

SERVIZIO LAVORI E COSTRUZIONI

Roma, li 1° settembre 1971

N. L.9.1/127649

**CRITERI PER LA COMPILAZIONE E L'ESAME
DEI PROGETTI DI CAVALCAVIA SULLA SEDE FERROVIARIA**

SOMMARIO

1 - Disposizioni generali	pag. 1
2 - Caratteristiche generali dei cavalcavia	» 3
3 - Criteri per la ripartizione dei sovraccarichi	» 5
4 - Cavalcavia ad arco	» 6
5 - Cavalcavia ad impalcature in cemento armato	» 7
6 - Cavalcavia in cemento armato precompresso	» 10
Strutture miste	» 12
8 - Luci di calcolo	» 14
9 - Appoggi e cerniere	» 15
10 - Cavalcavia obliqui	» 17
11 - Cavalcavia costruiti per fasi	» 18
12 - Piedritti e fondazioni	» 18
13 - Calcoli grafici	» 20
14 - Materiali da impiegare	» 20
15 - Disarmo e prove di carico	» 22
16 - Capitolati, norme e regolamenti da rispettare	» 22

OBBLIGO DI DISTRIBUZIONE

	UNITÀ PERIFERICHE	UNITÀ DELLA SEDE CENTRALE	GRUPPI DI PERSONALE
<p><i>La presente deve essere distribuita, a cura dei Reparti 0.1 e delle Segreterie degli Uffici Centrali, alle Unità e gruppi di personale qui indicati.</i></p> <p><i>Tutte le Unità destinatarie hanno l'obbligo di curare la conservazione della Istruzione fra le documentazioni di carattere permanente.</i></p>	Divisioni Lavori	Uffici	Direttivo
	Sezioni Lavori	Sezioni	Tecnico di concetto
	Sezioni Ufficio		
	Riparti di Esercizio		
	Reparti di Ufficio		
	Scuole Intercomp.li		

F. S. SERVIZIO LAVORI E COSTRUZIONI	CRITERI PER LA COMPILAZIONE E L'ESAME DEI PROGETTI DI CAVALCAVIA SULLA SEDE FERROVIARIA	<i>Roma, 1-9-1971</i> ISTRUZIONE 44 a Prot. n. L.9.1/127649
--	--	--

1 - DISPOSIZIONI GENERALI

1.1 - Premesse

Dato il tempo trascorso dalla emanazione della circolare n. L.9.1/10521 in data 21-2-1957, n. 14, avente per oggetto i « Criteri per la compilazione e l'esame dei progetti di cavalcavia », in considerazione delle notevoli modifiche nel frattempo introdotte nella progettazione e nella costruzione dei ponti, si reputa opportuno aggiornare detti criteri, allo scopo di facilitare il compito sia dei progettisti delle opere in questione, sia degli Uffici preposti all'esame dei relativi progetti.

Si è redatta pertanto la presente Istruzione, che sostituisce la circolare n. 14 del 21-2-1957.

Si fa presente, inoltre, l'opportunità che i progettisti di opere di scavalco della sede ferroviaria sentano il parere delle Divisioni Lavori competenti, nella fase preliminare della stesura dei progetti, al fine di conoscere subito eventuali esigenze locali che potrebbero imporre caratteristiche e modalità esecutive particolari per le nuove opere da realizzare.

1.2 - Carichi accidentali da adottare

I carichi da considerare sono quelli riportati nella circolare n. 384 in data 14 febbraio 1962 del Ministero dei Lavori Pubblici, avente per oggetto le « Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali ».

In genere sono da considerarsi come strade di 1^a categoria le autostrade, le strade statali e le strade provinciali di particolare importanza e come strade di 2^a categoria quelle provinciali di minore importanza, quelle di bonifica, comunali e vicinali (secondo la classificazione prevista nella circolare n. 19096 in data 16-8-1953 del Ministero della Difesa [Gabinetto]).

Nei casi nei quali il progettista, secondo la classificazione sopra esposta, intenda tener conto dei soli carichi civili, il progetto dovrà essere corredato da una esplicita dichiarazione della competente Autorità Militare, appositamente interpellata, in merito ai carichi mobili da considerare.

Senza tale dichiarazione il progetto non potrà essere approvato dalla nostra Azienda.

I carichi mobili andranno incrementati del coefficiente per le azioni dinamiche indicato nella citata circolare n. 384 per i ponti in muratura, c.a. o c.a.p., oppure di quello riportato nella circolare n. 7091 in data 4-9-1970 del Ministero dei Lavori Pubblici relativa alle « Norme per la progettazione e l'esecuzione dei ponti stradali in acciaio » per i cavalcavia metallici.

Carichi civili e carichi militari.

Caratteristiche delle strade.

Dichiarazione dell'Autorità Militare

Incremento dinamico.

1.3 - Distanze minime e determinazione della luce

Luci minime Le luci da assegnare alle campate di attraversamento dovranno tener conto della necessità che i piedritti e le relative fondazioni risultino sufficientemente lontane dai binari, in modo da non comportare soggezioni per l'esercizio ferroviario, anche durante la costruzione delle nuove opere.

La determinazione della luce da assegnare alle opere di attraversamento dovrà essere eseguita considerando la posizione (planimetrica e altimetrica) e le dimensioni delle fondazioni rispetto al più vicino binario, il tipo di fondazione che si intende adottare, nonché la natura del terreno.

Solo in casi particolari, per i quali non sussistano i motivi sopra specificati, la luce potrà essere fissata in modo da rispettare un franco di almeno 2 metri sul retto tra il piedritto e la più vicina rotaia, con un minimo di m. 7 sempre sul retto per linee a semplice binario.

Stazioni - linee da ampliare. Quando i cavalcavia ricadano in zone interessate dai piani regolatori delle stazioni o in tratti di linea per i quali sia previsto l'aumento del numero dei binari, l'ampiezza delle luci e la loro disposizione dovranno essere studiate in modo da consentire l'attuazione delle future sistemazioni.

Cavalcavia sovrastanti gallerie. Nel caso di cavalcavia sovrastanti gallerie ferroviarie, i piedritti dovranno essere tenuti sufficientemente lontani dal rivestimento delle gallerie stesse e dovranno essere adottate particolari modalità costruttive, da concordare con l'Azienda, in modo che non venga arrecato pregiudizio al rivestimento medesimo.

Si fa rilevare, inoltre, che, qualora l'esecuzione dell'opera richiedesse notevoli rallentamenti alla marcia dei treni, la difficoltà di reperire i perditempi relativi potrebbe ritardare o, addirittura impedire, la realizzazione dell'opera.

1.4 - Altezza libera

Altezza libera. Per quanto riguarda l'altezza libera da prevedere nella impostazione dei progetti, occorre tener presente che per le linee elettrificate l'altezza stessa dipende :

- dall'altezza della linea di contatto sul piano del ferro ;
- dal tipo di catenaria adottato ;
- dalla larghezza del cavalcavia ;
- dall'angolo di incrocio del manufatto con la linea ferroviaria ;
- dall'ubicazione del cavalcavia rispetto ai sostegni della linea elettrica di contatto.

A puro titolo orientativo si precisa che, con l'altezza della linea di contatto standardizzata a m. 5 e con catenaria con corda portante e fili di contatto regolati con contrappesi, l'altezza libera di un cavalcavia avente una larghezza di m. 20 ed un angolo di incrocio con i binari di 45° dovrà essere non inferiore a m. 5,91, mentre se la larghezza dell'opera fosse di m. 40 con lo stesso angolo d'incrocio, l'altezza libera da richiedere dovrebbe essere di m. 6,60.

È pertanto necessario richiedere preventivamente, a titolo orientativo, volta per volta, alla locale Divisione Impianti Elettrici l'altezza libera da assegnare ai costruendi cavalcavia. Questa Sede si riserva poi di far esaminare il progetto, sotto questo aspetto, dal competente Servizio Impianti Elettrici.

Spostamento sostegni linee di contatto. È da tener presente che risulta quasi sempre conveniente all'ente costruttore del cavalcavia richiedere lo spostamento (a carico dell'ente stesso) di alcuni sostegni della linea di contatto, in modo da far coincidere l'asse longitudinale del manufatto con il centro di una campata della linea stessa, cosa che consente di avere un minimo di altezza libera.

Quando per insormontabili difficoltà tecniche un cavalcavia in progetto debba avere un intradesso inferiore a quello normale, può essere studiata con la locale Divi-

sione Impianti Elettrici la soluzione che prevede l'ancoraggio delle apparecchiature della trazione elettrica a strutture non portanti del cavalcavia, oppure anche a strutture portanti, opportunamente predisposte, secondo apposito, accurato studio.

Quanto sopra allo scopo di evitare in futuro qualsiasi intervento del genere su strutture portanti già eseguite e che possa, in qualsiasi modo, anche solo intaccare le strutture stesse.

Per le linee non elettrificate e per le quali non si preveda l'elettrificazione, l'altezza d'intradosso minima è di m. 5,50.

Si chiarisce che per altezza libera si intende quella minima misurata sulla verticale tra la rotaia e l'intradosso del cavalcavia, tenendo conto della pendenza sia longitudinale che trasversale del cavalcavia stesso, nonchè dell'andamento dei binari sottostanti.

Misurazione dell'altezza libera.

2 - CARATTERISTICHE GENERALI DEI CAVALCAVIA

2.1 - Nella progettazione e nella scelta del tipo di un cavalcavia si dovrà tener conto delle condizioni del terreno di fondazione e delle condizioni planimetriche della zona in cui verrà ubicato il manufatto, specialmente quando questo venga ad interessare altre opere ferroviarie esistenti nella zona.

Le caratteristiche del terreno di fondazione verranno accertate mediante saggi geognostici, il cui esito dovrà risultare in apposito allegato al progetto.

Saggi geognostici.

Qualora il cavalcavia venisse ad interferire con opere preesistenti, come ponticelli, muri di sostegno, cunette, canalizzazioni in genere ecc. il progetto del manufatto di attraversamento dovrà essere completato con quello di sistemazione o di adattamento di dette opere.

Interferenza con opere esistenti.

Particolare cura dovrà essere posta nello studio delle opere necessarie per assicurare il deflusso delle acque anche nelle nuove condizioni create dalla costruzione del cavalcavia.

Studio planimetrico.

La pendenza di eventuali rilevati verso la sede ferroviaria dovrà essere di norma pari a 2/3 e comunque adeguata alle caratteristiche del rilevato stesso. Se del caso, dovranno essere previsti muri di sottoscarpa e cunette a difesa delle opere ferroviarie.

In relazione a quanto sopra il progetto del cavalcavia dovrà essere corredato da uno studio plano-altimetrico della zona interessata dall'attraversamento.

