

BMS	Procedura Valutazione della capacità al transito di carichi eccezionali su ponti ad arco	PR.CE.02 vers. 1.0 20 Settembre 2012
SOMMARIO	La procedura specifica le modalità operative per valutare la sicurezza strutturale di un ponte ad arco esistente.	
RIFERIMENTI	MA.GG.01: Guida generale - Sistema ispettivo PR.PS.01: Norme generali per l'esecuzione di prove di caratterizzazione sperimentale di ponti esistenti DM 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni Circ. n.384 del 14/02/1962: Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali. CNR 10024/86: Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.	
SGS/SISF PAT	Sistema per la gestione dei manufatti stradali della Provincia Autonoma di Trento. Gestione del sistema a cura del Servizio Gestione Strade e del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università di Trento.	

SOMMARIO

1	GENERALITÀ	4
1.1	PREMESSA	4
1.2	DEFINIZIONE	4
1.3	AGGIORNAMENTI DELLA PRESENTE PROCEDURA	4
1.4	PRINCIPI E REGOLE APPLICATIVE.....	5
1.5	RIFERIMENTI	5
1.6	UNITÀ DI MISURA.....	5
1.7	TERMINI E DEFINIZIONI	5
1.8	SIMBOLI.....	6
2	QUALIFICA E COMPITI DEL VALUTATORE	7
2.1	SCOPO DELLA VALUTAZIONE	7
2.2	QUALIFICA DEL VALUTATORE.....	7
2.3	LIVELLI DI VERIFICA	7
3	INFORMAZIONI NECESSARIE PER LA VERIFICA	8
3.1	ISPEZIONI E VALUTAZIONI PRECEDENTI.....	8
3.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	8
3.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3.4	SOPRALLUOGO	10
3.5	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	10
3.6	SINTESI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE PRELIMINARE.....	10
4	CONDIZIONI DI CARICO	11
4.1	SCHEMI DI CARICO	11
4.2	POSIZIONE TRASVERSALE DEL CARICO	14
4.3	COMBINAZIONI DI CARICO	15
5	PROCEDURE DI VERIFICA	16
5.1	PREREQUISITI VERIFICA.....	16
5.2	METODO DI VERIFICA	17
5.3	COEFFICIENTE DI CARENZA DI CAPACITÀ	18
5.4	NORME SPECIFICHE PER LE VERIFICHE BASE	19
5.5	NORME SPECIFICHE PER LE VERIFICHE APPROFONDITE	20
5.6	REQUISITI GENERALI DEI MODELLI DI VERIFICA.....	20
6	CAMPAGNA DI RILIEVO E PROVE IN SITO	21
6.1	CAMPAGNA DI RILIEVO.....	21
6.1.1	Prescrizioni verifiche base	21

6.1.2	Prescrizioni verifiche approfondite	21
6.2	PROVE DI CARICO	22
7	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E INSERIMENTO NEL SISTEMA INFORMATICO	22
7.1	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	22
7.2	INSERIMENTO DEI RISULTATI NEL SISTEMA INFORMATICO	23
7.2.1	Dati generali e dati esecuzione	23
7.2.2	Allegati	23
7.2.3	Sicurezza	24
7.3	CHIUSURA DELLA VALUTAZIONE.....	25

1 GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

- (1) La presente procedura costituisce parte del sistema di gestione dei manufatti stradali della Provincia Autonoma di Trento (PAT). Il funzionamento del sistema è basato su:
 - Un sistema informatico;
 - Un sistema di procedure, il cui elenco è riportato di seguito.
 - MA.GG.01: Guida generale - Sistema ispettivo
 - MA.GG.02: Schede elementi
 - PR.IS.01: Esecuzione ispezioni d'inventario
 - PR.IS.02: Esecuzione ispezioni superficiali
 - PR.IS.03: Esecuzione ispezioni principali
 - PR.IS.04: Esecuzione ispezioni principali approfondite
 - PR.IS.05: Esecuzione ispezioni speciali
 - PR.PS.01: Norme generali per l'esecuzione di prove di caratterizzazione sperimentale di ponti esistenti
 - PR.CE.01: Valutazione della capacità al transito di carichi eccezionali su ponti a travata: livelli 1, 2 e 3
 - PR.CE.02: Valutazione della capacità al transito di carichi eccezionali su ponti ad arco
- (2) Il sistema prevede che la valutazione al transito di carichi eccezionali possa essere eseguita secondo 2 livelli di verifica con diverso grado di approfondimento, secondo quanto specificato al paragrafo 5.5.
- (3) Questo documento è stato redatto dal Gruppo di Lavoro BMS del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università degli Studi di Trento nell'ambito della convenzione di ricerca con la PAT: *Sviluppo di un sistema informatizzato per la gestione dei manufatti stradali*.
- (4) Il Gruppo di Lavoro BMS è composto da: Prof. R. Zandonini, Prof. P. Zanon, Dr. D. Zonta, Ing. E. Debiasi, Ing. A. Lanaro, L. Mattiuzzi. L'elaborazione delle procedure è stata eseguita dal Dr. D. Zonta, dall'ingegnere E. Debiasi e da L. Mattiuzzi.
- (5) Il documento è stato approvato dal Servizio Gestione Strade della PAT.

