

Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione (*)

(CNR 10021-85)

Premessa

Le presenti Istruzioni sostituiscono ed annullano le precedenti pubblicate sul « Bollettino Ufficiale del CNR », anno XIII, pt. IV, n. 73 del 27 dicembre 1979.

Sommario

1. INTRODUZIONE	pag. 1	6. VERIFICHE	pag. 8
1.1. Oggetto	1	6.1. Generalità	8
1.2. Scopo	1	6.2. Metodo delle tensioni ammissibili	9
2. CLASSIFICAZIONE DEGLI APPARECCHI NEL LORO INSIEME	2	6.3. Metodo semiprobabilistico agli stati limite	9
2.1. Numero totale dei cicli di carico	2	6.4. Verifica a fatica degli elementi	9
2.2. Regime di carico	2	7. STABILITÀ AL RIBALTAMENTO E SICUREZZA CONTRO IL TRASCINAMENTO DA PARTE DEL VENTO	9
2.3. Classe dell'apparecchio	2	7.1. Stabilità al ribaltamento	9
3. FORZE DA CONSIDERARE NEL CALCOLO	3	7.2. Sicurezza contro il trascinamento da parte del vento	9
3.1. Generalità	3	8. REGOLE PRATICHE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE	10
3.2. Forze regolari	3	9. REDAZIONE DEL PROGETTO, COLLAUDO, SORVEGLIANZA E MANUTENZIONE	10
3.3. Forze occasionali	4	9.1. Redazione del progetto	10
3.4. Forze eccezionali	6	9.2. Collaudo	10
3.5. Forze speciali	7	10. TARGHE E INDICAZIONI	10
4. CONDIZIONI DI CARICO	7	APPENDICE I (in sospenso)	
4.1. Generalità	7	APPENDICE II - Fattore di spettro degli spettri gaussiani	10
4.2. Coefficiente di maggiorazione M	7	APPENDICE III - Indicazione per la attribuzione della classe degli apparecchi	11
4.3. Condizione di carico I - Servizio con forze regolari	7	APPENDICE IV - Vie di corsa	11
4.4. Condizione di carico II - Servizio con forze regolari e forze occasionali	7		
4.5. Condizione di carico III - Carichi eccezionali	7		
4.6. Sintesi delle condizioni di carico	8		
5. MATERIALI	8		

1. Introduzione

1.1. Oggetto

Formano oggetto della presente norma le strutture di acciaio, con esclusione dei meccanismi, per apparecchi di sollevamento non disciplinati da apposita regolamentazione.

La presente norma si riferisce alle strutture degli apparecchi destinati al sollevamento di materiali: precauzioni aggiuntive dovranno essere adottate nel caso di apparecchi destinati al sollevamento di persone.

Per le strutture delle autogru e degli apparecchi analoghi mobili non su rotaia valgono le istruzioni riportate in Appendice I.

1.2. Scopo

La presente norma ha lo scopo di stabilire la classificazione e le basi di calcolo per la progettazione delle strutture in acciaio per gli apparecchi di sollevamento. La presente norma è coordinata con le seguenti norme:

— CNR-10011/85 « Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione ».

(*) Testo approvato dalla Commissione nella riunione del 20 novembre 1985.

— CNR-10022/85 « Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo - Istruzioni per l'impiego ».

— CNR-10029/85 « Costruzioni in acciaio ad elevata resistenza - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione ».

Per i meccanismi e le apparecchiature elettriche si rinvia alle seguenti norme:

— UNI 7670: « Meccanismi per apparecchi di sollevamento - Istruzioni per il calcolo ».

— CEI « Apparecchiature elettriche per apparecchi di sollevamento ».

2. Classificazione degli apparecchi nel loro insieme

Gli apparecchi di sollevamento nel loro insieme vengono raggruppati in classi in relazione ai compiti che devono assolvere durante la loro vita.

La classe è definita in base ai due parametri seguenti:

- il numero totale dei cicli di carico;
- il regime di carico.

2.1. Numero totale dei cicli di carico

Come numero totale dei cicli di carico n si intende il presunto numero di cicli che l'apparecchio effettuerà nel corso della sua vita.

Un ciclo di carico ha inizio quando il carico comincia ad essere sollevato ed ha termine il momento in cui, depositato il carico, l'apparecchio è pronto per un nuovo sollevamento.

Sono previsti, ai fini della classificazione, dieci intervalli U_i del numero totale dei cicli n ; essi vengono definiti secondo le modalità precisate nel prospetto 2-I.

Prospetto 2-I

Simbolo	Numero totale dei cicli n
U_0	$0 < n \leq 16.000$
U_1	$16.000 < n \leq 32.000$
U_2	$32.000 < n \leq 63.000$
U_3	$63.000 < n \leq 125.000$
U_4	$125.000 < n \leq 250.000$
U_5	$250.000 < n \leq 500.000$
U_6	$500.000 < n \leq 1.000.000$
U_7	$1.000.000 < n \leq 2.000.000$
U_8	$2.000.000 < n \leq 4.000.000$
U_9	$4.000.000 < n$

2.2. Regime di carico

Il regime di carico è caratterizzato da uno spettro (come quello indicato a titolo di esempio nel diagramma 2-I), cioè da una funzione che mette in relazione i carichi che l'apparecchio è destinato ad innalzare nel corso della sua vita con il numero di volte in cui tale innalzamento avviene. Il regime di carico è identificato dal fattore di spettro definito dalla seguente espressione:

$$Kp = \sum_i \frac{n_i}{n} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3$$

dove:

- n_i numero di volte in cui viene innalzato il carico P_i ;
- n numero totale dei cicli di carico;
- P_{max} massimo valore di P_i .

Sono previsti, ai fini della classificazione, quattro valori tipici Q_i del regime di carico definiti in base al fattore di spettro secondo le modalità precisate nel prospetto 2-II.

Prospetto 2-II

Simbolo del regime del carico	Valore del fattore di spettro
Q_1	$Kp \leq 0,125$
Q_2	$0,125 < Kp \leq 0,250$
Q_3	$0,250 < Kp \leq 0,500$
Q_4	$0,500 < Kp \leq 1,000$

In assenza di precise esigenze di servizio o criteri particolari di progetto può essere utile avere presente il valore assunto dal fattore di spettro per gli spettri di carico gaussiani, sia per i quattro classici sia per quelli intermedi: a tal fine in Appendice II è riportato il diagramma di correlazione unitamente al tracciato di questi spettri.

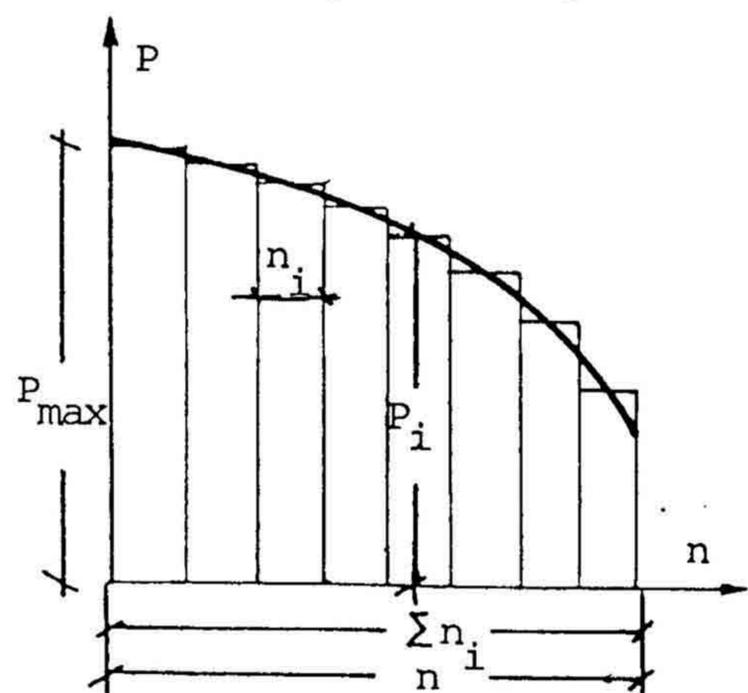
2.3. Classe dell'apparecchio

Il prodotto del numero dei cicli totale n per il fattore di spettro Kp determina il parametro base della classificazione dell'apparecchio e viene chiamato « classe »; la classe A è quindi definita dalla seguente espressione:

$$A = n \cdot Kp = \sum_i \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3$$

Ai fini applicativi l'accoppiamento dei valori tipici di Kp e di n dà luogo ad otto diverse classi A_i ; la dipendenza delle classi A_i dai valori Q_i ed U_i è indicata nel prospetto 2-III.

