA=XA/ba @ YD=(XD-ad)/bd @ C=SQR ((XA-XD)^2+(YA-YD)^2)
350 Alf=ASN (C/2/R) @ Bet=ATN2 (YD-YA,XD-XA) @ Gam=Alf-Bet
360 XZ=XA+R*SIN (Gam) @ YZ=YA+R*COS (Gam)
370 DISP "XZ, YZ=",FNIN(XZ);FNIN(YZ)
380 PRINT "Coordinate centro cerchio: XZ, YZ=",
FNIN(XZ);FNIN(YZ) @ PRINT
390 a=ab @ b=bb @ GOSUB L1 @ XB=x @ YB=y
400 a=ac @ b=bc @ GOSUB L1 @ XC=x @ YC=y
410 DIM X(30),Dx(30),Y(30),y(30),An(30),Yn(30),P(30),Qi(30),bi(30),Q(30),b(30),Fi(30),C(30),
AI(30),BI(30),CI(30),DI(30),EI(30),GI(30),mI(30)
420 DIM Qs(30),bs(30),Fs(30),Ms(30)
430 C: REM *** Ripartizione in elementi ***
440 IF XM<XB THEN T1=1
450 IF XL<XB AND XM>XB THEN T1=2
460 IF XL>XB THEN T1=3
470 IF XS>XC THEN T2=4
480 IF XT>XC AND XS<XC THEN T2=5
490 IF XT<XC THEN T2=6
500 IF T1=3 THEN DXU=XB-XA ELSE DXU=XL-XA
510 IF T2=6 THEN DXV=XD-XC ELSE DXV=XD-XT
520 v=INT (DXV*(N-9)/(DXU+DXV)+.5) @ u=N-v-9
530 DXu=DXU/u @ DXv=DXV/v
540 X(0)=XA @ X(u+3)=XN @ X(u+4)=XP @ X(u+5)=XQ @ X(u+6)=XR
@ X(N)=XD @ y(0)=YA @ y(N)=YD
550 FOR I=1 TO u @ X(I)=XA+I*DXu @ NEXT I
560 FOR I=u+10 TO N-1 @ X(I)=XD-DXV+(I-u-9)*DXv @ NEXT I
570 D: REM *** Pressioni verticali da peso proprio ***
580 ON 3*T1+T2-6 GOTO A1 ,A2 ,A3 ,A4 ,A5 ,A6 ,A7 ,A8 ,A9
590 A1: GOSUB Aa @ GOSUB Dd @ af=u+2 @ bf=u+7 @ GOTO Ca
600 A2: GOSUB Aa @ GOSUB Ee @ af=u+2 @ bf=u+8 @ GOTO Ca
610 A3: GOSUB Aa @ GOSUB Ff @ af=u+2 @ bf=u+9 @ GOTO Ca
620 A4: GOSUB Bb @ GOSUB Dd @ af=u+1 @ bf=u+7 @ GOTO Ca
630 A5: GOSUB Bb @ GOSUB Ee @ af=u+1 @ bf=u+8 @ GOTO Ca
640 A6: GOSUB Bb @ GOSUB Ff @ af=u+1 @ bf=u+9 @ GOTO Ca
650 A7: GOSUB Cc @ GOSUB Dd @ af=u @ bf=u+7 @ GOTO Ca
660 A8: GOSUB Cc @ GOSUB Ee @ af=u @ bf=u+8 @ GOTO Ca
670 A9: GOSUB Cc @ GOSUB Ff @ af=u @ bf=u+9
680 Ca: I=u+4 @ S1,Sa,Sb,Sd,Sf=0 @ S2=DYI @ N1=DYI @ N2=0 @
Na,Nb=YI @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa
690 I=u+5 @ S1,S2,Sa,Sb,Sd,Sf=0 @ N1,N2=DYI @ Na,Nb=YI @
GOSUB Nn @ GOSUB Pb
700 I=u+6 @ S1=DYI @ S2,Sa,Sb,Sd,Sf=0 @ N1=0 @ N2=DYI @

```



```

Na,Nb=YI @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
710 E: REM *** Pressioni orizzontali da spinta idrica ***
720 DEF FNzm = YI-MAX (y(I),y(I-1))
730 DEF FNzM = YI-MIN (y(I),y(I-1))
740 l=XR-XN @ w=2*bb @ f=l/w
750 ON 3*T1+T2-6 GOTO H1 ,H2 ,H3 ,H4 ,H5 ,H6 ,H7 ,H8 ,H9
760 H1: GOSUB Ha @ GOSUB Hd @ GOTO Ea
770 H2: GOSUB Ha @ GOSUB He @ GOTO Ea
780 H3: GOSUB Ha @ GOSUB Hf @ GOTO Ea
790 H4: GOSUB Hb @ GOSUB Hd @ GOTO Ea
800 H5: GOSUB Hb @ GOSUB He @ GOTO Ea
810 H6: GOSUB Hb @ GOSUB Hf @ GOTO Ea
820 H7: GOSUB Hc @ GOSUB Hd @ GOTO Ea
830 H8: GOSUB Hc @ GOSUB He @ GOTO Ea
840 H9: GOSUB Hc @ GOSUB Hf
850 Ea: FOR I=u+4 TO u+6 @ za,zb=0 @ GOSUB Zz
860 b=0 @ a=DX(I) @ zm=zd @ zn=zb @ GOSUB SS @ F2=F @ M2=M
870 b=DX(I)/(zd-zf) @ a=-(b*zf) @ zm=zf @ zn=zd @ GOSUB SS
@ F3=F @ M3=M
880 Fi=F2+F3 @ Mi=M2+M3 @ Qi(I)=Fi/DX(I) @ bi(I)=YI-Ym(I)-
Mi/Fi @ NEXT I
890 F: REM *** Indice di stabilita' ***
900 FOR I=1 TO N @ Q(I)=Qi(I) @ b(I)=bi(I) @ NEXT I
910 Ks,CFS=0
920 Fa: FOR I=1 TO N
930 Fi(I)=DTR (Fis) @ C(I)=cs
940 FOR J=af+1 TO bf @ Fi(J)=DTR (Fin) @ C(J)=cn @ NEXT J
950 AI(I)=(P(I)*COS (An(I))-Q(I)*SIN (An(I))) *TAN
(Fi(I))*DX(I)
960 BI(I)=(P(I)*SIN (An(I))+Q(I) *COS (An(I))) *DX(I)
970 CI(I)=C(I)*SEC (An(I))*DX(I) @ DI(I)=Q(I)*b(I)*DX(I)
980 NEXT I
990 AS,BS,CS,DS=0
1000 FOR I=1 TO N
1010 AS=AS+AI(I) @ BS=BS+BI(I) @ CS=CS+CI(I) @ DS=DS+DI(I)
1020 NEXT I
1030 Fx=(CS+AS)/(BS-DS/R)
1040 D1=Fx @ DLX=.1 @ E=.001
1050 D2=D1+DLX
1060 a: D=D1 @ GOSUB yy @ Y1=Y
1070 D=D2 @ GOSUB yy @ Y2=Y
1080 IF Y1*Y2<0 THEN GOTO d

```