1.2 DEFINIZIONE

- (1) Si definiscono ponti ad arco le opere aventi una struttura principale ad asse curvilineo e soggetta prevalentemente a forze assiali.

1.3 AGGIORNAMENTI DELLA PRESENTE PROCEDURA

- (1) La presente procedura è soggetta a periodici aggiornamenti.

- P(2) E' responsabilità del valutatore verificare che la presente versione della procedura sia la più aggiornata.
- (3) La versione più aggiornata è quella disponibile nella pagina iniziale del sito del sistema di gestione dei manufatti stradali della PAT. Le procedure possono essere visualizzate e stampate con Acrobat Reader®.

1.4

PRINCIPI E REGOLE APPLICATIVE

- P(1) I punti trattati nella presente procedura sono distinti, a seconda del loro carattere, in principi e regole applicative.
- P(2) I principi comprendono:
- affermazioni generali e definizioni che devono essere rispettati per la corretta applicazione della procedura;
 - requisiti e modelli analitici per i quali non è prevista alternativa se non esplicitamente stabilito.
- P(3) Le regole applicative sono regole generalmente riconosciute che possono essere seguite per il rispetto dei principi generali.
- (4) Possono essere utilizzate regole applicative alternative a quelle indicate nel presente documento, purché sia dimostrato che tali regole siano in accordo con i principi generali.
- (5) I punti in cui sono enunciati i principi sono preceduti dalla lettera (P); in alternativa si tratta, come in questo punto, di regole applicative.
- P(6) Gli esempi e le note della presente procedura sono puramente esplicative; ogni decisione del valutatore sarà presa sotto la propria responsabilità.

1.5

RIFERIMENTI

- (1) Questa procedura fa riferimento alle seguenti procedure del sistema di gestione della PAT:
- MA.GG.01: Guida generale – Sistema ispettivo.
- PR.PS.01: Norme generali per l'esecuzione di prove di caratterizzazione sperimentale di ponti esistenti.
- (2) Questa procedura fa inoltre riferimento alle seguenti norme:
- DM 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni.
- Circ. n.384 del 14/02/1962: Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali.
- CNR 10024/86: Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

1.6

UNITÀ DI MISURA

- P(1) Se non diversamente specificato si utilizzano le unità di misura del Sistema Internazionale (SI).

1.7

TERMINI E DEFINIZIONI

- (1) Vedere il Glossario in MA.GG.01: Guida generale.

1.8

SIMBOLI

M_R	Momento resistente
M_S	Momento sollecitante
N	Distribuzione normale di probabilità
L	Verosimiglianza
P	Distribuzione di probabilità
R	Resistenza
S	Sollecitazione
ΔS	Incremento di sollecitazione
α	Carenza di resistenza

2

QUALIFICA E COMPITI DEL VALUTATORE

2.1

SCOPO DELLA VALUTAZIONE

- P(1) Compito del valutatore è ottenere un quadro realistico della capacità strutturale e non una stima conservativa della sicurezza.
- P(2) Nel caso in cui la capacità portante non risulti sufficiente, il valutatore dovrà stimare, per ciascuno Stato Limite significativo non soddisfatto, il valore di carenza di capacità α , definito al paragrafo 5.3.
- P(3) Tutte le verifiche per i ponti ad arco sono da considerarsi del livello 2, definito al paragrafo 2.3

2.2

QUALIFICA DEL VALUTATORE

- P(1) Per condurre a risultati affidabili la procedura richiede che il valutatore sia una persona qualificata per lo specifico compito.
- (2) Tipicamente il valutatore sarà un ingegnere civile iscritto all'Albo Professionale, Sezione A.
- (3) Il valutatore deve avere una chiara conoscenza del metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e delle normative di progetto e dei metodi di calcolo utilizzati per il progetto del ponte.
- (4) Il valutatore deve avere una provata esperienza nei problemi di valutazione della sicurezza delle strutture esistenti.
- P(5) La verifica della rispondenza ai requisiti di qualifica è responsabilità del valutatore stesso.
- P(6) In caso di mancata rispondenza ai principi di qualifica il valutatore è tenuto ad interrompere la valutazione e a darne comunicazione al Manager del sistema.