Diagramma 2-I - Esempificazione di spettro di carico



Prospetto 2-III

Regime di carico	Numero totale dei cicli									
	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
Q1	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

Gli apparecchi destinati alla movimentazione di materiali pericolosi (metalli incandescenti, prodotti chimici nocivi, ecc.) oppure operanti in ambienti particolarmente aggressivi (per alta temperatura o per atmosfera corrosiva), debbono considerarsi appartenenti alla classe immediatamente superiore a meno che le strutture non siano adeguatamente protette.

Indicazioni per la attribuzione della classe degli apparecchi sono riportate in Appendice III.

3. Forze da considerare nel calcolo

3.1. Generalità

Il calcolo delle strutture si effettua tenendo conto delle forze seguenti:

- forze regolari, che agiscono regolarmente durante il normale esercizio dell'apparecchio;
- forze occasionali, che si manifestano saltuariamente sull'apparecchio in servizio;
- forze eccezionali, che si possono manifestare sull'apparecchio sia in esercizio, sia fuori servizio;
- forze speciali che si manifestano durante il montaggio e lo smontaggio o localmente.

3.2. Forze regolari

Le forze regolari sono:

- carico di servizio SQ ;
- peso proprio G ;
- forze di inerzia verticali;
- forze di inerzia dovute ai movimenti H .

3.2.1. Carico di servizio SQ

È costituito dal carico utile Q e dal peso di tutti gli accessori sollevati (bozzello, gancio, traversa, benna, funi, ecc.).

3.2.2. Peso proprio G

Sono da considerare tutti i pesi delle parti fisse e mobili presenti in esercizio, compresi gli equipaggiamenti meccanici, elettrici, idraulici e le funi, escludendo solo le parti considerate nel carico di servizio.

3.2.3. Forze di inerzia verticali

Tali forze derivano dalla applicazione repentina del carico di servizio e dalle accelerazioni, positive o negative, durante il movimento verticale del carico. Si possono trascurare gli urti dovuti allo scorrimento sulle vie di corsa, nella ipotesi che i giunti delle rotaie siano correttamente eseguiti ed in buono stato di conservazione.

3.2.3.1. Forze dovute al movimento verticale del carico di servizio

Si tiene conto di tali forze moltiplicando il carico di servizio SQ per il coefficiente dinamico Ψ dato dalla espressione

$$\Psi = 1 + K \cdot V_s$$

dove:

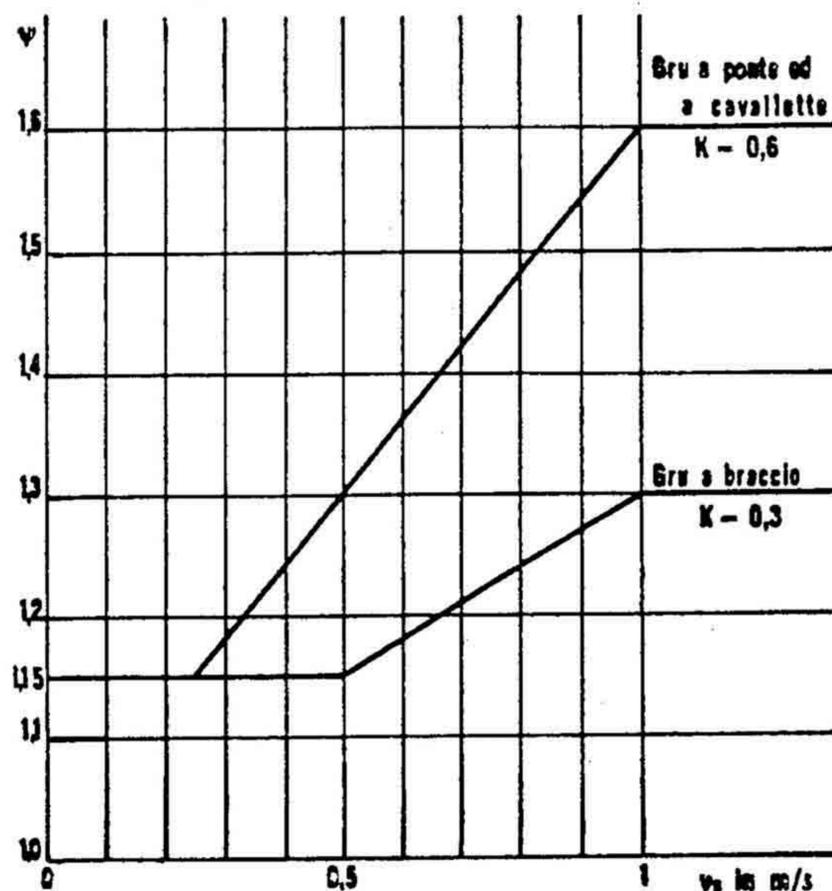
V_s è la velocità del movimento verticale espressa in m/s;

K è un coefficiente da assumere pari a:

- 0,6 per gru a ponte e per gru a cavalletto
- 0,3 per gru a braccio.

Il valore massimo della velocità di sollevamento da considerare nella applicazione della formula è 1 m/s; per velocità maggiori di 1 m/s il coefficiente dinamico resta costante (ved. il diagramma 3-I). Peraltro il coefficiente dinamico Ψ non deve essere minore di 1,15.

Diagramma 3-I - Coefficiente dinamico



3.2.3.2. Forze dovute al rilascio del carico di servizio

Nel caso che l'apparecchio sia sottoposto regolarmente a rilascio istantaneo di tutto o di parte del carico di servizio, le forze che ne derivano si tengono in conto moltiplicando il carico di servizio SQ per il coefficiente:

$$\Psi^* = 1 - (\Delta SQ/SQ) (1 + \beta)$$

nella quale:

ΔSQ è la parte del carico di servizio SQ che viene rilasciata;

β è un coefficiente da assumere uguale a:

- 1 se l'organo di sollevamento è un magnete o similare
- 0,5 se l'organo di sollevamento è un polipo o similare.

Nel caso di bracci sospesi con fune occorre tener conto degli effetti che derivano dalla ricaduta del braccio.

3.2.3.3. Caso particolare

Se gli sforzi dovuti al carico di servizio sono di segno opposto a quello degli sforzi dovuti al peso proprio, è opportuno accertarsi che gli sforzi che si manifestano in fase di scarico dell'apparecchio $G - SQ (\Psi - 1)/2$ non risultino più gravosi di quelli con l'apparecchio carico $G + \Psi \cdot SQ$.

3.2.4. Forze di inerzia dovute ai movimenti H

Qualora si faccia riferimento a schemi rigidi per il calcolo delle forze di inerzia dovute ai movimenti, queste vanno maggiorate di un fattore 1,5. Detta maggiorazione non va applicata alla forza centrifuga.

3.2.4.1. Movimenti di traslazione e di scorrimento

Le forze di inerzia devono essere calcolate in base alla effettiva coppia acceleratrice (o deceleratrice) agente sull'albero motore dei meccanismi, coerentemente con un appropriato uso della macchina. Se non diversamente stabilito dalle condizioni di progetto il valore della accelerazione si può fissare tra 0,1 e 0,2 m/s² per apparecchi lenti con velocità fino a 1 m/s. Per velocità maggiori si può fissare l'accelerazione tra 0,2 e 0,4 m/s² con durata dell'accelerazione tra 3 e 10 s.

Lo sforzo da considerare deve essere almeno 1/30 ed al massimo 1/4 del carico sulle ruote motrici o sulle ruote frenate.

3.2.4.2. Movimenti di rotazione o di variazione dello sbraccio

Le forze di inerzia devono essere calcolate in base alla effettiva coppia acceleratrice (o deceleratrice) agente sull'albero motore dei meccanismi, coerentemente con un appropriato uso della macchina. Se non diversamente stabilito dalle condizioni di progetto il valore della accelerazione alle estremità del braccio si può fissare tra 0,1 e 0,6 m/s², in funzione della velocità di rotazione e dello sbraccio della gru, in modo che la durata della accelerazione stessa sia compresa tra 5 e 12 s.

3.2.4.3. Forza centrifuga

Si tien conto della forza centrifuga prodotta dal carico di servizio, nel caso di gru girevoli.

3.3. Forze occasionali

Le forze occasionali sono:

- forze di serpeggiamento SE;
- forze dovute al vento in esercizio V;
- forze dovute alla neve e al ghiaccio N;
- forze dovute alle variazioni termiche TE.