2.2 - Nella scelta del tipo di fondazione si dovrà tener conto della possibilità pratica di realizzare l'opera in presenza dell'esercizio ferroviario, come detto in precedenza al punto 1.3.

Interferenze con l'esercizio ferroviario.

Si dovrà comunque evitare di eseguire scavi per le fondazioni delle nuove opere al di sotto del piano di posa delle fondazioni di opere ferroviarie esistenti in prossimità del nuovo manufatto.

2.3 - Nella progettazione degli impalcati si dovranno adottare, per quanto possibile, strutture prefabbricate da varare in opera, escludendo soluzioni che prevedano il getto in opera delle strutture portanti principali. Quanto sopra per ridurre al minimo le soggezioni all'esercizio ferroviario.

Impalcati con strutture prefabbricate.

Si osserva sin d'ora che i cavalcavia dovranno essere progettati con obliquità non maggiore di 45°, intendendosi per obliquità l'angolo formato tra la perpendicolare all'asse longitudinale del manufatto e l'asse della linea ferroviaria che sottopassa l'opera.

Obliquità massima.

Si dovranno poi escludere travate metalliche o impalcati a struttura mista acciaio-calcestruzzo nelle zone in vicinanza del mare o di impianti industriali che producano fumi o gas aggressivi.

Esclusione di strutture metalliche in ambiente aggressivo.

Si dovranno escludere anche gli impalcati formati con travetti prefabbricati in c.a. oppure in c.a.p., di sezione rettangolare, accostati e completati in opera con il getto di una soletta superiore. Tale soluzione, infatti, non garantisce la monoliticità dell'impalcato, data anche l'impossibilità di attuare una precompressione trasversale dello stesso, in relazione alla difficoltà di far combaciare perfettamente le pareti verticali dei travetti adiacenti.

**Strutture
scatolari.**

Saranno, invece, ammesse strutture costituite da elementi a sezione scatolare accostati, in cui siano state predisposte, mediante opportuni accorgimenti costruttivi, adatte superfici di contatto, e che vengano collegati trasversalmente mediante precompressione.

**Cavalcavia
in zona si-
smica.**

Per i cavalcavia da costruire in zone dichiarate sismiche dalla legge 25 novembre 1962, n. 1684, si dovrà tener conto delle norme prescritte in detta legge, nelle circolari n. 705 in data 6-2-1963, n. 2535 in data 12-6-1963 e n. 339 in data 12-8-1964 del Ministero dei Lavori Pubblici - Direzione Generale Servizi Speciali.

A tal fine nel progetto dovrà essere indicato il Comune in cui sarà ubicata l'opera.

Guard-rails

2.4 - Tutti i manufatti dovranno essere muniti di appositi guard-rails. In caso di strada in curva oppure di manufatto in zone fredde, dove possa temersi l'azione del gelo sul piano stradale, o per strade percorse da traffico molto veloce (autostrade, tangenziali, assi attrezzati ecc.), detti guard-rails dovranno essere del tipo detto « a stadi multipli di deformazione ».

Un tipo « a due stadi di deformazione », frequentemente adottato, è così formato :

- il primo stadio, soffice, costituito da un profilato ondulato e da sostegni deformabili fissati al secondo stadio, non in corrispondenza dei montanti di sostegno, ha la funzione essenziale di assorbire, mediante deformazione, l'energia dell'urto delle autovetture di minor peso, ma dotate di accelerazioni più elevate,
- il secondo stadio, costituito da profilati orizzontali direttamente collegati ai montanti di sostegno, con caratteristiche di maggior rigidità, ha la funzione di assorbire gli urti dei grossi automezzi, trasferendoli su più montanti.

**Parapetti e
reti su linee
elettrificate.**

I parapetti degli impalcati, per le parti sovrastanti linee elettrificate, dovranno essere del tipo cieco per l'altezza di m. 1,00 e saranno sormontati dalle necessarie reti di protezione dell'altezza dal piano di calpestio di m. 1,80. Le caratteristiche di dette reti saranno dettate dalla competente Divisione Impianti Elettrici.

Nel caso di giunti nei setti trasversali di separazione di parapetti in cemento armato di cavalcavia su linee elettrificate, i giunti medesimi devono essere realizzati in modo da garantire la completa continuità dei parapetti stessi sulle parti sovrastanti i binari.

Scarichi.

2.5 - Gli scarichi per le acque meteoriche cadute sugli impalcati non dovranno interessare la sede ferroviaria e dovranno essere sistemati in modo da non costituire causa di contatti accidentali con gli eventuali conduttori elettrici sottostanti.

Le estremità a sbalzo delle solette dovranno essere munite dei necessari gocciolatoi.

Dovranno essere accuratamente studiati i coprigiunti per i vari setti di separazione.

**Protezioni
contro le
corrosioni.**

Per i manufatti su linee elettrificate con il sistema a corrente continua devono essere adottati idonei provvedimenti per evitare il pericolo di corrosioni elettrolitiche, che potrebbero essere causate da eventuali circolazioni di correnti vaganti nelle parti metalliche delle strutture in c.a..

Tutte le messe a terra, per qualunque ragione siano poste come ad esempio quelle delle reti di protezioni sui parapetti, sopra indicate, dovranno avere un circuito proprio indipendente dal circuito di ritorno della trazione elettrica F. S..

**Ampliamenti
cavalcavia
esistenti.**

2.6 - Quando si intendesse aumentare la larghezza di un cavalcavia esistente, mediante la costruzione di un nuovo manufatto a fianco dell'originario, si dovrà aver cura che la nuova opera abbia la stessa distribuzione delle luci e strutture per quanto

possibile dello stesso tipo di quelli esistenti, per evitare che i carichi circolanti sul cavaleavia ampliato possano trovarsi a gravare su strutture aventi diversa elasticità e quindi diversi cedimenti.

Nel caso, poi, che con la costruzione di un'opera di attraversamento, venga ad essere abbandonato un manufatto esistente, quest'ultimo dovrà essere demolito, allo scopo di eliminare il pericolo costituito dal permanere al disopra della sede ferroviaria di vecchie strutture, prive di sorveglianza e di manutenzione.

**Demolizione
opere ab-
bandonate.**

3 - CRITERI PER LA RIPARTIZIONE DEI SOVRACCARICHI

3.1 - Solettoni e volti

Quando le strutture portanti dei cavaleavia siano formate con lastre piane o curve interessanti tutta la lunghezza della canna (solettoni in c.a., impalcature a travi in ferro incorporate nel calcestruzzo, volti in muratura od in c.a., esclusi quelli a costoloni) il sovraccarico mobile si supporrà ripartito uniformemente su una larghezza di m. 4,00 nel caso di carichi del tipo militare (schemi 4, 5 e 6 indicati nella circolare n. 384 in data 14-2-1962 del Ministero dei Lavori Pubblici) o su una larghezza di m. 3,00 nel caso di carichi del tipo civile (schemi 1 e 2).

3.2 - Strutture a nervature

Nelle strutture a nervature (in cemento armato o in cemento armato precompresso o in ferro) munite di trasversi, il calcolo dovrà essere condotto in modo da ottenere le condizioni di carico più sfavorevoli per le singole nervature.

Per la determinazione della ripartizione dei carichi sulle diverse nervature si potrà considerare il complesso elastico costituito da travi e trasversi (Metodi di Polsoni, Massonnet o altri). In tal caso l'armatura delle singole travi costituenti l'impalcato potrà essere dimensionata in relazione alle sollecitazioni massime calcolate per ogni nervatura.

Il calcolo della ripartizione dei carichi mobili, potrà però, essere condotto anche in maniera più rapida, considerando idealmente la condizione di travi collegate tra loro da infiniti trasversi infinitamente rigidi (formula di Courbon o simili). In tal caso la nervatura più sollecitata risulterà quella di bordo.

I valori afferenti alle nervature intermedie calcolati con tale ultimo sistema possono, però, risultare minori di quelli effettivi e pertanto, qualora si adotti tale procedimento, tutte le nervature dell'impalcato dovranno essere armate come quella di bordo sopra citata.

Per il calcolo della ripartizione in questione si dovranno disporre i carichi nella posizione più sfavorevole in relazione alla sezione trasversale dell'impalcato.

Per garantire che la condizione presa in esame nel calcolo non possa essere mutata nel tempo in senso sfavorevole alla stabilità, i marciapiedi delimitanti la carreggiata dovranno essere costruiti con una sufficiente sopraelevazione rispetto al piano stradale e dovranno essere delimitati dal lato della carreggiata medesima da un robusto cordolo ben collegato strutturalmente alla sottostante soletta.

**Inamovibi-
lità marcia-
piedi.**

Nel caso in cui i marciapiedi non risultassero sopraelevati rispetto al piano stradale, nella verifica della trave di bordo degli impalcati la sagoma di ingombro dello schema di carico più eccentrico dovrà essere considerata aderente al guard-rail.

È da tenersi presente che, quando le impalcature vengano progettate per fasi ed a due o più strisce, come accade per esempio per mantenere la continuità del traffico stradale durante l'esecuzione di lavori, oppure per costituire setti di separazione per strade di notevole larghezza, la nervatura di bordo più sollecitata e, quindi da prendere in esame, è generalmente quella in prossimità del setto di separazione.

**Impalcati
costruiti per
fasi.**

3.3 - Strutture scatolari

Alcuni progettisti, allo scopo di ottenere una notevole rigidità torsionale e, quindi, una migliore distribuzione del sovraccarico, adottano strutture portanti del tipo scatolare.

In tal caso la ripartizione dei carichi mobili potrà essere calcolata tenendo conto della rigidità torsionale della struttura.

