



# LEGGI, DECRETI, NORME, CIRCOLARI MINISTERIALI

29-1-1991

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 24

## MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DECRETO 4 maggio 1990.

Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.

IL MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

Ritenuto che, in forza dell'art. 1 della citata legge n. 64/1974, devono essere emanate norme tecniche per la disciplina delle costruzioni, norme che, ai sensi del secondo comma dello stesso articolo, possono essere modificate o aggiornate ogni qual volta occorre;

Visto il decreto interministeriale 2 agosto 1980, pubblicato nel supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale* n. 308 del 10 novembre 1980 relativo a «Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali»;

Ritenuto che le suddette norme tecniche di cui al decreto ministeriale 2 agosto 1980 devono essere modificate ed aggiornate;

Visto il nuovo testo delle norme tecniche in oggetto predisposto dal Servizio tecnico centrale, testo sul quale, sentito il Consiglio nazionale delle ricerche, ha espresso parere favorevole l'assemblea generale del Consiglio superiore dei lavori pubblici con voto n. 268 del 28 luglio 1989;

Espletata la procedura di cui alla legge 21 giugno 1986, n. 317, in attuazione alla direttiva CEE n. 83/189;

Decreta:

Art. 1.

Sono approvate le norme tecniche riguardanti la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, predisposte dal Servizio tecnico centrale ed allegate al presente decreto.

Art. 2.

Le anzidette norme entrano in vigore sei mesi dopo la pubblicazione del presente decreto nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Art. 3.

In via transitoria continuano ad applicarsi le norme di cui al decreto ministeriale 2 agosto 1980 per le opere in corso, per le opere per le quali sia stato stipulato regolare

contratto, per le opere per le quali sia stato pubblicato il bando di gara per l'appalto, per le opere comprendenti strutture disciplinate dalla legge n. 1086/71 per le quali è stata già presentata la denuncia ai sensi dell'art. 4 della legge stessa.

Roma, 4 maggio 1990

*Il Ministro dei lavori pubblici*  
PRANDINI

*Il Ministro dell'interno*  
GAVA

CRITERI GENERALI E PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E COLLAUDO DEI PONTI STRADALI.

### 1. INTRODUZIONE.

#### 1.1 Oggetto.

Le presenti norme sono relative a quelle strutture che hanno la funzione di sostenere una piattaforma stradale quando questa, in conseguenza delle sue primarie esigenze plano-altimetriche, non può trovare diretto e continuo appoggio sul terreno, in relazione alla morfologia ed alla natura del terreno o per ostacoli da superare o per altri motivi.

Con il termine generico di «ponti» si intendono anche tutte quelle opere che, in relazione alle loro diverse destinazioni, vengono normalmente indicate con nomi particolari, quali: viadotti, sottovia o cavaleavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, etc.

Le presenti norme, per quanto applicabili, riguardano anche i ponti mobili; ne restano esclusi i ponti ferroviari.

#### 1.2 Coordinamento con altre norme.

Le presenti norme sono emanate in applicazione dell'art. 1 della legge 2 febbraio 1974, n. 64 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche»; esse sono pertanto in coordinamento con le altre norme di applicazione della stessa legge.

Le presenti norme sono inoltre coordinate con le norme tecniche emanate in applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086, relativa alle opere in cemento armato normale e precompresso ed alle strutture metalliche.

### 2. PRESCRIZIONI GENERALI.

#### 2.0 Premessa.

La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

#### 2.1 Geometria della sede stradale.

S'intende per larghezza della sede stradale sul ponte la distanza misurata ortogonalmente all'asse stradale tra i punti più interni dei parapetti.

La sede stradale sul ponte è composta, di regola, da una o più carreggiate eventualmente divise da uno spartitraffico, da banchine o da marciapiedi secondo l'importanza, la funzione e le caratteristiche della strada.

### 2.2 Altezza libera.

Nel caso di ponte su strada ordinaria l'altezza libera non deve essere minore di 5 metri, in alcun punto, tenuto conto delle pendenze della strada sottostante.

Nei casi di strada a traffico selezionato è ammesso, per motivi validi e comprovati, derogare da quanto sopra purché l'altezza minima non sia minore di 4 metri.

Eccezionalmente, ove l'esistenza di vincoli non eliminabili imponesse di scendere al di sotto della misura sudetta, si potrà realizzare un'altezza minima, in ogni caso non inferiore a m 3,20 a condizione che in proposito esprimano il proprio parere favorevole i comandi militare e dei vigili del fuoco competenti per territorio.

In ogni caso in cui si deroghi alla prescritta altezza minima di 5 metri, si debbono adottare opportuni dispositivi segnaletici di sicurezza (ad es. controsagome) disposti a conveniente distanza dall'opera.

Nel caso di sottopassaggi pedonali l'altezza libera non deve essere inferiore a m 2,50.

### 2.3 Problemi geotecnici.

Gli studi di fattibilità, le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche dei ponti stradali e delle strade ad essi collegate devono essere sempre basate su un'adeguata caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

I risultati delle indagini, degli studi e dei calcoli geotecnici, devono essere esposti in una relazione geotecnica, parte integrante degli atti progettuali. Ove necessario, in relazione alla complessità delle situazione ambientale ed alla estensione delle opere, il progetto conterrà anche una relazione geologica.

Lo studio geotecnico deve essere esteso alla parte di sottosuolo influenzata (volume significativo) direttamente o indirettamente, dalla costruzione dei manufatti e che influenza il comportamento dei manufatti stessi.

L'ampiezza dell'indagine deve perciò essere proporzionata alle dimensioni, al tipo, alle caratteristiche strutturali, alla importanza dell'opera, alla complessità del sottosuolo ed allo stato delle conoscenze sulla zona in esame.

### 2.4 Problemi idraulici.

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale od artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione ed all'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema ed al grado di elaborazione del progetto.

Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti.

## 3. AZIONI.

### 3.1 Definizioni delle azioni.

Le azioni che devono essere considerate nella progettazione dei ponti stradali sono:

- $g_1$  = peso proprio delle strutture;
- $g_2$  = carichi permanenti portati;
- $g_3$  = altre azioni permanenti;
- $e_1$  = distorsioni e presollecitazioni di progetto;
- $e_2$  = ritiro del calcestruzzo;
- $e_3$  = variazioni termiche;
- $e_4$  = scorrimenti viscosi;

$e_5$  = cedimenti vincolari;

$q_1$  = carichi mobili;

$q_2$  = effetto dinamico dei carichi mobili;

$q_3$  = azioni longitudinali di frenamento;

$q_4$  = azione centrifuga;

$q_5$  = azione del vento;

$q_6$  = azioni sismiche;

$q_7$  = resistenze parassite dei vincoli;

$q_8$  = azioni sui parapetti; urto di un veicolo in svio contro un elemento strutturale;

$q_9$  = altre variabili;

La viscosità deve essere considerata associata a quelle azioni per le quali dà effetto.

### 3.2 Carichi permanenti.

3.2.1 Peso proprio delle strutture:  $g_1$ .

3.2.2 Carichi permanenti portati:  $g_2$  (pavimentazione stradale, marciapiedi, sicurvia, parapetti, attrezzature stradali, rinfianchi e simili).

3.2.3 Altre azioni permanenti:  $g_3$  (spinte delle terre, spinte idrauliche, ecc.).

### 3.3 Distorsioni.

3.3.1 Distorsioni e presollecitazioni di progetto:  $e_1$ .

Ai fini delle verifiche si devono considerare gli effetti delle distorsioni e delle presollecitazioni eventualmente previste in progetto.

3.3.2 Ritiro ( $e_2$ ), variazioni termiche ( $e_3$ ),  $e_4$  viscosità ( $e_4$ ).

Il calcolo degli effetti del ritiro del calcestruzzo, delle variazioni termiche e della viscosità deve essere effettuato secondo quanto prescritto dalle vigenti norme tecniche emanate ai sensi della legge 5 novembre 1971, n. 1086 e delle «Norme sulla sicurezza e sui carichi» emanate ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n. 64.

3.3.3 Cedimenti vincolari:  $e_5$ .

Dovranno considerarsi gli effetti di cedimenti vincolari quando questi siano significativi per le strutture sulla base delle indagini geotecniche di cui al punto 2.3.

### 3.4 Carichi mobili.

3.4.1 Devono essere presi in considerazione i seguenti carichi mobili:

$q_{1,a}$ ) mezzo convenzionale da 60 t a tre assi aventi le caratteristiche indicate nello schema allegato a pag. 25;

$q_{1,b}$ ) carico ripartito pari a 3 t/m disposto, ai fini del calcolo delle strutture principali, lungo l'asse di una corsia d'ingombro;

$q_{1,c}$ ) carico isolato da 10 t con impronta quadrata di lato 0,3 m;

$q_{1,d}$ ) carico isolato da 1 t con impronta quadrata di lato 0,7 m;

$q_{1,e}$ ) carico della folla uniformemente ripartito in superficie pari a 0,4 t/m<sup>2</sup>.

Per singole opere di luce maggiore a 300 m è possibile derogare dal valore  $q_{1,b}$  su riportato previa autorizzazione del Servizio tecnico centrale del Ministero dei lavori pubblici, sentito il Consiglio superiore del Ministero stesso.

3.4.2 Sulla base dei carichi mobili ammessi al transito i ponti stradali si suddividono nelle tre seguenti categorie:

1ª categoria: ponti per il transito dei carichi mobili sopra indicati con il loro intero valore;

2ª categoria: come sopra ma con valori ridotti dei carichi  $q_{1,a}$  e  $q_{1,b}$  come specificato al punto 3.4.4.3);

3ª categoria: ponti per il transito dei soli carichi  $q_{1,d}$  e  $q_{1,e}$ . (Passerelle pedonali).

3.4.2.1 Sul manufatto dovrà essere applicato un contrassegno permanente, chiaramente visibile, indicante la categoria e l'anno di costruzione. L'accesso ai ponti di 3ª categoria deve essere materialmente impedito per ogni veicolo.

3.4.3 Il transito di carichi eccezionali, il cui peso, sia totale che per asse, ecceda quelli previsti per la relativa categoria di progettazione, dovrà essere autorizzato dall'Ente proprietario della strada, secondo le vigenti Norme sulla disciplina della circolazione stradale.

3.4.4 Disposizione dei carichi mobili al fine della determinazione delle condizioni di carico più gravose.

3.4.4.1 Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1ª e 2ª categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a cm 20, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in m 3,50.

In ogni caso il numero delle colonne non deve essere inferiore a 2, a meno che la larghezza della sede stradale sia inferiore a m 5,50.