2.3

LIVELLI DI VERIFICA

- P(1) Sono previsti 3 livelli di verifica.
- (2) Livello 1: la verifica nei confronti della sicurezza strutturale del ponte deve essere eseguita adottando la normativa di progetto del ponte e le ipotesi del progettista.
- (3) Livello 2: la verifica nei confronti della sicurezza strutturale del ponte deve essere eseguita adottando la normativa di progetto del ponte e le ipotesi del progettista, ma è possibile utilizzare modelli meccanici differenti da quelli usati dal progettista per ottenere delle verifiche più raffinate.
- (4) Livello 3: si deve verificare con prove in situ, secondo le prescrizioni di cui al punto 6.2, se i materiali impiegati nella costruzione dell'opera abbiano caratteristiche superiori di quelli ipotizzati in sede di progetto.
- P(5) I fattori di confidenza FC previsti dalla Circolare applicativa del D.M. 14 gennaio 2008 appendice C8A.1 devono essere assunti pari a 1.

3

INFORMAZIONI NECESSARIE PER LA VERIFICA

3.1

ISPEZIONI E VALUTAZIONI PRECEDENTI

- P(1) Il valutatore deve prendere visione di tutta la documentazione relativa a ispezioni (di inventario, superficiali, principali, principali approfondite e speciali) e a valutazioni già effettuate.
- (2) Per visualizzare i dati di un'ispezione o di una valutazione, il valutatore deve seguire la seguente procedura:
- accedere dal sito <http://www.bms.provincia.tn.it> al sistema mediante l'username e la password fornite dal Manager;
 - accedere alla sezione Ispezioni (secondo pulsante in alto Ispezioni);
 - cercare, con l'apposito motore di ricerca posto a sinistra della schermata, l'ispezione/valutazione (vedere punto 7.2);
 - selezionare l'ispezione/valutazione.
- Le informazioni relative sono contenute in una multipage posta nella parte bassa della schermata.
- (3) Per generare il report di un'ispezione o di una valutazione, il valutatore deve seguire la seguente procedura:
- selezionare l'ispezione/valutazione;
 - accedere alla sottosezione *Report*;
 - selezionare nella casella di riepilogo il tipo di report desiderato;
 - cliccare sul pulsante *Esegui*.
- Il sistema genera un report in formato pdf che può essere visualizzato, stampato e salvato con Acrobat Reader®.

3.2

DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

- P(1) Deve essere recuperata e analizzata tutta la documentazione di progetto e di realizzazione dell'opera disponibile.
- (2) Il valutatore è tenuto a raccogliere tutti i documenti progettuali, costruttivi, di collaudo e di manutenzione reperibili, atti a fornire notizie sulle caratteristiche della struttura.
- (3) Indicativamente, le fonti da considerare sono le seguenti:
- documenti ed atti progettuali con particolare riferimento a relazioni di calcolo delle strutture, relazioni geologiche, relazioni geotecniche e sulle fondazioni, elaborati grafici strutturali (carpenterie e dettagli esecutivi) e computi metrici;
 - varianti in corso d'opera;
 - documenti di contabilità (libretti delle misure, etc.);
 - certificati di prove sui materiali;
 - relazioni e Certificati di collaudo;
 - documentazioni fotografiche delle fasi costruttive e dei dettagli strutturali;
 - progetti di ristrutturazioni/miglioramento/adeguamento statico e/o sismico e relativi documenti di esecuzione e collaudo;

- eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione.
- (4) Tale documentazione è finalizzata sostanzialmente ad individuare:
 - l'approccio progettuale utilizzato per il dimensionamento delle strutture;
 - la normativa tecnica di riferimento in vigore all'epoca di costruzione;
 - gli elaborati di progetto necessari per la modellazione dello stato di fatto;
 - le caratteristiche di resistenza ipotizzate nei materiali strutturali utilizzati.
- (5) In ogni caso, gli elementi di osservazione e di indagine storica da evidenziare sono individuabili principalmente nei seguenti:
 - tavole architettoniche di insieme;
 - carpenterie di progetto;
 - particolari costruttivi;
 - dettagli costruttivi relativi al fissaggio degli impianti esistenti;
 - relazioni tecniche di dettaglio;
 - calcoli statici e di dimensionamento strutturale;
 - esecutivi di progetto o di cantiere.
- (6) Nel caso non sia possibile reperire (in parte o completamente) la documentazione sopraelencata, è comunque importante individuare il periodo sia di progettazione che di realizzazione della struttura in esame.
- P(7) Deve essere verificata la congruenza tra tutti i dati contenuti nella documentazione di progetto e quelli presenti nella documentazione di esecuzione e contabilità dei lavori. Eventuali discordanze devono essere evidenziate e le scelte operate nelle verifiche devono tenere conto delle incongruenze riscontrate.