3.3.1. Serpeggiamento SE

L'apparecchio di sollevamento oppure una sua parte (ad esempio il carrello), durante il movimento di scorrimento o di traslazione, si può considerare soggetto alle forze orizzontali seguenti dovute al serpeggiamento (diagramma 3-II):

— F trasversale alla via di corsa, applicata in corrispondenza del punto di contatto tra l'elemento di guida più avanzato (ruota o rullo) nella direzione del moto e la rotaia più vicina al baricentro delle masse traslate;

— X_{vi} ed Y_{vi} rispettivamente parallele e perpendicolari alla via di corsa applicate in corrispondenza del punto di contatto della ruota i con la rotaia v .

I valori delle componenti di reazione sopra citati sono forniti dalle seguenti espressioni:

$$F = \lambda \cdot f \cdot R$$

$$X_{vi} = \lambda_{vix} \cdot f \cdot R$$

$$Y_{vi} = \lambda_{viy} \cdot f \cdot R$$

dove:

R è il peso totale delle parti in movimento con baricentro G (diagramma 3-II);

i coefficienti λ , λ_{vix} , λ_{viy} si valutano seguendo le indicazioni del prospetto 3-I; si indicano con n il numero delle coppie di ruote sulle quali appoggia la struttura in movimento con m il numero delle coppie di ruote collegate in rotazione mediante albero elettrico o meccanico; le grandezze geometriche ξ_i ed e_i sono indicate nel diagramma 3-II;

f è il coefficiente di attrito tra rotaia e bordino delle ruote.

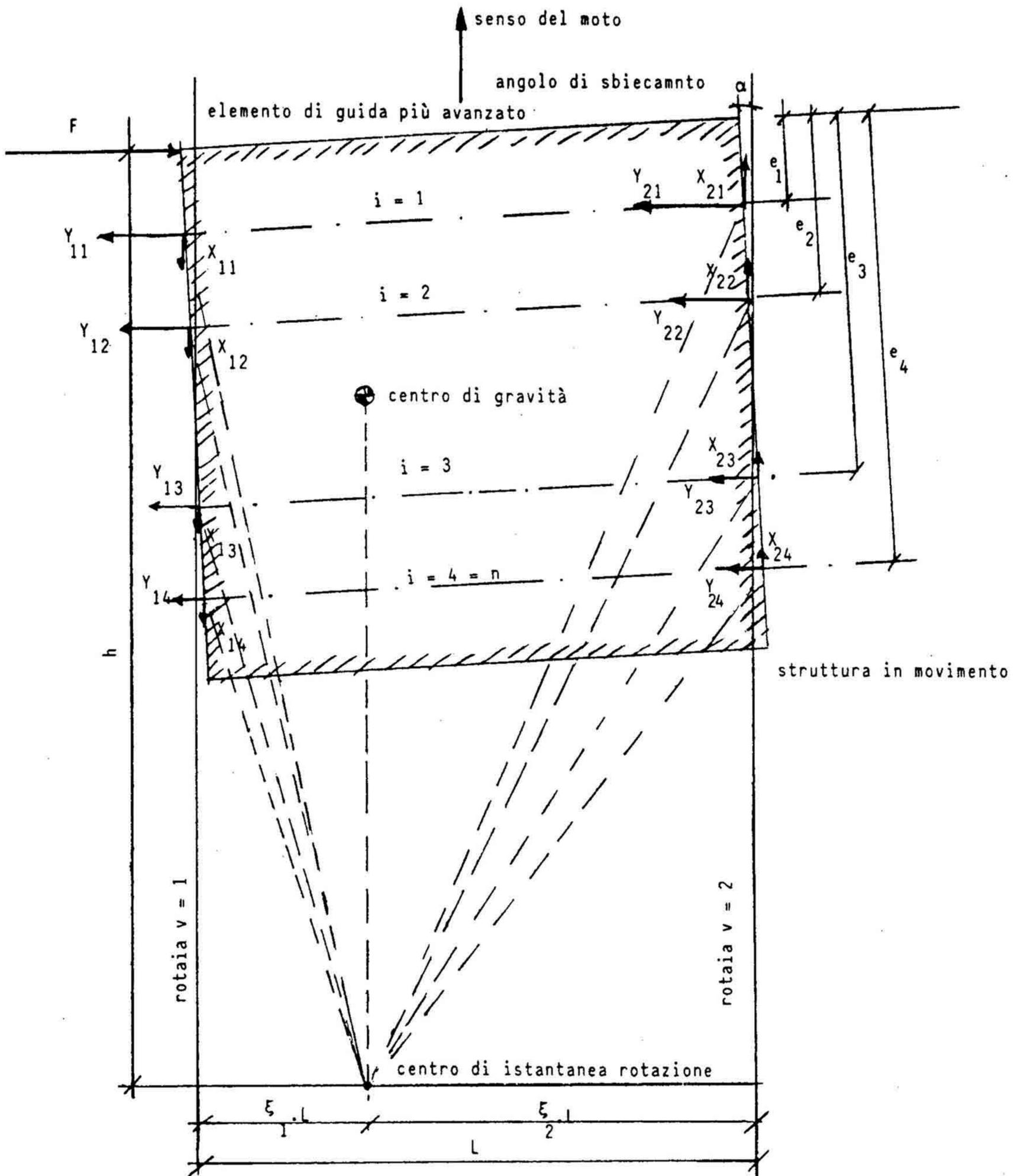
Il coefficiente di attrito f si assume venga fornito dalla seguente espressione:

$$f = 0,3 \cdot \{1 - e^{-250\alpha}\}$$

Prospetto 3-I - Coefficienti λ

	Ruote assialmente bloccate		Ruote assialmente libere	
	Gruppi di comando indipendente	Albero meccanico o elettrico	Gruppi di comando indipendente	Albero meccanico o elettrico
λ	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n \cdot h}$	$\frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n \cdot h}$	$\xi_1 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n \cdot h}\right)$	$\frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n \cdot h}$
h	$\frac{m \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot L^2 + \sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n e_i}$	$\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n e_i}$	$\frac{m \cdot \xi_2 \cdot L^2 + \sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n e_i}$	$\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n e_i}$
λ_{1iy}		$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_i}{h}\right)$		
λ_{2iy}	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_i}{h}\right)$		0	
λ_{vix}	0	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot L}{n \cdot h}$	0	$\frac{\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot L}{n \cdot h}$

Diagramma 3-II



è l'angolo di sbiecamnto tra la struttura in movimento e le relative vie di corsa, espresso in radianti, da calcolarsi come somma dei seguenti tre valori:

- α' corrispondente al 75% dell'angolo di sbiecamnto dovuto al gioco tra elementi di guida e rotaie; gioco da non assumersi minore di 10 mm nel caso di ruote con bordino e di 5 mm nel caso di rulli di contrasto;
- α'' angolo di sbiecamnto dovuto alla usura della testa delle rotaie, usura da assumersi pari al 10% della larghezza della testa nel caso di ruote con bordini e al 5% della larghezza della testa nel caso di rulli di contrasto;

α''' da assumersi pari a 0,001 rad, per tener conto delle tolleranze dimensionali sia dell'apparecchio sia delle vie di corsa.

3.3.2. Vento in servizio V

È il vento massimo per il quale è previsto che l'apparecchio rimanga in servizio.

Le azioni del vento si considerano, di regola, di carattere statico dirette orizzontalmente.

La pressione cinetica del vento da considerare nel calcolo per apparecchio in servizio è indicata nel prospetto 3-II. La pressione cinetica si considera costante per tutta l'altezza dell'apparecchio.

Si deve tener presente che l'azione del vento durante l'esercizio può influire sui tempi di avviamento e di frenatura e

Tipo di apparecchio	Pressione cinetica (N/m ²)	Velocità (m/s)
Apparecchi protetti contro l'azione del vento e/o progettati per utilizzazione solo in presenza di vento moderato (ad esempio gru da montaggio)	125	14
Apparecchi di tipo generale installati all'aperto	250	20
Apparecchi portuali che devono operare anche con vento sostenuto	500	28

quindi sulle forze di inerzia dovute ai movimenti orizzontali e la forza centrifuga.

Se sono disponibili precise indicazioni sulle forme e dimensioni del carico da sollevare, si considera la superficie maggiore che può essere esposta al vento. In mancanza di tali indicazioni si suppone che il carico sospeso offra al vento una superficie di 0,10 m²/kN e il coefficiente di espansione o di forma si assume $c = 1,2$; la pressione cinetica si deduce dal prospetto 3-II.

Per elevati valori di superfici esposte al vento è consentito prescrivere l'uso dell'apparecchio con pressioni del vento ridotte.