3.4.4.2 La disposizione dei carichi ed il numero delle colonne sulla carreggiata saranno volta per volta quelli che determinano le condizioni più sfavorevoli di sollecitazione per la struttura, membratura o sezione considerata.

3.4.4.3 Per i ponti di 1ª categoria si devono considerare, compatibilmente con le larghezze definite al punto 3.4.4.1:

- una colonna di carico costituita da un solo mezzo  $q_{1,a}$  e, al di fuori dell'ingombro di questo, da uno o più tratti di carico  $q_{1,b}$ , disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, lungo l'asse della corsia nel modo più sfavorevole;

- una seconda colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente al 50% di  $q_{1,a}$  ed al 50% di  $q_{1,b}$ ;

- altre colonne di carico analoghe alle precedenti, ma con carichi pari rispettivamente al 35% di  $q_{1,a}$  ed al 35% di  $q_{1,b}$ ;

- il carico  $q_{1,c}$  sui marciapiedi, salvo quanto specificato al punto 3.4.4.1 nel caso di carreggiate con più di 4 colonne.

Per i ponti di 2ª categoria si devono considerare, compatibilmente con le larghezze definite al punto 3.4.4.1:

- una colonna di carico analoga a quella prevista per i ponti di 1ª categoria, ma con carichi pari rispettivamente al 75% di  $q_{1,a}$  ed al 50% di  $q_{1,b}$ ;

- una seconda colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente al 50% di  $q_{1,a}$  ed al 50% di  $q_{1,b}$ ;

- altre colonne di carico analoghe alle precedenti, ma con carichi pari rispettivamente al 35% di  $q_{1,a}$  ed al 35% di  $q_{1,b}$ ;

- il carico  $q_{1,c}$  sui marciapiedi.

Per ponti di 3ª categoria si considera il carico  $q_{1,c}$  nelle disposizioni più gravose per le singole verifiche.

Qualora la struttura in esame supporti più carreggiate, per ciascuna di esse si considerano i carichi sopra indicati.

Qualora la larghezza della suddetta carreggiata contenga più di 4 colonne di 3,50 m devono prevedersi, in luogo di una sola colonna formata da  $q_{1,a} + q_{1,b}$ , due colonne così formate tra loro non contigue.

3.4.4.4 Ai fini del calcolo delle strutture secondarie dell'impalcato (solette, traversi, ecc.) si devono prendere in considerazione, nelle posizioni di volta in volta più gravose per l'elemento considerato, i carichi definiti in 3.4.4.3 ed inoltre, in alternativa:

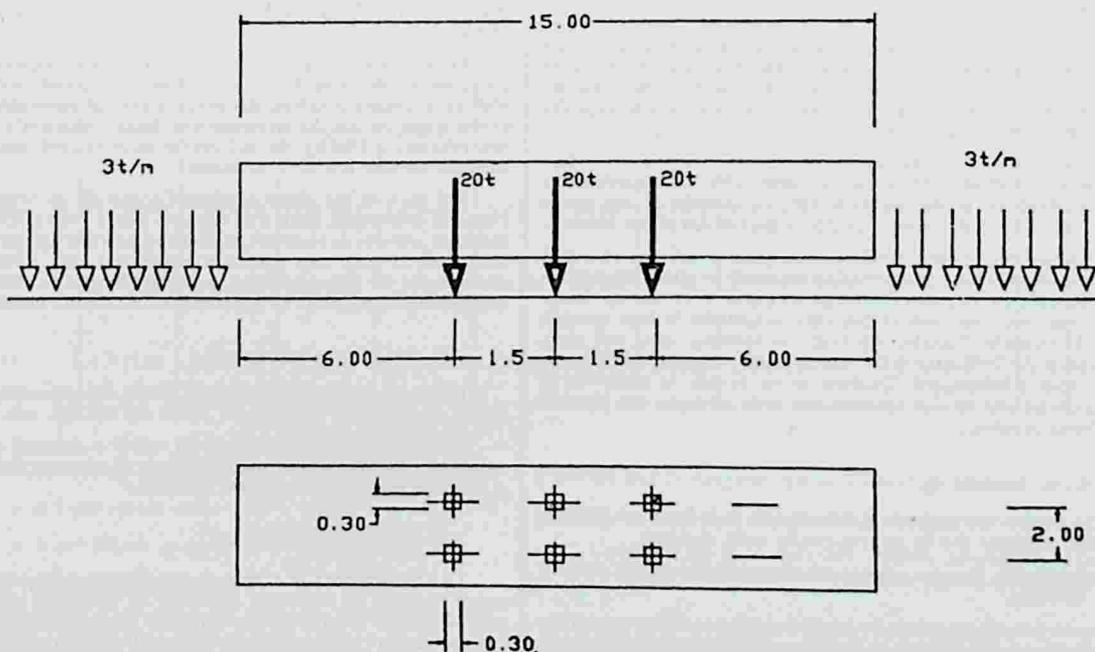
- per i ponti di 1ª categoria e 2ª categoria: una sola fila di tre ruote del carico  $q_{1,a}$ , nella posizione più sfavorevole, indipendentemente dall'ingombro trasversale del mezzo;

- per i marciapiedi non protetti da scurvia: carico  $q_{1,c}$ ;

- per i ponti di 3ª categoria e marciapiedi protetti da scurvia: carico  $q_{1,d}$ .

3.4.4.5 Nella determinazione delle combinazioni di carico di cui al punto 3.13 si indica come carico  $q_1$  la disposizione dei carichi mobili  $q_{1,a}$ ,  $q_{1,b}$ ,  $q_{1,c}$ ,  $q_{1,d}$ ,  $q_{1,e}$  che, caso per caso, risulta più gravosa ai fini delle verifiche.

SCHEMA



### 3.5 Incremento dinamico di carichi mobili dovuto ad azioni dinamiche $q_2$ .

L'entità dei carichi mobili deve essere maggiorata per tener conto degli effetti dinamici. In mancanza di analisi specifiche che prendano in conto le caratteristiche dinamiche della struttura nonché la velocità di progetto della strada, le caratteristiche delle sospensioni dei carichi e la rugosità del manto stradale, l'incremento  $q_2$  è fornito da  $q_2 = (\varnothing - 1) q_1$ , ove  $\varnothing$  coefficiente dinamico, ha la seguente espressione:

$$\varnothing = 1,4 - (L - 10) : 150$$

con le limitazioni  $\varnothing = 1,4$  per  $L \leq 10m$ ,  $\varnothing = 1$  per  $L \geq 70m$

Per  $L$  si deve assumere:

- per le travi di una sola campata: la luce di calcolo;
- per le travi continue: la luce di calcolo della campata su cui è applicato il carico  $q_{1,2}$ ;
- per le mensole: l'aggetto, aumentato della luce di calcolo della eventuale trave semplice sostenuta dalla mensola stessa;
- per gli elementi secondari d'impalcato la loro luce di calcolo.

### 3.6 Azione longitudinale di frenamento: $q_3$ .

La forza di frenamento si assume agente nella direzione dell'asse della strada ed al livello della superficie stradale, con intensità pari ad 1/10 della singola colonna di carico più pesante per ciascuna carreggiata. Essa deve comunque risultare non inferiore al 20% (ponti di 1ª categoria) o al 15% (ponti di 2ª categoria) del totale del carico  $q_{1,2}$  che può interessare la struttura.

Qualora la carreggiata contenga più di 4 corsie i predetti valori vanno raddoppiati.

### 3.7 Azione centrifuga: $q_4$ .

Nei ponti sui quali la strada è in curva con raggio  $R$  (in metri) l'azione centrifuga per ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente pari a:

$$q = \frac{30}{R} \text{ t/m per } R > 60 \text{ m}$$

$$q = 0,5 \text{ t/m per } R < 60 \text{ m}$$

questa forza si considera agente all'altezza di 1 m dal piano viabile.

### 3.8 Azione del vento: $q_5$ .

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte ed anche nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni elementi del ponte (ad es. le pile), agente sulla proiezione — nel piano verticale — delle superfici direttamente investite dal vento.

Per tale carico si assume un valore pari a 250 kg/m<sup>2</sup> secondo i coefficienti di combinazione di cui al punto 3.13. La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

L'azione del vento si può valutare come sopra specificato nei casi in cui essa non possa destare fenomeni dinamici nelle strutture del ponte o quando l'orografia non possa dar luogo ad azioni anormali del vento. Per ponti che non rientrino in tali casi, o quando la loro speciale tipologia lo richieda, l'azione del vento si valuterà, caso per caso, tenendo conto dell'influenza della forma, della orografia, dell'orientamento e dello schermaggio. Qualora se ne ravvisi la necessità, si procederà anche alla verifica sperimentale della sicurezza nei riguardi della stabilità dinamica.

### 3.9 Azioni sismiche: $q_6$ .

Si deve tener conto degli effetti del sisma secondo quanto è stabilito dalle vigenti «Norme per le costruzioni in zona sismica».

Si indica con  $q_6$  l'azione sismica più sfavorevole, caso per caso, ai fini delle verifiche.

Le azioni sismiche orizzontali e verticali dovranno essere valutate in accordo alle Norme tecniche citate considerando di regola le sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti.

### 3.9.1 Coefficiente di struttura $B$ .

Deve essere stabilito in relazione allo schema strutturale del ponte, tenuto conto delle caratteristiche di duttilità dell'opera. In particolare, salvo indagini specifiche, potranno essere assunti i seguenti valori:

- per strutture a telaio, quali trave solidali con le pile, archi incastrati, pile a telaio limitatamente alle azioni nel piano del telaio, ecc.:  $B = 1,0$ ;

- per strutture isostatiche ed in genere per strutture con limitata duttilità, quali pile singole di ponti a travata e pile a telaio per quanto riguarda le azioni fuori del piano del telaio:  $B = 1,2$ ;

- per gli apparecchi di appoggio ed i dispositivi di ritengo in genere:  $B = 2,5$ .

### 3.9.2 Coefficiente di fondazione.

Deve essere stabilito sulla base della stratigrafia dei terreni interessati dalle fondazioni, delle loro caratteristiche meccaniche e della morfologia del sito con valori variabili tra  $\varepsilon = 1,0$  e  $\varepsilon = 1,3$ .