4 - CAVALCAVIA AD ARCO

- Getto a conci** I volti dei cavalcavia, siano essi in muratura o in conglomerato cementizio semplice od armato, dovranno essere eseguiti per conci interessanti tutto il loro spessore. I conci in conglomerato cementizio dovranno essere gettati alternativamente in tempi diversi e di due larghezze diverse: precisamente dovranno essere eseguiti per primi quelli di larghezza maggiore, successivamente verranno eseguiti quelli alterni di larghezza non superiore a m. 1, costituendo così serraglie multiple.
- Il getto dei conci dovrà eseguirsi simmetricamente rispetto alla chiave. Della successione del getto dei conci dovrà tenersi conto nella progettazione delle centine.
- I setti tra i singoli conci dovranno essere normali alla fibra media; così pure saranno normali alla fibra media le sezioni alle imposte.
- Getti a rotoli** Non saranno da ammettersi volti eseguiti per rotoli, in considerazione delle forti sollecitazioni cui andrebbe soggetto il primo rotolo e della possibilità di distacco del medesimo, distacco capace di provocare la successiva concentrazione degli sforzi sulla restante parte di volto evidentemente non idonea a sostenere per intero le sollecitazioni ad essa trasmesse.
- Rinfianchi e muri frontali.** I rinfianchi vanno costruiti per l'intera lunghezza della canna, fino alle facce in vista. Sui rinfianchi stessi dovranno essere spiccati i muri frontali. Costruendo, invece, detti muri frontali direttamente sui volti e gettandoli, poi, il rinfianco entro i muri medesimi, si verrebbe a conferire alle armille una rigidità maggiore di quella del resto del volto, con conseguenti lesioni di distacco di esse dalla parte centrale della canna. Inoltre, con tale ultima soluzione, sarebbero agevolate le infiltrazioni di acqua lungo le pareti interne dei muri frontali fino all'estradosso del volto. È da tener presente, infine, che costruendo i ripetuti muri frontali direttamente sui volti, essi verrebbero ad avere una altezza maggiore e dovrebbero quindi avere uno spessore pure maggiore.
- Centine metalliche incorporate.** Sono da escludersi, altresì, le strutture ad arco con tralicci metallici, comunque composti mediante chiodature o saldature delle singole aste, incorporate nel conglomerato cementizio (sistema MELAN), poichè è incerto il comportamento di strutture composte in seno al conglomerato cementizio stesso, nè è garantita una sufficiente aderenza delle strutture metalliche al calcestruzzo.
- Volti leggermente armati.** Talora nei volti dei cavalcavia in conglomerato cementizio si prevede una leggera armatura. Ciò si verifica soprattutto nei volti ribassati, dove tale armatura ha lo scopo di assorbire gli sforzi dovuti alle variazioni di temperatura ed al ritiro.
- Disposizione armature.** Le armature tese all'intradosso dei volti dovranno essere sostenute con un sufficiente numero di staffe, da incorporare nello spessore dei volti stessi, al fine di evitare che i ferri medesimi, tendendo a disporsi lungo la corda, creino distacchi del copriferro.
- Cerniere.** Quando gli archi siano previsti a cerniere, anche se in fase transitoria, dovranno evitarsi cerniere costituite da ferri passanti tipo MESNAGER, in quanto le cerniere di tal genere determinano una forte concentrazione degli sforzi intorno ai ferri, con pericolo di distacco del calcestruzzo.
- Strutture in c.a. ad archi e pilastri.** Nei cavalcavia in cemento armato con archi e pilastri, sia a passaggio superiore che intermedio, dovranno eliminarsi i collegamenti che possano fungere da catena, a meno che non se ne tenga conto espressamente nei calcoli.

5 - CAVALCAVIA AD IMPALCATURE IN CEMENTO ARMATO

5.1 - La forma più usuale delle impalcature in cemento armato è quella costituita da nervature e soletta.

Le nervature sono normalmente collegate da trasversi posti alle estremità ed in campata. Quelli di campata debbono essere situati nella zona di maggiore inflessione delle travi maestre, avendo scarso effetto quelli che venissero collocati in prossimità degli appoggi. Pertanto si può consigliare di porre un trasverso solo in mezzeria per luci fino a m. 8, mentre, per luci superiori fino a 25 m. circa, i trasversi di campata dovranno essere in numero di 2, posti a cavallo della mezzeria, a distanza tra loro pari a $1/5$ della luce teorica. Per luci oltre 25-30 m. i trasversi dovranno essere almeno 3. Nelle travi continue i trasversi di campata dovranno essere posti nella zona di momento massimo.

Qualora la ripartizione dei sovraccarichi mobili sulle diverse nervature dell'impalcato venga determinata con metodi che presuppongono un'interasse costante tra i trasversi (per es. metodo di Massonnet), o, qualora per il tipo di impalcato adottato, sia necessario precomprimere i trasversi, oppure vengano previsti tre trasversi di campata, è opportuno che tutti i trasversi (di estremità e di campata) vengano posti ad interasse costante.

È opportuno inoltre che i trasversi abbiano lo stesso spessore delle travi maestre.

L'armatura dei trasversi dovrà essere prevista a quote tali da sovrapporsi allo strato inferiore delle armature delle nervature e pertanto, quando si voglia conservare lo stesso copriferro stabilito per le nervature, la altezza dei trasversi dovrà risultare leggermente minore di quella delle nervature stesse.

Gli eventuali bulbi inferiori delle travi principali degli impalcati devono risultare sufficientemente distaccati tra di loro di almeno 15 cm.

Peraltro tali bulbi possono anche essere accostati tra loro a condizione che vengano uniti e resi solidi in modo da formare impalcati a struttura scatolare chiusa.

5.2 - La larghezza della soletta partecipante con ogni nervatura viene stabilita, ferme restando le disposizioni contenute nell'art. 24 del R. D. 16 novembre 1939, n. 2229, dividendo la larghezza dell'impalcato per il numero delle nervature, escludendo dalla misura i tratti di soletta sopraelevati rispetto all'estradosso dell'impalcato o quelli a sbalzo che abbiano spessori variabili molto ridotti rispetto allo spessore corrente della soletta.

Nel caso si voglia aumentare la larghezza della soletta partecipante, è opportuno prevedere la soletta costituente gli sbalzi sotto i marciapiedi dello stesso spessore della soletta corrente.

Gli stessi criteri valgono per la determinazione della larghezza di soletta partecipante alle nervature soggette a momento negativo e munite di controsoletta.

Nel caso di marciapiede con soletta a sbalzo e nell'ipotesi di transito per svio di una ruota da 5 tonnellate, poichè il momento flettente per metro di soletta è costante (e pari a 2,5 tm/m., ai sensi della citata circolare n. 384 in data 14-2-1962 del Ministero dei LL. PP.) l'armatura della soletta medesima deve essere estesa tutta, o quasi, fino al filo esterno dello sbalzo.

Nello stesso caso occorre tener conto che negli estremi liberi delle solette il suddetto momento è pari a 5 tm/m.

I tratti di calcestruzzo armato che si dovessero costruire sopraelevati rispetto all'estradosso dell'impalcato, dovranno essere tagliati verticalmente con setti trasversali di separazione fino all'estradosso stesso, posti a distanza di m. 2-3 circa. Tale accorgimento eviterà la formazione di lesioni nei suddetti tratti di calcestruzzo, i quali, in caso contrario, verrebbero ad essere soggetti a tensioni anormali, in dipendenza della loro notevole maggiore distanza dall'asse neutro, rispetto a quella relativa alla sezione corrente dell'impalcato.

Numero e
posizione
trasversi.

Armatura
trasversi.

Soletta com-
partecipante

Controsolet-
te.

Solette a
sbalzo.

Setti di se-
parazione.

Strutture con sbalzi o contrappesi.

5.3 - Tra le strutture in cemento armato normalmente sono da escludersi quelle munite di sbalzi o contrappesi liberi di estremità, in quanto dette strutture vanno soggette a fenomeni vibratorii al passaggio dei carichi mobili, fenomeni la cui valutazione esula da quella che può essere fatta tenendo conto della formula dell'incremento dinamico contenuta nella circolare n. 384 in data 14-2-1962 del Ministero dei Lavori Pubblici precedentemente citata (vedi punto 1.2). Quanto sopra a meno che non si esegua un approfondito studio dei fenomeni di vibrazione indotti nella struttura dai carichi mobili.

5.4 - Nel caso di impiego di strutture scatolari, dovrà essere eseguita la verifica alla instabilità elastica delle pareti sottili delle strutture stesse.

Sarà opportuno che tali strutture risultino impermeabili anche all'interno. I relativi accessi dovranno, inoltre, essere mantenuti normalmente chiusi.

Strutture iperstatiche.

5.5 - Qualora venissero adottate strutture iperstatiche (a telaio o travi continue solidali o meno con i piedritti), esse dovranno essere calcolate in modo completo e chiaramente interpretabile con corretti criteri di calcolo.

I calcoli di stabilità dovranno, infatti, essere redatti in modo da rispecchiare, con la massima cura possibile, le caratteristiche elastiche e di vincolo delle strutture in esame.

Le strutture iperstatiche in genere vanno calcolate tenendo conto dell'effettiva variabilità dei momenti d'inerzia delle singole membrature.

A tal proposito è noto che, a parità di momento resistente, l'effetto delle mensole è causa di irrigidimento molto superiore a quello delle controsolette.

Quando si adottino strutture continue e solidali con i piedritti e quest'ultimi siano costituiti da più pilastri, è opportuno che essi siano posti in corrispondenza di ogni nervatura, evitando così condizioni differenti di incastro delle diverse travi costituenti l'impalcato, nel caso che alcune di queste si trovassero in falso rispetto ai piedritti.

Nel calcolo delle strutture a telaio si dovrà tener conto delle variazioni di temperatura e del ritiro.

Nel calcolo delle strutture continue solidali con uno o più piedritti può essere consentita la verifica delle sezioni di incastro delle travi e di quella di sommità dei piedritti con i momenti ridotti rispettivamente al filo dei piedritti o al filo inferiore delle travi, anziché con i momenti determinati sugli assi geometrici delle strutture.

Nelle strutture continue dovrà assicurarsi che sugli appoggi terminali in qualunque condizione di carico, si verifichino sempre reazioni positive, allo scopo di evitare il sollevamento degli appoggi stessi.

Osservanza regolamenti.

5.6 - Le strutture in cemento armato dovranno essere eseguite rispettando le disposizioni contenute nel R. D. n. 2229 in data 16 novembre 1939 relativo alle « Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato » nonché nella Legge 26 maggio 1965 n. 595 relativa alle « Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici » ed ai successivi Decreti Ministeriali in data 14 gennaio 1966 avente lo stesso oggetto e in data 3 giugno 1968 avente per oggetto « Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi ».

Dovranno, inoltre, essere osservate, per quanto non contemplato nel R. D. n. 2229 su citato, le norme delle Tabelle CNR-UNI 10019-69, relative alle « Opere in conglomerato cementizio semplice od armato - Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione ».

Tensioni massime.

5.7 - In particolare si richiama l'attenzione su quanto segue :

1) La tensione massima nell'acciaio Fe B 22 UNI 6407 - 69 sarà di 1100 Kg/cm² ; quella massima nell'acciaio Fe B 32 UNI 6407-69 sarà invece di 1600 Kg/cm².

È ammesso anche l'impiego di acciai ad alto limite elastico in barre nervate del tipo ad aderenza migliorata. In tal caso si dovrà, però, tener conto dell'influenza dei

fenomeni di fatica adottando nei calcoli una tensione ridotta ammissibile a fatica $\sigma_{a,f}$ nelle armature, data dalla formula :

$$\sigma_{a,f} = 0,75 \sigma_a \left(1 + 0,5 \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \right) \leq \sigma_a$$

in cui σ_{\min} e σ_{\max} sono rispettivamente il valore minimo e massimo delle tensioni in esercizio a trazione delle armature (da valutarsi per ogni singola sezione) al variare dei carichi, e σ_a è la tensione massima ammissibile delle armature stesse in assenza di fatica. Tale tensione si dovrà assumere non superiore al 50% della tensione caratteristica di snervamento ed al 40% della tensione caratteristica di rottura per acciai controllati solo in cantiere e, rispettivamente, al 55% e al 44% per acciai controllati in ferriera, con un massimo, nei due casi, di 2200 e 2400 Kg/cmq.