3.3

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- P(1) E' opportuno verificare a quale/i normativa/e abbia fatto riferimento il progettista della struttura, e verificare che questa sia stata correttamente applicata.
- P(2) Il valutatore deve adottare, come riferimento nelle nuove valutazioni della sicurezza, la/e normativa/e di progetto del ponte.
- P(3) Nel caso non sia possibile reperire (in parte o completamente) la documentazione elencata al punto 3.2(3), il valutatore deve condurre una analisi storico-critica per risalire al periodo di costruzione del ponte e adottare la normativa più cautelativa vigente in quel periodo.
- P(4) Nel caso non fossero presenti prescrizioni per la verifica di un determinato Stato Limite nella normativa di progetto dell'epoca il valutatore deve assumere per tali verifiche le prescrizioni della normativa più recente in vigore. Tale punto vale anche nel caso del punto P(3).

Nota I ponti ad arco presenti sulla rete P.A.T. sono tutti progettati e costruiti nella prima metà del XX secolo. E' quindi difficile reperire normative dell'epoca con precise prescrizioni per tale tipologia di ponte. Per le verifiche di alcuni Stati Limite (come l'equilibrio dell'arco e l'equilibrio dei timpani) è necessario assumere le prescrizioni delle normative più recenti in vigore.

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.1.4)

P(5) I fattori di confidenza FC previsti dalla Circolare applicativa del D.M. 14 gennaio 2008 appendice C8A.1 devono essere assunti pari a 1.

3.4

SOPRALLUOGO

P(1) Prima di effettuare le verifiche di un ponte il valutatore è tenuto a prendere direttamente visione delle condizioni generali della struttura oggetto di verifica.

P(2) Il valutatore è tenuto a verificare in situ la geometria principale della struttura desunta dal progetto.

P(3) Il valutatore è tenuto a verificare in situ i prerequisiti richiesti per la verifica. Vedere paragrafo 5.1.

P(3) Particolare attenzione deve essere data alla verifica in situ dell'effettiva consistenza dei carichi permanenti portati ipotizzati dal progettista (come pavimentazione stradale, marciapiedi, ...).

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.2.2)

3.5

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

P(1) Le informazioni geometriche e dimensionali del manufatto devono essere desunte dagli elaborati di progetto, integrate dalla documentazione relativa all'esecuzione dei lavori ed eventualmente dal rilievo geometrico della struttura.

(2) Si deve verificare, ed eventualmente evidenziare in relazione, se le dimensioni di progetto trovano riscontro nei libretti di contabilità dei lavori ed eventualmente se in fase di collaudo sono state effettuate delle verifiche sulle dimensioni della struttura.

P(3) Nel caso in cui si riscontrino discordanze tra dimensioni di progetto e quanto realizzato, o nel caso di assenza della documentazione di progetto, tutte le grandezze necessarie all'esecuzione delle valutazioni devono essere raccolte mediante il rilievo geometrico di dettaglio della struttura e altre tecniche di indagine non distruttive.

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.2.1)

3.6

SINTESI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE PRELIMINARE

(1) Gli elementi e i risultati emersi nello svolgimento delle attività descritte ai paragrafi precedenti dovranno essere sintetizzati nel rapporto finale. Saranno descritte tutte le informazioni, raccolte sia dai documenti disponibili che dai sopralluoghi effettuati, sulle caratteristiche geometriche, sull'uso dell'opera e sulle sue singole parti. Occorre anche fornire l'elenco completo dei documenti reperiti ed il tipo di informazioni da essi estratti ed utilizzati ai fini della successiva valutazione di sicurezza al transito di carichi eccezionali.

4

CONDIZIONI DI CARICO

4.1

SCHEMI DI CARICO

- P(1) Gli schemi di carico con cui verificare i ponti sono riportati nelle figure seguenti.
- P(2) Gli schemi di carico P.A.T. non prendono in considerazione gli effetti dinamici. Seguire le prescrizioni a riguardo della normativa dell'epoca.
- P(3) Se non diversamente specificato sono sempre previsti carichi lineari pari a 3 t/m disposti 6 m prima e dopo la colonna di carico eccezionale; questi devono essere estesi su tutta la lunghezza del ponte.
- P(4) Il treno di carico deve essere posizionato nella condizione più sfavorevole per la verifica dello Stato Limite in esame.
- (5) Nel caso in cui il carico distribuito abbia un contributo benefico nella stabilità del ponte, si deve trascurare il contributo di tale carico distribuito.
- (6) Gli interassi previsti per ogni tipologia di carico devono essere rispettati.
- (7) Non è possibile sostituire i carichi concentrati, previsti negli schemi di carico, con distribuzioni lineari equivalenti.
(vedere allegato BMS All.P3.2 p.3.1)
- P(8) Lo schema di carico in Figura 4.1 prevede due tipologie di colonna di carico; le verifiche degli Stati Limite devono essere condotte con entrambi gli schemi.

