



## Presentazione della specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario

## Presentation of the specification for the design and implementation of railway bridges and other minor under-track works

Dott. Ingg. Luigi EVANGELISTA<sup>(\*)</sup>, Paola FIRMI<sup>(\*\*)</sup>, Marco TISALVI<sup>(\*\*\*)</sup>, Giuseppe TRAINI<sup>(\*\*\*\*)</sup>

**Sommario** – Questo articolo ha lo scopo di introdurre alla lettura della “Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”, emanata a seguito della pubblicazione del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”, in sostituzione della specifica “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzione per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo” del 13.01.1997 e dell'istruzione 44/B “Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica” del 1997. Nella memoria viene posto l'accento sulle principali novità introdotte dalla nuova specifica, richiamando, ove ritenuto opportuno, le principali novazioni introdotte dal citato Decreto Ministeriale 14/1/08.

### 1. Introduzione

L'emanazione del “Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” [1] ha costituito un passo risolutivo, nel nostro Paese, per l'allineamento delle regole tecniche nazionali agli Eurocodici. Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) hanno contenuti fortemente innovativi soprattutto per gli aspetti geotecnici e per la progettazione in presenza di azioni sismiche, configurando un corpo di regole tecniche avanzate, che raggiungono un livello di eccellenza anche in ambito internazionale.

La progettazione delle infrastrutture, quelle ferrovia-

**Summary** - This paper is intended to introduce the reading of “The specification for the design and implementation of railway bridges and other minor under-track works”, enacted following the publication of the Ministerial Decree of the Minister of Infrastructures dated 14.1.2008 “Approval of new technical standards for constructions” in place of the specification “Overloads for the computation of railway bridges. Instruction for design, implementation, and testing” of 13.01.1997 and 44/B instruction “Technical instructions for under-track works to be built in seismic areas” of 1997. In the brief, emphasis is on the main innovations introduced by the new specification, focusing attention on, where considered appropriate, the main innovations introduced by the above mentioned Ministerial Decree 14/1/08.

### 1. Introduction

The adoption of “Ministerial Decree of the Minister of Infrastructures dated 14.1.2008” “Approval of the new technical standards for constructions” [1] constituted a decisive step, in our country, to the alignment of national technical rules to the Eurocodes. The new Technical Standards for Constructions (TSC) have strong innovative contents especially for geotechnical aspects and for design in the presence of seismic action, setting up a set of advanced technical rules that reach an excellence level in the international arena.

The design of infrastructures, particularly the railway ones, suffered considerably from the new regulatory

<sup>(\*)</sup> Italferr - Direzione Tecnica, Responsabile U.O. Ingegneria delle Infrastrutture.

<sup>(\*\*) R.F.I. - Direzione Tecnica, Responsabile S.O. Ingegneria Civile.</sup>

<sup>(\*\*\*) R.F.I. - Direzione Tecnica, Responsabile S.O. Ponti.</sup>

<sup>(\*\*\*\*) Italferr - Direttore Scientifico.</sup>

N.B. - Gli articoli riguardanti le “Norme Tecniche” possono essere consultati sul sito del CIFI [www.cifi.it/Normetecniche.asp](http://www.cifi.it/Normetecniche.asp)

<sup>(\*)</sup> Italferr -Engineering Management, Head of Operating Unit. Infrastructure Engineering.

<sup>(\*\*) R.F.I. - Technical Management, Head of Operational Section Civil Engineering.</sup>

<sup>(\*\*\*) R.F.I. - Technical Management, Head of Operational Section Bridges.</sup>

<sup>(\*\*\*\*) Italferr - Scientific Director.</sup>

NB - The articles on “Technical Regulations” can be found on the website of CIFI [www.cifi.it](http://www.cifi.it) connecting to the link: <http://www.cifi.it/Normetecniche.asp>

## SCIENZA E TECNICA

rie in particolare, ha risentito sensibilmente del nuovo quadro normativo ed ha richiesto un sostanziale aggiornamento delle Istruzioni Tecniche ferroviarie. L'aggiornamento, inoltre, ha consentito di effettuare una semplificazione/razionalizzazione dell'insieme delle Istruzioni stesse, ed è stato mirato all'allineamento ai contenuti delle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) sia per il Sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario trans-europeo ad alta velocità emanata nel 2008 ai sensi della direttiva 96/48/CE, sia per il Sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario trans-europeo convenzionale emanato nel 2011 ai sensi della direttiva 2008/57/CE).

La revisione della normativa tecnica ferroviaria è stata condotta con l'ausilio di una commissione di esponenti del mondo accademico, tra i quali anche coloro che hanno partecipato alla redazione del DM 14.1.2008, ed ha riguardato sei specifiche tecniche: tutte quelle interessate dal citato aggiornamento normativo. In particolare:

- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;
- Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia;
- Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari.

Inoltre, in relazione alle importanti modifiche apportate dal DM 14.1.2008 al settore geotecnico si è ritenuto necessaria l'emanazione di una nuova specifica "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie".

Per quanto riguarda invece l'istruzione 44B "Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica" il processo di semplificazione/razionalizzazione ha fatto sì che essa è stata ritirata ed i relativi contenuti sono stati integrati nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario".

Le nuove specifiche tecniche si applicano per la progettazione e l'esecuzione dei nuovi ponti e infrastrutture delle Ferrovie dello Stato, come pure per l'adeguamento di quelli esistenti. Per i ponti esistenti interessati da operazioni di miglioramento, velocizzazione e riclassificazione funzionale, nonché per i ponti provvisori, invece, queste istruzioni tecniche potranno applicarsi in tutto o in parte in base a specifiche indicazioni fornite da RFI, fermando restando i prescritti metodi di verifica.

In questo articolo, che ha lo scopo di introdurre alla lettura della versione integrale del testo della "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di

framework and demanded a substantial upgrading of technical railway Instructions. The update also allowed to carry out simplification/rationalisation of the same Instructions in their entirety, and was aimed at aligning the contents of The Technical Specifications for Interoperability (T.S.I.) both for the Infrastructure Subsystem of the trans-European high-speed railway system enacted in 2008 under Directive 96/48/EC) and for the Infrastructure Subsystem of the trans-European traditional railway system enacted in 2011 under Directive 2008/57/EC).

The review of the railway technical regulations was conducted with the help of a panel of academics, including those who participated in the writing of the Ministerial Decree 14.1.2008, and covered six technical specifications: all those affected by this regulatory update. In particular:

- the Specification for the design and implementation of railway bridges and other minor under-track works;
- the Specification for the design and implementation of overpasses and pedestrian walkways on railway premises;
- the Specification for the design and implementation of railway double T steel beam (embedded in concrete) decks;
- the Specification for the design, production, production control and installation of constraint devices and joint covers in rail decks and overhead bridges;
- the Specification for fatigue testing of railway bridges.

Moreover, in relation to the important changes made by Ministerial Decree of 14.1.2008 the geotechnical field, the enactment of a new specification "Specification for geotechnical design of civil railway works" was deemed necessary.

Conversely, as regards instruction 44B "Technical instructions for under-track works to be built in a seismic area", the process of simplification/rationalisation has meant that it has been withdrawn and its contents were integrated into the "Specification for the design and implementation of railway bridges and other minor under-track works".

The new technical specifications apply to the design and implementation of new bridges and infrastructures of the Ferrovie dello Stato (State Railway Company), as well as for the upgrading of existing ones. For existing bridges affected by improvement, speeding up and functional reclassification operations, as well as temporary bridges, instead, these technical instructions may apply in whole or in part according to specific information supplied by RFI in accordance to the prescribed test methods.

This article, that aims at introducing the reading of the complete version of the text of the "Specification for the design and implementation of railway bridges and other minor under-track works", presents the main novelties in-

## SCIENZA E TECNICA

*altre opere minori sotto binario*", vengono presentate le principali novità introdotte, richiamando, ove ritenuto opportuno, anche quelle introdotte dal D. M. 14/1/08.

### 2. Contenuti del D.M. 14.1.2008

Il D.M. 14 gennaio 2008 è un testo normativo che raccolge in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, secondo la tradizione italiana, prestabiliti livelli sicurezza.

Tali norme rappresentano la più avanzata espressione normativa nazionale nel settore delle costruzioni, secondo un'impostazione coerente con gli Eurocodici e con contenuti all'avanguardia riguardo alla puntuale valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale e alle esigenze di una moderna progettazione sismo-resistente delle opere di ingegneria civile da realizzare o ri-strutturare in Italia.

Il testo normativo fornisce una serie di indicazioni inerenti le procedure di calcolo e di verifica delle strutture, nonché regole di progettazione ed esecuzione delle opere, in linea con i seguenti indirizzi:

- mantenimento del criterio prestazionale, per quanto consentito dall'esigenza di operatività della norma stessa;
- coerenza con gli indirizzi normativi a livello comunitario, sempre nel rispetto delle esigenze di sicurezza del Paese e, in particolare, coerenza di formato con gli Eurocodici;
- approfondimento degli aspetti normativi connessi alla presenza delle azioni sismiche;
- approfondimento delle prescrizioni ed indicazioni relative ai rapporti delle opere con il terreno e, in generale, agli aspetti geotecnici.