```

1090 IF Y2*(Y2-Y1)>0 THEN GOSUB b ELSE GOSUB c
1100 GOTO a
1110 d: D=D2-Y2*(D2-D1)/(Y2-Y1) @ GOSUB yy
1120 IF ABS (Y)<E THEN GOTO G
1130 IF Y*Y2>0 THEN GOSUB e ELSE GOSUB f
1140 GOTO d
1150 b: D2=D1 @ D1=D1-DLX @ RETURN
1160 c: D1=D2 @ D2=D2+DLX @ RETURN
1170 e: D2=D @ Y2=Y @ RETURN
1180 f: D1=D @ Y1=Y @ RETURN
1190 yy: FOR I=1 TO N
1200 mI(I)=D/(D+TAN (An(I))*TAN (Fi(I)))
1210 EI(I)=mI(I)*C(I)*DX(I)*SEC (An(I))
1220 GI(I)=P(I)*mI(I)*DX(I)*TAN (Fi(I))*SEC (An(I))
1230 NEXT I
1240 ES,GS=0 @ FOR I=1 TO N @ ES=ES+EI(I) @ GS=GS+GI(I) @
NEXT I
1250 Y=D-(ES+GS)/(BS-DS/R) @ RETURN
1260 G: FX=D @ BEEP
1270 DISP "Ks,CFS,FX=";Ks;CFS,INT (FX*1000+.5) /1000
1280 PRINT "Ks,CFS,FX=";Ks;CFS,INT (FX*1000+.5) /1000
1290 T=INT ((TIME -TMO)/60*10+.5)/10
1300 DISP "          T=min";T @ PRINT "          T=min";T @ PRINT
1310 Ga: DISP @ DISP "Nuovo arco (1=SI) * Sismica e introd.
Ks (2=SI) * Introd. CFS (3=SI) * Cancell. files L,LN (4=SI)
* Fine calc. (0=SI)";
1320 INPUT NA
1330 IF NA=1 THEN B
1340 IF NA=2 THEN H
1350 IF NA=3 THEN Z
1360 IF NA=4 THEN GOSUB PL ELSE END
1370 H: REM *** Pressioni orizzontali sismiche ***
1380 DEF FNm = H-MAX (y(I),y(I-1))
1390 DEF FNM = H-MIN (y(I),y(I-1))
1400 DISP "Ks";
1410 INPUT Ks@ PRINT
1420 I=Ks/20
1430 ASSIGN# 1 TO "L"
1440 READ# 1,I ; L(0),L(1),L(2),L(3),L(4), L(5),L(6)
1450 ASSIGN# 1 TO *
1460 ASSIGN# 2 TO "LN"
1470 READ# 2,I ; LN(0),LN(1),LN(2),LN(3),L(4), L(5),L(6)

```

```

1480 ASSIGN# 2 TO *
1490 I: ON 3*T1+T2-6 GOTO K1 ,K2 ,K3 ,K4 ,K5 ,K6 ,K7 ,K8
,K9
1500 K1: GOSUB Ka @ GOSUB Kd @ GOTO Ia
1510 K2: GOSUB Ka @ GOSUB Ke @ GOTO Ia
1520 K3: GOSUB Ka @ GOSUB Kf @ GOTO Ia
1530 K4: GOSUB Kb @ GOSUB Kd @ GOTO Ia
1540 K5: GOSUB Kb @ GOSUB Ke @ GOTO Ia
1550 K6: GOSUB Kb @ GOSUB Kf @ GOTO Ia
1560 K7: GOSUB Kc @ GOSUB Kd @ GOTO Ia
1570 K8: GOSUB Kc @ GOSUB Ke @ GOTO Ia
1580 K9: GOSUB Kc @ GOSUB Kf
1590 Ia: I=u+4 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @
zn=zm @ zm=FNm
1600 GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @
GOSUB ZSb @ GOSUB R
1610 I=u+5 @ zn=0 @ zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm @
GOSUB Nc @ GOSUB ZNa @ GOSUB ZS @ GOSUB R
1620 I=u+6 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @
zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @
GOSUB ZSb @ GOSUB R
1630 M: BEEP @ GOSUB Z @ GOTO Fa
1640 REM *** Sottoprogrammi ***
1650 L1: m=1+b^2 @ n=-((b*XZ-a*b+YZ)*2) @ p=(XZ-a)^2+YZ^2-
R^2
1660 q=n^2-4*m*p @ y=-((n+SQR (q))/2/m) @ x=a+b*y @ RETURN
1670 L2: y=YZ-SQR (R^2-(XZ-x)^2) @ RETURN
1680 Lk: DX(I)=X(I)-X(I-1) @ x=X(I) @ GOSUB L2 @ y(I)=y @
An(I)=ATN ((y(I-1)-y(I))/DX(I)) @ Ym(I)=(y(I)+y(I-1))/2 @
RETURN
1690 Aa: X(u)=XL @ X(u+1)=XM @ X(u+2)=XB @ GOSUB P1
1700 FOR I=1 TO u @ S1,S2=0 @ GOSUB Jm @ GOSUB Ss @ GOSUB
N0 @ GOSUB Pa @ NEXT I
1710 I=u+1 @ S1=DYI @ S2=0 @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB N0
@ GOSUB Pa
1720 I=u+2 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB N0 @
GOSUB Pa
1730 I=u+3 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sf,Nb=YI @ Sd,Na=YB @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa @ RETURN
1740 Bb: X(u)=XL @ X(u+1)=XB @ X(u+2)=XM @ GOSUB P1 @
Bs=XB/ba @ Mb=(XM-ab)/bb
1750 FOR I=1 TO u @ S1,S2=0 @ GOSUB Jm @ GOSUB Ss @ GOSUB

```