3.3.3. Neve e ghiaccio N

Normalmente il carico da neve o da formazione di ghiaccio non è da considerare, perché trascurabile sia per apparecchio in servizio che con apparecchio con lunghi periodi di inattività. Occorrendo, si fa riferimento a quanto stabilito dalle norme a carattere generale circa i carichi da considerare sulle costruzioni.

3.3.4. Variazioni termiche TE

In genere non sono da considerare le forze dovute a variazioni termiche, tranne nel caso di elementi soggetti a dilatazioni differenziali locali dovute alla temperatura.

3.4. Forze eccezionali

Le forze eccezionali sono:

- forze dovute al vento massimo W ;
- forze dovute al carico di prova QP ;
- forze dovute ad urti contro i respingenti UR ;
- forze dovute ad urti contro ostacoli fissi UO ;
- forze dovute agli effetti sismici E .

3.4.1. Vento massimo W

Sono le forze dovute al vento massimo alle quali l'apparecchio installato all'aperto può essere sottoposto.

Si considerano due differenti possibilità:

- apparecchi destinati ad operare in località stabilita dal committente;
- apparecchi trasferibili destinati ad essere trasportati da una località ad un'altra.

3.4.1.1. Apparecchi che operano in località fissa

La pressione cinetica del vento da considerare nel calcolo è definita nel D.M. 3 ottobre 1978 o nella Norma CNR-10012/85 « Azioni sulle costruzioni ».

3.4.1.2. Apparecchi trasferibili

La pressione cinetica del vento da considerare nel calcolo è definita nel prospetto 3-III.

Prospetto 3-III - Vento massimo. Apparecchi trasferibili

Parte dell'apparecchio	Pressione cinetica (N/m ²)	Velocità (m/s)
compresa tra quota terreno e quota +20 m	800	36
compresa tra quota +20 m e quota +100 m	1100	42
oltre quota +100 m	1300	46

Per gli apparecchi con braccio rapidamente abbassabile le verifiche in presenza di vento massimo potranno essere effettuate in quella configurazione.

Resta onere del progettista indicare all'utilizzatore i provvedimenti da adottare qualora l'apparecchio trasferibile venga impiegato in località ove è prevedibile che la pressione cinetica del vento superi i valori indicati nel prospetto 3-III.

3.4.2. Carico di prova QP

Le forze derivanti dal carico di prova sono determinate considerando come carico di servizio il valore:

$$QP = SQ + Q(k-1)$$

nella quale:

SQ è il carico di servizio;

Q è il carico utile;

k il maggiore tra i valori k_s e Ψk_d ; k_s e k_d sono le maggiorazioni del carico per le prove statica e dinamica (ved. 9.2.2.).

3.4.3. Urto contro i respingenti UR

Non si tiene conto degli effetti dovuti all'urto contro i respingenti quando la velocità di traslazione è minore di 0,7 m/s. Per velocità maggiori si ammette che il respingente sia in grado di assorbire l'energia cinetica dell'apparecchio (senza il carico di servizio, salvo che questo sia rigidamente collegato all'apparecchio) corrispondente ad una velocità pari al 70% di quella di regime. Tuttavia quando, oltre ai normali interruttori di fine corsa, sia previsto l'intervento di idonei e sicuri dispositivi di riduzione della velocità, è lecito riferirsi a tale velocità ridotta.

In funzione della decelerazione che il respingente imprime all'apparecchio si calcolano gli sforzi nella struttura.

Qualora si faccia riferimento a schemi rigidi per il calcolo delle forze d'urto contro i respingenti, queste vanno maggiorate di un fattore da assumere uguale a:

1,25 per respingenti con caratteristica lineare delle molle

1,60 per respingenti idraulici a forza costante.

3.4.4. Urto contro ostacoli fissi UO

Se il carico di servizio è rigidamente collegato all'apparecchio si tiene conto degli effetti derivanti dall'urto, salvo più precise analisi, considerando applicata in corrispondenza del carico stesso una forza orizzontale tale da provocare il sollevamento del carrello da un lato.

Se il carrello può ricadere in modo incontrollato nella sua posizione normale, occorrerà considerare anche gli effetti derivanti dall'urto sulle strutture interessate.

3.4.5. Sisma E

Anche nelle zone definite sismiche gli effetti sismici non sono da considerare, se non per esplicita richiesta dell'utilizzatore, che deve precisare in uno speciale capitolato gli spettri di risposta relativi alla base di appoggio dell'apparecchio, ed i criteri di verifica statica ed al ribaltamento.

3.5. Forze speciali

Le forze speciali sono:

- forze che si generano durante il montaggio e lo smontaggio;
- sovraccarichi sulle piattaforme e sui piani di accesso.

3.5.1. Montaggio e smontaggio MO

Si deve tener conto di tutte le forze che vengono applicate sulle strutture dell'apparecchio in ogni fase del montaggio e dello smontaggio.

3.5.2. Carico sulle passerelle e sui piani di accesso

I carichi accidentali sulle passerelle di accesso alle cabine di comando ed alle piattaforme da considerare nel calcolo sono indicati nel prospetto 3-IV. Il carico accidentale verticale si considera distribuito su un quadrato avente lato cm 50.

Prospetto 3-IV - Carichi accidentali sulle passerelle

Carico verticale su passerelle da manutenzione	3000 N
Carico verticale su passerelle per transito personale	1500 N
Spinta orizzontale sui parapetti nella posizione più sfavorevole	300 N
N.B.: La verifica va eseguita in condizioni di carico I, omettendo quella a fatica.	

4. Condizioni di carico

4.1. Generalità

Si devono considerare le tre condizioni di carico seguenti:

- I servizio con forze regolari;
- II servizio con forze regolari e forze occasionali;
- III carichi eccezionali.

Le forze da considerare nel calcolo, per ciascuna condizione di carico, valutare in base a quanto esposto al punto 3 sono specificate nei successivi punti 4.3., 4.4. e 4.5. insieme ai relativi coefficienti moltiplicativi.

4.2. Coefficiente di maggiorazione M

Il valore del coefficiente di maggiorazione M si assume in base al prospetto 4-I.

Prospetto 4-I - Coefficiente di maggiorazione M

Classe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Valore del coefficiente M	1	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

4.3. Condizione di carico I. Servizio con forze regolari

Si considerano gli effetti statici dovuti a:

- peso proprio G;
- carico di servizio SQ moltiplicato per il coefficiente dinamico Ψ e Ψ^* definiti al punto 3.2.3.;
- la più sfavorevole H tra le 4 seguenti combinazioni di forze orizzontali:
 - H1 inerzia di traslazione ed inerzia di rotazione (3.2.4.1. e 3.2.4.2.)
 - H2 inerzia di scorrimento ed inerzia di rotazione (3.2.4.1. e 3.2.4.2.)
 - H3 forza centrifuga ed inerzia di rotazione (3.2.4.3. e 3.2.4.2.)
 - H4 inerzia di rotazione ed inerzia di manovra braccio (3.2.4.2.).

moltiplicati per il coefficiente di maggiorazione M.

Si dovranno dunque considerare le seguenti combinazioni di carico:

$$M \cdot (G + SQ \cdot \Psi + H)$$

$$M \cdot (G + SQ \cdot \Psi^* + H)$$

Nel valutare le quattro combinazioni di forze di inerzia occorre considerare le inerzie che possono effettivamente manifestarsi contemporaneamente. Nel caso, ad esempio, che il movimento di scorrimento serva solo a posizionare l'apparecchio, l'inerzia relativa va valutata isolatamente.

4.4. Condizione di carico II.

Servizio con forze regolari e forze occasionali

Nella condizione di carico II si tiene conto, oltre agli effetti delle forze regolari, anche degli effetti delle forze occasionali che si possono manifestare dovute al serpeggiamento SE, al vento in esercizio V, alla neve e ghiaccio N e alle variazioni termiche TE. Si dovranno dunque considerare le seguenti combinazioni di carico:

$$M \cdot (G + SQ \cdot \Psi + H) + SE + V + N + TE$$

$$M \cdot (G + SQ \cdot \Psi^* + H) + SE + V + N + TE$$

Si deve tener presente che nella condizione di carico II le forze di inerzia dovute ai movimenti orizzontali possono avere valore differente da quello che esse assumono nella condizioni di carico I, poiché l'azione del vento influisce sui tempi di avviamento e di frenatura.

Se le operazioni di montaggio e smontaggio si verificano più di una volta al mese, gli effetti relativi indicati al punto 4.5.5. sono da considerarsi in condizione di carico II, anziché III.