### 3.9.3 Fondazione in zona sismica non collegate e spostamenti relativi.

Non si applicano ai ponti le prescrizioni del punto B.10 comma secondo, capoverso a), del Decreto Ministeriale 19 giugno 1984 relativo alle costruzioni in zona sismica. Nel progetto si terrà conto di uno spostamento orizzontale tra le strutture di fondazione contigue, sia per le verifiche di sicurezza, che per il controllo degli spostamenti in relazione alle caratteristiche geo-morfologiche dei luoghi ed alla tipologia dell'opera.

### 3.10 Resistenze parassite dei vincoli: $q_7$ .

Nel calcolo delle pile, delle spalle, delle fondazioni o degli apparecchi di appoggio stessi e, se del caso, dell'impalcato, si devono considerare le forze che derivano dalle resistenze parassite dei vincoli.

Dette forze possono valutarsi con le Norme C.N.R. sugli appoggi.

Nel caso di appoggi in gomma dette forze andranno valutate sulla base delle caratteristiche dell'appoggio e degli spostamenti previsti.

### 3.11 Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio: $q_8$ .

I parapetti, la cui altezza non potrà essere inferiore ad un metro, devono essere calcolati in base ad una spinta orizzontale di 0,13 t/m applicata al corrimano.

I sicurvii e gli elementi strutturali a cui sono collegati devono essere dimensionati per una forza orizzontale trasversale non inferiore a 4500 kg applicata a m 0,60 dal piano viario; ai montanti inoltre deve essere applicata simultaneamente una forza orizzontale longitudinale non inferiore a 3000 kg che, nel caso di sicurvii continuo, potrà essere ripartita su non più di 4 montanti.

Nel caso in cui possa verificarsi l'urto di un veicolo su di un elemento strutturale, quale è ad esempio il caso delle pile dei sovrappassi (anche se protette da sicurvii), si dovrà considerare agente sull'elemento strutturale o sulla sua eventuale protezione una forza orizzontale concentrata di 50 t applicata a 1,0 m dal piano viario con una inclinazione massima di 30° rispetto alla direzione di marcia del veicolo.

### 3.12 Altre azioni variabili: $q_9$ .

Rientrano fra questi carichi gli effetti della corrente sulle pile in acqua, la pressione dei ghiacci, l'urto dei natanti, ecc.

Quando si debba tener conto dei carichi accidentali  $q_9$ , se ne deve valutare l'entità di volta in volta sulla base di adeguata documentazione o facendo riferimento a norme specifiche.

### 3.13 Combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico da considerare nelle verifiche devono essere stabilite in modo da garantire la sicurezza secondo quanto prescritto dalle «Norme sulla sicurezza e sui carichi». Di regola, salvo casi particolari adeguatamente motivati, saranno prese in conto le combinazioni di cui alla tabella allegata, con le seguenti precisazioni:

**COMBINAZIONI E COEFFICIENTI MOLTIPLICATIVI DELLE SINGOLE AZIONI PER I DIVERSI TIPI DI VERIFICHE**

	Azione gruppo	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$\epsilon_1$ (***)	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$	$q_9$
Metodo ten. ammissibili	A I	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
	A II	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	1	1	0	0	0,6*	0	1	1	1
	A III	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	1	1	1	0	0,2	0	1	1	1
	A IV	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	1	1	1
	A V	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Stati limite di esercizio fessurazione	F I	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
	F II	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	$\psi 1$	$\psi 1$	0	0	0	0	0	0	0
	F III	1	1	$1 (\beta_1)$	1	1	1	1	$\psi 2$	$\psi 2$	0	0	0	0	0	0	0

Per ulteriori stati limite di esercizio valgono A I, A II, A III, A IV

Stati limite ultimi	U I	1,5 (1,0)	1,5 (1,0)	$1,5 (\beta_2)$	1,2 (0,85)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,2 (0)	0	0	0	0	1,5		1,5	1,5	(**)
	U II	1,5 (1,0)	1,5 (1,0)	$1,5 (\beta_2)$	1,2 (0,85)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,5	1,5	0	0	0,9		1,5	1,5	
	U III	1,5 (1,0)	1,5 (1,0)	$1,5 (\beta_2)$	1,2 (0,85)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,5	1,5	1,5	0	0,3		1,5	1,5	
	U IV	1,5 (1,0)	1,5 (1,0)	$1,5 (\beta_2)$	1,2 (0,85)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,2 (0)	1,5	1,5	0	1,5	0,3		1,5	1,5	

$\beta_1 = 0,7$  per spinta delle terre

$\beta_2 = 0,5$  per spinta delle terre

$\beta_1 = 0$  per azioni spingenti di origine idraulica

$\beta_2 = 0$  per azioni spingenti di origine idraulica

(\*) 0,4 per le verifiche agli stati limite di esercizio

(\*\*) da valutare caso per caso

(\*\*\*) Operando con il metodo delle tensioni ammissibili, si rammenta l'obbligo di effettuare la verifica a rottura della sezione

Per le singole opere di luce maggiore a 300 m è possibile modificare i coefficienti indicati in tabella previa autorizzazione del Servizio tecnico centrale del Ministero dei lavori pubblici.

- Per le azioni  $g$  ed  $\varepsilon$  assumere, quando più sfavorevoli, i valori indicati tra parentesi;

- I coefficienti  $\psi_1$  e  $\psi_2$  valgono:

$$\psi_1 = 1 \text{ e } \psi_2 = 0,7$$

per solette, trasversi e strutture principali di luce inferiore a metri 10;

$$\psi_1 = 0,40 + 0,74 \left( \frac{100 - L}{100} \right)^2$$

$$\psi_2 = 0,25 + 0,556 \left( \frac{100 - L}{100} \right)^2$$

per strutture principali con luce di calcolo  $L$  compresa fra 10 e 100 metri;

$$\psi_1 = 0,4 \text{ e } \psi_2 = 0,25$$

per luci superiori a 100 metri.

- I moltiplicatori da applicarsi alle eventuali azioni  $q_9$  per le verifiche agli stati limite ultimi devono essere valutati caso per caso.

- L'azione  $q_7$  (resistenza di attrito agli appoggi) deve sempre essere associata alle azioni  $g$  che la producono.

- Il valore sfavorevole (1,2) del coefficiente relativo alle azioni indirette  $\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$  nelle verifiche agli stati limite ultimi, deve essere assunto pari ad 1,5 nel caso si impieghi un procedimento di analisi strutturale non lineare.

#### 4. VERIFICHE DI SICUREZZA.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate sulla base delle «Norme sulla sicurezza e sui carichi» e, per quanto riguarda le fondazioni, delle «Norme geotecniche».

Si deve inoltre applicare quanto prescritto dalle «Norme tecniche per la esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» emesse in applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086, salvo quanto specificato al punto 4.1 ed assumendo per tutte le combinazioni di carico lo stesso unico valore delle tensioni ammissibili e delle resistenze di calcolo.

In particolare devono essere effettuate le verifiche agli stati limite a fatica, a fessurazione ed a deformazione, tanto operando con il metodo delle tensioni ammissibili, quanto con il metodo agli stati limite.

##### 4.1 Verifica allo stato limite di fatica.

Nelle verifiche di resistenza da effettuarsi con le combinazioni di carico che risultino determinanti tra quelle indicate al punto 3.13, si deve tener conto dell'influenza della fatica derivante dall'azione ripetuta dei carichi variabili secondo le indicazioni delle «Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, emesse in applicazione alla legge 5 novembre 1971, n. 1086.

In mancanza di dati più precisi, derivanti da una approfondita analisi della distribuzione statistica dei carichi, in relazione al previsto periodo di esercizio dell'opera, le verifiche devono essere effettuate per i carichi ed il numero di ripetizioni qui di seguito indicati:

a) strutture principali:  $2 \times 10^6$  cicli di carico considerando solo il 50% dei carichi mobili con esclusione del coefficiente dinamico per il carico  $q_{1,b}$ ;

b) strutture secondarie d'impalcato (solette, trasversi etc.):  $2 \times 10^6$  cicli di carico considerando l'intero carico  $q_{1,c}$  o in alternativa, quando più sfavorevole, la percentuale di carico  $q_{1,b}$ , senza l'effetto dinamico, specificata come segue:

I cat. 100%;

II cat. 50%.

Salvo casi particolari, si possono trascurare gli effetti termici.

4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione devono essere effettuate in base alle condizioni di carico indicate al punto 3.13.

Per le strutture in cemento armato ordinario, per le combinazioni di carico  $F_I$  e  $F_{III}$ , l'apertura teorica delle fessure deve risultare inferiore a 0,1 mm in ambiente aggressivo e comunque all'estradosso delle solette, 0,2 mm in ambiente normale; per la combinazione di carico  $F_{II}$  l'apertura teorica delle fessure deve risultare inferiore rispettivamente a 0,2 e 0,3 mm.

Per le strutture in cemento armato precompresso, in considerazione della maggior sensibilità degli acciai alla corrosione, nelle combinazioni di carico  $F_I$  e  $F_{III}$  non si deve verificare decompressione in alcuna sezione; con la combinazione di carico  $F_{II}$  l'apertura delle fessure deve risultare inferiore a 0,1 mm in ambiente aggressivo a 0,2 in ambiente normale.

##### 4.3 Verifiche allo stato limite di deformazione.

Le deformazioni massime delle strutture da valutarsi in base alle combinazioni di carico indicate nel punto 3.13 devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché con i vincoli ed i dispositivi di giunto previsti in progetto. Esse pertanto non devono arrecare disturbo al transito dei carichi mobili alle velocità di progetto della strada.

Nel calcolo delle deformazioni si dovrà tener conto dell'eventuale stato di fessurazione della struttura.

##### 4.4 Verifica alle azioni sismiche.

Quando si adotti il metodo delle tensioni ammissibili, in conformità con quanto previsto dalle vigenti «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» Decreto Ministeriale 19 giugno 1986 in applicazione alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, si considera la combinazione di carico A V di cui al punto 3.13.

Quando invece le analisi delle sollecitazioni provocate dalle azioni orizzontali e verticali siano eseguite, come anche esplicitamente previsto dalle norme suddette al secondo capoverso del paragrafo B.1, con metodi approfonditi, fondati su un opportuno e motivato terremoto di progetto e su procedimenti di calcolo basati su ipotesi e risultati sperimentali chiaramente comprovati, le verifiche potranno essere effettuate con metodi coerenti con le ipotesi assunte.

##### 4.5 Verifiche in fase di costruzione.

Le verifiche di sicurezza devono riguardare anche le singole fasi di costruzione dell'opera. Nel corso della costruzione sono ammesse limitate riduzioni del margine di sicurezza, rispetto a quello previsto nel presente punto 4, da valutarsi in relazione alla durata delle varie fasi transitorie ed al periodo di ritorno delle azioni considerate. Devono inoltre essere verificate le eventuali centine e le altre attrezzature provvisorie previste per la realizzazione dell'opera.