In caso di impiego di acciaio Fe B 32 UNI 6407 - 69 o di acciaio ad alto limite elastico si dovrà obbligatoriamente usare cemento ad alta resistenza. Viceversa quando si adotti cemento ad alta resistenza non è indispensabile l'impiego degli acciai sopra citati ;

2) le sovrapposizioni delle armature metalliche dovranno essere fatte per una lunghezza di almeno 40 diametri ; naturalmente dette sovrapposizioni dovranno essere opportunamente sfalsate ;

Sovrapposizione dei ferri.

3) non è ammessa la saldatura del Fe B 32. Nei casi in cui si vogliono formare gabbie di armatura con punti di saldatura, ciò potrà essere ammesso solo per strutture non soggette a fessurazione, purchè si impieghino acciai con saldabilità garantita. Tale garanzia è indispensabile per evitare che con l'esecuzione delle saldature si formino cricche a caldo, che danneggerebbero le armature.

Saldatura e unione a manicotto.

In mancanza della suddetta garanzia le gabbie dovranno essere formate collegando le barre principali con le staffe mediante legature.

Quando si preveda l'unione a manicotto, questa dovrà essere calcolata e la riduzione della sezione metallica dovuta alla filettatura dovrà essere integrata con armature supplementari ;

4) l'armatura dei solettoni o delle solette, quanto non venga eseguito apposito calcolo a piastra, dovrà essere integrata da una armatura di ripartizione di sezione non inferiore al 25% di quella dell'armatura principale, come è stabilito nell'art. 27 del citato Decreto n. 2229 del 16-11-1939 ;

Armatura di ripartizione.

5) nel calcolo di verifica delle sezioni, il coefficiente $n = \frac{E_f}{E_c}$ dovrà essere posto sempre uguale a 10, qualunque sia il tipo di cemento e la qualità dell'acciaio impiegato ; i coefficienti di diverso valore considerati nel ripetuto Decreto n. 2229 sono da prendersi in esame solo quando si vogliono valutare gli enti geometrici delle sezioni trasversali nelle strutture staticamente indeterminate e per il calcolo delle deformazioni ;

Coefficiente n.

6) dovrà evitarsi l'uncinatura dei ferri in zona tesa. Quando, per esigenze costruttive, si dovessero interrompere alcuni ferri nelle predette zone tese, tali ferri, prima di essere uncinati, dovranno essere piegati verso l'interno della trave per una lunghezza adeguata. Ciò vale anche per i ferri piegati dell'armatura a taglio, per i quali dovrà evitarsi l'uncinatura al termine del tratto inclinato, prolungando i ferri stessi lungo la trave per una lunghezza di almeno 15 diametri. Così pure i ferri costituenti lo strato inferiore dell'armatura delle travi principali, in corrispondenza degli appoggi, anzichè terminare alle estremità, dovranno essere prolungati verso l'alto lungo le testate per 10-15 diametri, prima di essere uncinati.

Uncinatura dei ferri.

Nei ferri ad aderenza migliorata si potranno omettere gli uncini terminali, purchè i ferri medesimi vengano prolungati nella zona di conglomerato compresso per almeno 30 diametri ;

7) per le opere situate in presenza di salsedine o in ambiente aggressivi, come pure per i cavalcavia su linee con trazione a vapore, si dovrà prevedere un copriferro di cm. 4 ;

Copriferro.

- Calcoli di verifica.** 8) il calcolo di verifica delle strutture dovrà essere eseguito tenendo conto dell'effettiva posizione dei ferri nei singoli strati. Tali ferri dovranno essere posti secondo quanto prescritto dall'art. 37, ultimo comma, del Decreto n. 2229 sopra richiamato, con l'avvertenza che dovrà essere considerato anche lo spessore occupato dalle staffe. Le tensioni in seno all'armatura metallica dovranno essere verificate in corrispondenza dello strato di ferri maggiormente sollecitato. In ogni caso non sono da prendersi in considerazione quei calcoli che si limitino alla determinazione della tensione nei ferri in corrispondenza del baricentro delle armature;
- Calcolo al taglio.** 9) nella determinazione degli sforzi di taglio dovrà tenersi presente la necessità di ricercare anche il valore del taglio massimo in mezzzeria e nelle zone di campata in prossimità delle sezioni di momento massimo delle travi continue, tenendo conto delle condizioni di carico parziali più onerose. Nel calcolo al taglio verrà tenuto conto delle variazioni di sezione della trave, ove queste esistono. È necessario, inoltre, che la posizione dei ferri piegati venga definita in base ad apposito calcolo sulla base del diagramma delle tensioni di taglio massimo, evitando di scoprire il diagramma dei max momenti flettenti;
- 10) a chiarimento di quanto viene stabilito nell'art. 18 del R. Decreto 2229, terzo ultimo capoverso, si precisa che quando le tensioni di taglio superino il carico di sicurezza a taglio dei conglomerati, la resistenza al taglio deve essere integralmente affidata alle armature metalliche e per tutta la portata delle travi e cioè anche in quelle zone parziali ove il taglio potesse risultare inferiore a detto carico di sicurezza;
- 11) è opportuno che le staffe delle travi degli impalcati abbiano diametro non superiore a 12 mm. Diametri maggiori potranno essere ammessi in strutture massive;
- 12) negli impalcati costituiti da nervature prefabbricate e da soletta gettata in opera, deve essere particolarmente studiata la disposizione delle staffe di collegamento tra le due strutture destinate ad assorbire lo scorrimento mutuo tra le strutture stesse. Dette staffe dovranno, pertanto, risultare chiuse e ben incorporate alle parti da collegare.

6 - CAVALCAVIA IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

6.1 - Si premette che per questo tipo di strutture valgono, per quanto vi è di comune, molte delle prescrizioni riportate nel precedente paragrafo relativo agli impalcati in cemento armato ordinario.

Norme. I cavalcavia in cemento precompresso dovranno essere calcolati tenendo presenti, oltre le « Norme tecniche per l'impiego delle strutture in cemento armato precompresso » emanate con circolare 26 febbraio 1970, n. 6487 dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Servizio Tecnico Centrale), le seguenti disposizioni.

Fasi di costruzione. 6.2 - Nelle calcolazioni si dovrà tener conto delle diverse fasi di costruzione dell'impalcatura.

Tensioni massime. Le tensioni di trazione massime ammissibili nel calcestruzzo, in fase di esercizio, non dovranno essere superiori a 8 Kg/cm², mentre potranno essere ammessi valori più alti nelle fasi transitorie.

Le tensioni massime nel conglomerato e nell'acciaio dovranno essere stabilite in relazione alle caratteristiche dei materiali che verranno impiegati, caratteristiche che dovranno essere indicate nella relazione di calcolo.

Verifica a fessurazione. Ad estensione di quanto disposto dalle succitate « Norme », dovrà essere sempre eseguita la verifica a fessurazione delle diverse sezioni delle strutture.

Sono ammessi i tipi in c.a. precompresso con armature a cavi scorrevoli o a fili aderenti.

6.3 - Nessuna limitazione particolare viene fatta sul sistema di precompressione e di ancoraggio dei cavi, purchè il progetto venga completato con la descrizione particolareggiata del sistema stesso, corredata da disegni illustrativi.

Sistemi di precompressione.

Dovrà essere precisata, inoltre, l'armatura tridimensionale da porsi a tergo degli ancoraggi.

Gli ancoraggi medesimi dovranno essere efficacemente protetti dalla corrosione.

Nel progetto dovrà essere chiaramente indicato il programma di tesatura precisando se la tesatura dei cavi sarà eseguita da tutte e due le estremità oppure da una soltanto dei cavi.

Programma di tesatura.

Del programma di tesatura si dovrà tener conto nella calcolazione per fasi delle strutture.

I cavi di precompressione dovranno essere disposti in modo che tra cavo e cavo vi sia una distanza sufficiente a garantire che non si verifichino, all'atto del tiro, fessurazioni nelle zone di calcestruzzo comprese fra due cavi, con conseguenti inconvenienti sia nell'esecuzione della cementazione dei cavi stessi, sia, soprattutto, nella distribuzione delle tensioni nel corpo della struttura.

Disposizione dei cavi.

Nella disposizione dei cavi si dovrà anche tener conto della necessità di garantire una buona esecuzione del getto di calcestruzzo. A tale scopo i cavi previsti su diversi strati dovranno essere disposti su allineamenti verticali, si da lasciare il massimo adito al conglomerato.

Nel caso che parte dei cavi debba essere rialzata verso le estremità dell'impalcato, si dovrà studiare una disposizione che consenta di realizzare il rialzamento suddetto senza interferenze con le staffe. A tale scopo sarà opportuno che i cavi da rialzare vengano previsti, per quanto possibile, nella parte centrale della trave, in corrispondenza dell'anima.

Rialzamento dei cavi.

Nel caso di impalcati con travi a fili aderenti deve essere precisata l'armatura pre-tesa, ovvero l'armatura ordinaria, posta al lembo superiore nelle zone prossime alle sezioni di appoggio delle travi, armatura occorrente per assorbire gli sforzi di trazione che si verificano in tale lembo, in corrispondenza delle zone stesse.

Armatura sussidiaria.

Gli ancoraggi dei cavi di precompressione dei trasversi dovranno essere sistemati sui prolungamenti dei trasversi stessi al di fuori delle travi di bordo, in modo da non interessare il corpo delle travi medesime e da evitare, quindi, la formazione di discontinuità ed una anormale distribuzione degli sforzi intorno a detti ancoraggi.

Ancoraggi cavi trasversali.

Nel caso di impalcati da costruire mediante travi in c.a.p. prefabbricate e soletta in c.a. gettata in opera si dovrà tener conto del coefficiente di omogeneizzazione tra i calcestrutti costituenti le due strutture. Si dovrà, comunque, per il getto della soletta, impiegare calcestruzzo di classe non inferiore a 250.

Coefficiente omogeneizzazione calcestruzzi.