Per chiarezza e completezza di esposizione si richiama l'articolazione del citato D.M.:

*Il Capitolo 2* individua i principi fondamentali per la valutazione della sicurezza, definendo altresì gli Stati Limite Ultimi (SLU) e gli Stati Limite di Esercizio (SLE) per i quali devono essere effettuate le opportune verifiche sulle opere; introduce, inoltre, i concetti di Vita Nominale di progetto  $V_N$ , Classi d'Uso  $C_u$  e Vita di Riferimento  $V_R$  delle opere; classifica, infine, le possibili azioni agenti sulle costruzioni ed indica le diverse combinazioni delle stesse nonché le verifiche da eseguire.

*Il Capitolo 3* codifica i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture (pesi e carichi permanenti, sovraccarichi variabili, azione sismica, azioni del vento, azioni della neve, azioni della temperatura, azioni eccezionali).

*Il Capitolo 4* tratta le diverse tipologie di costruzioni civili ed industriali in funzione del materiale utilizzato (calcestruzzo, acciaio, legno, muratura, altri materiali).

introduced and also, if deemed appropriate, focusing on those introduced by the Ministerial Decree 14/1/08.

### 2. Contents of Ministerial Decree of 14.1.2008

The Ministerial Decree of January 14<sup>th</sup>, 2008 is a regulatory text that collects the rules governing the design, execution and testing of constructions in a unitary form to ensure predetermined safety levels, according to Italian tradition.

These standards represent the most advanced expression of national legislation in the construction industry, according to a coherent approach with Eurocodes and cutting-edge contents concerning the precise evaluation of seismic hazard throughout the national territory and the needs of a modern seismic resistant design of civil engineering works to be carried out or to renovate in Italy.

The regulatory text provides a number of indications regarding the procedures for the calculation and verification of structures, as well as work design and execution rules, in line with the following aims:

- keeping the performance criterion, to the fullest extent permitted by the operational requirements of the standard itself;
- consistency with normative guidelines at Community level, while respecting the security needs of the Country and, in particular, format consistency with Eurocodes;
- close examination of regulatory issues related to the presence of seismic actions;
- close examination of requirements and information relating to the relations of the works with the ground and, in general, to geotechnical aspects.

For clarity and completeness of exposure, attention is drawn on the articulation of the aforementioned Ministerial Decree:

*Chapter 2* outlines the basic principles for safety assessment, also defining the Ultimate Limit states (ULS) and the Serviceability Limit states(SLS) for which appropriate checks on works must be carried out; in addition, it introduces the concepts of design Nominal Life ( $V_N$ ), Use Classes ( $C_u$ ) and works Reference Life ( $V_R$ ); finally, it lists the possible actions influencing the constructions and it indicates the different combinations of the same and the checks to be performed.

*Chapter 3* encodes models for describing actions affecting structures (weights and permanent loads, variable overloads, seismic action, wind action, snow actions, temperature actions, exceptional actions).

*Chapter 4* deals with the various types of civil and industrial constructions depending on the material used (concrete, steel, wood, masonry, other materials).

*Chapter 5* regulates the general criteria and technical indications for the design and execution of road and rail-

## SCIENZA E TECNICA

*Il Capitolo 5 disciplina i criteri generali e le indicazioni tecniche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti stradali e ferroviari. Per i ponti stradali, oltre alle principali caratteristiche geometriche, definisce le diverse possibili azioni agenti, con i diversi schemi di carico per quanto attiene le azioni variabili da traffico. Per i ponti ferroviari particolare attenzione è posta sui carichi ed i relativi effetti dinamici, nonché sulle loro combinazioni. Particolari e dettagliate prescrizioni sono, poi, fornite per le verifiche, sia agli SLU che agli SLE.*

*Il Capitolo 6 tratta la progettazione geotecnica definendo i criteri generali, la caratterizzazione e modellazione geotecnica, le verifiche della sicurezza e delle prestazioni, nonché il monitoraggio del complesso opera-terreno. Inoltre, in questo capitolo vengono forniti criteri specifici per la progettazione e la verifica delle seguenti opere e sistemi geotecnici:*

- opere di fondazione;
- opere di sostegno;
- opere in sotterraneo;
- opere e manufatti di materiali sciolti naturali;
- fronti di scavo;
- miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti, nonché la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere che hanno riflessi su grandi aree.

Nell'articolazione del progetto vengono introdotte, distintamente, la modellazione geologica e la modellazione geotecnica del sito i cui metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati, rispettivamente, nella "relazione geologica" e nella "relazione geotecnica". Dopo le indicazioni relative alle verifiche agli stati limite, si fa un breve ma significativo cenno al metodo osservazionale ed al monitoraggio del complesso opera-terreno. È introdotto, infine, un importante paragrafo sui tiranti di ancoraggio, con le relative verifiche, regole di realizzazione e prove di carico.

*Il Capitolo 7 tratta la progettazione in presenza di azioni sismiche ed introduce un importante paragrafo riguardante esplicitamente i criteri generali di progettazione e modellazione delle strutture, per la evidente riconosciuta importanza che assume nella progettazione la corretta modellazione delle strutture, anche in relazione all'ormai inevitabile impiego dei programmi automatici di calcolo. Nel paragrafo inerente i metodi di analisi ed i criteri di verifica, viene opportunamente trattata, accanto a quella lineare, l'analisi non lineare. Sono, poi, fornite le disposizioni per il calcolo e le verifiche delle diverse tipologie di strutture (opere in cemento armato, acciaio, misce acciaio-calcestruzzo, legno, muratura, ponti, opere e sistemi geotecnici).*

*Il Capitolo 8 affronta il delicato problema della costruzioni esistenti; dopo aver esplicitato i criteri generali per*

way bridges. For road bridges, in addition to the main geometrical characteristics, it defines the various possible influencing actions, with different load schemes as regards varying traffic actions. With regards to railway bridges, particular attention is placed on loads and related dynamic effects as well as on their combinations. Specific and detailed provisions are also provided for verifications both at ULS and at SLS.

*Chapter 6 deals with geotechnical design defining the general criteria, geotechnical characterisation and modelling, safety checks and performance, as well as monitoring of the work-ground complex. This chapter also provides specific criteria for the design and verification of the following works and geotechnical systems:*

- foundation works;
- support works;
- underground works;
- works and artefacts of natural ground materials;
- excavation faces;
- improvement and reinforcement of grounds and rock masses;
- consolidation of grounds involving existing works, as well as evaluation of slope safety and feasibility of works that have repercussions on large areas.

In the outline of the project, the geologic modelling and the geotechnical modelling of the site are introduced separately, whose methods and investigation results should be fully exposed and commented, respectively, in the "geological report" and in the "geotechnical report". After the details relating to checks at limit states, there is a brief but significant mention to the observational method and to the monitoring of the work-ground complex. Finally, an important paragraph on tie-rods anchor is introduced, with related verifications, construction rules and load tests.

*Chapter 7 deals with the design in case of seismic action and introduces an important paragraph explicitly concerning general criteria for the design and modelling of structures, for the obvious recognised importance that correct modelling of structures takes on in the design, also in relation to the now inevitable use of automatic calculation programmes. The nonlinear analysis, alongside the linear one, is suitably dealt with in the paragraph concerning analytical methods and verification criteria. The provisions relating to the calculation and verification of different types of structures (works in reinforced concrete, steel, mixed steel-concrete, wood, masonry, bridges, works and geotechnical systems) are also provided.*

*Chapter 8 deals with the delicate problem of existing constructions; after having explained the general criteria for the various types of buildings and the variables that allow defining the preservation conditions, it introduces the fundamental distinction of three different types of interventions that can be performed on an existing construction:*

## SCIENZA E TECNICA

le diverse tipologie di edifici e le variabili che consentono di definirne lo stato di conservazione, introduce la distinzione fondamentale dei tre diversi tipi di intervento che possono essere effettuati su una costruzione esistente:

- interventi di adeguamento, atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle NTC;
- interventi di miglioramento, atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC;
- riparazioni o interventi locali, che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Un ulteriore importante paragrafo riporta le disposizioni per la progettazione degli interventi in presenza di azioni sismiche per le diverse tipologie di edifici.

*Il Capitolo 9* definisce le prescrizioni generali relative al collaudo statico delle opere e le responsabilità del collaudatore. Indicazioni sono fornite sulle prove di carico, con particolare attenzione alle prove di carico su strutture prefabbricate e ponti.

*Il Capitolo 10* tratta le regole generali per la redazione dei progetti strutturali e delle relazioni di calcolo, puntualizzando l'esigenza della completezza della documentazione. Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, un apposito paragrafo indica al progettista i controlli da effettuare sull'affidabilità dei codici di calcolo utilizzati e l'attendibilità dei risultati ottenuti.

*Il Capitolo 11* completa i contenuti tecnici delle norme fornendo le regole di qualificazione, certificazione ed accettazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, rese coerenti con le procedure consolidate del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e le disposizioni comunitarie in materia.