4.5. Condizione di carico III.

Carichi eccezionali

Si considera la più sfavorevole tra le seguenti combinazioni di carico, se possono verificarsi:

4.5.1. Apparecchio fuori servizio soggetto all'azione del vento

Si considerano gli effetti del vento massimo W definito al punto 3.4.1. e del peso proprio G :

$$G + W$$

4.5.2. Apparecchio in prova

La verifica dell'apparecchio in prova è necessaria nei seguenti casi:

- se il coefficiente di prova statica k_s è superiore a 1,4 o il coefficiente di prova dinamica k_d è superiore a 1,2;
- se il coefficiente di prova statica k_s è superiore a 1,25 e inferiore o uguale a 1,4 o il coefficiente di prova dinamica k_d è superiore a 1,1 e inferiore o uguale a 1,2 e le tensioni dovute al carico di prova hanno segno opposto a quello al peso proprio.

In entrambi i casi la verifica va eseguita tenendo conto del peso proprio G e del carico di prova QP (3.4.2.):

$$G + QP$$

k_s e k_d sono definiti al punto 9.2.2.1.

4.5.3. Apparecchio in servizio soggetto a urti

Si considerano gli effetti del peso proprio G , del carico di servizio SQ e quelli dell'urto contro i respingenti UR o contro un ostacolo fisso UO :

$$G + SQ + UR$$

$$G + SQ + UO$$

4.5.4. Apparecchio soggetto ad effetti sismici

Se l'apparecchio deve essere verificato per gli effetti sismici si considerano gli effetti del peso proprio G , del carico di servizio SQ e gli effetti del sisma E :

$$G + SQ + E$$

4.5.5. Apparecchio in fase di montaggio e smontaggio

Si considerano gli effetti del peso proprio G delle operazioni di montaggio e smontaggio MO e del vento in servizio V :

$$G + MO + V$$

4.6. Sintesi delle condizioni di carico

Nel prospetto 4-II sono riassunti, per le tre condizioni di carico, le forze da considerare e i relativi coefficienti moltiplicativi.

5. Materiali

Vale quanto stabilito dalle seguenti norme:

- CNR-10011/85 « Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione ».
- CNR-10022/85 « Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo - Istruzioni per l'impiego ».
- CNR-10029/85 « Costruzioni in acciaio ad elevata resistenza - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione ».

6. Verifiche

6.1. Generalità

Le strutture di acciaio eseguite con i materiali di cui al precedente punto 5. devono essere progettate per i carichi definiti al precedente punto 3. Si devono applicare metodi di calcolo comprovati, con adeguato coefficiente di sicurezza.

Si può adottare, ai fini delle verifiche, o il metodo delle tensioni ammissibili o il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Nell'ambito di una stessa struttura i calcoli dovranno tutti fondarsi sullo stesso metodo di verifica.

Prospetto 4-II - Sintesi delle condizioni di carico

CATEGORIA DELLE FORZE			Cond. car. I		Cond. car. II			Condizioni carico III					
			I.1	I.2	II.1	II.2	II.3	III.1	III.2	III.3	III.4	III.5	III.6
Regolari	Peso proprio	G	M	M	M	M	1	1	1	1	1	1	1
	Carico di servizio	SQ	M Ψ	M Ψ	M Ψ	M Ψ	=	=	=	1	1	1	=
	Forze dovute alla accelerazione dei movimenti sulle masse dell'apparecchio e del carico di servizio	H	M	M	M	M	=	=	=	=	=	=	=
Occasionali	Serpeggiamento	SE	=	=	1	1	=	=	=	=	=	=	=
	Vento in esercizio	V	=	=	1	1	1	=	=	=	=	=	=
	Neve e ghiaccio	N	=	=	1	1	=	=	=	=	=	=	=
	Variazioni di temperatura	TE	=	=	1	1	=	=	=	=	=	=	=
	Montaggio (frequente)	MO	=	=	=	=	1	=	=	=	=	=	=
Eccezionali	Vento massimo	W	=	=	=	=	=	1	=	=	=	=	=
	Carico di prova	QP	=	=	=	=	=	=	1	=	=	=	=
	Urto contro respingenti	UR	=	=	=	=	=	=	=	1	=	=	=
	Urto contro ostacoli	UO	=	=	=	=	=	=	=	=	1	=	=
	Sisma	E	=	=	=	=	=	=	=	=	=	1	=
	Montaggio (eccezionale)	MO	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	1

6.2. Metodo delle tensioni ammissibili

6.2.1. Tensioni ammissibili e fattori di sicurezza

Le tensioni ammissibili indicate con σ_{adm} e τ_{adm} nelle norme CNR citate al punto 5 si riferiscono alla condizione di carico I (servizio con forze regolari) definita al punto 4.3.; sono da assumere corrispondentemente:

- 1,125 σ_{adm} e 1,125 τ_{adm} le tensioni ammissibili per la condizione di carico II (servizio con forze regolari e forze occasionali) definita al punto 4.4.;
- 1,250 σ_{adm} e 1,250 τ_{adm} le tensioni ammissibili per la condizione di carico III (carichi eccezionali) definita al punto 4.5.

Ove nelle verifiche compaia esplicitamente il fattore di sicurezza, si adotta per la condizione di carico I il valore ν_I indicato nelle norme CNR citate al punto 5; per la condizione di carico II si adotta: $\nu_{II} = \nu_I/1,125$; per la condizione di carico III si adotta: $\nu_{III} = \nu_I/1,25$.

6.2.2. Verifiche di resistenza e di stabilità

Sono obbligatorie le verifiche di resistenza e stabilità per tutte e tre le condizioni di carico. Per ciascun elemento resistente devono valutarsi le azioni corrispondenti alle singole cause di sollecitazione, tenendo conto delle maggiorazioni di cui ai punti 3. e 4.

6.2.2.1. Unioni bullonate

Si deve verificare per tutte le condizioni di carico di cui al punto 4 che non si verifichino scorrimenti delle unioni bullonate (punto 4.2.2. della CNR-10011/85) a meno che non si utilizzino bulloni in accoppiamento di precisione (punto 5.3.2. della CNR-10011/85).

6.3. Metodo semiprobabilistico agli stati limite

Conformemente a quanto stabilito dalle norme CNR citate al punto 5., si considerano due categorie di stati limite:

- stati limite di servizio;
- stati limite ultimi.

6.3.1. Stati limite di servizio

Si considera:

- stato limite di scorrimento delle unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza.

Si deve verificare che nelle condizioni di carico definite al punto 4. gli scorrimenti anelastici nelle unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza siano compatibili con quanto specificato dalle norme CNR citate al punto 5.

6.3.2. Stati limite ultimi

Si considerano:

- stato limite ultimo di resistenza degli elementi strutturali;
- stato limite ultimo dei collegamenti;
- stato limite ultimo di instabilità;
- stato limite di rovesciamento;
- stato limite di trascinamento da parte del vento.

Si deve verificare che nelle condizioni di carico definite al punto 4, moltiplicate per i coefficienti γ indicati nel prospetto 6-I, non si superino i livelli convenzionali di sforzo specificati, nelle norme CNR citate al punto 5., come valore di calcolo della resistenza dei collegamenti o del materiale che compone l'elemento strutturale o come valore dello sforzo cui corrisponde l'instabilità dell'elemento strutturale o di una sua parte.

Ai fini delle verifiche nei confronti degli stati limite di rovesciamento e di trascinamento da parte del vento si applicano le indicazioni del punto 7.

Prospetto 6-I - Coefficienti γ

Condizioni di carico	γ
I	1,5
II	1,34
III	1,20

6.4. Verifica a fatica degli elementi

La verifica a fatica degli elementi delle strutture degli apparecchi di sollevamento è obbligatoria e va limitata alla condizione di carico I (servizio con forze regolari), adottando il coefficiente di maggiorazione $M = 1$. Le modalità di verifica sono quelle indicate al punto 8. della CNR-10011, sia con il metodo delle tensioni ammissibili, sia con il metodo agli stati limite.

La verifica deve essere eseguita sulla base dei cicli di tensione e dei relativi spettri da ricavare in relazione al numero di cicli di sollevamento e dello spettro di carico dell'apparecchio, descritti al punto 2.

7. Stabilità al ribaltamento e sicurezza contro il trascinamento da parte del vento

7.1. Stabilità al ribaltamento

La stabilità al ribaltamento viene accertata verificando che il limite dell'equilibrio della struttura corrisponda all'azione del carico di servizio e degli effetti dinamici e meteorologici maggiorati secondo i coefficienti di cui al prospetto 7-I.