```

N0 @ GOSUB Pa @ NEXT I
1760 I=u+1 @ S1=Bs-YI @ S2=0 @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB
N0 @ GOSUB Pa
1770 I=u+2 @ S1=DYI @ S2=Bs-YI @ Sa,Sb,Sd=YI @ Sf,Nb=Mb @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ Nb=Nd @ GOSUB Pa
1780 I=u+3 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sf,Nb=YI @ Sd,Na=Mb @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa @ RETURN
1790 Cc: X(u)=XB @ X(u+1)=XL @ X(u+2)=XM @ GOSUB P1 @
Lb=(XL-ab)/bb @ Bs=XB/ba @ Mb=(XM-ab)/bb
1800 FOR I=1 TO u @ S1,S2=0 @ GOSUB Jm @ GOSUB Ss @ GOSUB
N0 @ GOSUB Pa @ NEXT I
1810 I=u+1 @ S1,S2=0 @ Sa=Bs @ Sb=YI @ Sf,Nb=Lb @ Sd,Na=YB
@ N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa
1820 I=u+2 @ S1=DYI @ S2=0 @ Sa,Sb=YI @ Sf,Nb=Mb @ Sd,Na=Lb
@ N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa
1830 I=u+3 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sf,Nb=YI @ Sd,Na=Mb @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pa @ RETURN
1840 Dd: X(u+7)=XC @ X(u+8)=XS @ X(u+9)=XT @ GOSUB P2
1850 I=u+7 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sd,Na=YI @ Sf,Nb=YC @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
1860 I=u+8 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB N0 @
GOSUB Pb
1870 I=u+9 @ S1=0 @ S2=DYI @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB N0 @
GOSUB Pb
1880 FOR I=u+10 TO N @ S1,S2=0 @ GOSUB Jv @ GOSUB Ss @
GOSUB N0 @ GOSUB Pb @ NEXT I @ RETURN
1890 Ee: X(u+7)=XS @ X(u+8)=XC @ X(u+9)=XT @ GOSUB P2 @
Sc=(XS-ac)/bc @ Cs=(XC-ad)/bd
1900 I=u+7 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sd,Na=YI @ Sf,Nb=Sc @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
1910 I=u+8 @ S1=Cs-YI @ S2=DYI @ Sa,Sb=YI @ Sd,Na=Sc @
Sf,Nb=YC @ N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
1920 I= u+9 @ S1=0 @ S2=Cs-YI @ Sa,Sb=YI @ GOSUB Ss @ GOSUB
N0 @ GOSUB Pb
1930 FOR I=u+10 TO N @ S1,S2=0 @ GOSUB Jv @ Sb=(X(I)-ad)/bd
@ GOSUB Ss @ GOSUB N0 @ GOSUB Pb @ NEXT I @ RETURN
1940 Ff: X(u+7)=XS @ X(u+8)=XT @ X(u+9)=XC @ GOSUB P2 @
Sc=(XS-ac)/bc @ Tc=(XT-ac)/bc @ Cd=(XC-ad)/bd
1950 I=u+7 @ S1,S2=DYI @ Sa,Sb,Sd,Na=YI @ Sf,Nb=Sc @
N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
1960 I=u+8 @ S1=0 @ S2=DYI @ Sa,Sb=YI @ Sd,Na=Sc @ Sf,Nb=Tc
@ N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb

```