#### 5. STRUTTURE PORTANTI.

##### 5.1 Impalcato.

###### 5.1.1 Spessori minimi.

Gli spessori minimi degli elementi dell'impalcato devono essere fissati in base alle prescrizioni delle norme vigenti per i singoli tipi strutturali, tenendo conto dell'influenza dei fattori ambientali sulla durabilità dell'opera.

###### 5.1.2 Strutture ad elementi prefabbricati.

Nelle strutture che sono costruite interamente od in parte con elementi prefabbricati si deve provvedere affinché sia assicurata la compatibilità geometrica delle parti assemblate, tenendo anche conto delle tolleranze, al fine di evitare sovratensioni o danneggiamenti dovuti a difetti esecutivi o di montaggio.

Gli elementi di connessione tra le parti collegate devono essere conformati in modo da garantire la corretta trasmissione degli sforzi. Nel caso di elementi in cemento armato normale e precompresso e di strutture miste acciaio-calcestruzzo va tenuto conto anche delle ridistribuzioni lente che si verificano tra parti gettate o sottoposte a carico in tempi successivi, e quelle che derivano dalle variazioni dei vincoli.

##### 5.2 Pile.

###### 5.2.1 Spessori minimi.

Vale quanto indicato al punto 5.1.1.

###### 5.2.2 Schematizzazione e calcolo.

Nella verifica delle pile snelle, particolare attenzione deve essere rivolta alla determinazione delle effettive condizioni di vincolo, specialmente per quel che riguarda le fondazioni.

Le pile devono essere verificate, in sommità, anche agli effetti delle azioni concentrate derivanti dagli apparecchi di appoggio.

Nel calcolo delle deformazioni si deve controllare che nelle combinazioni più sfavorevoli delle azioni gli spostamenti consentiti dagli apparecchi di appoggio siano compatibili con quelli massimi valutati tenendo conto nelle pile alte anche della differenza di temperatura tra una faccia e l'altra.

## 6. VINCOLI.

I vincoli dell'impalcato alle sottostrutture (pile, spalle, fondazioni) devono assicurare le previsioni di progetto realizzando lo schema statico previsto sia con riferimento alle azioni che alle distorsioni.

Inoltre essi devono permettere l'evoluzione dello schema statico della struttura durante le fasi costruttive qualora ciò sia previsto in progetto.

I vincoli devono essere tali da consentire tutti gli spostamenti previsti con margine di sicurezza superiore a quello degli altri elementi strutturali.

Le singole parti del vincolo e relativi ancoraggi devono essere dimensionati in base alle forze vincolari trasmesse.

Particolare attenzione va rivolta al funzionamento dei vincoli nella direzione trasversale rispetto all'asse longitudinale dell'impalcato cui deve corrispondere uno schema statico ben definito.

La scelta e la disposizione dei vincoli nei ponti a pianta speciale quali i ponti in obliquo ed i ponti in curva va approfondita con riferimento a tutte le particolarità di funzionamento che tali impalcati presentano.

### 6.1 Protezione dei vincoli.

Con opportuni accorgimenti deve essere assicurata la protezione delle varie parti dei vincoli al fine di garantirne il regolare funzionamento per il previsto periodo di esercizio.

### 6.2 Controllo, manutenzione e sostituzione.

Deve essere comunque assicurata l'accessibilità ai vincoli del ponte tale da consentirne il controllo, la manutenzione e la eventuale sostituzione, senza eccessiva difficoltà.

### 6.3 Vincoli in zona sismica.

Per i ponti in zona sismica, i vincoli devono essere progettati in modo che risultino idonei sia a trasmettere le azioni definite al punto 3.9 sia ad evitare sconessioni degli elementi componenti il vincolo e la fuoriuscita dei vincoli dalle loro sedi, tenendo conto degli eventuali urti conseguenti al comportamento dinamico.

## 7. OPERE ACCESSORIE.

### 7.1 Giunti.

In corrispondenza delle interruzioni strutturali devono prevedersi dispositivi atti ad assicurare la continuità del piano viabile limitando il più possibile le sollecitazioni alla struttura ed i disturbi al traffico derivanti da tali interruzioni.

Di regola essi devono impedire che le acque meteoriche o di lavaggio possano percolare attraverso il giunto stesso; nel caso in cui ne sia invece previsto il passaggio attraverso il giunto, le acque devono essere raccolte immediatamente sotto di esso in apposita canaletta ed allontanate dalle strutture adiacenti.

### 7.2 Pavimentazioni.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre alla usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti.

Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

### 7.3 Impermeabilizzazione.

Mediante opportuna impermeabilizzazione deve essere evitato che infiltrazioni di acqua possano recare danno ai materiali costituenti le strutture portanti dei ponti.

### 7.4 Smaltimento delle acque piovane.

Lo smaltimento delle acque piovane deve effettuarsi in modo da non arrecare danni o pregiudizio all'opera stessa, alla sicurezza del traffico nonché ad eventuali opere ed esercizi sottostanti.

### 7.5 Ispezionabilità delle opere.

In sede di progettazione ed esecuzione devono essere previsti provvedimenti costruttivi e dispositivi atti ad assicurare l'ispezionabilità delle varie parti dell'opera in maniera commisurata alla importanza dell'opera stessa.

## 8. NORME DI ESECUZIONE E COLLAUDO.

### 8.1 Esecuzione.

Nel corso dell'esecuzione deve essere osservato quanto prescritto in merito dalle norme vigenti richiamate al punto 1.2. Particolare attenzione deve essere rivolta al controllo in corso d'opera della qualità dei materiali.

### 8.2 Collaudo statico.

I ponti non possono essere posti in esercizio prima dell'esecuzione del collaudo statico di cui all'art. 7 della legge n. 1086 del 5 novembre 1971. Le operazioni di collaudo dovranno svolgersi in conformità delle prescrizioni generali e, per quanto applicabili, di quelle relative alle prove di carico contenute nelle norme tecniche emanate ai sensi dell'art. 21 della legge sopra citata.

Solo per ponti di luce netta inferiore o eguale a m 6 il collaudatore, a suo giudizio, potrà omettere le prove di carico, purché compia gli altri accertamenti e controlli di cui alle norme tecniche citate, comunque necessari per il collaudo statico delle opere d'arte.

90A2213

## CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI N. 34233

(Pres. Cons. Sup. Serv. Tecnico Centrale, 25 febbraio 1991)

### Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - Art. 1. Decreto ministeriale 4 maggio 1990 - Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.

Con Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici, di concerto con il Ministro dell'Interno, in data 4-5-1990 (v.) sono state approvate nuove norme tecniche riguardanti la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti, quale aggiornamento delle analoghe norme approvate con il decreto ministeriale 2-8-1980 (v.).

Dette norme aggiornate, essendo state pubblicate sulla *Gazzetta Ufficiale* il 29-1-1991, entreranno in vigore il 29 luglio 1991.

Al fine di una esatta applicazione delle norme sono state elaborate da questo Servizio Tecnico Centrale le allegate istruzioni, sulle quali ha espresso parere favorevole l'Assemblea Generale del Consiglio Superiore.

Le citate istruzioni sostituiscono quelle emanate con la circolare n. 20977 dell'11-11-1980.

#### 0. PREMESSA

Con decreto ministeriale 4-5-1990 (v.) sono stati approvati i criteri generali e le prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali.

Al fine di una esatta interpretazione delle norme, sono state elaborate da questo Servizio Tecnico Centrale le presenti istruzioni, su cui ha espresso parere favorevole l'Assemblea Generale del Consiglio Superiore.

Le istruzioni, oltre a riguardare la materia tratta dalle norme, recano nella parte finale disposizioni concernenti la manutenzione e l'ispezione dei ponti.

Per facilità di consultazione gli argomenti esposti nelle istruzioni sono stati distinti, per quanto possibile, con una numerazione corrispondente a quella delle norme.

Le presenti istruzioni sostituiscono integralmente quelle di cui alla circolare n. 20977 dell'11-11-1980 di questo Servizio Tecnico Centrale.

Sia le norme che le presenti istruzioni riguardano i ponti di nuova costruzione. Per i ponti esistenti vale quanto specificato al paragrafo 9.

#### 1. INTRODUZIONE

##### 1.2 *Coordinamento con altre norme*

Le presenti istruzioni, oltre ad essere coordinate con le norme tecniche emanate nell'ambito della legge 2-2-1974, n. 64 (v. in CEM) e della legge 5-11-1971, n. 1086 (v. in CEM), fanno riferimento anche alle vigenti norme del C.N.R. relative alle strade urbane ed alle strade extraurbane.

#### 2. PRESCRIZIONI GENERALI

##### 2.1 *Geometria della sede stradale*

La sede stradale deve essere progettata in accordo con quanto previsto dalla norme C.N.R. di cui al punto 1.2. Sui ponti deve essere di regola mantenuta la sezione stradale corrente, ivi comprese le pendenze trasversali, salvo quanto attiene ai marciapiedi, come successivamente indicato.

Qualora, in casi particolari validamente motivati ed escludendo comunque ponti di limitata lunghezza ed importanza, fosse necessario derogare da quanto sopra descritto, le eventuali variazioni di ciascun elemento compositivo della

sezione corrente debbono essere realizzate gradualmente con il seguente criterio: variazione di lunghezza rispetto alla lunghezza corrispondente, non maggiore di 1% per velocità di progetto maggiore od uguale a 100 km/h, non maggiore di 2% per velocità di progetto minore od uguale a 50 km/h, con interpolazione lineare per velocità intermedie. Quando, in sezioni stradali a carreggiate separate, viene soppressa la continuità strutturale fra le due carreggiate, abolendo lo spartitraffico, deve comunque garantirsi la prosecuzione della sede naturale, mantenendo sull'opera d'arte in sinistra della singola carreggiata, il franco di sicurezza minimo pavimentato e libero da ostacoli, ancorché continui, previsto dalle citate norme C.N.R. per la categoria della strada in questione.

Salvo situazioni particolari validamente motivate, nel caso di sezione stradale corrente con banchina di larghezza minore di 3 m, a fianco della banchina sul lato destro deve essere disposto un marciapiede rialzato avente principalmente funzione di passaggio di servizio e di transito pedonale di emergenza; esso deve avere larghezza minima netta di 0,75 m ed essere delimitato verso banchina da un ciglio di tipo non sormontabile.