Figura 4.1 Schema di carico 56 t

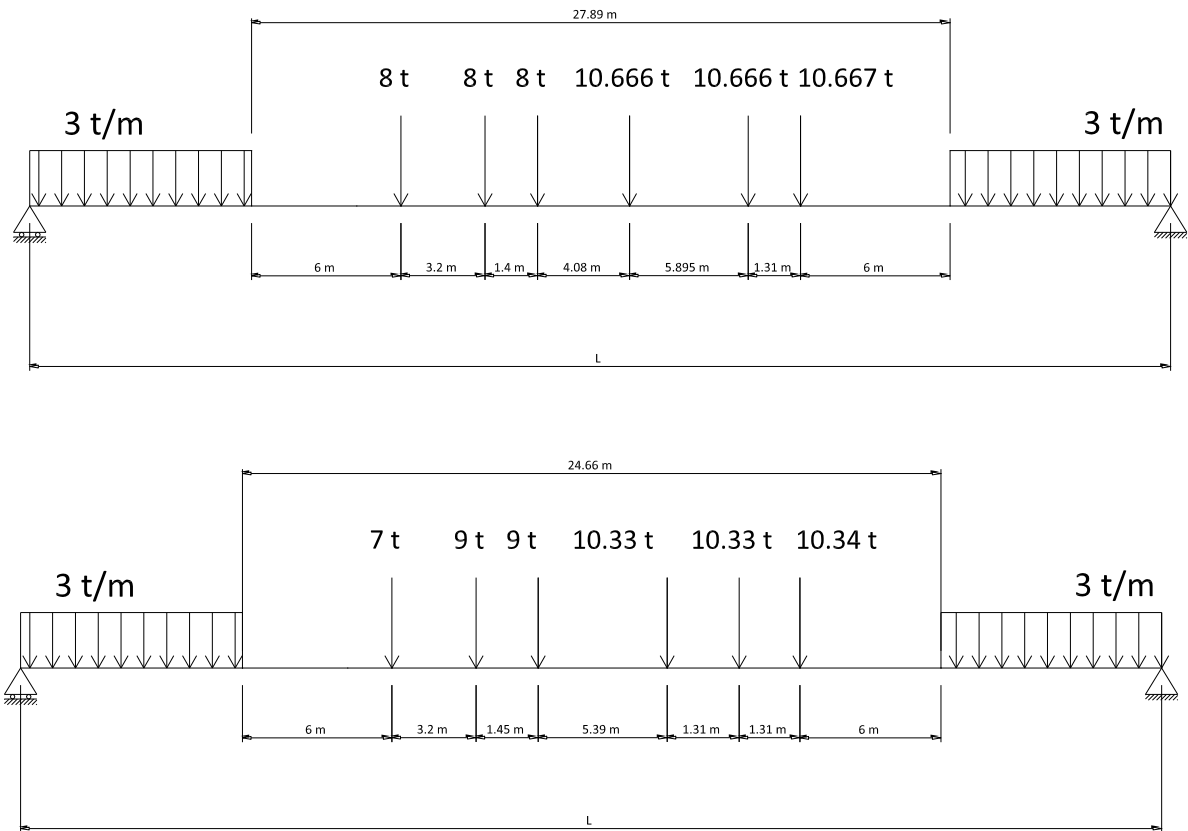


Figura 4.2 Schema di carico 5 assi x 13 t (interasse = 1.3 m) = 65 t

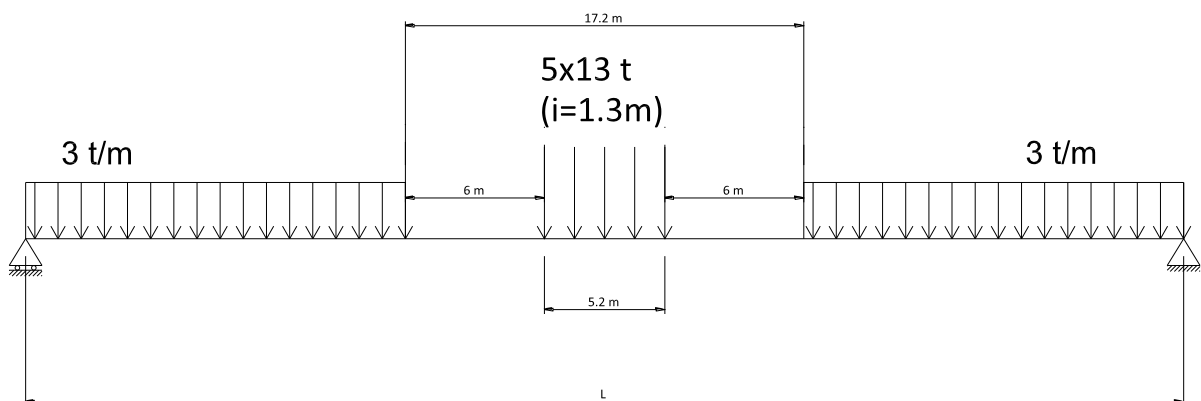


Figura 4.3 Schema di carico 6 assi x 12 t (interasse = 1.3 m) = 72 t