```

1970 I=u+9 @ S1,S2=0 @ Sa=YI @ Sb=Cd @ Sd,Na=Tc @ Sf,Nb=YC
@ N1,N2=0 @ GOSUB Nn @ GOSUB Pb
1980 FOR I=u+10 TO N @ S1,S2=0 @ GOSUB Jv @ Sb=(X(I)-ad)/bd
@ GOSUB Ss @ GOSUB N0 @ GOSUB Pb @ NEXT I @ RETURN
1990 Jm: Sa=X(I-1)/ba @ Sb=X(I)/ba @ RETURN
2000 Jv: Sa=(X(I-1)-ad)/bd @ Sb=(X(I)-ad)/bd @ RETURN
2010 N0: N1,N2,Na,Nb,Nd,Nf=0 @ RETURN
2020 P1: FOR I=1 TO u+4 @ GOSUB Lk @ NEXT I @ RETURN
2030 P2: FOR I=u+5 TO N @ GOSUB Lk @ NEXT I @ RETURN
2040 Pa: P(I)=((S1+S2)*Ps+(Sa-Sd+Sb-Sf)*(Ps-1)+
(N1+N2)*Pn+(Na-Nd+Nb-Nf)*(Pn-1))/2 @ RETURN
2050 Pb: P(I)=((S1+S2+Sa-Sd+Sb-Sf)*Ps+ (N1+N2)*Pn+(Na-
Nd+Nb-Nf)*(Pn-1))/2 @ RETURN
2060 Ss: GOSUB Lk @ Sd=y(I-1) @ Sf=y(I) @ RETURN
2070 Nn: GOSUB Lk @ Nd=y(I-1) @ Nf=y(I) @ RETURN
2080 Ha: FOR I=1 TO u+2 @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I
2090 I=u+3 @ za=0 @ zb,zd=YI-YB @ GOSUB Zz @ GOSUB W @
RETURN
2100 Hb: FOR I=1 TO u+1 @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I
2110 I=u+2 @ za=YI-Mb @ zb,zd=YI-YB @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2120 I=u+3 @ za=0 @ zb=YI-Mb @ GOSUB Zz @ GOSUB W @ RETURN
2130 Hc: FOR I=1 TO u @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I
2140 I=u+1 @ za=YI-Lb @ zb,zd=YI-YB @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2150 I=u+2 @ za=YI-Mb @ zb=YI-Lb @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2160 I=u+3 @ za=0 @ zb=YI-Mb @ GOSUB Zz @ GOSUB W @
RETURN
2170 Hd: I=u+7 @ za=0 @ zb,zd=YI-YC @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2180 FOR I=u+8 TO N @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I @ RETURN
2190 He: I=u+7 @ za=0 @ zb=YI-Sc @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2200 I=u+8 @ za=YI-Sc @ zb,zd=YI-YC @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2210 FOR I=u+9 TO N @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I @ RETURN
2220 Hf: I=u+7 @ za=0 @ zb=YI-Sc @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2230 I=u+8 @ za=YI-Sc @ zb=YI-Tc @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2240 I=u+9 @ za=YI-Tc @ zb,zd=YI-YC @ GOSUB Zz @ GOSUB W
2250 FOR I=u+10 TO N @ Qi(I),bi(I)=0 @ NEXT I @ RETURN
2260 Zz: zd=FNzm @ zf=FNzM @ RETURN
2270 W: b=DX(I)/(zb-za) @ a=-(b*za) @ zm=zb @ zn=za @ GOSUB
SS @ F1=F @ M1=M
2280 b=0 @ a=DX(I) @ zm=zd @ zn=zb @ GOSUB SS @ F2=F @ M2=M
2290 b=DX(I)/(zd-zf) @ a=-(b*zf) @ zm=zf @ zn=zd @ GOSUB SS
@ F3=F @ M3=M
2300 Ft=F1+F2+F3 @ Mt=M1+M2+M3 @ Qi(I)=Ft/DX(I) @ bi(I)=YI-

```

Ym(I) -Mt/Ft @ RETURN  
 2310 SS: z=zm @ GOSUB S @ Azm=Az @ Bzm=Bz @ Gzm=Gz  
 2320 z=zn @ GOSUB S @ Azn=Az @ Bzn=Bz @ Gzn=Gz  
 2330 F=(a\*(Azm-Azn)+b\*(Bzm-Bzn))/w @ M=(a\*(Bzm-Bzn)+b\*(Gzm-Gzn))/w @ RETURN  
 2340 S: Az=z-f\*LOG (1+z/f) @ Bz=-(f\*z)+z^2/2+ f^2\*LOG (1+z/f) @ Gz=f^2\*z-f\*z^2/2+f^3/3- f^3\*LOG (1+z/f) @ RETURN  
 2350 Ka: GOSUB Mk  
 2360 I=u+1 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2370 I=u+2 @ zn=0 @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc @ GOSUB ZSa @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2380 I=u+3 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YB @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @ GOSUB ZNb @ GOSUB R @ RETURN  
 2390 Kb: GOSUB Mk  
 2400 I=u+1 @ zn=H-Bs @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2410 I=u+2 @ zn=0 @ zm=H-Bs @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Mb @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YB @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZNb @ GOSUB R  
 2420 I=u+3 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-Mb @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @ GOSUB R  
 2430 RETURN  
 2440 Kc: GOSUB Mk  
 2450 I=u+1 @ zn=DYI @ zm=H-Bs @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Lb @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YB @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm  
 2460 GOSUB Nc @ GOSUB ZNb @ GOSUB R  
 2470 I=u+2 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Mb @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-Lb @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb  
 2480 zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB R  
 2490 I=u+3 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-Mb @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc  
 2500 GOSUB ZSa @ GOSUB R @ RETURN  
 2510 Kd: I=u+7 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YC @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @ GOSUB ZNb @ GOSUB R  
 2520 I=u+8 @ zn=0 @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @

GOSUB Sc @ GOSUB ZSa @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2530 I= u+9 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=FNm @  
 GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2540 GOSUB Vk @ RETURN  
 2550 Ke: I=u+7 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-Sc  
 @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @  
 zm=FNm  
 2560 GOSUB Nc @ GOSUB ZSa @ GOSUB R  
 2570 I=u+8 @ zn=0 @ zm=H-Cs @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Sc @  
 GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YC @ GOSUB Sc  
 2580 GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZNb @  
 GOSUB R  
 2590 I=u+9 @ zn=H-Cs @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=FNm @  
 GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc @ GOSUB ZN @ GOSUB R  
 2600 GOSUB Vk @ RETURN  
 2610 Kf: I=u+7 @ zn=0 @ zm= DYI @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-  
 Sc @ GOSUB Sc @ GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb @  
 zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nc  
 2620 GOSUB ZSa @ GOSUB R  
 2630 I=u+8 @ zn=0 @ zm=DYI @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Sc @  
 GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-Tc @ GOSUB Sc  
 2640 GOSUB Na @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Nb @ zn=zm @ zm=FNm  
 @ GOSUB Nc @ GOSUB R  
 2650 I=u+9 @ zn=DYI @ zm=H-Cd @ GOSUB Sa @ zn=zm @ zm=H-Tc  
 @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=H-YC @ GOSUB Sc  
 2660 GOSUB Na @ zn=FNm @ zm=FNm @ GOSUB Nc @ GOSUB ZNb @  
 GOSUB R @ GOSUB Vk @ RETURN  
 2670 Mk: FOR I=1 TO u @ GOSUB Um @ zn=B @ zm=A @ GOSUB Sa @  
 zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc  
 2680 GOSUB ZN @ GOSUB R @ NEXT I @ RETURN  
 2690 Vk: FOR I=u+10 TO N @ GOSUB Uv @ zn=A @ zm=B @ GOSUB  
 Sa @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sb @ zn=zm @ zm=FNm @ GOSUB Sc  
 2700 GOSUB ZN @ GOSUB R @ NEXT I @ RETURN  
 2710 ZS: fS1, fS2, fS3, mS1, mS2, mS3=0 @ RETURN  
 2720 ZN: fN1, fN2, fN3, mN1, mN2, mN3=0 @ RETURN  
 2730 ZSa: fS1, mS1=0 @ RETURN  
 2740 ZSb: fS2, mS2=0 @ RETURN  
 2750 ZNa: fN1, mN1=0 @ RETURN  
 2760 ZNb: fN2, mN2=0 @ RETURN  
 2770 Ra: b=DX(I)/(zm-zn) @ a=-(b\*zn) @ RETURN  
 2780 Rb: b=0 @ a=DX(I) @ RETURN  
 2790 Rc: b=DX(I)/(zn-zm) @ a=-(b\*zm) @ RETURN