6.4 - Benchè in base al Decreto 20 dicembre 1947, n. 1516, l'Azienda Ferroviaria non sia vincolata a richiedere speciali autorizzazioni in merito alla progettazione ed all'esecuzione di opere in cemento armato precompresso, tuttavia, dato che i cavalcavia non possono considerarsi opere esclusivamente ferroviarie, i relativi progetti dovranno riportare il preventivo benessere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Centro di studi sugli stati di coazione elastica). Gli Enti interessati all'esecuzione dei lavori in c.a.p. dovranno, inoltre, sottostare a tutte le disposizioni che venissero adottate dal predetto Consiglio, sia per quanto riguarda le eventuali modifiche al progetto, che per le prove ed i controlli sui materiali che venissero richiesti in fase esecutiva, oltre quelli ritenuti necessari dall'Azienda Ferroviaria.

Rapporti con Cons. Sup. LL. PP. e C. N. R.

Quanto sopra detto vale anche per le prove di carico.

Prove di carico.

7.1 - Impalcature a travi in ferro incorporate nel calcestruzzo

Impalcature a travi incorporate.

Per le strutture eseguite con travi in ferro laminate a doppio T incorporate nel calcestruzzo non si dovrà tener conto della collaborazione del conglomerato cementizio considerando, quindi, come struttura resistente soltanto le travi in ferro.

Travi a doppio T saldate.

Potranno essere ammesse pure travi in acciaio a doppio T ottenute per saldatura elettrica automatica. Peraltro, poichè i cordoni di saldatura, dopo il getto dell'impalcato, non risulteranno ispezionabili, dovranno essere adottate particolari cautele nella fabbricazione di dette travi, in conformità delle seguenti prescrizioni:

Prescrizioni per le travi saldate.

a) i cordoni di saldatura dovranno presentare una corretta continuità geometrica e superficiale.

Eventuali difetti pregiudizievoli dell'impiego quali soffiature, porosità, riprese di saldatura ecc. saranno opportunamente rimossi mediante molatura sino alla scomparsa di ogni traccia dei difetti stessi.

La relativa cunetta dovrà essere riempita mediante riporto eseguito manualmente con elettrodi basici; la superficie di questa saldatura verrà accuratamente raccordata e molata con tratti a monte e a valle della saldatura automatica;

b) i lembi dei cordoni non dovranno presentare brusche discontinuità locali; qualora queste ci fossero verranno eliminate mediante molatura;

c) i cordoni di saldatura dovranno essere sottoposti a controllo magnetoscopico onde accertare l'assenza di cricche;

d) i cordoni di saldatura potranno presentare limitate convessità purchè non eccedenti il 20% della quota effettiva del lato del cordone;

e) le eventuali riparazioni effettuate dal produttore sui cordoni verranno segnalate in sede di collaudo agli agenti collaudatori delle Ferrovie, affinché questi possano a loro giudizio procedere agli opportuni accertamenti e controlli;

f) di ogni singola trave verrà emessa a cura del produttore una scheda opportunamente compilata a indicazione dei parametri operativi e delle operazioni di controllo effettuate durante la fabbricazione della trave stessa;

g) gli elementi costituenti la trave, ricavati per ossitaglio non dovranno avere lembi con ferite di taglio. Qualora queste fossero presenti dovranno essere eliminate mediante molatura ben raccordata. Tale condizione dovrà essere garantita anche per l'elemento « anima » della trave;

h) per quanto riguarda il taglio in strisce delle lamiere dalle quali verranno ricavati gli elementi costituenti la trave ed in particolare l'anima, il produttore dovrà avvertire tempestivamente gli Uffici competenti delle Ferrovie in merito ai programmi con la presumibile data di messa in lavorazione;

i) l'esame magnetoscopico dovrà essere eseguito al 100% su tutti i cordoni di saldatura;

l) le travi in argomento dovranno presentare alle estremità una sigillatura fatta con un piccolo riporto esterno, realizzato con uno o due brevi tratti di passate sovrapposte, onde eliminare le infiltrazioni di umidità attraverso la zona di mancata compenetrazione dei due cordoni d'angolo.

Interasse travi.

Nelle strutture di cui trattasi le travi saranno poste ad interasse tale da consentire sempre il getto ed il costipamento del conglomerato cementizio tra le travi; pertanto, tra i bordi delle travi stesse, si dovrà avere un franco non inferiore — in relazione all'altezza delle travi — a cm. 10 nel caso di impiego di travi IPE o a cm. 15 nel caso di impiego di travi ad ali larghe (travi IIE) o di travi saldate.

Tiranti.

I collegamenti tra le travi saranno realizzati con tiranti, previa foratura delle travi stesse, fissando mediante rondelle saldate ai tiranti stessi e poste a contatto delle due facce di ogni anima, almeno tre travi per ogni estremità dell'impalcato.

Nella progettazione di tale tipo di impalcato si dovranno considerare le seguenti tensioni massime nelle travi a doppio T:

Tensioni massime.

- per le travi in acciaio Fe 42 B-C-D UNI 5334-64 $\sigma_f = 1600$ kg/cmq.
- per le travi in acciaio Fe 52 B UNI 5334-64 oppure Fe 50-2 UNI 5334-64 $\sigma_f = 1800$ kg/cmq.

Analogamente a quanto è stato accennato per i cavalcavia ad arco (vedi punto 4) non sono ammesse le travi in ferro composte mediante chiodatura.

Travi in ferro composte.

Per la progettazione e l'esecuzione in genere del tipo di impalcato sopradetti si richiama la circolare di questo Servizio n. 168/4.5 in data 15-1-1969.

7.2 - Impalcato a struttura composta acciaio-calcestruzzo

Sotto tale titolo vanno comprese le strutture composte costituite da travi in acciaio alle quali viene solidarizzata, con idonei dispositivi, atti a resistere alle azioni taglianti, una soletta in calcestruzzo armato normale o precompresso in guisa che il sistema che così ne risulta funzioni come un unico elemento resistente.

L'impiego di tali strutture è ammesso con le limitazioni di cui al precedente punto 2.3.

Per la loro progettazione debbono essere seguite le « Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo » edite dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Criteri di progettazione.

Il progetto dovrà risultare compilato in modo completo sia per quanto riguarda i calcoli e le verifiche di stabilità, sia per quanto riguarda i disegni esecutivi che dovranno essere estesi anche alle strutture secondarie, ai traversi, agli irrigidimenti delle anime delle travi in acciaio, ai dispositivi di ancoraggio fra travi e soletta in calcestruzzo ecc., nonché per quanto si riferisce alle contofreccie di montaggio.

Nei calcoli si dovranno considerare le varie fasi di montaggio e di esecuzione dell'opera e, quindi, la distribuzione delle tensioni in dipendenza delle fasi suddette.

Particolare attenzione dovrà essere posta nello studio delle successioni dei getti delle solette e nella disposizione di eventuali setti di separazione, soprattutto nelle strutture continue.

Gli acciai da impiegare per la costruzione delle travi portanti dovranno soddisfare ai requisiti richiamati al punto 2) dalle suddette « Istruzioni » e le indicazioni relative ai materiali stessi dovranno essere chiaramente e compiutamente indicate nel progetto.

Nel caso più comune che le travi vengano realizzate mediante elementi uniti per saldatura, dovranno impiegarsi acciai del tipo Fe 42 UNI 5334-64 e 5335-64 calmati, della qualità B - C o D a seconda degli spessori in gioco e delle temperature d'esercizio, così come previsto al punto 2 delle « Istruzioni tecniche per la saldatura elettrica ad arco delle strutture dei ponti metallici » emessa dall'Azienda F.S. con circolare del 17-7-1971.

Travi saldate.

L'eventuale impiego di acciai del tipo Fe 52 UNI 5334-64 e 5335-64 - calmato - sarà oggetto di particolari accordi fra la Società costruttrice e l'Azienda Ferroviaria.

Di norma si dovranno impiegare acciai di tipo unificato.

Nel caso si intenda impiegare acciai di tipo non unificato, dovranno essere presi opportuni accordi fra il committente e le Ferrovie per garantire il raggiungimento di un grado di sicurezza non inferiore a quello previsto con l'impiego di acciai unificati.

Impiego di acciai non unificati.

Dovranno essere compiutamente esposti i procedimenti di saldatura, le caratteristiche dei giunti e le prove sulle unioni saldate.

Tutte le saldature dovranno essere dimensionate e verificate in conformità di quanto prescritto dalle richiamate « Istruzioni tecniche per la saldatura elettrica ad arco delle strutture dei ponti metallici ».

Saldature.

Le nervature di irrigidimento delle travi portanti non dovranno essere saldate alle piattabande tese.

Staffature di collegamento.

Particolare cura dovrà essere posta nella progettazione della staffatura di collegamento fra trave e soletta destinata ad assorbire gli sforzi di scorrimento tra soletta e trave escludendo i tipi che possano interrompere la continuità del calcestruzzo.

Le travi in acciaio dovranno essere protette in modo idoneo nei casi di sovrappasso di linee con trazione a vapore.

Collaudo materiali.

I materiali metallici che verranno impiegati a formazione delle parti in acciaio sovrappassanti la zona ferroviaria dovranno essere collaudati dagli agenti delle Ferrovie e pertanto la Ditta costruttrice dovrà inviare al Servizio Lavori - Ufficio 9° le distinte di ordinazione del materiale da collaudare con l'indicazione della qualità del materiale e delle ferriere fornitrici.

Per le strutture saldate dovranno eseguirsi gli accertamenti e i collaudi necessari per assicurare una corretta esecuzione delle saldature; pertanto dovranno prendersi tempestivi accordi con questa Sede circa le modalità operative da seguire e i relativi controlli.

Quando le strutture metalliche risulteranno completamente ultimate di lavorazione in officina dovrà essere tempestivamente avvertita questa Sede per la visita di accettazione delle strutture stesse che, all'atto della visita, dovranno risultare prive di qualsiasi verniciatura.

Dispositivo di montaggio.

Il dispositivo di montaggio in opera dovrà essere realizzato in modo che successivamente le condizioni di servizio del manufatto rispondano esattamente alle ipotesi assunte nel progetto e non dovrà causare intralcio all'esercizio ferroviario.

7.3 - Strutture con elementi prefabbricati

Quando nelle strutture miste si impieghino elementi prefabbricati in cemento armato o in cemento armato precompresso o in ferro, nella verifica delle tensioni massime delle strutture si dovrà sempre tener conto delle fasi di lavoro, sia transitorie che finali.

In linea di massima non sono da consigliarsi procedimenti che richiedano la puntellazione provvisoria delle strutture prefabbricate, dovendosi ritenere difficilmente raggiungibili le condizioni di rigidità assoluta dei puntelli o quelle che comunque si possano prevedere in fase di progetto.

8 - LUCI DI CALCOLO

8.1 - Le luci di calcolo dovranno essere così stabilite:

Travi.

- per le impalcature in c.a. normale ovvero a struttura mista, si assumerà la luce netta aumentata del 5%, quando le impalcature appoggiano direttamente sui solettoni di appoggio.

Sbalzi e cornici.