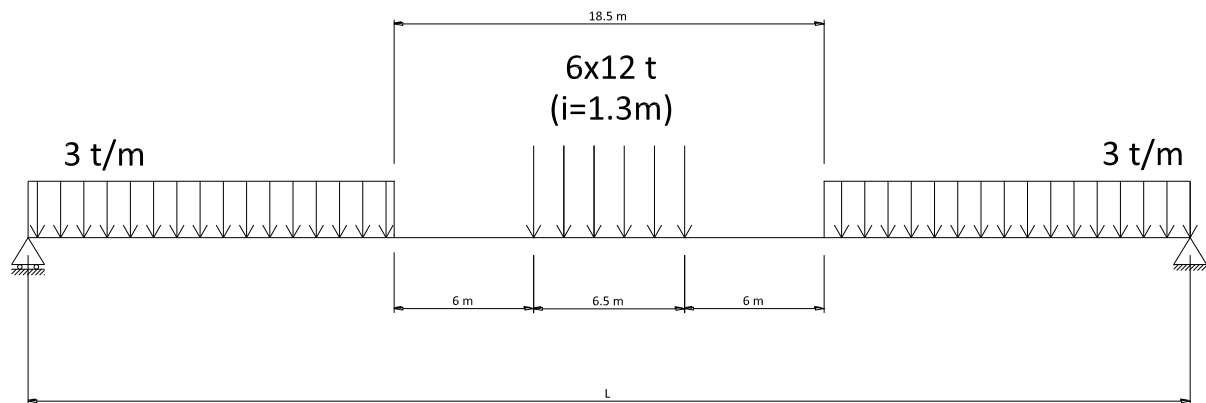


Figura 4.4 Schema di carico 6 assi x 13 t (interasse = 1.3 m) = 78 t

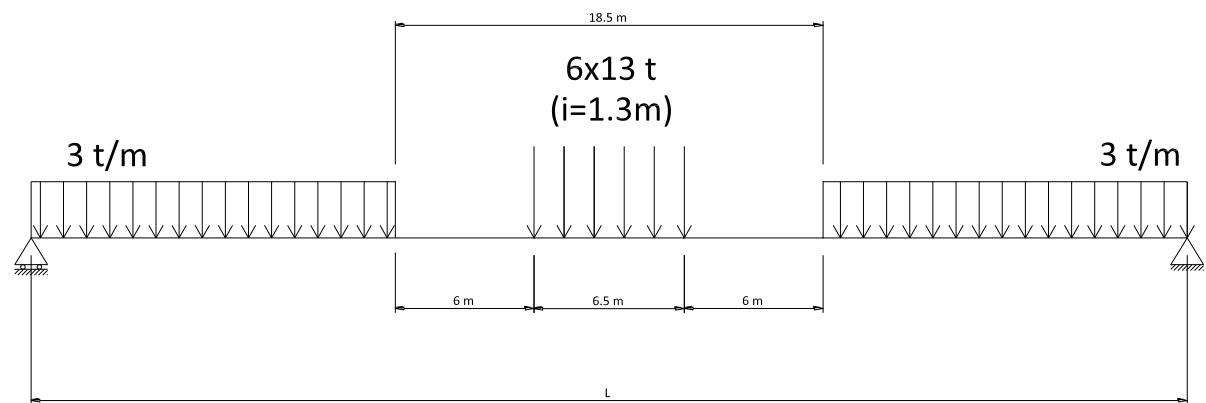


Figura 4.5 Schema di carico 7 assi x 13 t (interasse = 1.3 m) = 91 t