```

2800 Um: A=H-X(I-1)/ba @ B=H-X(I)/ba @ RETURN
2810 Uv: A=H-(X(I-1)-ad)/bd @ B=H-(X(I)-ad)/bd @ RETURN
2820 Sa: GOSUB Ra @ GOSUB TS @ GOSUB Sg @ fs1=f @ ms1=m @
RETURN
2830 Sb: GOSUB Rb @ GOSUB TS @ GOSUB Sg @ fs2=f @ ms2=m @
RETURN
2840 Sc: GOSUB Rc @ GOSUB TS @ GOSUB Sg @ fs3=f @ ms3=m @
RETURN
2850 Na: GOSUB Ra @ GOSUB TN @ GOSUB Sg @ fn1=f @ mn1=m @
RETURN
2860 Nb: GOSUB Rb @ GOSUB TN @ GOSUB Sg @ fn2=f @ mn2=m @
RETURN
2870 Nc: GOSUB Rc @ GOSUB TN @ GOSUB Sg @ fn3=f @ mn3=m @
RETURN
2880 Sg: f=a*(Um-Un)+b*(Vm-Vn) @ m=a*(Vm-Vn)+b*(Wm-Wn) @
RETURN
2890 TS: t=zm @ GOSUB Ts @ Um=U @ Vm=V @ Wm=W @ t=zn @
GOSUB Ts @ Un=U @ Vn=V @ Wn=W @ RETURN
2900 TN: t=zm @ GOSUB Tn @ Um=U @ Vm=V @ Wm=W @ t=zn @
GOSUB Tn @ Un=U @ Vn=V @ Wn=W @ RETURN
2910 Ts: U=L(0)*t+L(1)*t^2/2+L(2)*t^3/3+L(3)*t^4/
4+L(4)*t^5/5+L(5)*t^6/6+L(6)*t^7/7
2920 V=L(0)*t^2/2+L(1)*t^3/3+L(2)*t^4/4+L(3)*t^5/
5+L(4)*t^6/6+L(5)*t^7/7+L(6)*t^8/8
2930 W=L(0)*t^3/3+L(1)*t^4/4+L(2)*t^5/5+L(3)*t^6/
6+L(4)*t^7/7+L(5)*t^8/8+L(6)*t^9/9 @ RETURN
2940 Tn: U=LN(0)*t+LN(1)*t^2/2+LN(2)*t^3/3+LN(3)*t^4/
4+LN(4)*t^5/5+LN(5)*t^6/6+LN(6)*t^7/7
2950 V=LN(0)*t^2/2+LN(1)*t^3/3+LN(2)*t^4/4+LN(3)*t^5/
5+LN(4)*t^6/6+LN(5)*t^7/7+LN(6)*t^8/8
2960 W=LN(0)*t^3/3+LN(1)*t^4/4+LN(2)*t^5/5+LN(3)*t^6/
6+LN(4)*t^7/7+LN(5)*t^8/8+LN(6)*t^9/9 @ RETURN
2970 R: Fs(I)=ABS ((fs1+fs2+fs3)*Ps+(fn1+fn2+
fn3)*Pn) @ Ms(I)=ABS ((ms1+ms2+ms3)*Ps+(mn1+mn2+mn3)*Pn)@
RETURN
2980 Z: DISP "CFS";
2990 INPUT CFS@ PRINT "CFS=";CFS
3000 FOR I=1 TO N
3010 Qs(I)=Fs(I)*CFS/DX(I) @ Q(I)=Qi(I)+Qs(I)
3020 bs(I)=H-Ym(I)-Ms(I)/Fs(I) @ b(I)=(bi(I)*
Qi(I)+bs(I)*Qs(I))/(Qi(I)+Qs(I))
3030 NEXT I @ RETURN
3040 PL: PURGE "L" @ PURGE "LN" @ RETURN

```



## PROGRAMMA URAS III

```
10 REM *** URAS III ***
20 REM *** Analisi dinamica dighe di materiali
   sciolti.Eccitazione multiperiodale casuale.Due zone del
   rilevato. ***
30 REM *** Programma per valori dei parametri M=30, s=5,
   n=3 e per 20 diversi periodi delle vibrazioni (equivalenti
   a Ks da 20 a 400 con passo 20) ***
40 REM *** Tempo massimo di fase fra componenti dei
   clusters 180*2*Dts ***
50 REM *** Prg. per 50 clusters in 10 serie di 5 cls. in
   continuo ciascuna ***
60 DEF FNIM(X) = INT (X+.5)
70 DEF FNIN(X) = INT (X*1000+.5)/1000
80 PRINT @ PRINT
90 PRINT "PRG. URAS III"
100 PRINT
110 DIM Nm$(28)
120 DISP "Data e note";
130 INPUT Nm$
140 PRINT "    Data e note",Nm$
150 DISP "Vs, Vr, Ps, Pn, Zs, Zn, Ls, Ln, H, CFP";
160 INPUT Vs, Vr, Ps, Pn, Zs, Zn, Ls, Ln, H, CFP
170 A00:
180 DIM Ks(20),Kn(20),T0(20),Fr(20),B(20),C(20),R(20),Fa(20),AM(20),W(20)
190 DIM Z(30),A1(30),B1(30),A2(30),B2(30),L(30),Ane(30),Ano(30),Ase(30),Aso
   (30)
200 DIM Zs(30),A1s(30),B1s(30),A2s(30),B2s(30),
   Ls(30),VAs(30),TAs(30),VBs(30),TBs(30)
210 DIM Zn(30),A1c(30),B1c(30),A2c(30),B2c(30),
   Ln(30),VAc(30),TAc(30),VBc(30),TBc(30)
220 DIM S0(30),S1(30),S2(30),S3(30),S4(30),
   S5(30),S6(30),Me(30),Mo(30)
230 DIM C0(30),C1(30),C2(30),C3(30),C4(30),
   C5(30),C6(30),C7(30),C8(30),C9(30),C10(30),P(50)
240 M=30 @ n=3 @ s=5 @ g=9.81 @ N=20 @ Fam=180 @ Am=CFP*g
250 Vn=Vs*n/s @ Dts=H/Vs/M @ Dtn=H/Vn/M
260 FOR r=1 TO N
270 Ks(r)=20*r
```