*Il Capitolo 12* elenca alcuni documenti tecnici nazionali e internazionali ritenuti coerenti con i principi alla base della norma o che costituiscono riferimenti di comprovata validità; essi possono essere utilizzati in mancanza di specifiche indicazioni ad integrazione della stessa e per quanto non in contrasto con la medesima. Infine, viene precisato che possono essere utilizzati anche altri codici internazionali dimostrando livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle norme.

### 3. Principali innovazioni introdotte dal D.M. 14.1.2008

Le principali innovazioni introdotte dal D.M. 14.1.2008 sono richiamate nel seguente:

- definizione per ciascuna tipologia di costruzione della vita nominale  $V_N$  (*intervallo temporale nel quale la costruzione, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata per lo scopo al quale è destinata*); definizione di una Classe d'Uso  $C_U$  in base alla destinazio-

- adaptation measures, aimed at achieving the security levels required by TSC;
- improvements to increase the existing structural safety without necessarily achieving the levels required by TSC;
- local repairs or interventions involving isolated elements and that however involve an improvement of pre-existing security conditions.

Another important paragraph reports the provisions for the design of interventions under seismic actions for different types of buildings.

*Chapter 9* defines the general requirements relating to static testing of the works and the responsibilities of the inspector. Indications are provided on load tests, with emphasis on load tests on prefabricated structures and bridges.

*Chapter 10* deals with the general rules for drawing up structural projects and calculation reports, pointing out the need for completeness of the documentation. If the structural analysis and related investigations are conducted with the help of automatic calculation codes, a special paragraph indicates to the designer the checks to be carried out on the reliability of calculation codes used and the reliability of the results obtained.

*Chapter 11* completes the technical contents of regulations providing rules for qualification, certification and acceptance of materials and products for structural use, made in accordance with the established procedures of the Central Technical Service of the Superior Council of Public Works and Community provisions on the matter.

*Chapter 12* lists some national and international technical papers deemed consistent with the basic principles of rule or which constitute references of proven validity; they can be used in the absence of specific indications as integration and to the extent not inconsistent with the same. Finally, it is pointed out that other international codes can also be used showing safety levels not lower than the standards.

### 3. Main innovations introduced by Ministerial Decree 14.1.2008

The main innovations introduced by Ministerial Decree 14.1.2008 are recalled below:

- definition for each type of construction of the nominal life  $V_N$  (*time range in which the construction, provided it is subject to routine maintenance, must be used for the purpose for which it is intended*); definition of Class of use  $C_U$  depending on the intended use and the strategic edge towards civil protection activities for a seismic event.
- definition of a reference seismic action is no longer associated with administrative divisions (municipal limits) but defined on a very dense grid (5 km of

## SCIENZA E TECNICA

- ne d'uso e alla strategicità nei confronti delle attività di protezione civile per un evento sismico;
- la definizione di una azione sismica di riferimento non più associata a divisioni amministrative (limiti comunali) ma definita su un reticolo molto fitto (5 km di maglia) e variabile in ragione della Vita di Riferimento  $V_R$  della costruzione;
  - valutazione della sicurezza e delle prestazioni attese per le diverse tipologie di costruzione attraverso l'adozione del metodo di verifica agli stati limite. Per mezzo di questo criterio, già previsto in modo non esclusivo dalle precedenti versioni della norma nazionale, si vanno a confrontare le prestazioni della costruzione definite "disponibilità" con le "richieste" derivanti dalla combinazione degli effetti associati alle azioni previste dalla norma;
  - profonda innovazione delle modalità di progettazione geotecnica, basate per la prima volta su una valutazione della sicurezza e delle prestazioni attese esclusivamente secondo il metodo degli stati limite.

### 4. Le principali novità introdotte nella nuova specifica ferroviaria

In considerazione della forte interrelazione con il capitolo 5.2 – Ponti Ferroviari - del citato DM 14.1.2008, per rendere chiara e agevole la consultazione del documento, le parti pertinenti del testo del capitolo 5.2 del DM sono state introdotte virgolettati con un carattere grassetto corsivo.

In questa memoria, per agevolare l'illustrazione delle novità introdotte, viene riproposta la medesima numerazione dei capitoli della specifica tecnica.

#### 4.1. Campo di applicazione

La nuova specifica "Ponti" è applicabile per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei nuovi ponti ferroviari delle Ferrovie dello Stato, come pure per l'adeguamento di quelli esistenti. Per i ponti esistenti interessati da operazioni di miglioramento, velocizzazione e riclassificazione funzionale, nonché per i ponti provvisori, le azioni della specifica potranno applicarsi in tutto o in parte in base a specifiche indicazioni fornite da RFI, fermando restando i prescritti metodi di verifica.

#### Cap. 1 - Azioni e criteri di verifica

Come richiesto dal DM 14.1.2008 sono stati definite la vita nominale ( $V_N$ ) e la classe d'uso ( $C_U$ ) delle diverse tipologie di costruzioni, riportate rispettivamente in tabella 1 e 2. La vita nominale di una costruzione, così come definita al punto 2.4.1 del DM 14.1.2008, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo

mesh) and variable according to the reference life  $V_R$  of the construction;

- evaluation of safety and performance expectations for the different types of construction through the adoption of the verification method at limit conditions. By means of this criterion, already provided in a non-exclusive mode in the previous versions of the national standard, the performance of the building referred to as "availability" is compared with "demand" arising from the combination of the effects associated with the actions foreseen in the standard;
- thorough innovation of the geotechnical design modes, for the first time based on an evaluation of safety and performance expectations solely in accordance with the method of limit conditions.

### 4. The main changes introduced in the new railway specification

In view of the strong interrelationship with chapter 5.2 – Railway Bridges - of the mentioned Ministerial Decree of 14.1.2008, and in order to make the consultation of the document clear and easy, the relevant parts of the text of Chapter 5.2 of the M.D. have been introduced quoted with a bold italic font.

In this paper, the same numbering of the technical specification chapters is proposed to facilitate the illustration of the innovations.

#### 4.1. Application field

The new specification for "Bridges" is applicable to the design, implementation and testing of new railway bridges of Ferrovie dello Stato, as well as for the upgrade of existing ones. For existing bridges affected by improvement, speeding up and functional reclassification operations, as well as temporary bridges, however, the actions of the technical specifications may apply in whole or in part according to specific information supplied by RFI, in accordance with the prescribed test methods.

#### Chapter 1 - Actions and verification criteria

As requested by M.D. 14.1.2008, the nominal life ( $V_N$ ) and the class of use ( $C_U$ ) of various types of constructions were defined, shown in table 1 and 2 respectively. The nominal life of a building, as defined in point 2.4.1 of M.D. of 14.1.2008, is understood as the number of years in which the structure, must be able to be used for the purpose for which it is intended, provided that it is subject to routine maintenance. The class of use is attributed to the different structures depending on their intended use and, therefore, in reference to the consequences of an interruption of operation or of a possible collapse as a result of a seismic event.

## SCIENZA E TECNICA

scopo al quale è destinata. La classe d'uso è attribuita alle diverse strutture in funzione della loro destinazione d'uso e, quindi, in riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico.

Tali grandezze consentono, tra l'altro di determinare il periodo di riferimento dell'azione sismica ( $V_R = V_N \cdot C_U$ ) ed il relativo periodo di ritorno  $T_R$  ( $T_R = -V_R/\ln(1-P_{vr})$ ) con ( $P_{vr}$  probabilità di superamento accettata nel periodo di riferimento).

Per la definizione delle infrastrutture ferroviarie strategiche ai sensi dell'Ordinanza OPCM n° 3274 del 20/03/2003, illustrate in fig. 1, si dovrà far riferimento all'elenco delle linee e delle tratte ferroviarie riportato nell'allegato 5 alla specifica.



Fig. 1 - Le linee ferroviarie fondamentali per le finalità di protezione civile (in rosso la rete convenzionale, in blu la rete AV/AC). *Railway lines essential for the purposes of civil protection (ordinary network in red, HS network in blue).*

### Cap. 1.2 - Azioni

Relativamente alla definizione delle azioni permanenti (pesi propri e permanenti portati) non si segnalano variazioni rispetto alla precedente istruzione ponti del 1997. Per quanto riguarda invece i "modelli di carico teorico" rappresentativi delle azioni variabili da traffico (LM, SW2 e SW0) – gli stessi della precedente versione delle istruzioni – è stato chiarito che il modello di carico SW/0, in conformità all'EN 1991-2, è da utilizzare esclusivamente per il progetto di travi continue. Il coefficiente

TABELLA 1 – TABLE 1

DEFINIZIONE DELLA  $V_N$  PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI COSTRUZIONE - *DEFINITION OF THE  $V_N$  FOR DIFFERENT TYPES OF CONSTRUCTION*

Tipo di costruzione <sup>(1)</sup> <i>Type of construction<sup>(1)</sup></i>	Vita Nominale <i>Nominal Life</i> [ $V_N$ ] <sup>(1)</sup>
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14/01/08 a velocità convenzionale <i>New works on railway infrastructures designed with the rules in force before M.D. of 14/01/08 at conventional speed (V &lt; 250 km/h)<sup>(2)</sup></i>	50
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h <i>Other new works at speed V &lt; 250 km/h</i>	75
Altre opere nuove a velocità $V \geq 250$ km/h <i>Other new works at speed V &lt; 250 km/h</i>	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m <i>Large works: bridges and viaducts with spans longer than 150 m</i>	$\geq 100^{(2)}$

<sup>(1)</sup> La stessa  $V_N$  si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. *The same  $V_N$  also applies to support devices, joint covers and waterproofing of the same works.*

<sup>(2)</sup> Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI. To be defined by RFI for the specific project.