Le cornici che possono essere realizzate sulle testate dei piedritti, non dovendo avere funzione portante, devono essere escluse dalla valutazione delle luci nette le quali vanno sempre riferite al vivo delle murature dei piedritti;

- in presenza di apparecchi d'appoggio si assumerà la luce misurata tra i centri degli appoggi;
- nelle strutture continue solidali con i piedritti, le luci di calcolo sono definite dagli assi dei piedritti stessi;

Solette.

- per le solette la luce teorica minima da assumere per il calcolo può fissarsi pari alla luce netta aumentata dello spessore della soletta stessa. Ciò quando non si faccia un calcolo più completo in cui si tenga conto della continuità della soletta con quelle di contorno ed eventualmente anche con le nervature, nel qual caso sono da considerarsi le luci tra gli assi delle nervature.

9.1 - Fino alla luce di m. 10 le impalcature in c.a. possono poggiare direttamente sui solettoni in c.a. posti alla sommità dei piedritti.

Appoggi diretti.

La lunghezza d'appoggio delle impalcature deve essere adeguata alla luce delle impalcature stesse, con un minimo di 50 cm. per luci fino a m. 7 e di 60 cm. per luci di m. 10, con variazione pressochè lineare per luci intermedie.

9.2 - Per luci superiori nel caso di impalcature in c.a. e per tutte le luci nel caso di impalcature in c.a.p., gli appoggi delle travi sui solettoni alla sommità dei piedritti dovranno essere realizzati con appositi apparecchi, che potranno essere dei seguenti tipi:

Apparecchi d'appoggio.

- a) con lastre di piombo;
- b) con lastre di neoprene;
- c) in acciaio;
- d) pendolari in c.a.

9.3 - Gli apparecchi d'appoggio del tipo a) possono essere costituiti da due lastre di piombo dello spessore di cm. 1 e aventi dimensioni in pianta tali da trasmettere alla sottostante struttura in calcestruzzo una pressione non superiore a 100 Kg/cm². In corrispondenza dell'appoggio fisso tra le due lastre suddette sarà posto un lamierino d'acciaio dello spessore di 1 mm., mentre in corrispondenza dell'appoggio mobile si dovranno interporre due lamierini d'acciaio da 1 mm. grafitati sulle facce a contatto.

Apparecchi di piombo.

Qualora si temano degradazioni del piombo a contatto del calcestruzzo, si potrà interporre tra calcestruzzo e piombo un foglio di cartone catramato o di altro prodotto similare.

Apparecchi d'appoggio del tipo sopradetto possono adoperarsi per luci fino a 15 m. per le strutture in c.a.p. e per luci fino a 20 m. per strutture in c.a.o.

In generale si deve tendere ad avere appoggi mobili più sensibili nelle strutture in c.a. precompresso, allo scopo di evitare effetti dannosi in seno alla struttura, considerato il suo particolare stato di coazione. Per questa ragione si consiglia, per luci maggiori di quelle sopra specificate, o quando si debba assicurare una buona libertà di movimento degli appoggi mobili, l'adozione di appoggi in neoprene (tipo b) o meglio ancora di appoggi in acciaio (tipo c) o pendolari in c.a. (tipo d).

9.4 - Gli appoggi in neoprene saranno costituiti da lastre di tale materiale alle quali in alcuni casi (appoggi armati) vengono interposti lamierini d'acciaio efficacemente incollati al neoprene stesso.

Apparecchi in neoprene.

La progettazione e l'esecuzione di detto tipo di apparecchi saranno eseguite secondo quanto prescritto dalle « Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio in gomma nelle costruzioni » emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (vedi « Bollettino Ufficiale del C.N.R. - 25 giugno 1971).

In particolare si richiama l'attenzione sulla norma contenuta in dette istruzioni al punto 4.1, che prescrive che le lastre siano disposte in modo da permetterne la facile sostituzione. Ciò potrà essere realizzato prevedendo in fase di progettazione opportuni accorgimenti per la disposizione dei martinetti necessari per il sollevamento dell'impalcato al fine di consentire detta sostituzione.

Sostituzione lastre in neoprene.

Per detto motivo si sconsiglia l'adozione di apparecchi di tale tipo nella costruzione di cavalcavia aventi notevole larghezza, come quelli a galleria artificiale, nonché per i cavalcavia a struttura continua.

Sempre al fine di permettere la facile sostituzione delle lastre di neoprene, queste non potranno essere attraversate da spinotti di fissaggio, che taluni progettisti prevedono al fine di impedire spostamenti dell'impalcato rispetto ai piedritti.

Gli apparecchi in neoprene dovranno essere sempre posti tra piani paralleli ed orizzontali. Pertanto, qualora l'impalcato venga costruito in pendenza, le sue estremità dovranno essere opportunamente sagomate al lembo inferiore, mentre il piano d'appoggio sui piedritti dovrà essere previsto in orizzontale.

**Apparecchi
in acciaio
fuso.**

9.5 - Gli appoggi del tipo c) saranno formati con acciaio fuso Fe G 52 VR UNI 3158-68. Per tale tipo di acciaio valgono le tensioni ammissibili prescritte nelle norme sulle « Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione » - CNR - UNI 10011-67.

In particolare gli apparecchi mobili saranno costituiti da uno o al massimo due rulli a sezione circolare (o settori di rullo) contenuti tra piastre piane e parallele. Nel caso che siano previsti due rulli (o settori di rullo) le travi graveranno su di essi a mezzo di apposito bilanciante, che assicuri la ripartizione in parti uguali della reazione di appoggio su ciascuno dei due rulli.

Per la costruzione dei rulli e settori di rullo può essere consentito l'impiego dell'acciaio fucinato Aq 50 UNI 3985.

In corrispondenza di eventuali scanalature praticate nei rulli o settori di rullo e corrispondenti a risalti realizzati nelle piastre ad essi accoppiate, non devono avvenire contatti tra le superfici dei due elementi. Ciò al fine di non impedire il movimento di rotolamento dei settori medesimi ed evitare lo strisciamento che conseguirebbe se il contatto tra rulli e piastre avvenisse in presenza di superfici cilindriche aventi raggi diversi.

Le superfici di contatto dovranno essere accuratamente piallate e tornite in modo che il contatto delle varie parti, tra loro, sia uniforme.

I rulli e i segmenti di rullo dovranno essere torniti accuratamente in modo da avere tutti lo stesso diametro. La lunghezza dei rulli non dovrà essere eccessiva, al fine di garantire una pressione uniforme tra le superfici a contatto. Qualora venissero impiegati settori di rullo, la loro ampiezza dovrà essere valutata con criterio prudenziale. I denti di arresto dei rulli devono essere atti a permettere il rotolamento dei rulli medesimi, ma ad impedire il loro rovesciamento.

**Cerniere con
ferri pas-
santi.**

9.6 - Analogamente per quanto previsto per gli archi (vedi punto 4) non saranno ammesse, per gli appoggi fissi, cerniere con ferri passanti.

**Appoggi in
zone sismi-
che.**

Particolare cura dovrà essere posta nella progettazione degli appoggi di opere ricadenti in zona sismica, allo scopo di impedire il distacco e lo spostamento dello impalcato per effetto delle oscillazioni, come prescritto nella citata circolare n. 339 in data 12 agosto 1964 del Ministero dei Lavori Pubblici - Direzione Generale dei Servizi Speciali.

9.7 - Posizione degli apparecchi d'appoggio

Posizione.

Gli apparecchi d'appoggio debbono risultare sufficientemente arretrati rispetto al filo esterno dei piedritti, sia in senso longitudinale, che in senso trasversale. Tale precauzione deve essere osservata anche per quanto riguarda le travi, lasciando un sufficiente franco rispetto ai fili estremi delle travi stesse, allo scopo di evitare che, per effetto della concentrazione dei carichi sulla superficie d'appoggio, possano verificarsi distacchi del calcestruzzo nella zona. Ciò si verifica particolarmente nelle testate delle travi, dove il conglomerato non ha sufficiente resistenza per la mancanza dell'armatura che, appunto in quella zona, viene sollevata o uncinata. Nel dimensionamento delle piastre superiori degli apparecchi d'appoggio si dovrà, dunque, aver cura che la dimensione di dette piastre trasversale all'asse del cavalcavia sia di 4-5 cm. inferiore alla larghezza della sovrastante trave.

Nel caso che gli apparecchi d'appoggio siano collocati su baggioli, aventi dimensioni in pianta di poco superiore a quello delle piastre inferiori degli apparecchi stessi, si dovranno opportunamente ridurre le tensioni unitarie trasmesse dagli apparecchi alle murature.

Nel caso di impalcati posti in pendenza longitudinale e per i quali siano previsti apparecchi in piombo o in acciaio (distinti in apparecchio fisso e apparecchio mobile), l'apparecchio fisso dovrà essere disposto sul piedritto avente la quota del piano d'appoggio più bassa.

Appoggi per impalcati in pendenza.

Nel caso di impiego di strutture prefabbricate a cassone, o comunque a grande rigidità torsionale, dovrà essere posta particolare cura nella realizzazione delle superfici, sia degli impalcati che dei pulvini, in corrispondenza degli appoggi, in modo da ottenere l'uniformità in senso trasversale delle reazioni di appoggio.

Appoggi per impalcati a cassone.

Gli appoggi devono essere ispezionabili e se ne deve assicurare il buon funzionamento. Saranno pertanto da escludere sempre le cerniere comunque poste entro terra o in presenza di acqua.

Ispezionabilità.

9.8 - Dimensioni dei solettoni d'appoggio

Le dimensioni dei solettoni in c.a. per l'appoggio sia diretto che indiretto delle impalcature, saranno stabilite in relazione alla luce delle impalcature stesse e all'interasse delle travi. In media, salvo particolari casi, nei quali si può rendere necessario il calcolo dei solettoni considerandoli come travi continue poggianti su suolo elastico, lo spessore dei solettoni può essere così fissato:

- a) per luci di m. 7 cm. 30
- b) per luci di m. 9 » 40
- c) per luci di m. 15 » 55
- d) per luci di m. 20 e superiori » 60

Per luci intermedie lo spessore verrà fissato con interpolazioni pressochè lineari.

10 - CAVALCAVIA OBLIQUI

Nei cavalcavia obliqui ad impalcatura i trasversi devono essere posti parallelamente ai piedritti, in modo da evitare che uno stesso trasverso vada ad interessare strutture di inflessione diversa.

Disposizione trasversi.

Dal progetto dovrà risultare chiaramente se l'armatura principale della soletta dell'impalcato verrà disposta normalmente alle travi oppure in obliquo.

Armatura soletta.

Nel caso di impalcati da costruire per fasi e per i quali sia prevista la precompressione dei trasversi, sarà necessario che la superficie di contatto tra trave prefabbricata e trasverso da gettare in opera (o anche esso prefabbricato, ma separatamente dalle travi), risulti normale all'asse del trasverso.