```

280 Kn(r)=Ks(r)*n/s
290 T0(r)=Ks(r)*Dts
300 Fr(r)=INT (100/T0(r)+.5)/100
310 NEXT r
320 PRINT "Vs,Vn,Vr,Ps,Pn=";Vs;Vn;Vr;Ps;Pn
330 PRINT "Zs,Zn,Ls,Ln,H,CFP=";Zs;Zn;Ls;Ln;H;CFP @ PRINT
340 DISP "N.o reiterazioni (Rp) e periodi (Pr) per
saturazione";
350 INPUT Rp,Pr@ PRINT "N.o reiteraz.(Rp) e periodi (Pr)
per saturaz.";Rp;Pr
360 DISP "Stampa dello spettro di FOURIER (1=SI; 0=NO)";@
INPUT SSF
370 A0: !                               Inizio serie
380 DISP "Numero della serie S=";
390 INPUT S@ ss=0
400 IF S=1 THEN CREATE "P",50,8
410 A1: ss=ss+1 @ TM0=TIME @ PRINT !       Inizio cluster
420 rr=0 @ DISP @ DISP ,"*** Serie";S;"Cluster";ss;"***" @
DISP
430 PRINT @ PRINT "Serie";S;"Cluster";ss
440 FOR r=1 TO N/5
450 B(r)=2.25
460 NEXT r
470 FOR r =N/5+1 TO N*2/5
480 B(r)=3.25
490 NEXT r
500 FOR r =N*2/5+1 TO N*3/5
510 B(r)=4.25
520 NEXT r
530 FOR r =N*3/5+1 TO N*4/5
540 B(r)=5.25
550 NEXT r
560 FOR r =N*4/5+1 TO N
570 B(r)=6.25
580 NEXT r
590 GOSUB RD
600 R=INT (RND *20+.5) @ C(R)=1
610 GOSUB RD
620 FOR r=1 TO R-1
630 C(r)=R(r)
640 NEXT r
650 FOR r=R+1 TO N

```

```

660 C(r)=R(r)
670 NEXT r
680 FOR r=1 TO N
690 AM(r)=FNIN(Am*C(r))
700 NEXT r
710 GOSUB RD
720 R=INT (RND *20+.5) @ Fa(R)=0
730 GOSUB RD
740 FOR r=1 TO R-1
750 Fa(r)=2*INT (Fam*R(r)/2+.5)
760 NEXT r
770 FOR r=R+1 TO N
780 Fa(r)=2*INT (Fam*R(r)/2+.5)
790 NEXT r
800 PRINT @ IF SSF=0 THEN B
810 PRINT TAB (25);"Spettro di Fourier"
820 PRINT TAB (28);"FR";TAB (35);"AM";TAB (42);
"Fa"
830 FOR r=1 TO N
840 PRINT TAB (27);Fr(r);TAB (34);AM(r); TAB (41);Fa(r)
850 NEXT r
860 PRINT
870 B:
880 Dz=H/M @ Z0s=Zs-H @ Z0n=Zn-H @ Ns=M+Z0s/Dz @ Nn=M+Z0n/
Dz
890 Ros=Ps/g @ Ron=Pn/g @ Cs=Ros*Vs @ Cn=Ron*Vn @ Tes=Vs/Vr
@ Ten=Vn/Vr
900 W1A,AL=0
910 TS:
920 Ro=Ros @ Zb=Zs @ Nz=Ns @ Lb=Ls @ Te=Tes
930 GOSUB T
940 FOR J=0 TO M
950 Zs(J)=Z(J) @ Ls(J)=L(J)
960 NEXT J
970 FOR J=0 TO M-1
980 Als(J)=A1(J) @ B1s(J)=B1(J)
990 NEXT J
1000 FOR J=1 TO M
1010 A2s(J)=A2(J) @ B2s(J)=B2(J)
1020 NEXT J
1030 TN:
1040 Ro=Ron @ Zb=Zn @ Nz=Nn @ Lb=Ln @ Te=Ten

```

```

1050 GOSUB T
1060 FOR J=0 TO M
1070 Zn(J)=Z(J) @ Ln(J)=L(J)
1080 NEXT J
1090 FOR J=0 TO M-1
1100 A1c(J)=A1(J) @ B1c(J)=B1(J)
1110 NEXT J
1120 FOR J=1 TO M
1130 A2c(J)=A2(J) @ B2c(J)=B2(J)
1140 NEXT J
1150 PS:
1160 FOR J=0 TO M
1170 VAs(J),TAs(J)=0
1180 NEXT J
1190 Iis=0 @ Ifs=18
1200 GOSUB AS
1210 Iis=20 @ Ifs=54 @ pr=0
1220 GOSUB AS
1230 PN:
1240 FOR J=0 TO M
1250 VAc(J),TAc(J)=0
1260 NEXT J
1270 Iin=0 @ Ifn=32 @ pr=0
1280 GOSUB AN
1290 GOTO C
1300 R:
1310 GOSUB DS
1320 GOSUB DN
1330 Iis=Ifs+2 @ Ifs=Ifs+2*s @ pr=pr+1
1340 GOSUB AS
1350 Iin=Ifn+2 @ Ifn=Ifn+2*n @ pr=pr
1360 GOSUB AN
1370 C:
1380 IF pr>0 THEN 1400
1390 Pe,Po=0
1400 FOR J=0 TO M STEP 2
1410 Me(J)=S0(J)+C0(J)
1420 NEXT J
1430 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1440 Mo(J)=S1(J)+C1(J)
1450 NEXT J
1460 SMe,SMo=0

```