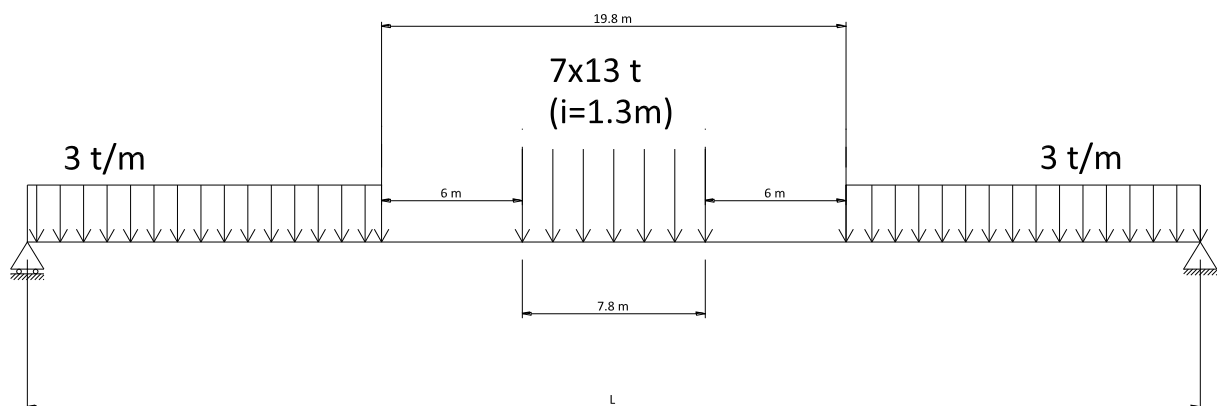


Figura 4.6

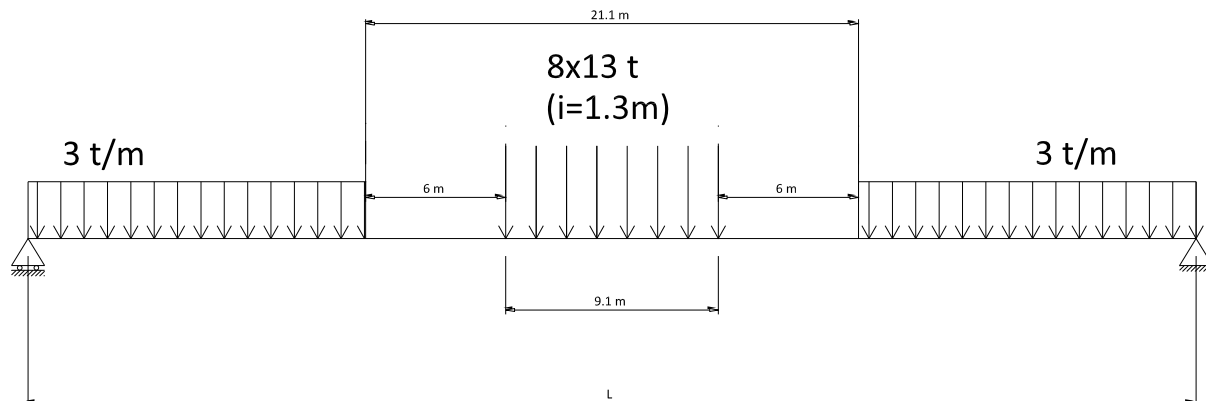
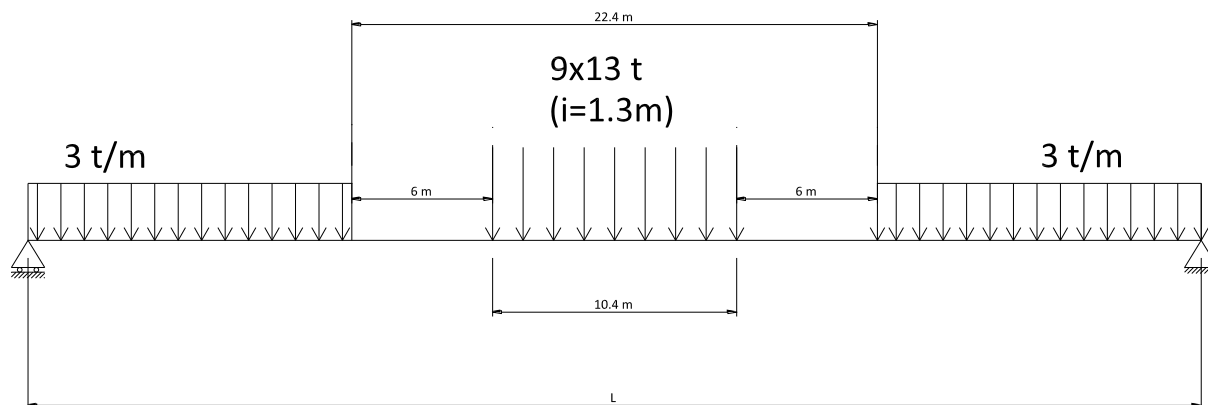
Schema di carico 8 assi x 13 t (interasse = 1.3 m) = 104 t

