

CIRCOLARE N. 29 /1959

OGGETTO: Verifica della rigidità torsionale dei sostegni funiviari a traliccio metallico.

L'art. 21 del Regolamento Generale per le funicolari aree in servizio pubblico destinate al trasporto di persone, prescrive, al quarto comma, che i sostegni di un impianto funiviario, sia esso monofune o bifune, debbano presentare una rigidità torsionale tale da escludere deviazioni angolari delle scarpe o rulliere che riducano sensibilmente la stabilità su queste delle funi; e le prescrizioni speciali, interpretando la norma, fissano i valori massimi ammissibili per tali deviazioni angolari e precisamente:

- per le seggiovie: una rotazione non superiore a 10';
- per le funivie: uno spostamento massimo, in proiezione orizzontale, delle estremità delle scarpe di appoggio delle funi portanti non superiore a 2/10 del diametro delle funi.

Le disposizioni su accennate, di evidente comprensione sia nelle origini che negli scopi, hanno presentato alcune difficoltà in sede di accertamento, mediante verifiche di calcolo applicate a casi concreti, della loro osservanza nel senso che i progettisti, dovendo dimostrare la sufficiente rigidità torsionale dei sostegni degli impianti, hanno fatto ricorso ad espressioni di calcolo che, limitatamente ai tipi a traliccio, hanno dato luogo, per necessità di semplificazione, a risultati o insufficientemente approssimati o, in taluni casi, fondamentalmente discosti dalla realtà.

D'altro canto, l'importanza che, nei confronti della sicurezza stessa dell'esercizio, riveste la determinazione di tali deviazioni angolari con sufficiente approssimazione nello sviluppo dei calcoli di verifica e con una sostanziale esattezza nella impostazione di questi, ha condotto questo Ministero, d'intesa con la Commissione per le funicolari aeree e terrestri, a far studiare la corrispondenza tra risultati dei calcoli, convenzionalmente condotti, e deformazioni torsionali effettivamente misurate su sostegni destinati ad impianti seggioviari. L'esito di tali studi, effettuati dall'ing. Alberto Gossi a seguito anche della relazione presentata dallo stesso al Congresso Internazionale dei Trasporti a Fune del 1957 sotto il titolo "Considerazioni sul calcolo delle deformazioni di torsione dei sostegni reticolari per funivie" ed illustrati nei numeri di gennaio e febbraio 1959 della Rivista Trasporti Pubblici, ha dimostrato:

1) che la ripartizione del momento torcente sulle coppie di fiancate del sostegno, inversamente proporzionale, a parità di altre condizioni, al peso elastico di ciascuna fiancata, può essere determinata con esattezza imponendo la condizione del minimo lavoro nel complesso delle singole aste costituenti la tralicciatura del sostegno;

2) che la lunghezza da assumere per le singole aste può essere identificata con quella dei loro assi baricentrici;

3) che nell'eventualità di doppia tralicciatura di parete ed identica disposizione e dimensionamento delle aste nelle quattro fiancate, le aste sovrabbondanti possono essere nel calcolo eliminate considerando due tralicciature isostatiche, ciascuna assoggettata ad uno sforzo, applicato sempre in corrispondenza della testata del sostegno, pari alla metà di quello che competerebbe alla intera fiancata e sovrapponendo gli effetti per le aste risultanti in comune ai due schemi di tralicciature.

Pertanto, per i progetti in corso di esame e per quelli che saranno in futuro presentati all'Amministrazione per la necessaria approvazione, come pure per quelli per i quali fu a suo tempo sollevata riserva specifica, i sostegni a tralicciatura metallica in essi contemplati dovranno essere verificati dai progettisti, nei confronti della sufficienza della rigidezza torsionale, tenendo conto delle condizioni sopra elencate e prescindendo, a vantaggio della stabilità, della resistenza opposta dalle funi alla rotazione della testata provocata dal momento torcente applicato in corrispondenza della medesima.