TABELLA 2 – TABLE 2

DEFINIZIONE DELLA CLASSE E DEL COEFFICIENTE D'USO PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI COSTRUZIONE  
*DEFINITION OF CLASS AND OF THE COEFFICIENT OF USE FOR DIFFERENT TYPES OF CONSTRUCTION*

Tipo di costruzione <i>Type of construction</i>	Classe d'uso <i>Class of use</i>	Coefficiente d'uso [ $C_U$ ] <i>Coefficient of use [<math>C_U</math>]</i>
Grandi stazioni <i>Big stations</i>	C IV	2,0
Opere d'arte del sistema di grande viabilità ferroviaria <i>Artworks of the great railway network</i>	C III	1,5
Altre opere d'arte <i>Other artworks</i>	C II	1,0

## SCIENZA E TECNICA

di adattamento “ $\alpha$ ” da applicare, ove previsto, ai modelli di carico teorici è rimasto invariato ( $\alpha = 1.1$ ).

### Cap. 1.4.2 - Effetti dinamici

La valutazione di questi effetti è stata resa conforme alla metodologia contenuta nell’EN 1991-2 [2] ed è molto “innovata” rispetto alla versione precedente. Il diagramma di flusso riportato nella fig. 2 definisce il processo logico con il quale individuare se sia necessario eseguire l’analisi dinamica dell’impalcato (specificandone anche le modalità), o se, invece, sia sufficiente applicare i coefficienti di incremento dinamico “ $\Phi$ ” definiti dalla norma.

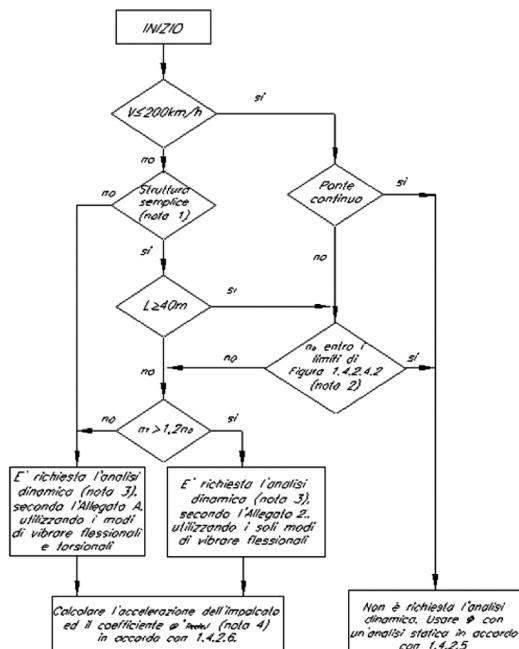


Fig. 2 – Flow-chart per la determinazione dell’analisi dinamica da effettuarsi. *Flow chart for determining the dynamic analysis to be carried out.*

A differenza della precedente norma sui ponti, è stata portata a 200 km/h la velocità oltre la quale non è più sufficiente verificare se la frequenza propria del ponte è compresa all’interno del “fuso” indicato nella fig. 3 ma, invece, occorre eseguire specifiche analisi dinamiche.

A proposito dell’adozione del coefficiente di incremento dinamico  $\Phi$  si evidenzia che per le linee AV/AC si potrà applicare il coefficiente  $\Phi_2$  (valevole per le linee ad elevato standard manutentivo) anziché il coefficiente  $\Phi_3$  previsto per le linee a normale standard manutentivo.

Sono stati aggiornati i modelli di carico tipo “treno

These quantities allow, inter alia, determining the period of reference of the seismic action ( $V_R = V_N \cdot C_U$ ) and its period of return  $T_R$  ( $T_R = V_R / \ln(1 - P_{vr})$ ) with ( $P_{vr}$  exceeding probability accepted in the reference period).

For the definition of strategic railway infrastructures pursuant to Ordinance OPCM N. 3274 dated 20/03/2003, illustrated in fig. 1, reference will have to be made to the list of railway lines and routes set out in annex 5 of the specification.

### Chapter 1.2 - Actions

With regard to the definition of permanent actions (own and permanent weights carried) no variations are indicated compared with the previous bridge instructions of 1997. Regarding the “theoretical load model” instead, representative of variable traffic actions (LM, SW2 and SW0) – the same as the previous version of instructions – it was made clear that the load model SW0, pursuant to EN 1991-2, is to be used exclusively for the continuous beam design. The  $\alpha$  adaptation coefficient to be applied to theoretical load model, where applicable, remained unchanged ( $\alpha = 1.1$ ).

### Chapter 1.4.2 - Dynamic effects

The evaluation of these effects has been made according to the methodology contained in EN 1991-2 [2] and is considerably “innovated” compared to the previous version. The flow chart shown in fig. 2 defines the logical process by which the need to perform a dynamic analysis of the deck should be identified (also specifying the mode), or whether it is sufficient to apply the “ $\Phi$ ” dynamic factor defined by the standard.

Unlike the previous standard on bridges, the speed beyond which it is no longer enough to verify whether the natural frequency of the bridge is included within the “zone” shown in fig. 3 was raised to 200 km/h but, instead, specific dynamic analysis must be performed.

With regard to the adoption of  $\Phi$  dynamic factor, it becomes evident that for HS/HC lines the  $\Phi_2$  coefficient can be applied (valid for lines with a high maintenance standard) instead of the expected  $\Phi_3$  coefficient envisaged for lines with normal maintenance standard.

The load models such as “real train” type with which the dynamic analysis should be performed were updated, an example is shown in fig. 4.

In dynamic analysis, where required, the maximum vertical acceleration and maximum value of the dynamic amplification coefficient must be verified. The first parameter must be less than  $3.5 \text{ m/s}^2$ , (as is also prescribed in the preceding bridge standard and in EN 1991-1), while for dynamic amplification, similarly to the provisions in the European standard, the maximum limit of 2.5 was removed, foreseeing a control over the extent of the actual

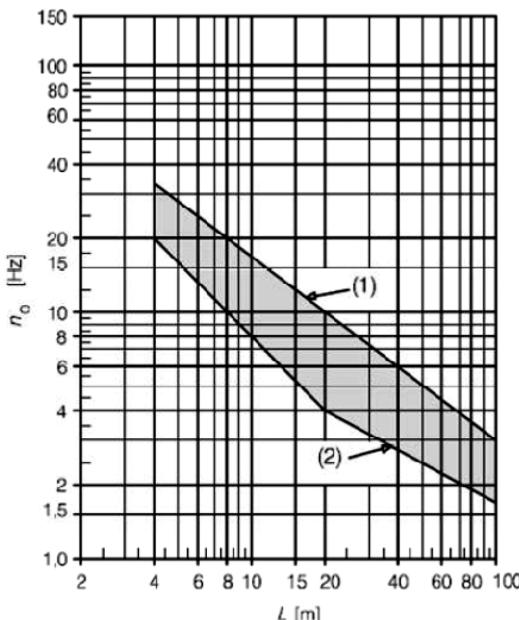


Fig. 3 - Intervallo limite di frequenze per le quali è possibile analisi dinamica semplificata. *Limit range of frequencies for which simplified dynamic analysis is possible.*

reale" con i quali eseguire l'analisi dinamica; un esempio dei quali è riportato in fig. 4.

Nell'analisi dinamica, ove prescritta, è necessario verificare il valore massimo dell'accelerazione verticale e il massimo valore del coefficiente di incremento dinamico. Il primo parametro deve essere inferiore a  $3.5 \text{ m/s}^2$ , (così come prescritto anche nella precedente norma ponti e nella EN 1991-1), mentre per l'incremento dinamico, in analogia a quanto previsto nella norma europea, è stato rimosso il limite massimo di 2,5, prevedendo un controllo sull'entità dei carichi reali dinamizzati. Il controllo consiste nel verificare che gli effetti da essi prodotti siano inferiori a quelli prodotti dal modello teorico di calcolo e dai relativi effetti dinamici  $(\alpha \cdot \text{LM71 or SW2}) \cdot (1 + \Phi)$ .

La nuova specifica "Ponti" è in linea con le Specifiche Tecniche per l'Interoperabilità (S.T.I.) per la rete ferroviaria A.V. Europea - sottosistema infrastruttura - emesse nel 2002 e nel 2008 in ottemperanza della "Directive 96/48/EC - "Interoperability of the trans-European high speed rail system" [3] anche riguardo alle analisi dinamiche.