Quando l'obliquità di un cavalcavia sia molto accentuata, può convenire esaminare la possibilità di tagliare le strutture con setti longitudinali, in modo da ridurre al minimo gli effetti secondari di torsione.

Setti longitudinali.

Per obliquità molto forti conviene progettare l'attraversamento in retto, prolungando convenientemente le spalle (manufatti a galleria artificiale), oppure scegliere una soluzione con obliquità intermedia.

Gallerie artificiali.

Quando i manufatti obliqui siano muniti di muri d'ala, è opportuno, ove ciò sia possibile, disporre perpendicolarmente all'asse della strada i muri d'ala stessi, in corrispondenza degli angoli ottusi della pianta dell'impalcato, conferendo così maggiore rigidità alle spalle. Tale soluzione presenta anche il vantaggio che gli scavi si allontanano dalla sede ferroviaria con conseguente riduzione degli oneri all'esercizio.

Muri d'ala.

Ovviamente tutte le volte che si presentino elementi di muratura ad angolo acuto, tali angoli dovranno essere eliminati con smussi o ringrossi a seconda dei casi.

**Angoli acuti nelle mura-
ture.**

Ferme restando le disposizioni relative alle distanze minime da rispettare ed alle luci da assegnare ai cavalcavia, dovrà essere evitata, in linea di massima, la costruzione di piedritti convergenti, cioè di manufatti a pianta trapezia.

**Cavalcavia a
pianta tra-
pezia.**

11 - CAVALCAVIA COSTRUITI PER FASI

Tutte le volte che ragioni di esercizio ferroviario o stradale, ovvero particolari necessità costruttive impongano la costruzione per fasi, si dovrà evitare che le parti di struttura già sottoposte all'azione dei carichi mobili, siano rese solidali con i tratti adiacenti, in quanto le vibrazioni prodotte dal transito dei veicoli, nei tratti già in esercizio, potrebbero essere dannose alla presa del calcestruzzo nelle parti contigue in fase di costruzione.

Soletta tra due impalcati.

È da evitare nel modo più assoluto la costruzione di solette in c.a. per coprire il vuoto esistente tra due parti di impalcato costruite a breve distanza l'una dall'altra, come accade per le autostrade o per le strade di notevole larghezza, formate da due carreggiate separate da una aiuola spartitraffico.

In casi del genere si dovrà lasciare aperto l'intervallo tra i due semi-impalcati, munendo i due cigli di parapetti e guard-rails, oppure si dovranno prolungare le solette a sbalzo dei detti semi-impalcati, in modo che tra le solette stesse rimanga una distanza di 1-2 cm. In tale secondo caso il setto tra le due solette contigue dovrà essere munito di apposito coprigiunto, per impedire fra l'altro, il contatto accidentale con eventuali conduttori elettrici sottostanti.

12 - PIEDRITTI E FONDAZIONI

12.1 - Strutture in elevazione

Pile.

Le dimensioni delle pile intermedie, sulle quali insisteranno gli appoggi di due campate contigue, dovranno essere stabilite tenendo conto delle dimensioni minime da assegnare alla lunghezza di appoggio delle singole campate.

Per pile sostenenti impalcati in c.a.p. si dovrà tener conto della necessità di avere una distanza sufficiente tra gli assi degli apparecchi d'appoggio e le testate delle travi principali, tale da garantire buone condizioni di precompressione delle travi medesime in corrispondenza delle loro sezioni di appoggio.

Nel caso, poi, di pile destinate a sostenere impalcati costituiti da travi in c.a.p. a cavi scorrevoli, per i quali sia prevista la tesatura in opera di una parte dei cavi stessi, si dovrà dimensionare la larghezza della pila in modo da consentire che tra le testate dei due impalcati contigui esista lo spazio necessario per l'esecuzione di detta tesatura.

Tale spazio dovrà essere, poi, chiuso superiormente con strutture in c.a. dipartenti dalle sommità della pila.

È da escludersi l'adozione di solette appoggiate sulle estremità dei due impalcati, che a causa delle piccole dimensioni, potrebbero determinare dannose azioni di martellamento alle estremità degli impalcati.

Pile formate con prolungamento dei pali di fondazione.

Nella progettazione dei piedritti si dovrà escludere la soluzione, talvolta adottata da qualche progettista, che prevede la costruzione di pali di grande diametro di fondazione prolungati fuori terra fino ad una quota di poco inferiore a quella d'appoggio delle impalcature e collegati superiormente da un architrave in c.a. Tale soluzione, infatti, presenta i seguenti inconvenienti:

a) non è garantita la perfetta verticalità dei pali, che al loro estremo superiore potrebbero, in pratica, trovarsi in posizione diversa da quella di progetto, con conseguente variazione delle luci degli impalcati adiacenti;

b) per la mancanza del plinto non risulta facile determinare con sufficiente approssimazione la sezione di incastro della parte in fondazione.

Azione del vento e frenatura.

Nel calcolo dei piedritti si dovrà tener conto, tra l'altro, dell'azione del vento sugli impalcati e sui piedritti medesimi, dell'azione di frenatura dei carichi mobili previsti sulle campate adiacenti, nonchè dell'effetto dinamico e della eccentricità in senso trasversale al cavalcavia dei carichi mobili stessi.

Nella valutazione dei carichi trasmessi dall'impalcato agli apparecchi d'appoggio e, quindi, ai piedritti, si dovrà tener conto dell'effettiva lunghezza dell'impalcato stesso, che è maggiore della luce di calcolo.

Il calcolo stesso dovrà essere eseguito considerando tutte le diverse condizioni di carico a cui potrà essere sottoposta la struttura.

Ad esempio, le pile intermedie dovranno essere verificate considerando sia il caso del carico mobile su entrambe le campate contigue, sia quello del carico mobile su una sola delle campate stesse.

Qualora in sommità dei pilastri delle pile siano previsti trasversi a sbalzo con sezione a T rovescia, nella verifica di tali trasversi si deve tener conto che le ali risultano « appese » alla nervatura dei trasversi stessi.

Nella verifica delle spalle si terrà conto della condizione che preveda il carico accidentale solo sull'impalcato, oppure solo sul terrapieno ed, infine, della condizione di carico totale.

Nella verifica dei muri paraghiaia posti in sommità delle spalle si dovrà tener conto anche dell'azione frenante dei carichi mobili, ripartita su una opportuna larghezza dei muri medesimi.

Qualora i piedritti adiacenti alla sede ferroviaria siano interessati dalla viabilità sottostante il cavaleavia, i piedritti stessi dovranno essere protetti contro il pericolo dell'urto di veicoli stradali, mediante opere robuste e chiaramente destinate alla protezione dei piedritti.

Non sono sufficienti allo scopo i normali guard-rails. Se non fosse possibile o non si intendesse provvedere alla protezione dei ripetuti piedritti, essi dovranno essere verificati considerando una forza statica orizzontale di 100 tonnellate, applicata a m. 1,20 dal suolo, nella direzione più sfavorevole. La forza d'urto contro i piedritti deve essere considerata insieme agli altri carichi ed azioni, esclusa l'azione del vento. Considerando tale forza d'urto, si possono aumentare del 50% i valori delle tensioni ammissibili.

Nelle parti di piedritti in c.a. situati entro terra o a contatto con il terreno (ad esempio le spalle e le sezioni di spiccato delle pile) le tensioni nelle armature metalliche non dovranno superare i 1.000 Kg/cm² nel caso di impiego di acciaio liscio tondo (Fe B 22 o 32 UNI 6407-69) oppure i 1.400 Kg/cm² nel caso di impiego di acciaio ad alto limite elastico, ad aderenza migliorata.

Nei piedritti in c.a. i ferri di ripartizione, al lembo compresso, dovranno essere posti all'esterno della armatura principale disposta verticalmente.

I ferri di ripartizione andranno opportunamente collegati a detta armatura principale con legature.

Il paramento contro terra delle spalle, dei muri d'ala, andatori e di risvolto dovrà essere conformato a riseghe. Peraltro è ammesso un paramento rettilineo con pendenza non superiore a 1/10 soltanto nel caso che le strutture medesime siano armate.

Si dovranno evitare i drenaggi a tergo delle spalle e dei muri sopra menzionati, in quanto i drenaggi stessi potrebbero favorire infiltrazioni d'acqua e conseguentemente, l'imbibimento delle murature e del terreno di fondazione.

Richiamando i concetti costruttivi che possono rilevarsi dalla pubblicazione « Modalità del corpo stradale e delle opere d'arte » (Roma 1923), è necessario studiare una compenetrazione tra le spalle e i muri d'ala o i muri andatori. Quando i muri d'ala terminino con muri di risvolto, la loro unione dovrà essere rinforzata con appositi prismi a tergo delle murature stesse.

12.2 - Fondazioni

Particolare cura dovrà essere posta nello studio delle fondazioni, in modo da garantire un soddisfacente comportamento delle stesse nei riguardi della sicurezza dell'opera, secondo quanto prescritto nella circolare n. 3797 in data 6 novembre 1967 del Ministero dei Lavori Pubblici - Presidenza del Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale, relativa alle « Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle opere di fondazione ».

Spalle.

Protezione
piedritti
contro urto
autoveicoli.

Tensioni
massime.

Ferri di ri-
partizione.

Drenaggi.

Compenet-
trazione tra
spalle e mu-
ri d'ala.

Studio fon-
dazioni.

Equipollenza fondazioni.

12.3 - Si dovrà far in modo, in ogni caso, che le fondazioni delle varie parti di un'opera siano equipollenti allo scopo di evitare cedimenti differenziali che potrebbero verificarsi tra parti fondate diversamente.

Pertanto, quando ragioni di economia consiglino di fondare a quote diverse le spalle ed i muri d'ala o i muri andatori, si dovrà avere la sicurezza dell'uguale portanza del terreno alle diverse quote di fondazione.

Quando, poi, si tratti di costruire un'opera staticamente indeterminata, l'equipollenza delle fondazioni assume una grande importanza.

Nel caso di piedritti ubicati lungo le scarpate di trincee ferroviarie, formate da terreno non roccioso, è opportuno che il piano di spiccato sui blocchi di fondazione risulti a quota non superiore a quella del piano di regolamento.

Calcolo fondazioni.

Nel calcolo delle fondazioni si dovrà tener conto, come sopra detto a riguardo delle strutture in elevazione dei piedritti, dell'azione del vento e della frenatura, ma si potrà fare astrazione dalla maggiorazione dei carichi mobili per tener conto dell'effetto dinamico.

Tensioni massime.

Anche per le fondazioni, le tensioni nelle armature non dovranno superare i valori sopra specificati per le parti in elevazione a contatto con il terreno (vedi punto 12.1).

Calcolo pali.