Nel caso di carreggiate separate o indipendenti il marciapiede di cui al comma precedente deve essere disposto sul lato destro.

##### 2.2 *Altezza libera*

Nel caso in cui le esigenze geometriche impresse da vincoli non eliminabili inducano ad adottare, per l'altezza utile tra il piano stradale e l'intradosso di un ponte a questo soprastante le riduzioni di cui al secondo e terzo capoverso del punto 2.2 delle norme, il progettista deve corredare il progetto della documentazione necessaria a dimostrare la necessità della riduzione in base allo stato delle esistenti infrastrutture, alle situazioni geomorfologiche ed alla comprovata natura di strada e traffico selezionato, cui appartengono le corsie che sottopassano l'opera d'arte.

Ove prescritto, la documentazione deve essere presentata ai Comandi competenti per territorio, Militare e dei Vigili del Fuoco, con tutte le notizie utili a fornire ai suddetti Organi elementi di giudizio ai fini dell'accesso alle zone servite dalla strada da parte di mezzi speciali — in particolare modo di quelli di soccorso di Vigili del Fuoco — che non potrebbero transitare sotto l'opera d'arte progettata, evidenziando particolarmente quali percorsi alternativi idonei potrebbero, eventualmente, essere transitabili in tempi accettabili dagli speciali mezzi di soccorso.

##### 2.4 *Problemi idraulici*

Gli elementi del ponte, quali le opere di sostegno, di difesa ed accessorie, quando interessino l'alveo di un corso d'acqua, specie se di qualche importanza, dovranno far parte di un progetto unitario. Nello studio andranno in particolare illustrati i seguenti aspetti:

— ricerca e raccolta presso gli Uffici ed Enti competenti delle notizie e dei rilievi esistenti, utili per lo studio idraulico da svolgere;

— giustificazione della soluzione proposta per: l'ubicazione del ponte, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta,

in elevazione ed in fondazione, tenuto conto del regime del corso d'acqua, dell'assetto morfologico attuale e della sua prevedibile evoluzione e della natura geologica della zona interessata;

— studio idrologico degli eventi di massima piena; esame dei principali eventi verificatisi nel corso d'acqua; raccolta dei valori estremi, in quanto disponibili, e loro elaborazione in termini di frequenza probabile del loro verificarsi; definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;

— definizione della scala delle portate nella sezione interessata per le condizioni attuali e per quelle dipendenti dal costruendo manufatto, anche per le diverse e possibili fasi costruttive previste; calcolo del rigurgito provocato dal ponte.

Nel caso in cui l'opera di attraversamento sia costituita, oltre che dal ponte vero e proprio, anche da uno o due rilevati collocati in alveo, dovranno essere valutate quali modifiche possano prodursi a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva.

2.4.1 Indicazione dei criteri per fissare il franco minimo rispetto del livello di massima piena.

La quota idrometrica ed il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali.

Può ritenersi normalmente che il valore della portata massima e del relativo franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni; è di interesse stimare i valori della frequenza probabile di ipotetici eventi che diano luogo a riduzioni del franco stesso. Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave dovrà comunque essere non inferiore alla sommità arginale.

Nello studio idraulico, sempre che le opere interessino l'alveo, si dovranno inoltre considerare i seguenti problemi:

— classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna;

— valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni delle pile, delle spalle e delle relative fondazioni, nonché dei rilevati;

— valutazione degli effetti dovuti alla eventuale presenza di una corrente veloce;

— esame delle conseguenze della presenza di natanti, corpi flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, e studio della difesa dagli urti e dalle abrasioni, nonché delle conseguenze di possibili ostruzioni delle luci (specie se queste possono creare invasi temporanei a monte), sia in fase costruttiva sia durante l'esercizio delle opere.

In situazioni particolarmente complesse può essere opportuno sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli idraulici sperimentali.

#### 2.4.2 Relazione idraulica

Le questioni idrauliche, trattate con ampiezza e grado di approfondimento commisurati alla natura dei problemi ed al grado di elaborazione del progetto, saranno oggetto di apposita relazione idraulica, che farà parte integrante del progetto stesso.

### 3. AZIONI

#### 3.1 Generalità

Secondo quanto indicato nelle «Norme sulla sicurezza e sui

carichi», emanate ai sensi dell'art. 1 della legge 2-2-1974, n. 64 (v. in CEM), i valori delle azioni di cui ai punti seguenti devono essere assunti direttamente nelle verifiche effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili. Se le verifiche di sicurezza si effettuano con il metodo semiprobabilistico agli stati limite, i sopradetti valori devono considerarsi valori nominali di riferimento assimilabili a valori caratteristici.

Quando gli effetti della viscosità assumano particolare rilevanza ai fini delle verifiche, potrà essere opportuno prendere in esame leggi di viscosità scelte caso per caso in relazione ai materiali ed ai procedimenti costruttivi impiegati.

#### 3.2 Carichi permanenti

3.2.1 Per la valutazione dei pesi propri delle strutture (gl) si farà riferimento ai pesi unitari dei materiali indicati nelle istruzioni relative alle «Norme sulla sicurezza e sui carichi».

3.2.2 Per quanto riguarda la pavimentazione stradale, nel progetto occorre indicare lo spessore nominale iniziale (e il relativo carico) e lo spessore massimo (e il relativo carico) che potrà assumere nel tempo la pavimentazione in relazione alle operazioni di manutenzione ordinaria.

Ovviamente per il progetto dell'opera si deve tener conto del carico massimo della pavimentazione.

Questi dati possono essere tenuti in conto nelle specifiche di manutenzione delle opere.

3.2.3 Le altre azioni permanenti g3 (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc.) vanno introdotte nei calcoli con la massima e minima valutazione secondo le indicazioni della tabella contenuta nel punto 3.13 delle norme, in modo da ottenere le condizioni di verifica più gravose.

In particolare nel calcolo delle spinte delle terre dovute al terrapieno dovrà tenersi conto anche della presenza di eventuali carichi mobili e sovraccarichi sul terrapieno stesso.

#### 3.3 Distorsioni (azioni indirette)

3.3.2 Per opere di particolare importanza o di particolare situazione ambientale, le variazioni termiche andranno valutate caso per caso in relazione alle caratteristiche dell'opera e del sito, considerando comunque come valori minimi inderogabili quelli indicati dalle tecniche sui carichi e sicurezza.

Andrà considerato:

a) una variazione termica uniforme;

b) un gradiente termico tra l'estradosso e l'intradosso degli impalcati che, in mancanza di analisi specifiche, potrà essere assunto di 10 °C con andamento lineare tra detti estremi, oppure con discontinuità fra la soletta e la sottostante parte di impalcato;

c) nel calcolo di verifica di impalcati a cassone in c.a. occorre controllare anche gli stati tensionali conseguenti a variazioni di temperature lineari nello spessore non minori di 10 °C tra superfici interne ed esterne (sia interno caldo sia esterno freddo). Quest'ultima verifica andrà estesa a pile e spalle cave, per le quali occorrerà inoltre, quando del caso e in alternativa, considerare una variazione di temperatura di 10 °C tra zone esposte al sole e quelle in ombra;

d) nelle verifiche non si considereranno concomitanti gli effetti delle variazioni nello spessore con gli altri.

3.3.3 Gli effetti dei cedimenti vincolari vanno aggiunti a quelli delle distorsioni e presollecitazioni di progetto, quando rendono più gravose le condizioni di verifica delle strutture o di sue parti.

### 3.4 Carichi mobili

3.4.1 Per le strutture di svincolo, intersezione e diramazione, nonché nel caso di larghezza di carreggiata variabile per la presenza di corsie di decelerazione o accelerazione, le condizioni di carico saranno determinate caso per caso in armonia con quelle corrispondenti alla sezione stradale corrente.

### 3.9 Azioni sismiche

Ai fini dell'applicazione ai ponti delle Norme per le costruzioni in zona sismica, si forniscono le seguenti precisazioni:

*a) coefficiente di protezione sismica:*

il coefficiente di protezione sismica di cui alle vigenti norme tecniche relative alle costruzioni sismiche si assumerà di regola pari ad 1. Fanno eccezione quei manufatti la cui funzionalità sia strettamente ed intimamente connessa con quella di opere di primaria importanza ai fini della protezione civile (ad esempio per l'unicità di accesso ad una delle predette opere) e per le quali si sia assunto un valore del coefficiente sopradetto maggiore di 1. In tal caso questo stesso valore verrà adottato anche per il ponte.

*b) non sincronismo della risposta al sisma di parti indipendenti della struttura:*

con riferimento alle sopracitate «Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica», si deve tener conto nelle verifiche, ed in particolare nel calcolo degli spostamenti relativi, degli effetti delle vibrazioni in opposizione che possono verificarsi in parti strutturali parzialmente o totalmente scollegate.

Quando si effettui il calcolo secondo l'analisi statica convenzionale, le forze rappresentanti l'azione sismica devono essere applicate sulle varie parti con versi tali da produrre gli effetti più sfavorevoli.

*c) spostamenti relativi del suolo:*

vanno tenuti in conto gli spostamenti relativi del suolo tra i punti ove sono posizionate le fondazioni dell'opera.

*d) interazione suolo-struttura:*

nei casi in cui appare rilevante l'effetto della deformabilità del terreno di fondazione, e in presenza di pile alte e snelle, si deve tener conto dell'interazione suolo-struttura.