In particolare sono state introdotte per le linee Interoperabili A.V. delle analisi dinamiche con 10 convogli particolari (HSLM - T.D.U.) la cui schematizzazione è riportata in fig. 5.

Per ciascuno dei 10 convogli nella tabella 3 sono definiti i parametri caratteristici.

$$\Sigma Q = 6936 \text{ kN} \quad V = 350 \text{ km/h} \quad L = 350,52 \text{ m} \quad q = 19,8 \text{ kN/m}^2$$

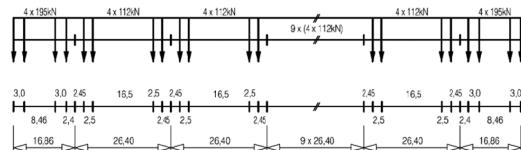


Fig. 4 – Modello di treno reale per analisi dinamiche. *Real train model for dynamic analyses.*

dynamized loads. The check consists in verifying that the effects produced from these are lower than those produced by the theoretical calculation model and its dynamic effects ( $\alpha \cdot \text{LM71 or SW2}) \cdot (1 + \Phi)$ ).

The new "Bridge" specification is in line with the Technical Specifications for Interoperability (T.S.I.) for the HS railway network - infrastructure subsystem - issued in 2002 and in 2008 in accordance with "Directive 96/48/EC "Interoperability of the trans-European high speed rail system" [3] also concerning dynamic analyses.

In particular, for the Interoperable HS lines, dynamic analysis with 10 special load models (HSLM-T.D.U) were introduced; a schema is shown in fig. 5.

The characteristic parameters for each of the 10 load models are defined in table 3.

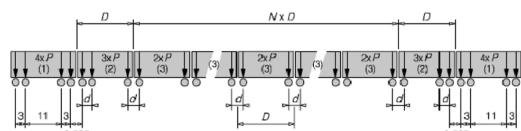


Fig. 5 - Modello di Treno reale HSLM T.D.U. - Treno Dinamico Universale. *HSLM T.D.U. real Train Model - Universal Dynamic Train.*

TABELLA 3 – TABLE 3

PARAMETRI DEI 10 MODELLI H-S-L-M / T.D.U.  
PARAMETERS OF 10 MODELS H-S-L-M/T.D.U.

Treno Dinamico Universale (TDU)	Numero di carrozze intermedie N	Lunghezza Carrozza D [m]	Interasse ruote d [m]	Forza assiale P [kN]
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

## SCIENZA E TECNICA

Nelle figg. 6 e 7 sono illustrati i risultati in termini di accelerazione verticale massima e di coefficiente di amplificazione dinamica. Nella fig. 8 sono riportati i controlli effettuati tra i T.D.U. e il modello di carico teorico di progetto (LM71 o SW2).

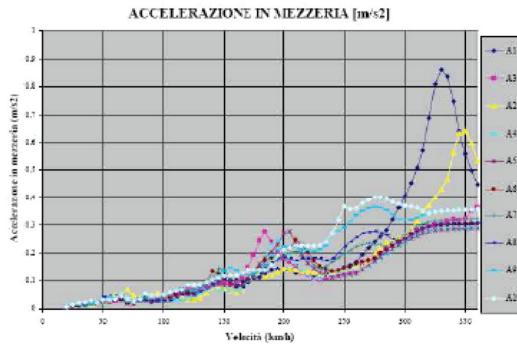


Fig. 6 – Accelerazione verticale massima risultati dalle analisi dinamiche con T.D.U. *Maximum vertical acceleration results from dynamic analyses with T.D.U.*

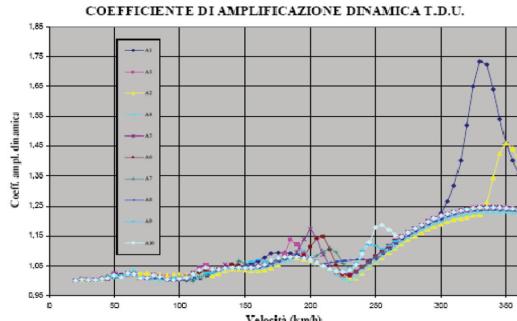


Fig. 7 - Coefficiente di amplificazione dinamico risultati dalle analisi dinamiche con T.D.U. *Dynamic amplification coefficient results from dynamic analysis with T.D.U.*

Concludendo è opportuno evidenziare che per le tipologie non convenzionali (ponti strallati, ponti sospesi, ecc..) dovrà effettuarsi una analisi completa di percorribilità ferroviaria secondo le indicazioni fornite dal Gestore dell'Infrastruttura.

### Cap. 1.4.3 - Forze orizzontali

Per quanto riguarda l'azione di frenatura e avviamento, come pure per l'azione laterale "serpeggio", in analogia a quanto prescritto dalla EN 1991-2, la nuova specifica, a differenza della precedente istruzione, prevede che tali azioni debbano essere moltiplicate per il coefficiente  $\alpha$  che è pari a 1.1.

Anche l'azione centrifuga " $Q_{ik}$ " è stata adeguata alla nuova formulazione presente nella norma europea.

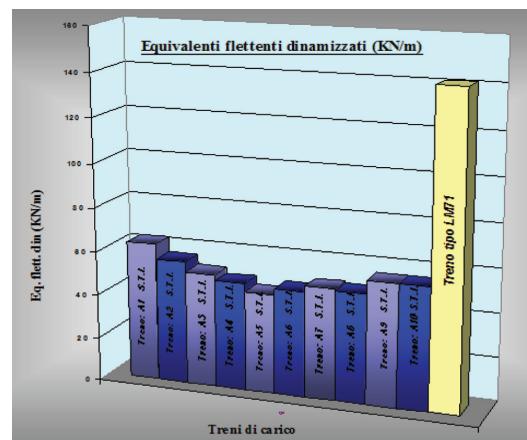


Fig. 8 - Confronto fra i carichi equivalenti flettenti dinamizzati dei 10 treni T.D.U. e l'equivalente flettente del modello di treno teorico di progetto dinamizzato. *Comparison between the equivalent dynamized bending loads of 10 T.D.U. trains and the equivalent bending moment of dynamized project theoretical train model.*

Fig. 6 and 7 show the results in terms of maximum vertical acceleration and in terms of dynamic amplification coefficient. Fig. 8 shows the controls to be carried out between T.D.U. models and theoretical load model (LM71/SW0 or SW2).

In conclusion, it should be noted that for the unconventional types (cable stayed bridges, suspension bridge, etc.) must be carried out a complete dynamic analysis as indicated by the Infrastructure Manager.

### Chapter 1.4.3 - Horizontal forces

With regard to the braking and the traction actions, as well as lateral "winding" action, in analogy to what is prescribed by EN 1991-2, the new specification, unlike the previous instruction, envisages that such actions should be multiplied by the  $\alpha$  coefficient that is equal to 1.1.

Even the " $Q_{ik}$ " centrifugal action was adapted to the new wording present in the European standard.

Fig. 9 reports a comparison between the centrifugal force determined with the new specification and that calculated with the previous instruction of 1997.

The example shown in fig. 9 is related to the load model LM71 ( $Q_{vk} = 250 \text{ kN}$ ); radius of curvature  $r = 900 \text{ m}$  and influence length of  $L_f = 10 \text{ m}$

From the graph we can deduce that:

- for values of  $V \leq 120 \text{ km/h}$ , the "Bridges" Specification is more detrimental than the 1997 one (the difference is about 10%);
- while for  $V > 120 \text{ Km/h}$ , the 1997 regulation is more burdensome (the difference is about 12%).

## SCIENZA E TECNICA

Si riporta in fig. 9 un confronto tra la forza centrifuga determinata con la nuova specifica e quella calcolata con la precedente istruzione del 1997.

L'esempio illustrato in fig. 9 è relativo ad un modello di carico LM71 ( $Q_{vk} = 250 \text{ kN}$ ); raggio di curvatura  $r = 900 \text{ m}$  e lunghezza di influenza  $L_f = 10 \text{ m}$

Dal grafico si evince che:

- per valori di  $V \leq 120 \text{ km/h}$ , la Specifica "Ponti" è più penalizzante di quella del 1997 (la differenza è circa del 10%);
- mentre per  $V > 120 \text{ Km/h}$ , risulta più gravosa la Norma del 1997 (la differenza è circa del 12%).

### Cap. 1.4.5 - Effetti di interazione statica binario – struttura

In analogia alla nuova formulazione della EN 1991-2, è stata introdotta in appendice alla specifica ferroviaria – appendice 2 – un ulteriore metodo semplificato per il calcolo degli effetti di interazione statica, valevole per ponti costituiti da una singola luce appoggiata; mentre è stato confermato il metodo semplificato finora adottato per i casi più complessi.

### Cap. 1.4.6 - Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari

Come già nella precedente versione delle istruzioni le azioni aerodinamiche indotte dal passaggio dei convogli ferroviari devono essere considerate nel progetto delle strutture adiacenti i binari.

Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle strutture adiacenti il binario un'onda di pressione e depressione che viaggia alla stessa velocità del convoglio. L'entità di questa azione dipende principalmente da:

- l'aerodinamica del convoglio;
- la forma della struttura;
- la posizione della struttura in particolare la distanza  $a_g$ ;
- il quadrato della velocità del treno.

L'entità delle azioni su superfici verticali è rappresentata nel diagramma di fig. 10.

Il valore minimo della risultante della combinazione del vento e dell'azione aerodinamica si assumerà pari a  $1.5 \text{ kN/m}^2$  per linee percorse a velocità  $V \leq 200 \text{ Km/h}$  e pari a  $2.5 \text{ kN/m}^2$  per linee percorse a velocità  $V > 200 \text{ Km/h}$ .

Relativamente alla pressione aerodinamica è opportuno evidenziare che per il progetto delle Barriere anti rumore su linee ferroviarie aventi velocità  $V > 200 \text{ km/h}$ , oltre alle tradizionali verifiche di resistenza e di deformabilità, occorre considerare l'interazione aerodinamica treno barriera. Detta interazione deve essere valutata con speci-

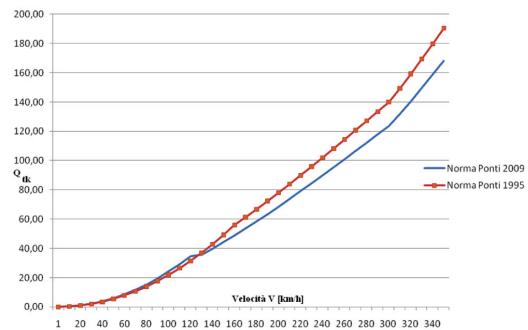


Fig. 9 – Confronto fra i valori di forza centrifuga determinati con la vecchia e la nuova istruzione tecnica al variare della V. Comparison between centrifugal force values determined by the old and the new technical instruction as V varies.

### Chapter 1.4.5 - Track-structure static interaction effects

Similarly to the new formulation of EN 1991-2 – a further simplified method for calculating the effects of static interaction, valid for bridges consisting of a single supported span, was introduced in the appendix to railway specification - Appendix 2; whereas the simplified method adopted so far for the more complex cases has been confirmed.

### Chapter 1.4.6 - Aerodynamic effects associated with the transit of trains

As already in the previous version of the instructions, aerodynamic actions induced by the transit of trains must be considered in the design of structures adjacent to tracks.

The transit of trains causes a pressure and depression wave on structures adjacent to the track that travels at the same speed of the trainset. The magnitude of this action is largely determined by:

- the aerodynamics of the trainset;
- the shape of the structure;
- the location of the structure, in particular the  $a_g$  distance;
- the square of the train speed.

The diagram in fig. 10 represents the extent of actions on vertical surfaces. 10.

The minimum value of the result of the combination of the wind and aerodynamic action will be assumed at  $1.5 \text{ kN/m}^2$  for lines travelled at a speed of  $V \leq 200 \text{ Km/h}$  and equal to  $2.5 \text{ kN/m}^2$  for lines travelled at a speed of  $V > 200 \text{ Km/h}$ .

With respect to aerodynamic pressure, it should be highlighted that for anti-noise barriers on railway lines with a speed of  $V > 200 \text{ km/h}$ , the aerodynamic interaction barrier-train must be considered in addition to traditional strength and deformability tests. Such interaction should be assessed with specific dynamic step analysis

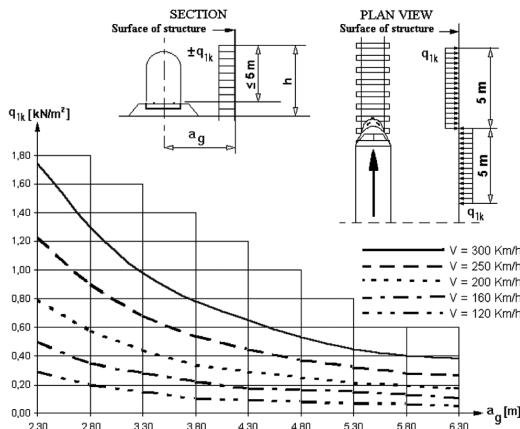


Fig. 10 – Pressione Aerodinamica associata al transito di convogli ferroviari. *Aerodynamic Pressure associated with the transit of trains.*

fiche analisi dinamiche al passo e con i risultati conseguiti devono essere effettuate le verifiche dinamiche e a fatica degli elementi strutturali.

### 1.8 - Criteri di verifica

Nella verifica dei ponti ferroviari si deve adottare il metodo agli Stati Limite (S.L.), secondo quanto indicato nel par. 2.2. del DM del 14.1.2008, con le seguenti precisazioni:

- vanno comunque limitate le tensioni nei materiali secondo quanto indicato nel paragrafo 1.8.3.2.1;
- le verifiche a fatica devono essere effettuate secondo la specifica "Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari";
- per i criteri di verifica dei ponti soggetti alle azioni sismiche deve rispettarsi quanto esplicitamente riportato all'interno della stessa Specifica "Ponti".

#### 1.8.2.3 - Simultaneità delle azioni da traffico

È stato specificato che ciascuno dei gruppi di carico da traffico definiti nella tabella 5.2.IV della norma, deve essere considerato come una singola azione caratteristica, da combinare con le azioni non da traffico. Ciascun gruppo di carico dovrà pertanto essere applicato come singola azione variabile.

Inoltre nello stesso paragrafo, dopo la tabella 5.2.IV estratta dal testo del Decreto Ministeriale (fig. 11), è stato puntualizzato che relativamente al Gruppo 3, il valore in parentesi nella colonna "carico verticale" da traffico dovrà assumersi pari a 0.5 per modelli di carico tipo "treno reale" e 0.7 per modelli di carico "treno teorico".

and dynamic and fatigue verifications of structural elements must be carried out with the results obtained.

### 1.8 - Verification criteria

When performing verification of railway bridges the method at the Limit States (L.S.) must be adopted, as indicated in paragraph 2.2. of Ministerial Decree 14.1.2008, with the following clarifications:

- stresses in the materials must however be limited as indicated in paragraph 1.8.3.2.1;
- fatigue tests must be carried out in accordance with the specification "*Specification for fatigue testing of railway bridges*";
- for the verification criteria of bridges subjected to seismic action, what is expressly stated within the same "Bridges" specification must be respected.

#### 1.8.2.3 - Simultaneity of traffic actions

It was specified that each of the traffic load group, defined in table 5.2. IV of the regulation must be considered as a single characteristic action, to be combined with non-traffic actions. Each load group should therefore be applied as single variable action.

Also after table 5.2 IV in the same paragraph, extracted from the text of the Ministerial Decree (fig. 11), it was clarified that with regards to Group 3, the value in parentheses in the "vertical traffic load" column must be assumed equal to 0.5 for "real train" type load model and 0.7 for "theoretical" load models.

#### 1.8.3.2 - Check at S.S.L.

This paragraph relates to the verification at Serviceability Limit States and was already included in the previous version of the standard; in this case also, following major innovations introduced in the Ministerial Decree, it was subjected to several modifications and integrations. The main changes introduced are highlighted in the following paragraphs.

##### 1.8.3.2.1 - Stress limit values

Consistent with the directions of the Ministerial Decree, new stress limit values have been defined in a manner similar to that present in the text of the previous instructions for bridges. In particular, stress limits were explained for concrete and for the various constituent steels of reinforced concrete structures (r.c.) and pre-stressed concrete (p.s.c.) distinguishing, for the latter, the limit values in initial conditions and in operating conditions (rare combination at S.L.S.); as summarised in table 4.

## SCIENZA E TECNICA

TABELLA 5.2.IV

### VALUTAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1 (2)</b>	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2 (2)</b>	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3 (2)</b>	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

(1) Azione dominante  
(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi$ ,  $\alpha$ , ecc.)  
(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Fig. 11 – Valutazione dei carichi da traffico ferroviario. *Evaluation of railway traffic loads.*

#### 1.8.3.2 - Verifica agli SLE

Questo paragrafo è relativo alle verifiche agli Stati Limite di Esercizio ed era già presente nella precedente versione della norma; anche in questo caso, a seguito delle importanti innovazioni introdotte nel Decreto Ministeriale, esso è stato fatto oggetto di diverse modifiche e integrazioni. Nel paragrafi che seguono si evidenziano le principali novità introdotte.

##### 1.8.3.2.1 - Valori limite delle tensioni

In modo coerente alla indicazioni del D.M. sono stati definiti nuovi valori limite delle tensioni con modalità analoghe a quanto presente nel testo delle precedenti istruzioni ponti. In particolare, sono stati esplicitati limiti tensionali per il calcestruzzo e per i diversi acciai costituenti le strutture in cemento armato (c.a.) e in cemento armato precompresso (c.a.p.) distinguendo, per queste ultime, i valori limite nelle condizioni iniziali e nelle condizioni di esercizio (combinazione rara allo S.L.E.); il tutto come riassunto nella tabella 4.