```

1470 FOR J=0 TO M STEP 2
1480 SMe=ABS (SMe+Me(J)) @ pe=SMe/AL
1490 NEXT J
1500 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
1510 SMO=ABS (SMo+Mo(J)) @ po=SMo/AL
1520 NEXT J
1530 IF pe>Pe OR po>Po THEN u=-1
1540 IF pe<Pe THEN 1560
1550 Pe=pe
1560 IF po<Po THEN 1590
1570 Po=po
1580 Pe=FNIM(Pe) @ Po=FNIM(Po) @ AL=FNIN(AL)
1590 u=u+1
1600 DISP "Pe=";Pe,"Po=";Po,"AL=";AL,"rep=";u;
"per=";pr
1610 IF u=0 THEN PRINT " Pe=";Pe,"Po=";Po,"AL=";AL,"rep=";u;"per=";pr
1620 DISP @ Pr1=Pr+rr*10 @ IF Rp<u+1 AND Pr1<pr+1 THEN 1640
1630 GOTO R
1640 DISP @ DISP "Pe,Po,AL,rep,per=",Pe;Po,AL,u;pr @ BEEP
1650 PRINT @ PRINT "Pe,Po,AL,rep,per=",Pe;Po,AL,u;pr
1660 DISP @ DISP "Sono Pe e Po stabilizzati su valori
costanti (1=SI; 0=NO)";
1670 INPUT PR
1680 IF PR=1 THEN GOTO 1700
1690 rr=rr+1 @ Pr1=Pr+rr*10 @ GOTO R
1700 IF Pe>Po THEN P=Pe ELSE P=Po
1710 Kk=(S-1)*5+ss
1720 ASSIGN# 1 TO "P"
1730 PRINT# 1,Kk ; P
1740 P(Kk)=P
1750 ASSIGN# 1 TO *
1760 T=INT ((TIME -TM0)/60*10+.5)/10
1770 DISP ,"Tmin=";T @ PRINT " Tempo min. ";T @ PRINT @
PRINT
1780 IF ss<5 THEN GOTO A1
1790 DISP "Continuare con altra serie (1=SI; 0=NO)";
1800 INPUT CN
1810 IF CN=1 THEN GOTO A0
1820 END
1830 T:
1840 FOR J=0 TO M
1850 Z(J)=Zb-J*Dz

```

```

1860 L(J)=Lb*(1-(J-.5)/Nz)
1870 NEXT J
1880 FOR J=0 TO M-1
1890 A1(J)=.5*LOG ((1-Dz/Z(J))^-1)+1 @ B1(J)=2-A1(J)
1900 NEXT J
1910 FOR J=1 TO M
1920 A2(J)=.5*LOG ((1+Dz/Z(J))^-1)+1 @ B2(J)=2-A2(J)
1930 NEXT J
1940 RETURN
1950 AS:
1960 C=Cs @ Dt=Dts @ Te=Tes
1970 FOR I=Iis TO Ifs STEP 2
1980 WBS=0
1990 Ts=I*Dt
2000 FOR r=1 TO N
2010 Ww=2*C(r)*Am*Dt/SIN (4*PI /Ks(r))
2020 D=(I-Fa(r))*Dt @ R=Ks(r)*B(r)*Dt @ Q=2*PI /Ks(r)/Dt
2030 IF D<0 THEN L=0 ELSE L=1
2040 W(r)=L*Ww*D*SIN (Q*D)*EXP (1-D/R)/R
2050 WBS=WBS+W(r)
2060 NEXT r
2070 VBS(0)=(VAs(1)-B1s(0)*TAs(1)/C)*Te +A1s(0)*WBS/
(A1s(0)+Te)
2080 TBS(0)=(B1s(0)*TAs(1)+(VBS(0)-VAs(1))*C)/A1s(0)
2090 FOR J=1 TO M-1
2100 TBS(J)=(VBS(J-1)-VAs(J+1))*C+B2s(J)*TBS(J-
1)+B1s(J)*TAs(J+1)/(A1s(J)+A2s(J))
2110 VBS(J)=(-B1s(J)*TAs(J+1)+A1s(J)*TBS(J))/C
+VAs(J+1)
2120 NEXT J
2130 VBS(M)=VBS(M-1)+TBS(M-1)*B2s(M)/C @ TBS(M)=0
2140 IF I<20 THEN CSS
2150 CS:
2160 FOR J=0 TO M STEP 2
2170 Ase(J)=(VBS(J)-VAs(J))/2/Dts
2180 Ms=Ase(J)*Ros*Ls(J)*J
2190 U=I+J-2*pr*s
2200 IF U=50 THEN 2240
2210 IF U=60 THEN 2250
2220 IF U=70 THEN 2260
2230 IF U=80 THEN 2270
2240 S0(J)=Ms @ GOTO 2280

```

```

2250 S2(J)=Ms @ GOTO 2280
2260 S4(J)=Ms @ GOTO 2280
2270 S6(J)=Ms
2280 NEXT J
2290 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
2300 Aso(J)=(VBs(J)-VAs(J))/2/Dts
2310 Ms=Aso(J)*Ros*Ls(J)*J
2320 U=I+J-2*pr*s
2330 IF U=55 THEN 2360
2340 IF U=65 THEN 2370
2350 IF U=75 THEN 2380
2360 S1(J)=Ms @ GOTO 2390
2370 S3(J)=Ms @ GOTO 2390
2380 S5(J)=Ms
2390 NEXT J
2400 CSS:
2410 FOR J=0 TO M
2420 TAs(J)=TBs(J) @ VAs(J)=VBs(J)
2430 NEXT J
2440 NEXT I
2450 RETURN
2460 AN:
2470 C=Cn @ Dt=Dtn @ Te=Ten
2480 FOR I=Iin TO Ifn STEP 2
2490 Wbn=0
2500 Tn=I*dt
2510 FOR r=1 TO N
2520 Ww=2*C(r)*Am*Dtn/SIN(4*PI/Kn(r))
2530 D=(I-Fa(r))*Dt @ R=Kn(r)*B(r)*Dt @ Q=2*PI/Kn(r)/Dt
2540 IF D<0 THEN L=0 ELSE L=1
2550 W(r)=L*Ww*D*SIN(Q*D)*EXP(1-D/R)/R
2560 Wbn=Wbn+W(r)
2570 NEXT r
2580 wlb=Wbn @ Al=ABS(wla-wlb)/2/Dt
2590 IF Al<AL THEN 2610
2600 AL=Al
2610 wla=wlb
2620 Vbc(0)=(VAc(1)-B1c(0)*TAc(1)/C)*Te +Alc(0)*Wbn/(Alc(0)+Te)
2630 Tbc(0)=(B1c(0)*TAc(1)+(Vbc(0)-VAc(1))*C)/Alc(0)
2640 FOR J=1 TO M-1
2650 Tbc(J)=((Vbc(J-1)-VAc(J+1))*C +B2c(J)*Tbc(J)-

```