Le vie di corsa o comunque gli appoggi dell'apparecchio si suppongono orizzontali e rigidi; per le gru su natante si tiene conto dell'inclinazione massima che l'apparecchio può assumere.

7.1.1. Disposizioni particolari

Per assicurare la stabilità fuori esercizio possono essere adottati dei sistemi supplementari di ancoraggio. L'effetto di tali dispositivi può essere considerato nel calcolo come momento anti-ribaltante purché essi siano del tipo sempre in presa e la struttura a cui si agganciano sia atta e sopportare con sicurezza gli sforzi che ne derivano.

Inoltre può essere imposto che fuori esercizio l'apparecchio o alcuni elementi di questo debbano assumere una posizione determinata oppure siano liberi di muoversi (per esempio il braccio nelle gru girevoli). Tale determinazione deve essere oggetto di previo accordo tra costruttore e committente.

7.2. Sicurezza contro il trascinamento da parte del vento

Indipendentemente dalla stabilità al ribaltamento è necessario verificare che l'apparecchio non possa essere trascinato dal vento massimo maggiorato del 10%. Questa verifica si esegue supponendo un coefficiente di aderenza delle ruote frenate uguale a 0,14 ed una resistenza al movimento delle ruote folli uguale a 10 N/kN, se montate su cuscinetti volventi o a 15 N/kN, se montate su cuscinetti radenti.

Se vi è rischio di trascinamento occorre prevedere un dispositivo di amarraggio (catene, tenaglie, chiavistelli manuali o automatici, ecc.). Per il calcolo delle tenaglie si ammette un coefficiente d'attrito tra tenaglia e rotaia uguale a 0,25.

Verifica	Azioni da considerare	Coefficiente di maggiorazione
Statica	Carico utile Q Azioni orizzontali H Vento in servizio V	1.6 0 0
Dinamica con apparecchio carico	Carico utile Q Azioni orizzontali H Vento in servizio V	1.35 1.1 1.1
Dinamica con apparecchio scarico	Carico utile Q Azioni orizzontali H Vento in servizio V	- 0.1 1.1 1.1
Con vento massimo	Carico utile Q Azioni orizzontali H Vento massimo W	0 0 1.2
In caso di rottura di un elemento di imbragatura	Carico utile Q Due azioni orizzontali senza carico H_i Vento in servizio V	- 0.5 (*) 1 1
(*) A meno che il calcolo non giustifichi un valore minore.		

8. Regole pratiche di progettazione ed esecuzione

Vale quanto stabilito dalle norme CNR citate al punto 5.

9. Redazione del progetto, collaudo, sorveglianza e manutenzione

9.1. Redazione del progetto

Vale quanto stabilito, dalle norme CNR citate al punto 5. Sui disegni di insieme degli apparecchi di sollevamento devono essere specificati il carico di servizio ed eventualmente il carico utile, il peso proprio delle strutture e dei relativi meccanismi ed apparecchiature elettriche (argani, motori, benne, ecc.). Deve inoltre essere indicata la classe di appartenenza dell'apparecchio.

9.2. Collaudo

9.2.1. Nomina e compiti del collaudatore

Vale quanto stabilito dalle norme CNR citate al punto 5.

9.2.2. Prove di carico

Oltre a quanto stabilito dal D.M. del 9 agosto 1960, il committente può richiedere l'effettuazione di prove di carico dell'apparecchio secondo le prescrizioni di cui ai punti 9.2.2.1 e 9.2.2.2.

9.2.2.1. Prova statica

In mancanza di diverse prescrizioni, la prova statica viene eseguita con un carico pari al carico utile Q moltiplicato per il coefficiente $k_s = 1,25$. Per gru per edilizia si assume il valore $k_s = 1,35$.

Questa prova viene eseguita in assenza di vento e consiste nel sollevare di poco e lentamente il carico utile nominale, aumentandolo successivamente fino a raggiungere il valore di prova.

9.2.2.2. Prova dinamica

In mancanza di diverse prescrizioni la prova dinamica viene eseguita con un carico pari al carico utile Q moltiplicando per il coefficiente $k_d = 1,1$.

I vari movimenti vengono provati uno per volta aumentando la velocità fino a raggiungere il valore massimo.

10. Targhe e indicazioni

Ogni apparecchio di sollevamento deve essere munito, in posizione ben visibile, di almeno una targa, di materiale inalterabile, indicante la ditta costruttrice, l'anno di costruzione, la portata nominale corrispondente al carico di servizio e la classe di appartenenza. Nelle gru a braccio con carico variabile si devono indicare i valori degli sbracci e delle relative portate.

APPENDICE I (in sospeso)

APPENDICE II - Fattore di spettro degli spettri gaussiani

Il fattore di spettro di un apparecchio, per essere utilizzato ai fini del calcolo degli elementi, deve essere identificato con un opportuno spettro; a meno che questo non debba rispondere ad esigenze particolari, può essere identificato con uno degli spettri della serie gaussiana rappresentati nel diagramma AII-2 e nel prospetto AII-1.

Per ricavare lo spettro gaussiano relativo ad un determinato fattore di spettro, può essere usata la funzione di correlazione riportata nel diagramma AII-1, che ha l'indice di spettro gaussiano in ascisse ed il fattore di spettro gaussiano in ascisse ed il fattore di spettro in ordinate.