12.4 - Nel calcolo dei pali di fondazione delle spalle si dovrà tener conto anche della forza orizzontale dovuta alla spinta del terrapieno a tergo delle spalle stesse.

I blocchi di fondazione dovranno essere previsti ad una quota tale che essi risultino sicuramente al disotto del piano di campagna.

Nel caso in cui si preveda l'impiego di pali e si adotti per il loro calcolo la formula di Dörr, il coefficiente di sicurezza tra il carico ammissibile calcolato con detta formula e quello di lavoro non dovrà essere inferiore a 2.

In ogni modo il numero e la lunghezza dei pali dovranno essere definiti in relazione all'esito delle prove, cui dovranno essere sottoposti alcuni di essi, tenendo presente che il carico di prova dovrà essere almeno due volte e mezzo quello di lavoro. Tali prove non sono richieste per i pali di grande diametro.

Distanze tra i pali.

Si dovrà, inoltre, evitare l'interferenza dei pali tra di loro e pertanto i pali stessi non dovranno essere posti a distanza reciproca inferiore a tre diametri.

Nel caso di pali tronco-conici potrà assumersi il valore del diametro medio, anziché di quello massimo, per la valutazione della distanza reciproca tra i pali.

I pali di fondazione dovranno essere sempre disposti su almeno due file, anche a quinconce.

Riempimento pali battuti cavi.

Qualora si impieghino pali battuti in c.a. centrifugato, muniti di cavità centrale, la cavità stessa dovrà essere, dopo l'infissione, accuratamente riempita con calcestruzzo formato con 350 Kg. di cemento per metro cubo di miscela inerte. Si dovrà evitare l'infissione di pali battuti in vicinanza dei binari e di manufatti ferroviari.

Armatura pali.

L'armatura dei pali di fondazione dovrà essere sempre chiaramente precisata in progetto; essa dovrà essere estesa a tutta la lunghezza dei pali stessi quando si tratti di manufatti ricadenti in zona classificata sismica, ai sensi della richiamata circolare n. 2535 in data 12-6-1963 del Ministero dei Lavori Pubblici, quando la portanza dei ripetuti pali sia interamente, o quasi, affidata alla punta e quando si abbia motivo di temere scorrimenti del terreno anche in profondità.

13 - CALCOLI GRAFICI

A complemento di quanto sopra detto circa i criteri di calcolo da adottare, si fa presente che è da escludersi l'impiego dei metodi grafici.

14 - MATERIALI DA IMPIEGARE

14.1 - Materiali ferrosi

Ferro tondo.

Per le impalcature in c.a. gli acciai dovranno essere di qualità Fe B 22 UNI 6407-69 o Fe B 32 UNI 6407-69, oppure acciai ad alto limite elastico ad aderenza migliorata.

Le travi a doppio T per gli impalcati a travi incorporate saranno in Fe 42 B UNI 5334-64, oppure in Fe 52 B UNI 5334-64 o Fe 50-2 UNI 5334-64. **Travi a doppio T.**

Come accennato al punto 7.1 può essere ammesso l'impiego di travi a doppio T ottenute per saldatura elettrica automatica: in tal caso dovranno essere impiegati acciai del tipo Fe 42 calmati e della qualità B - C o D a seconda della temperatura di esercizio e degli spessori in gioco, così come prescritto al punto 2 delle « Istruzioni tecniche per la saldatura elettrica ad arco delle strutture dei ponti metallici » emessa dall'Azienda F. S..

I tiranti di collegamento per il citato tipo di impalcato potranno essere in acciaio Fe B 22 UNI 6407-69. **Tiranti.**

In linea di massima per strutture in c.a. non conviene adoperare acciai di differenti qualità.

Per le armature delle strutture in cemento armato precompresso si adotteranno acciai armonici o barre del tipo Dywidag, corrispondenti alle prescrizioni dettate dalle norme in vigore. **Armature strutture in c.a.p.**

Gli apparecchi d'appoggio in acciaio fuso dovranno essere in Fe G 52 VR UNI 3158-68. **Apparecchi d'appoggio.**

Si intende che tutti i materiali ferrosi dovranno essere sottoposti a collaudo prima del loro impiego.

14.2 - Materiali per opere murarie

I conglomerati cementizi dovranno avere dosature variabili in relazione alla loro destinazione. Si indicano qui di seguito le dosature minime di cemento per metro cubo di miscela inerte granulometricamente corretta: **Conglomerati cementizi.**

- | | |
|---|-----------------|
| a) blocchi di fondazione e rinfianchi di volti | Kg/mc 250 |
| b) murature in elevazione non armate o leggermente armate
(con meno di 50 Kg/mc) | » 300 |
| c) impalcature con travi incorporate | » 300 |
| d) volti, strutture in c.a., pali in calcestruzzo | » 350 |
| e) strutture in cemento armato precompresso | Kg/mc 350 ÷ 400 |

In linea di massima è da escludersi il calcestruzzo ciclopico, che può essere eventualmente ammesso solo per i blocchi di fondazione.

Sulle linee elettrificate o delle quali si prevede la elettrificazione sono da escludersi calcestruzzi confezionati con inerti o cementi che contengano ferro o composti di ferro (p. es. sabbie ferruginose), come pure è da evitarsi l'impiego — anche per parti secondarie — di cementi espansivi a base di metalli: ciò al fine di ottenere conglomerati con buone caratteristiche di isolamento elettrico.

Sono da escludersi, poi, murature costituite con elementi di diverso modulo di elasticità e ritiro, come, per esempio, pile con paramento esterno in muratura di pietrame o in mattoni e nucleo interno in calcestruzzo; armille in muratura diversa da quella del resto del volto. **Murature miste.**

Nelle murature in pietrame o in mattoni, ovvero miste, la malta cementizia dovrà essere dosata con almeno 400 Kg. di cemento per metro cubo di sabbia.

In linea generale è da sconsigliarsi l'impiego degli intonaci nelle parti in vista delle strutture, le quali devono avere caratteristiche tali da non richiedere praticamente alcuna manutenzione. **Intonaci.**

È inteso che i materiali impiegati dovranno corrispondere ai requisiti richiesti dal Capitolato Generale Tecnico, dalle Norme di cui ai R. D. in data 16 novembre 1939, n. 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, dalla Legge in data 26 maggio 1965, n. 595 e dai successivi Decreti Ministeriali in data 14 gennaio 1966 e 3 giugno 1968, nonché dalle Norme UNI riferentisi all'accettazione dei materiali ferrosi.

15 - DISARMO E PROVE DI CARICO

Disarmo.

Il disarmo delle opere in c.a. deve essere fatto rispettando i periodi di tempo indicati nell'art. 48 del R. D. n. 2229, con l'avvertenza, però, che per le strutture in c.a. confezionate con cemento ad alta resistenza il disarmo potrà avvenire non prima di 20 giorni dall'ultimazione del getto.

Prove di carico.

A chiarimento di quanto disposto dall'art. 51 del ripetuto Decreto n. 2229, in merito alle norme per l'esecuzione delle prove di carico, si fa presente che il termine di 50 giorni dall'ultimazione dei getti per l'esecuzione di tali prove è da rispettarsi sia per i conglomerati di cemento idraulico normale, che per quelli di cemento ad alta resistenza.

Per impalcature a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo, tenendo conto che la struttura portante è costituita dalle sole travi in ferro, le impalcature stesse possono essere assoggettate a carico dopo trascorsi almeno 20 giorni dalla ultimazione del getto del conglomerato cementizio.

16 - CAPITOLATI, NORME E REGOLAMENTI DA RISPETTARE

- Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle opere che si eseguono dall'Amministrazione delle Ferrovie dello Stato (approvato dal Consiglio di Amministrazione nell'adunanza del 12-2-1914);
- Regio Decreto 16 novembre 1939, n. 2229 avente per oggetto le « Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato »;
- Legge 25 novembre 1962, n. 1684 relativa ai « Provvedimenti per l'edilizia con particolari prescrizioni per le zone sismiche » e successive istruzioni emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici - Direzione Generale Servizi Speciali con circolari n. 705 in data 6-2-1963, n. 2535 in data 12-6-1963 e n. 230 in data 12-8-'64;
- Legge 26 maggio 1965, n. 595 e successivo D. M. 14 gennaio 1966, relativi alle « Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici » e D. M. in data 3-6-1968 avente per oggetto « Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi »;
- Circolare n. 19096 in data 16 agosto 1953 del Ministero della Difesa - Gabinetto del Ministro - avente per oggetto « Classificazione di strade militari e strade civili aventi interesse militare »;
- Circolare n. 384 in data 14-2-1962 del Ministero dei Lavori Pubblici riguardante le « Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali »;
- Circolare n. 3797 in data 6 novembre 1967 del Ministero dei Lavori Pubblici relativa alle « Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle opere di fondazione »;
- Circolare n. 6187 in data 26 febbraio 1970 del Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale - avente per oggetto « Norme tecniche per l'impiego delle strutture in c.a.p. »;
- Circolare n. 7091 in data 4 settembre 1970 del Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale - relativa alle « Norme per la progettazione e l'esecuzione dei ponti stradali in acciaio »;
- Circolare n. 8069 in data 12 maggio 1971 del Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale - avente per oggetto « Caratteristiche e modalità d'impiego nel conglomerato cementizio armato degli acciai ad aderenza migliorata »;
- Tabella CNR - UNI 10011 - 67 relativa alle « Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione »;
- Tabella CNR - UNI n. 10019 - 69 relativa alle « Opere di conglomerato cementizio semplice od armato - Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione »;
- « Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo » emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Bollettino Ufficiale C.N.R. del 16 dicembre 1967);

- « Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi d'appoggio in gomma nelle costruzioni » emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Bollettino Ufficiale del C.N.R. del 25-6-1971);
- « Modalità del corpo stradale e delle opere d'arte » pubblicate nel 1923 dalle Ferrovie dello Stato - Servizio Lavori e Costruzioni;
- Circolare n. 8 in data 10 febbraio 1960 dell'Azienda Autonoma delle Ferrovie dello Stato - Servizio Lavori e Costruzioni, relativa alle « Norme riguardanti la costruzione dei ponti ad arco in conglomerato cementizio »;
- Circolare n. 168/4.5 in data 15 gennaio 1960 dell'Azienda Autonoma delle Ferrovie dello Stato - Servizio Lavori e Costruzioni relativa alle « Impalcature a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo »;
- Circolare n. 207/4.4 in data 17-7-1971 dell'Azienda Autonoma delle Ferrovie dello Stato - Servizio Lavori e Costruzioni - relativa alle « Istruzioni tecniche per la saldatura elettrica ad arco delle strutture dei ponti metallici ».

IL DIRETTORE DEL SERVIZIO
LAVORI E COSTRUZIONI

F/lo Maglietta