```

1)+B1c(J)*TAc(J+1))/(A1c(J)+A2c(J))
2660 VBc(J)=(-(B1c(J)*TAc(J+1))+A1c(J)*TBc(J))/C+VAc(J+1)
2670 NEXT J
2680 VBc(M)=VBc(M-1)+TBc(M-1)*B2c(M)/C @ TBc(M)=0
2690 CN:
2700 FOR J=1 TO M-1 STEP 2
2710 Ano(J)=(VBc(J)-VAc(J))/2/Dtn
2720 Mn=Ano(J)*Ron*Ln(J)*J
2730 U=I+J-2*pr*n
2740 IF U=33 THEN 2790
2750 IF U=39 THEN 2800
2760 IF U=45 THEN 2810
2770 IF U=51 THEN 2820
2780 IF U=57 THEN 2830
2790 C1(J)=Mn @ GOTO 2840
2800 C3(J)=Mn @ GOTO 2840
2810 C5(J)=Mn @ GOTO 2840
2820 C7(J)=Mn @ GOTO 2840
2830 C9(J)=Mn
2840 NEXT J
2850 FOR J=0 TO M STEP 2
2860 Ane(J)=(VBc(J)-VAc(J))/2/Dtn
2870 Mn=Ane(J)*Ron*Ln(J)*J
2880 U=I+J-2*pr*n
2890 IF U=30 THEN 2950
2900 IF U=36 THEN 2960
2910 IF U=42 THEN 2970
2920 IF U=48 THEN 2980
2930 IF U=54 THEN 2990
2940 IF U=60 THEN 3000
2950 C0(J)=Mn @ GOTO 3010
2960 C2(J)=Mn @ GOTO 3010
2970 C4(J)=Mn @ GOTO 3010
2980 C6(J)=Mn @ GOTO 3010
2990 C8(J)=Mn @ GOTO 3010
3000 C10(J)=Mn
3010 NEXT J
3020 FOR J=0 TO M
3030 TAc(J)=TBc(J) @ VAc(J)=VBc(J)
3040 NEXT J
3050 NEXT I
3060 RETURN

```



```

3070 DS:
3080 FOR J=7 TO M-1 STEP 2
3090 C1(J)=C3(J)
3100 NEXT J
3110 FOR J=11 TO M-1 STEP 2
3120 S1(J)=S3(J)
3130 NEXT J
3140 FOR J=13 TO M-1 STEP 2
3150 C3(J)=C5(J)
3160 NEXT J
3170 FOR J=21 TO M-1 STEP 2
3180 S3(J)=S5(J)
3190 NEXT J
3200 FOR J=19 TO M-1 STEP 2
3210 C5(J)=C7(J)
3220 NEXT J
3230 FOR J=25 TO M-1 STEP 2
3240 C7(J)=C9(J)
3250 NEXT J
3260 RETURN
3270 DN:
3280 FOR J=4 TO M STEP 2
3290 C0(J)=C2(J)
3300 NEXT J
3310 FOR J=6 TO M STEP 2
3320 S0(J)=S2(J)
3330 NEXT J
3340 FOR J=10 TO M STEP 2
3350 C2(J)=C4(J)
3360 NEXT J
3370 FOR J=16 TO M STEP 2
3380 S2(J)=S4(J)
3390 NEXT J
3400 FOR J=16 TO M STEP 2
3410 C4(J)=C6(J)
3420 NEXT J
3430 FOR J=26 TO M STEP 2
3440 S4(J)=S6(J)
3450 NEXT J
3460 FOR J=22 TO M STEP 2
3470 C6(J)=C8(J)
3480 NEXT J

```

```
3490 FOR J=28 TO M STEP 2
3500 C8(J)=C10(J)
3510 NEXT J
3520 RETURN
3530 RD:
3540 RANDOMIZE
3550 FOR r=1 TO N
3560 R(r)=RND
3570 NEXT r
3580 RETURN
```

## PROGRAMMA URAS IV

```
10 REM *** URAS IV ***
20 REM *** Recupero del file dei valori di P e
determinazione delle probabilità di Q ***
30 REM *** Variare le linee 50, 120 e 420 secondo la fun-
zione prescelta per la trasformazione della distribuzione
in normale ***
40 PRINT "PRG. URAS IV " @ PRINT
50 PRINT "Funzione di trasformazione: L(I)= Ln Q(I)"
60 DISP "Quanti P ";
70 INPUT p
80 DIM L(50) ,SR(50)
90 ASSIGN# 1 TO "P"
100 FOR I=1 TO p
110 READ# 1,I ; P
120 L(I)=LOG (P)
130 NEXT I
140 SM=0
150 FOR I=1 TO p
160 SM=SM+L(I)
170 NEXT I
180 M=INT (SM*1000/p+.5)/1000
190 D=0
200 FOR I=1 TO p
210 D=D+(L(I)-M)^2
220 NEXT I
230 SC=INT ((D/(p-1))^*.5*1000+.5)/1000
240 DISP ,"Media=";M;"Sqm.=";SC @ PRINT
,"Media=";M;"Sqm.=";";SC
250 FOR I=1 TO p
260 SR(I)=INT ((L(I)-M)/SC*1000+.5)/1000
270 NEXT I
280 FOR I=1 TO p
290 FOR J=I+1 TO p
300 IF SR(I)>SR(J) OR SR(J)=SR(I) THEN 320
310 F=SR(I) @ SR(I)=SR(J) @ SR(J)=F
320 NEXT J
330 NEXT I @ PRINT
340 PRINT TAB (10);"I";TAB (20);"Fi(Lam)";TAB (35);"Lam"
```

```

350 FOR J=1 TO p
360 PRINT TAB (9);J;TAB (20);INT (J/p*1000+.5)/1000;TAB
(35);SR(J)
370 NEXT J
380 r=0 @ DISP "Quanti Q ";
390 INPUT q
400 DISP "Q";
410 INPUT Q
420 PRINT @ G=LOG (Q)
430 Srq=INT ((G-M)/SC*1000+.5)/1000 @ G=INT (G*10000+.5)/
10000
440 DISP ,"L(Q);Lam L(Q)=";G;Srq @ PRINT
450 PRINT ,"L(Q);Lam L(Q)=";G;Srq
460 r=r+1 @ IF r<q THEN 400
470 DISP " Purge P (1=SI, 0=NO)";
480 INPUT PP
490 IF PP=0 THEN 510
500 PURGE "p"
510 END

```