### 3.9.2 Coefficiente di fondazione

In mancanza di un appropriato studio specifico a puro titolo indicativo ci si potrà riferire ai dati riportati nella tabella seguente:

Descrizione del suolo  $\epsilon$

S<sub>1</sub> Roccia di base o depositi ben addensati (sabbie compatte, ghiaie o argille sovraconsolidate) con spessori inferiori a 50 m sulla roccia di base: 1,0;

S<sub>2</sub> Depositati ben addensati (come in S<sub>1</sub>) con spessori a 50 m. Terreni mediamente addensati (sabbie o argille normalmente consolidate) con spessori inferiori a 10 m: 1,1;

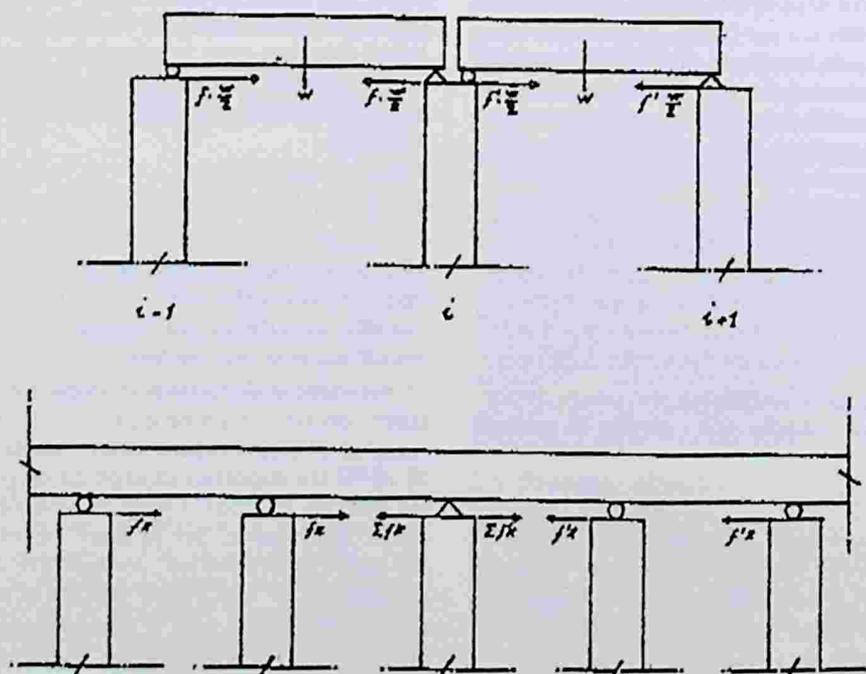
S<sub>3</sub> Depositati mediamente addensati (come in S<sub>2</sub>) con spessori inferiori a 25 m e con uno strato superficiale di terreno compressibile inferiore a 5 m: 1,2;

S<sub>4</sub> Terreni diversi da quelli sopra enunciati: 1,3.

3.9.3 Il riferimento di cui al secondo capoverso della norma è valido anche relativamente al successivo Decreto Ministeriale 24-1-1986 (v. in ZOS).

### 3.10 Resistenza di attrito agli appoggi

Va considerata l'eventualità, se del caso, che si abbiano coefficienti di attrito diversi tra apparecchi di appoggio mobili di una stessa opera come semplificato in figura.



### 3.13 *Combinazione di carico*

Per le opere ricadenti in zona sismica che, per la loro particolare destinazione ed ubicazione, siano soggette a forti volumi di traffico per lunghi periodi (quali alcuni ponti urbani, alcune strade sopraelevate, i viadotti in prossimità di barriere doganali o autostradali, ecc.) si dovrà prevedere, nella combinazione di carico AV, un coefficiente moltiplicativo per l'azione  $q_1$  diverso da 0, se più sfavorevole, da prescriversi caso per caso da parte del Committente. Resta inteso che anche in questi casi le masse da considerare nella valutazione dell'azione sismica  $q_6$  sono, convenzionalmente, solo quelle associate al peso proprio ed ai carichi permanenti portati.

## 4. VERIFICHE DI SICUREZZA

### 4.3 *Verifiche allo stato limite di deformazione*

Per quanto concerne i limiti di cui al punto relativo delle «Norme», si tratta di verifiche che, nelle condizioni di carico che producono le massime deformazioni flessionali e torsionali delle strutture principali dipendenti dai carichi variabili, dai fenomeni viscosi, dal ritiro e dagli effetti termici, i quozienti fra le frecce massime e le luci, nonché i valori massimi degli angoli di inclinazione e di torsione risultino contenuti entro limiti accettabili per il funzionamento delle opere in relazione al particolare tipo strutturale.

### 4.4 *Verifica delle azioni sismiche*

Il riferimento di cui al primo capoverso delle norme deve intendersi al Decreto Ministeriale 24-1-1986 (v. in ZOS).

### 4.5 *Verifiche in fase di costruzione*

Quando del caso si devono valutare, in relazione alle modalità costruttive previste, le ridistribuzioni di tensione relative alle deformazioni viscosi ed al ritiro e ad altri fenomeni che si sviluppano nel tempo.

## 5. STRUTTURE PORTANTI

La progettazione strutturale e le verifiche statiche di un ponte vanno condotte in rigorosa congruenza con le tecniche di realizzazione previste per l'opera, in quanto esse ne condizionano il comportamento ed il regime statico sia istantaneo che differito. Parimenti, in sede di progetto, occorre far preciso riferimento alle previste tecnologie di produzione ed ai tempi di costruzione degli elementi strutturali. Il profilo strutturale di estradosso dell'impalcato deve rispettare il profilo longitudinale di progetto tenuto conto delle deformazioni originate dai carichi permanenti (peso proprio e sovrastruttura) e da eventuali distorsioni e pre-sollecitazioni impresse secondo la specifica sequenza di costruzione prevista dal progetto.

Tali deformazioni dovranno essere inoltre considerate ai fini di un corretto posizionamento degli apparecchi di appoggio.

Il progetto dell'opera deve essere perciò corredato da una completa relazione tecnica che illustri anche le modalità esecutive dell'opera stessa con particolare riferimento alle situazioni statiche transitorie e finali, sia dei singoli elementi strutturali che dell'opera nel suo complesso.

Nei casi in cui il progetto preveda che lo schema statico principale subisca evoluzioni tipologiche e funzionali dei vincoli interni e/esterni, è necessario che siano indicati i tempi successivi di alterazione dello schema sia ai fini di una corretta analisi dell'effetto delle distorsioni istantanee e differite e, soprattutto, per fornire al costruttore precise modalità di esecuzione.

Le indicazioni di cui al presente punto 5 riguardano i ponti di prima e seconda categoria.

### 5.1 *Impalcati*

In prossimità di interruzioni strutturali della continuità longitudinale della soletta, quest'ultima dovrà essere preferibilmente solidale al traverso di testata e dovrà essere adeguatamente rinforzata in relazione anche al notevole cimento dinamico cui è sottoposta.

In mancanza di una valutazione più rigorosa che tenga conto anche degli effetti d'urto, le parti di soletta a sbalzo dal traverso di testata verso il giunto debbono essere verificate applicando ai valori delle caratteristiche della sollecitazione un coefficiente dinamico uguale a 3.

La pendenza trasversale degli impalcati non può essere ottenuta di regola variando lo spessore della soletta o della pavimentazione e mantenendo le travi a quota costante, salvo una correzione sino all'1% da realizzarsi con la pavimentazione.

L'impiego di elementi di solette prefabbricate a tutto spessore e con collegamenti discreti con le travi principali è consentito solo nel caso in cui venga garantito il contatto su tutta la superficie di estradosso della struttura principale e l'impiego di calcestruzzi a ritiro compensato per i getti di collegamento.

Nei ponti in curva realizzati con impalcato a travi, per rapporti  $1/r > 0,25$  è sconsigliata l'adozione di travi disposte secondo le corde. La disposizione dei traversi dovrà di norma essere radiale.

a) impalcati in c.a. e c.a.p.

Il copriferro dell'armatura più prossima alla superficie esterna deve rispettare i seguenti valori:

- almeno 2 cm nel caso di solette;
- almeno 3 cm nel caso di travi.

Lo spessore dell'anima delle travi nelle strutture da ponte non deve comunque essere inferiore a 14 cm.

Nel caso di travi in c.a.p. con armature pretese l'interasse minimo delle armature non deve essere inferiore a 2,6 volte il diametro equivalente delle armature stesse.

Nel caso di travi con armatura post-tesa lo spessore dell'anima non deve essere minore di 3,0 volte il diametro della guaina dei cavi nel caso di presenza di un solo cavo e di 5 volte tale diametro nel caso di due cavi disposti su una stessa corda.

L'interasse tra i cavi nelle anime non deve essere normalmente minore a 2 volte il diametro massimo delle guaine. Lo spessore minimo dell'ala inferiore deve essere adeguato alla larghezza e alla pendenza dell'estradosso dell'ala stessa, tenuto conto anche della quantità di armatura presente. Lo spessore della soletta di impalcato non deve essere inferiore a 20 cm.

Per sezioni a cassone gli spessori minimi delle anime o della soletta seguono le medesime limitazioni previste per le travi a sezione aperta mentre lo spessore minimo della controsoletta non deve essere inferiore a 14 cm.

Dovranno prevedersi traversi almeno in corrispondenza dei vincoli.

Nel caso di impalcati con sezione a cassone dovranno prevedersi fori di drenaggio delle acque, la cui infiltrazione accidentale all'interno deve essere sempre prevista.

b) impalcati in acciaio

Di regola dovranno essere rispettate le seguenti dimensioni minime:

- spessori delle varie membrature, con l'eccezione delle stime dei profili laminati e doppio T ed a C, delle imbottiture e dei tubi: 8 mm;

— spessori delle anime dei profili laminati a doppio T ed a C: 5 mm;

— spessori delle lamiere nervate degli impalcati a piastra ortotropa: 10 mm;

— spessori di parete di elementi in acciaio fuso: 20 mm;

— spessori di gola dei cordoni di saldatura di angolo: 3,5 mm;

— diametro dei bulloni: 16 mm;

— diametro dei connettori a piolo nei sistemi composti acciaio-calcestruzzo: 14 mm (diametro massimo 22 mm per saldatura automatica senza metallo di apporto);

— distanza delle superfici laterali dei connettori dai lembi delle lamiere su cui sono saldati: 30 mm;

— spessore della soletta in c.a. negli impalcati a sezione composta acciaio-calcestruzzo: non inferiore a 20 cm.

Il progetto della struttura dovrà favorire, per quanto possibile, la migliore accessibilità di ogni parte all'ispezione e alla manutenzione.

Dovranno essere evitate zone di ristagno d'acqua o di raccolta di sporcizia; ove non sia possibile tali zone dovranno essere provviste di adeguati fori di drenaggio o riempite di materiale aderente ed impermeabile.

In sede progettuale deve essere predisposta apposita specifica sui controlli da effettuare sulle saldature, con la definizione dei metodi e della percentuale di controllo.

La snellezza delle membrature compresse non dovrà superare il valore 120 per le membrature principali e 150 per le membrature secondarie e per quelle di controvento.

La snellezza delle membrature tese, eccettuate le funi, non dovrà superare il valore di 250.

## 5.2 Pile

Nelle pile di calcestruzzo armato a sezione cava le pareti devono avere uno spessore non inferiore a 25 cm.

## 5.3 Spalle

È consigliabile l'adozione di accorgimenti che garantiscano un graduale raccordo del piano viario tra spalla e rilevato a monte della stessa.