Ad esempio, potranno essere adottate le seguenti espressioni, ricavate da quelle impiegate dall'Ing. Gossi nel citato studio:

- a) per la determinazione del rapporto di ripartizione η , tra le due coppie di fiancate, delle forze derivanti dal momento torcente applicato:

$$\eta = \frac{T_2}{T_1} = \frac{A + \lambda C}{\lambda B + C}$$

ove T_2 indica la forza agente su una delle due fiancate di larghezza minore;

T_1 indica la forza agente su una delle due fiancate di larghezza maggiore;

$$A = \sum t_{1n}^2 h_n / F_n$$

con sommatoria estesa a tutte le aste (montanti, traversi e diagonali) di una delle facce più larghe, aventi ciascuna asta lunghezza h ed area F ed essendo t_1 la componente secondo l'asta considerata, della forza 1 applicata orizzontalmente al traverso superiore della fiancata considerata;

$$B = \sum t_{2n}^2 h_n / F_n$$

con sommatoria estesa a tutte le aste (montanti, traversi e diagonali) di una delle facce più strette, aventi ciascuna asta lunghezza h ed area F ed essendo t_2 la componente, secondo l'asta considerata, della forza 1 applicata orizzontalmente al traverso superiore della fiancata considerata;

$$C = \sum |t_1| |t_2| h_n / F_n$$

con sommatoria estesa alle aste dei due montanti di una qualsiasi fiancata aventi ciascuna asta lunghezza h e sezione F ed essendo t_1 la componente, in valore assoluto e secondo le aste di tali montanti, della forza 1 applicata orizzontalmente al traverso superiore della fiancata di larghezza maggiore e t_2 la componente, sempre in valore assoluto e secondo le aste del medesimo montante, della forza 1 applicata orizzontalmente al traverso superiore della fiancata di larghezza minore;

$$\lambda = b/a < 1$$

con a larghezza alla testa del sostegno della fiancata di maggior larghezza e b larghezza sempre alla testa del sostegno, della fiancata di minor larghezza.

b) per la determinazione dell'angolo di rotazione φ :

$$\varphi = [(2M) / (\eta a + b)^2 E] [A + B \eta^2 - 2 C \eta]$$

ove M indica il momento torcente agente sulla testata del sostegno, E indica il modulo di elasticità dell'acciaio ed i rimanenti simboli hanno il significato illustrato al precedente punto a) .

Qualora il sostegno abbia le quattro fiancate identiche fra di loro, la sommatoria C diviene nulla qualora le sommatorie A e B , peraltro identiche tra di loro, siano estese alle sole aste di parete (traversi e diagonali) e la precedente espressione di φ , essendo $a = b$ e quindi $\lambda = 1$ e $\eta = 1$, si semplifica come segue:

$$\varphi = M A / a^2 E$$

E' anche ammesso, a semplificazione del calcolo, prescindere dal lavoro interno compiuto da forze contemporaneamente presenti nelle aste per azioni esterne diverse da quelle che generano il momento torcente di testata. E' ammesso altresì modificare le modalità di calcolo per le tralicciature iperstatiche secondo quanto indicato al precedente punto 3, semprechè le quattro fiancate siano identiche tra di loro e ciascuna di esse sia riducibile a due schemi di tralicciature isostatiche di egual peso elastico aventi in comune tra di loro unicamente i montanti. In tal caso: il calcolo si può effettuare considerando il sostegno come avente un solo schema di tralicciatura per fiancata; la sommatoria C diviene nulla qualora le sommatorie A e B siano estese ai soli diagonali; l'angolo di rotazione φ , calcolato con la espressione semplificata ma nelle suindicate ipotesi di semplice tralicciatura isostatica, risulta il doppio di quello effettivo da confrontare con quello massimo ammesso dalle prescrizioni speciali.

Infine è consentito che, per ciascun impianto, la verifica della rigidità torsionale dei sostegni metallici sia limitata al sostegno in condizioni più sfavorevoli, oppure ad un sostegno tipo anche se di dimensioni fittizie ed assoggettato a momenti torcenti che non trovano riscontro nei casi concreti del progetto in esame; in tale eventualità, però, deve apparire esplicitamente, per ogni sostegno dell'impianto, che le condizioni di lavoro e di resistenza sono più favorevoli di quelle considerate per il sostegno sottoposto a calcolo di verifica.

IL DIRETTORE GENERALE