##### 1.8.3.2.2 - Requisiti concernenti le deformazioni e le vibrazioni

#### Inflessione nel piano verticale

Per quanto riguarda questo requisito si è assunto come limite di inflessione sul piano verticale ( $f$ ) quello indicato dall'EN1991-2 ovvero, considerando caricato ciascun binario presente sul ponte e tenendo conto sia di  $\alpha$  che del coefficiente di incremento dinamico  $\Phi$ , indicando con  $L$  la luce di calcolo del ponte il limite è pari a  $L/600$  che corrisponde ad una rotazione  $\Theta$  pari a:

$$\Theta = \frac{16}{5} \cdot \frac{f}{L} = 5 \cdot 10^{-3}$$

TABELLA 4 - TABLE 4

### VALORI LIMITE DELLE TENSIONI NELLE VERIFICHE ALLO S.L.E. LIMIT STRESS VALUES IN S.L.S. VERIFICATIONS

TIPOLOGIA DI STRUTTURA	Valore limite
<b>STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO</b>	
Massime tensioni di compressione del calcestruzzo	
Combinazione di carico caratteristica (rara)	0,55 fck
Combinazione di carico quasi permanente	0,40 fck
Massime tensioni di trazione nell'acciaio	
Combinazione di carico caratteristica (rara)	0,75 fck
<b>STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESO</b>	
Massime tensioni di compressione del calcestruzzo	
Tensioni iniziali per il calcestruzzo	0,60 fckj
Combinazione di carico caratteristica (rara)	0,55 fck
Combinazione di carico quasi permanente	0,40 fck
Tensione limite per gli acciai da precompresso in strutture ad armatura post-tesa/condizioni iniziali (osp) e combinazioni rare dello SLE (osp)	
Fili o trecce	osp $\leq$ [min(0,85 fp(0,1)k; 0,75 fptk)] osp $\leq$ 0,80 fp(0,1)k
Trefoli	osp $\leq$ [min(0,85 fp(1)k; 0,75 fptk)] osp $\leq$ 0,80 fp(1)k
Barre	osp $\leq$ [min(0,85 fpk; 0,75 fptk)] osp $\leq$ 0,80 fpk
Tensione limite per gli acciai da precompresso in strutture ad armatura pre-tesa/condizioni iniziali (osp) e combinazioni rare dello SLE (osp)	
Fili o trecce	osp $\leq$ [min(0,90 fp(0,1)k; 0,80 fptk)] osp $\leq$ 0,80 fp(0,1)k
Trefoli	osp $\leq$ [min(0,90 fp(1)k; 0,80 fptk)] osp $\leq$ 0,80 fp(1)k

##### 1.8.3.2.2 - Requirements concerning deformations and vibrations

#### Deflection in vertical plane

As regards this requirement, the inflection limit on the vertical plane ( $f$ ) assumed was the same indicated by EN 1991-2, or rather, considering each track on the railway bridge as loaded and taking into account both  $\alpha$  and the dynamic growth coefficient  $\Phi$ , indicating with  $L$  the bridge calculation span, the limit is equal to  $L/600$  which corresponds to a  $\Theta$  rotation equal to:

$$\Theta = \frac{16}{5} \cdot \frac{f}{L} = 5 \cdot 10^{-3}$$

## SCIENZA E TECNICA

Si fa presente che a differenza di quanto indicato nella precedente versione della istruzione ferroviaria, ma sempre in assoluta coerenza con l'EN1991-2, è stata eliminata la differenziazione del limite delle rotazioni in corrispondenza delle zone di transizione impalcato/rilevato da quello per le rotazioni fra impalcati adiacenti.

Operando un confronto con la precedente versione della norma ponti questa nuova limitazione risulta più gravosa per i ponti a semplice binario per le zone di transizione impalcato-rilevato, mentre è meno gravosa nei ponti a doppio binario, sempre nelle medesime zone. Resta pressoché invariata fra due impalcati consecutivi.

### Stati limite per il confort del passeggero

Sono stati adottati i limiti di deformabilità verticale presenti nella EN 1991-2 per livelli di comfort molto buono (accelerazione in cassa  $b_v = 1 \text{ m/s}^2$ ) imponendo, comunque, un limite inferiore di freccia pari ad  $1/1000*L$ . Tali limiti sono illustrati in fig. 12 e risultano, nonostante il livello di comfort scelto, inferiori rispetto a quelli imposti dalla norma ponti precedente che, tuttavia, erano ampiamente rispettati e non risultavano mai dimensionanti.

#### 1.8.3.2.4 - Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio calcestruzzo

Sono stati riconsiderati i valori limite per le verifiche a fessurazione, seguendo lo schema presente nel D.M. in ragione della sensibilità delle armature e del livello di esposizione delle strutture. Sono specificati i casi per i quali è prevista la verifica allo stato limite di decompressione.

Nei casi in cui è prevista la verifica allo stato limite di apertura delle fessure, i limiti dell'ampiezza delle fessure sono stati assunti pari a:

- $\delta_l \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per tutte le zone non ispezionabili;
- $\delta_l \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

La nuova specifica prevede ampiezze limite di fessurazione rispettivamente di  $w_1 = 0,2 \text{ mm}$  o  $w_2 = 0,3 \text{ mm}$ , in accordo con il D.M. 14.01.08.

#### 1.8.3.2.5 - Requisiti concernenti lo scorrimento dei giunti (strutture in acciaio)

Per questo controllo, oltre a riportare il metodo di verifica indicato nel D.M. 14.01.08, è stato proposto un metodo alternativo che tiene conto del fatto che in ambito FS non sono ammessi giunti misti bullonati e salda-

Please note that unlike what shown in the previous version of the railway instruction, but always in complete coherence with EN 1991-2, the differentiation of the limit of the rotations at deck/embankment transition areas was eliminated from that for rotations between adjacent decks.

Making a comparison with the previous version of the bridges standard, this new restriction is more burdensome for bridges with simple track for deck/embankment transition areas, while it is less burdensome in double track bridges, always in the same zone. It remains almost unchanged between two consecutive decks.

### Limit states for passenger comfort

The vertical deformation limits in EN 1991-2 were adopted for very good levels of comfort (body acceleration  $b_v = 1 \text{ m/s}^2$ ) imposing, however, a lower inflection limit equal to  $1/1000*L$ . These limits are shown in fig. 12 and, despite the comfort level chosen, are lower than those imposed by the previous bridge standard that, however, were widely respected and were never a lesser constraint for dimensioning.

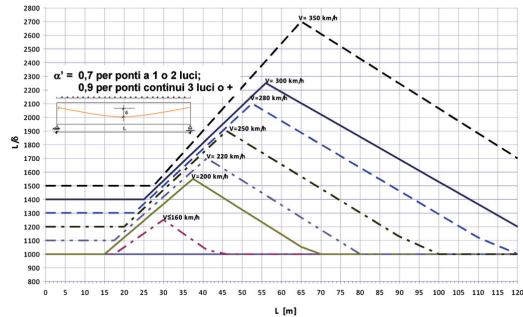


Fig. 12 – Limiti di inflessione  $L/\delta$  per confort passeggeri in funzione della luce  $L$  della campata e della velocità della linea  $V$ .  $L/\delta$  inflection limits for passenger comfort according to the length of the span  $L$  and the line speed  $V$ .

#### 1.8.3.2.4 - Requirements related to cracking in reinforced concrete structures, pre-stressed concrete and mixed steel and concrete

The limit values for cracking verification were revised, following the pattern given by the Ministerial Decree according to the sensitivity of reinforcements and level of exposure of the structures. The cases for which verification at the decompression limit state is envisaged were specified.

In cases where verification of the limit state of opening cracks is envisaged, the width limits of the cracks were assumed equal to:

- $\delta_l \leq w_1$  for structures in aggressive and very aggressive environmental conditions, as identified in paragraph 4.1.2.2.4.3 of Ministerial Decree 14.1.2008, for all structures permanently in contact with the ground and for all areas not inspected;

## SCIENZA E TECNICA

ti. Secondo tale criterio si richiede di considerare un coefficiente di sicurezza agli SLE pari a 1.25, adottando tolleranze foro-bullone pari alla metà di quelle previste dal citato decreto. Allo SLU è consentito lo scorrimento del giunto ma ne dovrà essere garantita la resistenza a taglio.

### 1.8.3.3 - Verifiche sismiche e criteri generali di progettazione sismica

#### *Gerarchia delle resistenze*

Il D.M. 14/1/08 richiede, nel rispetto del criterio della gerarchia delle resistenze, che il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione terreno vengano eseguiti assumendo come azioni di riferimento le resistenze degli elementi strutturali soprastanti, amplificati del corrispondente fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$ .

Tali azioni dovranno essere non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura eseguita con un fattore di struttura  $q$  pari a 1.

La specifica puntualizza che le analisi strutturali dovranno essere eseguite tenendo conto dell'interazione terreno struttura (considerando almeno la deformabilità dell'accoppiamento palo terreno) e considerando la rigidezza della struttura in c.a. fessurata.