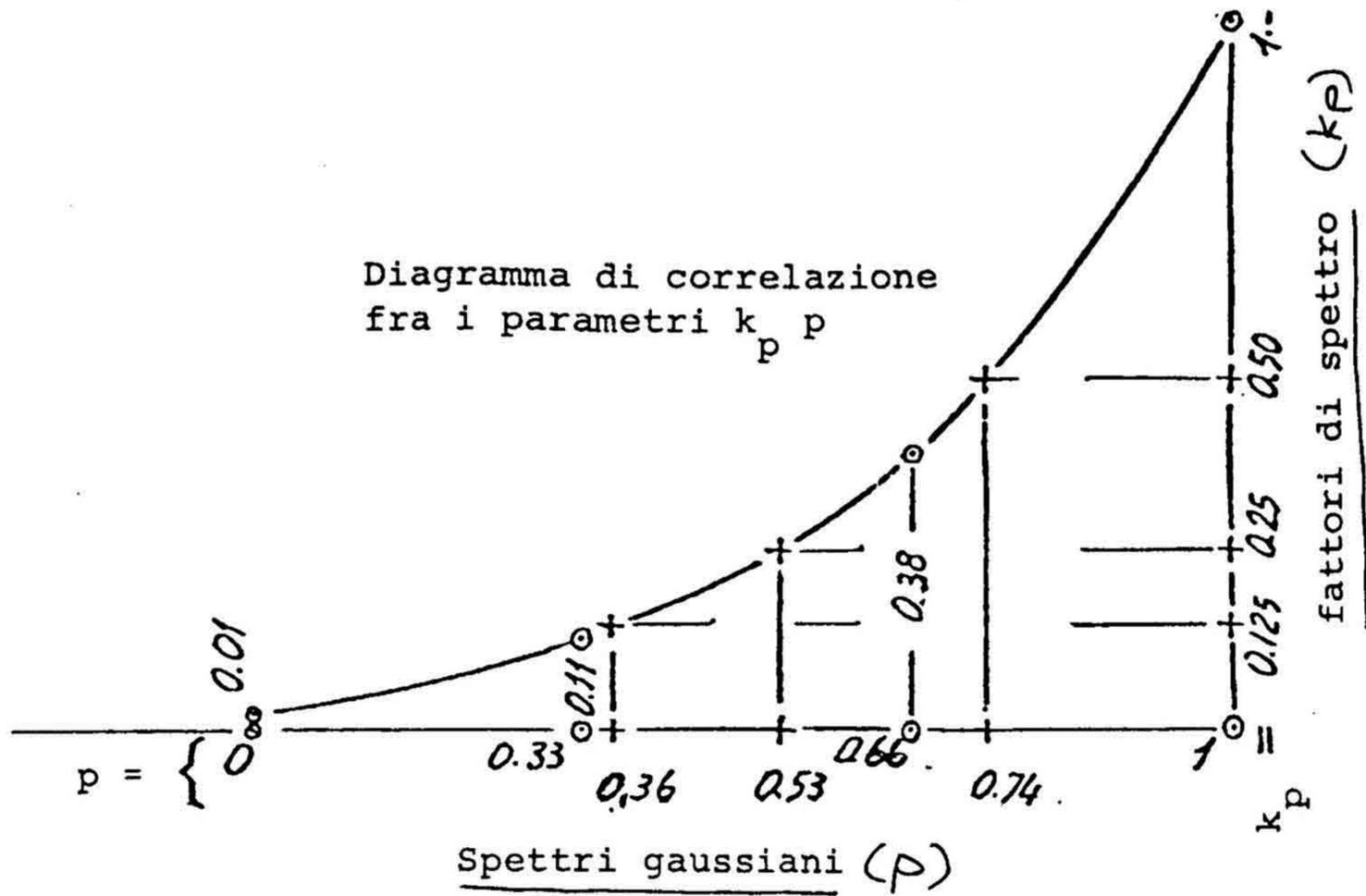
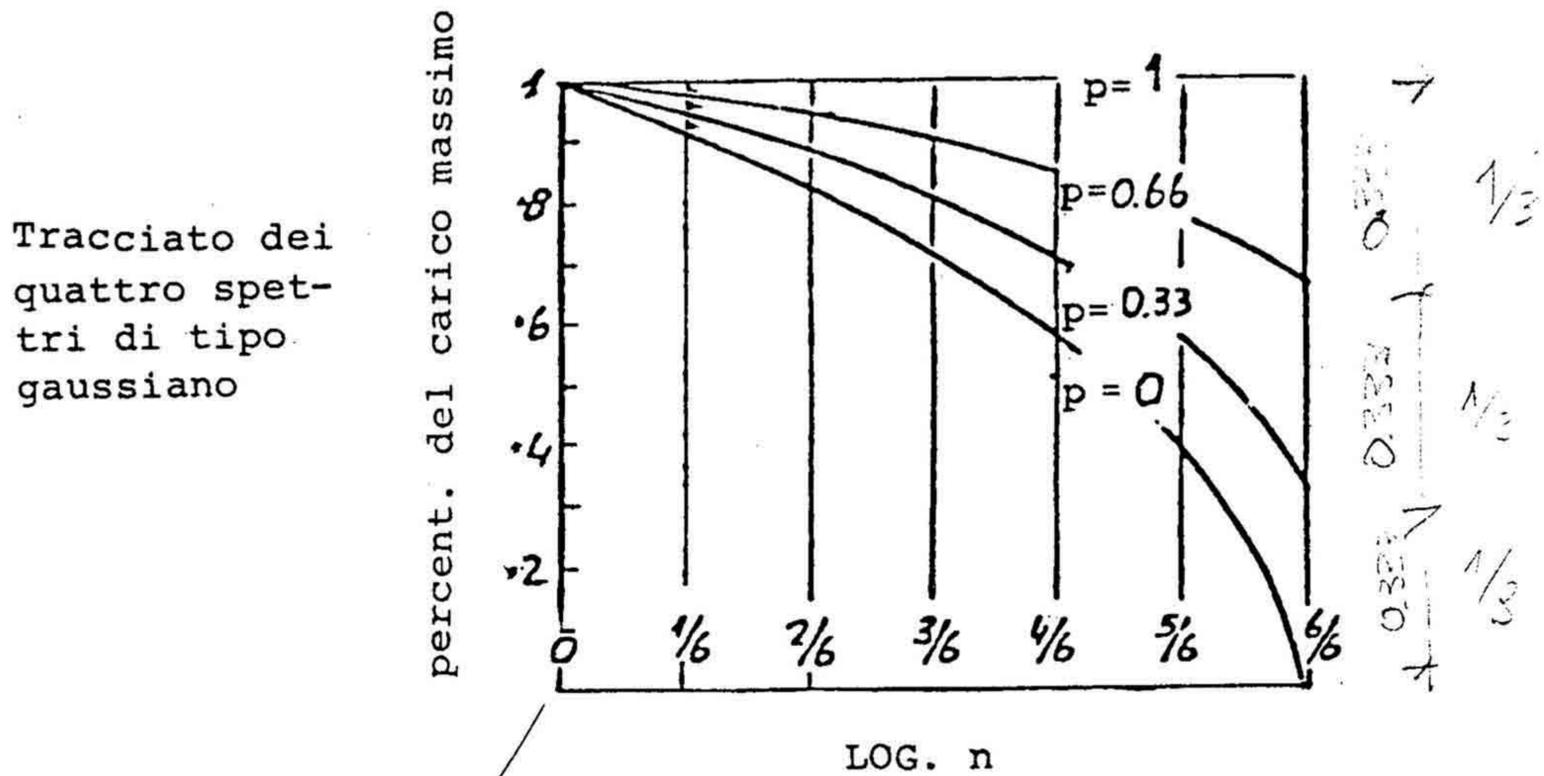


Diagramma AII-2 - Spettri gaussiani



Prospetto AIII-1

valori tabellati

Frazioni di LOG n	
spettro	0 1/6 2/6 3/6 4/6 5/6 6/6
$p = 0$	1 0,927 0,836 0,723 0,576 0,372 0,000
$p = 0,33$	1 0,952 0,890 0,814 0,716 0,579 0,333
$p = 0,66$	1 0,975 0,944 0,906 0,856 0,787 0,666
$p = 1$	1 1 1 1 1 1 1

Lo spettro p_0 è ottenuto per integrazione della curva di Gauss; gli altri sono spettri derivati ottenuti dividendo in tre parti uguali l'ordinata residua dello spettro p_0 .

APPENDICE III - Indicazione per la attribuzione della classe degli apparecchi

Nel prospetto AIII-1 si forniscono indicazioni sulla classificazione degli apparecchi nel loro insieme. Le indicazioni di detto prospetto hanno solo valore di esempio per la possibile differenza di utilizzazione di apparecchi dello stesso tipo.

APPENDICE IV - Vie di corsa

1. Generalità

Le travi su cui scorrono gli apparecchi di sollevamento vengono considerate della medesima classe a cui appartengono gli apparecchi stessi, le colonne che le sorreggono si considerano invece appartenenti alla classe immediatamente minore e le relative fondazioni sulla classe A1.

2. Norme di calcolo

2.1. Carichi da considerare

Il calcolo delle vie di corsa e dei relativi sostegni si esegue tenendo conto dei seguenti carichi:

- carichi permanenti;
- carichi mobili;
- carico sull'eventuale passerella di servizio;
- azioni di natura meteorologica;
- azioni derivanti da variazioni termiche.

2.2. Valutazione dei carichi

Si rinvia alla norma CNR-10021/85 per quanto concerne la valutazione delle azioni di cui al punto 2.1., salvo per i carichi mobili che sono da valutare come indicato al punto seguente.

2.2.1. Carichi mobili

Comprendendo tutte le azioni verticali ed orizzontali trasmesse dalle ruote di scorrimento della gru a ponte e le forze dovute all'urto di questi ultimi contro i fine corsa.

2.2.1.1. Azioni verticali R_{max} e R_{min}

Sono di regola fornite dal costruttore dell'apparecchio di sollevamento, in funzione dei pesi propri della gru a ponte, del carrello e del carico utile nominale statico.

Le azioni verticali delle ruote della gru a ponte in movimento si ottengono moltiplicando R_{max} e R_{min} per il coefficiente M di cui al punto 4.2. della norma CNR-10021/85 tenendo conto della classe di appartenenza dell'elemento strutturale in esame.

2.2.1.2. Azioni orizzontali trasversali

In mancanza di più precise indicazioni si possono assumere forze orizzontali, normali alla direzione del moto, pari a 1/10 dei carichi verticali statici massimi delle ruote di una testata.

Tali azioni tengono conto del serpeggiamento del ponte e delle normali forze di inerzia del carrello, ma non comprendono gli effetti di eventuali urti del carrello contro i fine corsa.

2.2.1.3. Azioni orizzontali longitudinali dovute alle accelerazioni

Sono valutate in accordo al punto 3.2.4. della norma CNR-10021/85.

In mancanza di precise indicazioni da parte del committente, esse devono essere assunte pari a 1/7 delle azioni verticali R_{max} statiche delle ruote motrici o frenate.

Tali azioni tengono conto dell'inerzia del ponte ma non comprendono gli effetti di eventuali urti contro i fine corsa.

2.2.1.4. Forze dovute agli urti contro i fine corsa

Sono valutate come indicato al punto 3.4.3. della norma CNR-10021/85.

3. Condizioni di carico

Tenuto conto del tipo costruttivo di cui trattasi le condizioni di carico di cui alle norme CNR si intendono sostituite dalle condizioni seguenti per quanto attiene le azioni trasmesse dagli apparecchi di sollevamento.

Condizione di carico I

- carichi permanenti;
- azioni verticali statiche delle ruote maggiorate del coefficiente M .

Condizione di carico II

- carichi permanenti;
- azioni verticali statiche delle ruote;
- azioni orizzontali trasversali o quelle di tamponamento;
- azioni orizzontali longitudinali o quelle di tamponamento;
- spinta del vento.