## 6. VINCOLI

Particolare attenzione va rivolta alla scelta degli appoggi ed alla loro corretta disposizione tale da consentire le previste libertà di movimento con riferimento al complesso di sollecitazione e azioni che interessano l'opera.

a) Apparecchi di appoggio fissi e mobili di acciaio.

Gli apparecchi di appoggio fissi saranno preferenzialmente realizzati con accoppiamento di piastra piana a superficie cilindrica in modo da ottenere un contatto lineare.

Nell'accoppiamento devono comunque essere previsti dispositivi atti ad impedire efficacemente gli spostamenti orizzontali.

Gli apparecchi di appoggio mobili saranno preferibilmente realizzati mediante rulli o settori di rullo.

Per gli apparecchi di appoggio mobili si dovrà indicare nel progetto la posizione dell'apparecchio in relazione alle condizioni termiche di montaggio ed alla temperatura media di esercizio; questi dovranno inoltre essere dimensionati in base agli spostamenti massimi dovuti alla peggiore combinazione delle azioni.

Per le tensioni ammissibili ed i coefficienti di sicurezza dei materiali, dei rulli e delle piastre, si rinvia al Decreto Ministeriale di applicazione della legge n. 1086/1971 «Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato

normale e precompresso e per le strutture metalliche» (v. in CEM) ed alle Istruzioni C.N.R. 10011/85 (v. in ACC). In caso di impiego di acciai speciali dotati di elevata resistenza alle azioni di contatto, le tensioni ammissibili devono essere stabilite, caso per caso, in relazione alle caratteristiche meccaniche del materiale, delle quali si dovrà fornire adeguata documentazione.

b) Appoggi in gomma e PTFE.

Le caratteristiche, il dimensionamento, la verifica, la posa in opera e le prove di accettazione degli apparecchi di appoggio in gomma e PTFE devono seguire quanto indicato nelle Istruzioni C.N.R. 10018/85 «Apparecchi di appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni» (v. in CEM). L'uso di appoggi elastomerici semplici, cioè costituiti da un solo strato di gomma, dovrà essere limitato al caso di impalcato che abbiano spostamenti piccoli e comunque luci non superiori a 12 m.

Nel caso di impiego di appoggi elastomerici armati per trave di luce superiore a 30 m è fatto obbligo al costruttore di fornire i certificati di tutte le prove, distruttive e non, specificate nelle istruzioni del C.N.R. citate.

Tenuto conto della particolare severità delle condizioni ambientali e delle modalità di montaggio degli apparecchi in gomma per i ponti, i limiti della pressione media  $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$  calcolati come previsto dalle citate Istruzioni C.N.R. sono ridotti all'80% e pertanto valgono rispettivamente 12 e 8 N/mm<sup>2</sup>.

### 6.1 Protezione dei vincoli

Tutte le superfici metalliche non inossidabili che siano conglobate nel getto di calcestruzzo, devono essere opportunamente verniciate in modo da garantire la protezione superficiale della corrosione.

Per gli apparecchi di appoggio di cui alla lettera b), si deve provvedere ad opportuni sistemi di protezione (parapolvere, raschiapolvere, ecc.) onde proteggere i piani di scorrimento contro gli imbrattamenti ed i danneggiamenti.

Per i vincoli realizzati con cavi o barre pretesi, nelle zone non iniettate si deve provvedere a realizzare una adeguata protezione contro la corrosione.

### 6.2 Vincoli in zona sismica

Al fine di ridurre gli effetti delle azioni sismiche, si possono adottare particolari dispositivi atti ad ammortizzare le vibrazioni ed a dissipare l'energia, la cui efficienza dovrà essere adeguatamente comprovata sia per quanto riguarda l'apparecchio sia per quanto riguarda il comportamento globale della struttura.

In zona sismica gli apparecchi di appoggio scorrevoli dovranno consentire gli spostamenti previsti al punto 3.9 delle norme tecniche per le combinazioni in zona sismica, oltre ovviamente agli spostamenti relativi del suolo in corrispondenza dei punti di vincolo.

## 7. OPERE ACCESSORIE

### 7.1 Giunti

I giunti da adottare nei ponti devono soddisfare le seguenti esigenze:

— gli spostamenti previsti fra le strutture adiacenti devono verificarsi senza creare apprezzabili discontinuità, risalti ed avvallamenti del piano viabile, al fine di limitare le sollecitazioni di urto alla struttura e disturbi al traffico;

— l'operazione di sostituzione di parti danneggiate od usurate deve poter avere luogo possibilmente senza provocare la totale chiusura del ponte al traffico;

— devono essere adottati tutti gli accorgimenti utili ad evitare l'asportazione ed il refluo del materiale costituente la pavimentazione a contatto con il giunto;

— i materiali impiegati devono presentare caratteristiche meccaniche e chimiche tali da assicurare una adeguata durabilità;

— garantire una adeguata impermeabilità nei confronti dell'infiltrazione delle acque piovane.

Il giunto dovrà essere proporzionato per far fronte agli spostamenti relativi delle strutture che esso deve collegare; nella valutazione di tali spostamenti dovranno essere adottati opportuni criteri di prudenza. In ogni caso dovrà essere adottato un adeguato margine di sicurezza, sia nel caso della chiusura che dell'apertura del giunto rispetto alla massima escursione totale prevista.

Nel dimensionamento degli elementi costituenti il giunto si dovrà tener conto della natura ciclica e dinamica delle sollecitazioni che può dar luogo a rilevanti effetti di fatica.

Particolare cura dovrà essere posta nel proporzionamento e nella posa degli ancoraggi di collegamento del giunto alle strutture adiacenti, tenendo anche conto, se del caso, degli spostamenti e delle rotazioni delle strutture.

In zona sismica non si applicano ai giunti le prescrizioni di cui al punto B.9 delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

### 7.2 Pavimentazione stradale

Di norma la pavimentazione stradale sul ponte deve essere tale da non introdurre apprezzabili variazioni di continuità rispetto alla strada nella quale il ponte è inserito.

Pertanto, in linea di massima, nel caso più frequente di sovrastrutture di tipo «flessibile», salvo casi particolari, sul ponte debbono proseguire gli strati superiori di pavimentazione in conglomerato bituminoso.

L'anzidetta pavimentazione deve presentare pendenza trasversale minima non inferiore al 2%.

Il conglomerato bituminoso deve presentare una percentuale di vuoti particolarmente bassa onde ridurre i pericoli di permeazione e saturazione d'acqua nella pavimentazione, facilitate dalla presenza dell'impermeabilizzazione sottostante.

### 7.3 Impermeabilizzazione

#### a) Caratteristiche.

Gli strati impermeabilizzati, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

— elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stessa dello strato impermeabilizzante;

— deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e resistenza meccanica;

— resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;

— durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;

— compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);

— altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

— tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di  $-10$  e  $+60$  °C;

— sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che possono verificarsi all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

#### b) Materiali e loro posa in opera.

Dovranno essere utilizzati materiali e trattamenti per i quali si disponga di un'adeguata documentazione sperimentale, in particolare per ciò che riguarda la permanenza nel tempo delle caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Si raccomanda la massima cura nella finitura delle superfici da proteggere.

Gli spessori degli strati da estendere dovranno essere comunque tali da coprire con sicurezza ed efficacia le eventuali irregolarità superficiali e consentire la sicura continuità degli strati.

Particolare cura dovrà essere rivolta alla protezione delle zone singolari dei ponti (marciapiedi, cordoli, bocchettoni per acqua piovana, ecc.) che costituiscono potenziali vie di penetrazione delle acque.

### 7.4 Smaltimento delle acque piovane

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche deve essere tale da evitare ristagni sulla sede stradale.

I vari bocchettoni, cui resta affidata la funzione di evacuazione di cui sopra, devono essere disposti in numero ed in posizioni dipendenti dalla geometria planoaltimetrica della sede stradale e, in regola, devono presentare sezione libera di deflusso di almeno  $50 \text{ cm}^2$ .

Ogni bocchettone deve essere costituito da una parte tubolare eduttiva saldata ad una piastra metallica direttamente poggiata sull'estradosso del rustico del piano viario, al di sopra del quale è distesa in modo opportuno la impermeabilizzazione.

Il tubo di eduazione dovrà essere prolungato fino a portare l'acqua di scolo a distanza tale da evitare scolarure sulle strutture anche in presenza di vento.

Nel caso di attraversamento di zone urbane ed in tutti quei casi in cui le acque di eduazione possono produrre danni e inconvenienti, è prescritto che esse siano intubate fino a terra ed eventualmente immerse in un sistema fognante. Nelle strutture a cassone devono praticarsi dei fori di evacuazione di eventuali acque di infiltrazione nei punti di possibile accumulo, verso i quali devono essere indirizzate le pendenze interne delle strutture. Si devono dotare tali fori di tubi di evacuazione e di gocciolatoi, al fine di evitare scoli di acque sul manufatto.

### 7.5 Ispezionabilità delle opere

Di regola le opere devono essere ispezionabili in tutte le loro parti e pertanto occorrerà predisporre gli opportuni accorgimenti che ne consentano l'attuazione.

Nelle tipologie di impalcato a sezione chiusa, si deve prevedere — ove possibile — anche l'ispezionabilità interna

a mezzo di appositi passi d'uomo; in caso contrario si dovrà o prevedere appositi provvedimenti che assicurino un più elevato livello di protezione delle pareti interne oppure adottare accorgimenti che consentano comunque l'ispezione ottica.

Quanto sopra vale anche per le pile di rilevante importanza statica a struttura cava cellulare (ad una o più celle) per le quali sia necessaria l'ispezionabilità interna.

## 8. NORME DI ESECUZIONE E COLLAUDO

### 8.2 Collaudo

Le norme tecniche oggetto delle presenti istruzioni vietano la messa in esercizio dei ponti prima dell'esecuzione del collaudo statico. Ne consegue pertanto l'esigenza che le operazioni di collaudo vengano espletate con tempestività adeguate alle necessità di apertura al traffico. Anche a tal fine si ritiene che — salvo il caso di modesti manufatti — il collaudo statico venga affidato «in corso d'opera».

Per quanto concerne inoltre gli accertamenti di collaudo, le medesime norme tecniche rinviano alle corrispondenti norme emanate ai sensi dell'art. 21 della legge 5-11-1971, n. 1086 (v. in CEM) per le opere in c.a., in c.a.p. ed a struttura metallica. A tale proposito si ricorda che le prescrizioni di cui al decreto ministeriale 27-7-1985 (v. in CEM), punto 8 parte I e punto 7 parte II, sono prescrizioni «di minima» inderogabili e che il Collaudatore, nell'ambito dei suoi poteri discrezionali, potrà estendere i propri accertamenti ove ne ravvisi la necessità.