#### *Pali di fondazione*

La specifica richiede che nel progetto dei pali di fondazione, si assumano allo S.L.U. azioni di progetto che, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, siano non superiori a quelle derivanti da una analisi della struttura condotta assumendo un fattore di struttura  $q$  pari a 1.5; i pali dovranno essere progettati garantendo un comportamento duttile delle sezioni e un opportuno livello di confinamento delle armature.

#### *Apparecchi d'appoggio*

Con riferimento al dimensionamento degli apparecchi d'appoggio e dei ritegni sismici si puntualizza che dovrà essere valutata la capacità di dissipazione allo S.L.U. della struttura del ponte nel suo complesso, considerando le fessurazioni degli elementi in c.a., la plasticizzazione dei materiali nonché l'interazione sismica con il terreno di fondazione (dissipazione per irraggiamento). In via semplificata, per il progetto di questi elementi, può assumersi che detta capacità dissipativa possa tradursi in un incremento dello smorzamento equivalente pari al 10% dello smorzamento critico; il valore incrementato dello smorzamento viscoso deve considerarsi nella valutazione dell'azione sismica di progetto.

### 2.1.1 - Ispezionabilità e manutenzione

Nel solco della tradizione tecnico normativa delle Ferrovie dello Stato viene ribadito che "La progettazione dei

- b)  $\delta_f \leq w_2$ ,  $w_2$  for structures in ordinary environmental conditions according to the quoted paragraph of Ministerial Decree 14.1.2008.

The new specification envisages a cracking width limit respectively of  $w_1 = 0.2$  mm or  $w_2 = 0.3$  mm, in accordance with Ministerial Decree 14.01.08.

#### *1.8.3.2.5 - Requirements concerning sliding joints (steel constructions)*

For this check, besides the verification method described in Ministerial Decree 14.01.08, an alternative approach was proposed that takes into account the fact that within the FS rule mixed welded and bolted joints are not allowed. According to this criterion, it is required to consider an SLS safety coefficient of 1.25, adopting bolt-hole tolerances equal to half of those laid down by this Decree. Sliding joints are allowed at the ULS but its shear strength must be guaranteed.

### 1.8.3.3 - Seismic tests and seismic design general criteria

#### *Hierarchy of strengths*

Ministerial Decree 14/1/08 requires, respecting the principle of hierarchy of strengths, that the dimensioning of the foundation structures and safety testing of the foundation ground complex is executed taking as reference actions the strengths of structural elements above, amplified with the corresponding over-strength factor  $\gamma_{Rd}$ .

Such actions must not be greater than those resulting from an elastic analysis of the structure with a structure factor  $q$  equal to 1.

The specification points out that structural analyses must be carried out taking into account the ground structure interaction (considering at least pile ground coupling deformation) and considering the stiffness of the structure made of creviced reinforced concrete.

#### *Foundation piles*

The specification requires that in the design of pile, the U.S. take on actions that, in respect of the hierarchy of strengths, do not exceed those resulting from a structure analysis carried out by assuming a  $q$  structure factor equal to 1.5; the piles must be designed guaranteeing a ductile behaviour of the sections and an appropriate level of confinement of the reinforcements.

#### *Support equipment*

With reference to the dimensioning of bearings and of seismic stops, the dissipation capacity at the U.S. of the bridge structure are to be assessed as a whole, considering the cracks in reinforced concrete elements, the plasticity of materials as well as the seismic interaction with the foundation soil (dissipation by irradiation). In a simplified way, to design these items, it may be assumed that such dissipative capacity may result in an equivalent damping increase equal to 10% of critical damping; the incremented value of viscous damping should be considered in assessing the project seismic action.

## SCIENZA E TECNICA

*manufatti sotto binario deve essere eseguita in modo da conseguire il migliore risultato globale dal punto di vista tecnico-economico, con particolare riguardo alla durabilità dell'opera stessa". E, inoltre, "Fin dalla fase di progettazione deve essere posta la massima cura nella concezione generale dell'opera e nella definizione delle geometrie e dei particolari costruttivi in modo da rendere possibile l'accessibilità e l'ispezionabilità, nel rispetto delle norme di sicurezza, di tutti gli elementi strutturali".*

La nuova specifica tecnica, oltre a riproporre tutto quanto già previsto nella precedente, prevede nuove prescrizioni riepilogate nel seguito.

Al fine di agevolare l'attività del personale addetto alla manutenzione dei ponti, sulla sommità delle pile devono essere previsti opportuni dispositivi di protezione contro il rischio di caduta dall'alto (ad esempio parapetti, velette etc.).

Per agevolare gli interventi di manutenzione, nei ponti a struttura mista acciaio-calcestruzzo a travi devono prevedersi idonei camminamenti con grigliati alveolari tra tutte le travi principali.

Per i viadotti con travate metalliche a via inferiore a maglia triangolare aventi lunghezza complessiva maggiore di 150 m, occorre prevedere almeno un camminamento esterno alle briglie per ciascun binario.

Di norma, nel caso di un ponte che scavalchi una strada ordinaria, l'altezza libera al di sotto del ponte non deve essere in alcun punto minore di 5.20 m; per opere da realizzare su linee esistenti tale limite è portato a 5.0 m.

### 2.1.5 - Monitoraggio

Si tratta di un nuovo capitolo che si è reso necessario per fornire indicazioni progettuali per questa importantissima tematica.

Nel caso in cui si prevedano sistemi di monitoraggio permanente delle opere d'arte, tali sistemi dovranno essere opportunamente protetti al fine di salvaguardare la funzionalità degli stessi durante la fase di esercizio.

Di norma dovrà essere previsto un sistema di trasmissione dei dati presso una postazione remota di controllo che dovrà essere dotata della prescritta procedura operativa di gestione dei dati.

### 2.1.1 - Inspection and maintenance

In the rut of technical normative tradition of the Ferrovie dello Stato it is reiterated that "*The design of under-track artefacts must be performed in order to achieve the best overall result from a technical and economical point of view, especially with regard to the durability of the work itself". And, in addition, "the utmost care should be taken since the design phase in the general conception of the work and in the definition of the geometry and of the construction details in order to make accessibility and ease of inspection of all structural elements, in compliance with the safety standards."*"

The new technical specification includes new requirements summarised below, besides repeating everything already set out in the previous specification.

In order to facilitate the task of the bridge maintenance personnel, proper equipment for protection against the risk of falling from above must be provided on top of the piles (such as parapets, downstands etc.).

To facilitate maintenance operations, on bridges with mixed steel-concrete structure beams, suitable paths with alveolar gratings between all the main beams must be created.

For viaducts with metal girders with triangular grid longer than 150 m, at least one walkway should be planned outside the lateral truss for each track.

As a general rule, in the case of a bridge that bypasses an ordinary road, the clearance below the bridge should not be less than 5.20 m in any point; for works to be carried out on existing lines, this limit is 5.0 m.

### 2.1.5 - Monitoring

This is a new chapter that became necessary to provide design guidance for this very important issue.

In case permanent monitoring systems are envisaged for artworks, such systems must be properly protected in order to safeguard their functionality during operation.

A data transmission system at a remote control location must normally be provided that will be equipped with the prescribed data management operating procedure.

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] Decreto Ministeriale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti D.M. 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- [2] UNI EN 1991-2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione.

## SCIENZA E TECNICA

- [3] Specifiche Tecniche per l'Interoperabilità (S.T.I.) per la rete ferroviaria A.V. Europea - sottosistema infrastruttura - emesse nel 2002 e nel 2008 in ottemperanza della Directive 96/48/EC – *"Interoperability of the trans-European high speed rail system"*.

---

### Sommaire

PRÉSENTATION DES REQUIS POUR LES PHASES DE PROJET ET DE CONSTRUCTION DES PONTS FERROVIAIRES ET D'AUTRES ŒUVRES MINEURS EN DESSOUS DU RAIL.

Cet article a comme objectif l'introduction à la consultation de la directive "Requis pour les phases de projet et de construction des ponts ferroviaires et d'autres œuvres mineurs sous rail", issue à la suite de la publication du Décret Ministériel du Ministre des Infrastructures du 14.1.2008 intitulé "Approbation des nouvelles normes techniques pour les constructions", en remplacement des requis du 13.01.1997 "Surcharges pour le calcul des ponts ferroviaires - Instructions pour les phase de projet, exécution et test" et de l'instruction 44/B du 1997 "Instructions techniques pour les manufactures sous rail à construire en zone sismique". Dans cet article on pose l'attention sur les nouveautés principales introduites par les nouvelles normes, en rappelant, quand jugé opportun, les nouveautés principales introduites par le susmentionné Décret Ministériel 14/1/08.

### Zusammenfassung

VORSTELLUNG DER RICHTLINIE "PLANUNG UND BAU VON EISENBAHNBRÜCKEN UND ANDERE KLEINERE TRAGUNTERBAUTEN"

Vorstellung der neuen Richtlinie "Planung und Bau von Eisenbahnbrücken und andere kleine Tragunterbauten". Die Richtlinie wurde vom Ministerium für Infrastrukturen im Jahr 2008 erlassen. Detaillierter Vergleich zwischen neuen und früheren Richtlinien mit besonderer Aufmerksamkeit auf die Neuigkeiten.