In assenza di prescrizioni particolari, non è richiesto di verificare le vie di corsa per i carichi di collaudo degli apparecchi di sollevamento.

4. Azioni di più gru a ponte

Salvo esplicite prescrizioni del committente, in presenza di più gru a ponte si devono considerare, qualunque sia il numero delle navate del fabbricato, in ciascuna di esse:

- le azioni verticali derivanti da 2 gru a ponte nella posizione più sfavorevole, entrambe in movimento ed a pieno carico, disposte alla minima distanza di accostamento;
- le azioni orizzontali trasversali concomitanti relative ad una gru a ponte (la più sfavorevole);
- le azioni orizzontali longitudinali relative per intero alle 2 gru a ponte più sfavorevoli ed al 50% per le restanti.

5. Fenomeni di fatica

La verifica per sollecitazione a fatica è obbligatoria e deve essere condotta in base agli spettri delle tensioni ricavati dagli spettri di carico descritti al punto 2 della norma CNR-10021/85.

La verifica va eseguita limitatamente alla condizione di carico I ponendo $M = 1$.

6. Deformazioni elastiche

In mancanza di precise indicazioni da parte del committente, devono essere rispettati i valori limite, qui sotto riportati, calcolati in funzione dei carichi massimi delle ruote come specificato al punto 3.:

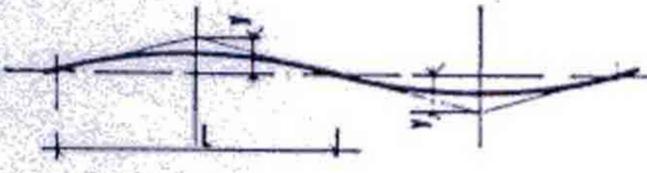
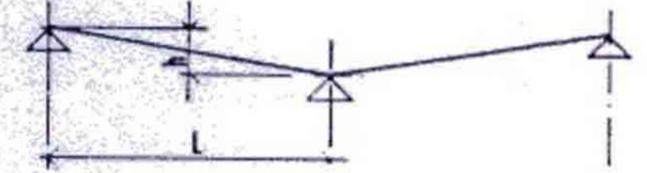
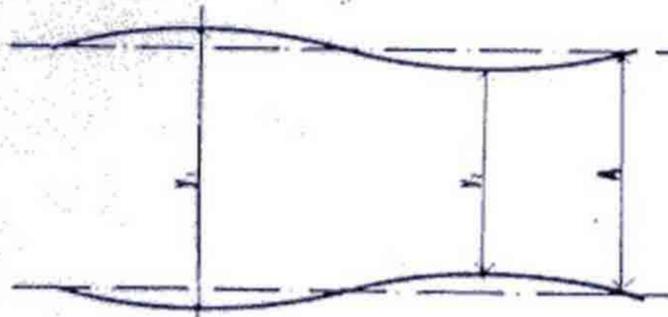
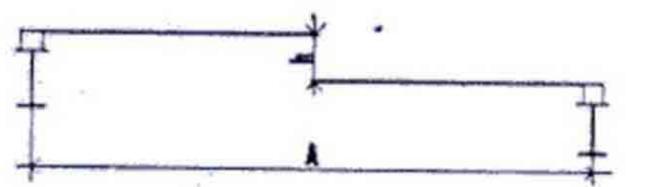
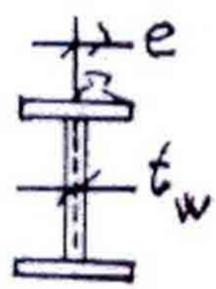
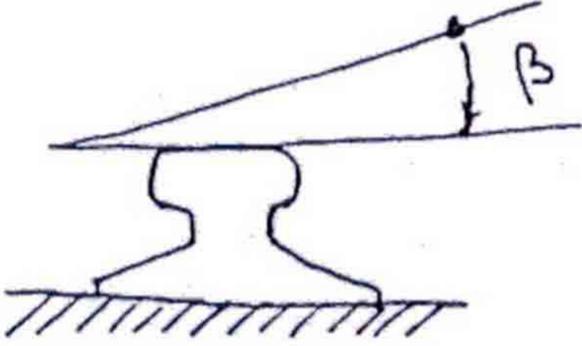
- freccia elastica verticale delle vie di corsa non maggiore di 1/800 della luce della via di corsa stessa;
- freccia elastica orizzontale trasversale delle vie di corsa non maggiore di 1/1600 della luce della via di corsa stessa.

7. Tolleranze per i binari di scorrimento

Sui binari sono ammesse, per costruzione e montaggio, le tolleranze riportate nel prospetto AIV-1, riferite alla temperatura di 20 °C.

Tipo di apparecchio	Organo di presa	Classe	K	n
1) Apparecchi ad azionamento manuale		A1	0,1	50.000
		A2	0,5	100.000
2) Apparecchi per montaggio		A1	0,4	10.000
		A2	0,75	40.000
3) Gru a ponte per manutenzione macchinari e per centrali		A2	0,5	10.000
		A4	1	120.000
4) Gru a cavalletto per parco materiali	gancio	A5	0,5	250.000
5) Gru a cavalletto per parco materiali	benna o magnete	A6	0,75	250.000
		A8	1	4.000.000
6) Gru a ponte per officina		A3	0,25	50.000
		A5	0,75	500.000
7) Gru girevoli, gru berta, gru a ponte per carico rottami	benna o magnete	A6	0,75	250.000
		A8	1	4.000.000
8) Gru di colata		A6	1	250.000
		A8		1.000.000
9) Gru per forni a pozzo (PIT)		A8	1	4.000.000
10) Gru per strippaggio e carica forni		A8	1	4.000.000
11) Gru per forgia		A6	0,5	250.000
		A8	1	4.000.000
12a) Ponti scaricatori e cavalletti per containers	gancio o spreader	A5	0,5	160.000
		A6	0,75	500.000
12b) Cavalletti con carrello e/o gru girevoli	gancio	A4	0,4	80.000
		A6	0,75	160.000
13) Ponti scaricatori, cavalletti con carrello e/o gru girevoli	benna o magnete	A6	0,75	250.000
		A8	1	4.000.000
14) Gru per cantiere navale, gru di montaggio	gancio	A3	0,5	40.000
		A5	0,75	250.000
15) Gru da porto (girevoli, su cavalletto), gru e bighi galleggianti	gancio	A5	0,5	200.000
		A6	0,6	500.000
16) Gru da porto (girevoli, su cavalletto), gru e bighi galleggianti	benna o magnete	A6	0,75	200.000
		A8	1	1.000.000
17) Gru e bighi galleggiati per grandi portate (generalmente >100 t)		A2	0,5	30.000
		A3	0,6	60.000
18) Gru di bordo	gancio	A3	0,4	50.000
		A4	0,75	160.000
19) Gru di bordo	benna o magnete	A5	0,75	125.000
		A6	1	350.000
20) Gru a torre per cantieri edili		A3	0,5	50.000
		A5	0,6	250.000
21) Derricks		A2	0,5	20.000
		A3	0,75	65.000
22) Gru per linee ferroviarie		A4	0,2	100.000
		A7	0,6	300.000

Prospetto AIV-1 - Tolleranze di forma per i binari di scorrimento

<p>Rettilineità in un piano orizzontale della rotaia</p>		<p>Nel caso di gru per edilizia (apparecchi trasferibili per cantieri edili)</p>	<p>In ogni altro caso</p>
		$y \leq \pm 1 \text{ mm } L = 2000 \text{ mm}$	
<p>Rettilineità in un piano verticale fra due punti d'appoggio della rotaia</p>		$b/L \leq 0,002$	$b/L \leq 0,001$
<p>Parallelismo delle rotaie</p>		<p>per $A \leq 15 \text{ m}$ $y - A \leq 3 \text{ mm}$ per $A > 15 \text{ m}$ $y - A \leq$ $\leq (3 + 0,25 [A - 15]) A(m)$</p>	
<p>Differenza di livello di rotaie</p>		$b/A \leq 0,002$	$b/A \leq 0,0005$ $b \leq 10 \text{ mm}$
<p>Eccentricità della rotaia rispetto all'asse trave</p>		$e \leq 0,5 t_w$ per $t_w \geq 12 \text{ mm}$ $e \leq 6 \text{ mm}$ per $t_w \leq 12 \text{ mm}$	
<p>Inclinazione della rotaia rispetto al piano orizzontale</p>		$\beta \leq \pm 0,003 \text{ rad}$	