Qualora in un lotto stradale, soggetto a collaudo unico, ricadano ponti che presentano le caratteristiche ripetitive, è consentito al Collaudatore di sottoporre alle prove di carico solo alcune delle opere o degli elementi strutturali ripetuti fra loro uguali, purché ciò sia fatto almeno una volta per ogni tipo diverso e, nell'ambito di uno stesso tipo di opere e di elementi ripetuti, almeno una volta ogni cinque.

In ogni caso, tutte le opere devono essere assoggettate singolarmente al carico e per esse il Collaudatore accerterà che non si producano lesioni od altri segni esteriori di dissesto durante od a seguito del carico.

Quando per la realizzazione delle opere in questione si adottino tecniche esecutive di tipo non sufficientemente sperimentato, si raccomandano tempestive prove di carico, con rilevamento dello stato della tensione e di deformazione del primo complesso strutturale realizzato.

I carichi di prova dovranno essere, di regola, tali da indurre nelle strutture dei ponti le massime sollecitazioni di progetto sia globali che locali. Solo in caso di accertata difficoltà a disporre di tali carichi è consentita una riduzione, fino al 20%, delle sollecitazioni massime dovute al carico accidentale incrementato dal coefficiente dinamico.

Le deformazioni teoriche saranno calcolate tenendo conto delle prescrizioni fornite dalle norme vigenti per quanto concerne i valori delle sezioni reagenti da assumere per le strutture in c.a. e c.a.p.

Le deformazioni reali saranno misurate con i sistemi più opportuni atti a fornire al Collaudatore valori convenientemente approssimati delle deformazioni stesse.

Nel rilevamento delle deformazioni sarà necessario adottare metodologie ed accorgimenti atti ad individuare e separare l'influenza diretta e indiretta delle variabili termiche che possono verificarsi durante la prova.

Il Collaudatore potrà anche procedere, in aggiunta alle pro-

ve di carico ed alle misure prima indicate, all'esecuzione di controlli a mezzo di prove dinamiche, prove fisiche, ecc. Il Collaudatore dovrà comunque effettuare i riscontri geometrici essenziali dell'opera (ad es.: verticalità delle pile; posizione e corsa iniziale degli apparecchi di appoggio, ecc.), confrontandoli con i dati di progetto e riportandoli nella relazione di collaudo, anche al fine dei periodici successivi accertamenti.

## 9. LA GESTIONE DEI PONTI STRADALI

### 9.1 Generalità

Le strutture da ponte inserite nella rete stradale nazionale devono presentarsi in permanente stato di agibilità tecnica, con riferimento, ovviamente, alle caratteristiche dei tronchi stradali cui esso sono a servizio.

Gli enti preposti alla gestione delle strade ai vari livelli esistenti (strade statali, regionali, provinciali, comunali, vicinali) e, per essi, gli Uffici Tecnici competenti, devono avere conoscenza, per quanto possibile completa, delle caratteristiche delle opere a loro affidate. Tali conoscenze devono essere sostenute da adeguata documentazione tecnica, da istituire per ogni opera o per gruppi di opere, contenente tutti i dati salienti relativi al progetto, alla esecuzione, al collaudo, alla gestione.

La necessità di assicurare le dovute condizioni di sicurezza dell'utente, esige una assidua attenzione da parte degli enti gestori al fine di garantire una buona e corretta conservazione delle opere: in tal senso vanno tenute in particolare considerazione la vetustà di molti ponti, la classificazione delle strade cui esse sono a servizio, l'aumento dei carichi circolanti.

La gestione dei ponti stradali si esplica attraverso le seguenti operazioni:

- vigilanza;
- ispezione;
- manutenzione: ordinaria-straordinaria;
- interventi statici: restauro-adequamento-ristrutturazione.

### 9.2 Vigilanza

La vigilanza sullo stato di conservazione dei ponti deve essere permanente.

Il personale incaricato effettuerà con frequenza prestabilita visita ai manufatti, anzitutto per il controllo dello stato del piano viabile e poi per un esame di superficie delle strutture visibili degli impalcati e dei sostegni, per accertare ogni fatto nuovo, l'insorgere di anomalie esterne, come fessurazioni, deformazioni anomale, armature scoperte, spostamenti relativi, movimenti del terreno, e dovrà immediatamente segnalare tali fatti all'Ufficio da cui dipende. Lo stesso personale, nel caso in cui riscontri gravi anomalie, prenderà provvedimento immediato di chiusura del ponte al traffico o di limitazione della carreggiata.

L'Ufficio, dietro la segnalazione di cui sopra, disporrà una ispezione o un controllo adeguati alla importanza dell'anomalia segnalata.

Ispezioni o controlli straordinari dovranno essere altresì disposti per quei manufatti che dovrebbero essere stati interessati da eventi occasionali quali alluvioni, piene, sismi, gravi incidenti stradali che potessero avere interessato le strutture, ecc.

La documentazione delle operazioni di cui sopra dovrà essere allegata alla documentazione tecnica di cui al punto 9.1.

### 9.3 Ispezione

Gli Uffici Tecnici delle Amministrazioni proprietarie delle strade, o alle quali la gestione delle strade è affidata, devono predisporre un sistematico controllo delle condizioni statiche e di buona conservazione dei ponti. La frequenza delle ispezioni deve essere commisurata alle caratteristiche ed alla importanza dell'opera, nonché alle risultanze della vigilanza.

Il controllo, da eseguire sulla base della documentazione disponibile, sarà volto ad accertare periodicamente le condizioni di stabilità dell'opera e dei suoi elementi strutturali e lo stato di conservazione delle strutture stesse e delle parti accessorie. Le ispezioni, di norma visuali, devono riguardare, oltre che le strutture e le pertinenze dell'opera, anche le fondazioni, lo stato dei pendii, le situazioni in alveo, con particolare riferimento a stati di erosione.

L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla documentazione tecnica di cui al punto 9.1. A conclusione di ogni ispezione inoltre, il tecnico incaricato deve se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato dell'opera.

Nel caso in cui l'opera presentasse segni di gravi anomalie, il tecnico dovrà promuovere ulteriori controlli specialistici e nel frattempo adottare direttamente, in casi di urgenza, eventuali limitazioni all'esercizio dell'opera.

### 9.4 Manutenzione

Per manutenzione deve intendersi il complesso di operazioni necessarie a mantenere l'opera nella sua piena efficienza, nel rispetto delle sue caratteristiche originarie. Le operazioni di manutenzione possono essere ordinarie o straordinarie.

#### 9.4.1 Manutenzione ordinaria

Le operazioni di manutenzione ordinaria di regola comprendono:

- pulizia delle varie parti dell'opera compresi gli appoggi, anche con mezzi meccanici, al fine di asportare tutti i materiali estranei;
- sostituzione di elementi accessori deteriorati con operazioni di semplice smontaggio e montaggio;
- riparazioni localizzate superficiali delle parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali;
- riparazioni localizzate di impermeabilizzazione e pavimentazione;
- interventi localizzati contro la corrosione;
- operazioni di riparazione dei giunti di dilatazione.

#### 9.4.2 Manutenzione straordinaria

Le operazioni di manutenzione straordinaria di regola comprendono:

- ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato da eseguire anche con materiali speciali;
- protezione delle armature scoperte, estesa ad ampie zone;
- protezione dei calcestruzzi da azione disgreganti (gelo, sali solventi, ambiente aggressivo, ecc.) con eventuale applicazione di film protettivi;
- sigillatura di fessure di strutture in c.a. od in c.a.p., che non richiedano interventi più specifici;
- interventi su bullonature, saldature o parti comunque danneggiate di strutture metalliche;

— protezione contro la corrosione su grandi superfici in strutture metalliche;

- ripristino di strutture di mattoni o pietra da taglio;
- protezione delle armature da azioni disgreganti (gelo, sali, ambiente aggressivo, ecc.);
- riparazione e ricostruzione di ampie porzioni o della totalità della pavimentazione e dell'impermeabilizzazione degli impalcati;
- sostituzione di giunti di dilatazione;
- interventi sugli appoggi e dispositivi di vincolo con messa in ripristino o sostituzione totale o parziale.

### 9.5 Restauro statico, adeguamento, ristrutturazione

#### 9.5.1 Definizioni

Per restauro statico si intende il complesso di interventi volti al ripristino della capacità portante originaria di un ponte deteriorato.

Per adeguamento si intende il complesso di interventi che, nel rispetto sostanziale della geometria e dello schema statico originario, pongono in grado la struttura di far fronte ad azioni maggiori o diverse da quelle del progetto originario.

Per ristrutturazione si intende infine il complesso di interventi volti al ripristino od anche all'aumento della capacità portante, interventi comportanti peraltro una modifica delle caratteristiche geometriche (ad es. allargamento della sede stradale) o dello schema statico organico dell'opera.

L'adeguamento e la ristrutturazione possono interessare ovviamente anche opere in buono stato di conservazione.

#### 9.5.2 Progettazione degli interventi

Per importanti interventi di restauro ed, in ogni caso, per gli interventi di adeguamento e di ristrutturazione, si dovrà procedere alla redazione di un progetto completo, che prenda in esame, sotto tutti gli aspetti, la struttura esistente ed il suo futuro assetto statico.

In particolare, in funzione delle caratteristiche dell'opera e dell'ampiezza dell'intervento, dovranno prendersi in considerazione e svilupparsi alcune o tutte le seguenti operazioni:

- rilievo geometrico completo dell'opera e confronto con la documentazione tecnica esistente;
- indagini sulle fondazioni, sul loro stato e sulla loro capacità di portanza in rapporto con le caratteristiche del terreno;
- indagini sui materiali, mediante opportune serie di prove distruttive e/o non distruttive;
- rilievo del reale stato dell'opera con indicazione di stati fessurativi, di eventuale degrado e dello stato dei vincoli;
- relazione tecnica che illustri la natura e l'opportunità delle scelte progettuali effettuate, le tecniche e le modalità esecutive da adottare, i materiali normali e speciali da impiegare;
- elaborati di calcolo estesi anche ad eventuali fasi transitorie dell'intervento, con particolare riferimento ad eventuali problemi di redistribuzione delle sollecitazioni e delle deformazioni.

Ulteriori indagini e studi potranno rendersi necessari in relazione alle singole tipologie ed alle specifiche situazioni. Ad interventi conclusi, le opere dovranno essere assoggettate a collaudo secondo le modalità previste nelle norme tecniche e nelle presenti istruzioni.