Figura 4.7

Schema di carico 9 assi x 13 t (interasse = 1.3 m) = 117 t

4.2

POSIZIONE TRASVERSALE DEL CARICO

- P(1) Le verifiche dei carichi riportati al punto 4.1 devono essere effettuate in due condizioni di transito:
- transito libero;
 - transito in centro carreggiata.
- P(2) La condizione di “transito libero” prevede che il veicolo viaggi liberamente nel traffico normale e quindi possa trovarsi su una qualsiasi corsia del ponte.
- P(3) La condizione di “transito a centro carreggiata” prevede che il traffico opposto alla direzione di transito del carico eccezionale venga interrotto, e il carico eccezionale viaggi al centro della carreggiata del ponte. Fa eccezione il caso di presenza di uno spartitraffico, vedere il punto P(5).
- P(4) Nella condizione di transito di cui al punto P(3) se non diversamente specificato si deve mantenere la colonna di carico prevista prima e dopo il carico eccezionale, vedere punto 4.1P(2).

- P(5) Nel caso di “transito a centro careggiata”, qualora la careggiata di un impalcato da ponte sia divisa o meno in due parti separate da una zona di spartitraffico centrale, si distinguono i seguenti casi:
- Presenza di spartitraffico fisso o mobile o altri dispositivi di ritenuta: Il carico deve essere fatto transitare al centro della semi-careggiata in cui è diviso l'impalcato; In questo caso nell'altra semi-careggiata il traffico in senso opposto non verrà interrotto.
 - Assenza di spartitraffico o di altri dispositivi di ritenuta: il carico deve transitare al centro della careggiata (Figura 4.9).
- P(6) Il punto P(5) vale anche nel caso di presenza di impalcati indipendenti che sono portati da una singola pila o una singola spalla.

4.3

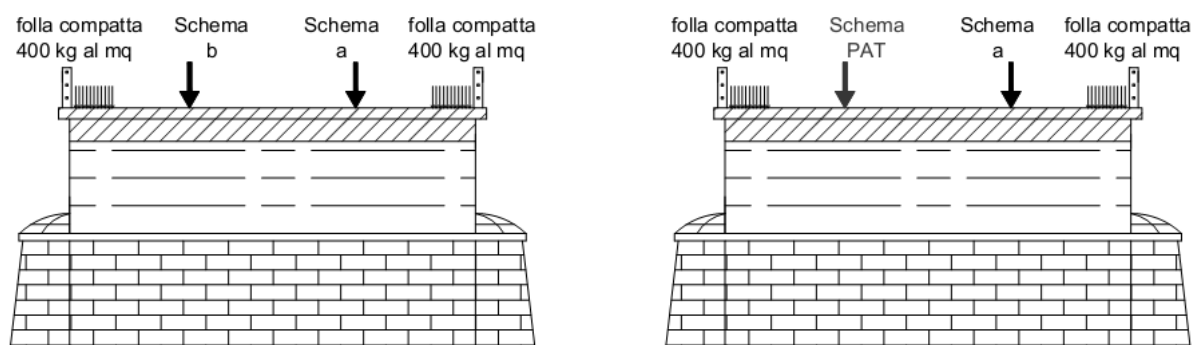
COMBINAZIONI DI CARICO

- P(1) In condizioni di transito libero il carico principale di progetto dell'impalcato deve essere sostituito con il carico previsto P.A.T., secondo il paragrafo 4.1, lasciando invariati i carichi secondari di progetto del ponte sulle altre corsie (Figura 4.8).
- P(2) Se il progettista del ponte non ha impiegato gli schemi previsti nella normativa dell'epoca, ma in modo cautelativo ha ipotizzato in sede di progetto schemi di carico diversi e più gravosi, è responsabilità del valutatore ricostruire lo schema di carico con cui il progettista avrebbe dovuto progettare la struttura in accordo con la normativa dell'epoca e quindi applicare il punto P(1) del presente paragrafo.

Esempio Si ipotizza di studiare un ponte ad arco in calcestruzzo progettato nel 1940. Il progettista ha dimensionato il ponte per un unico carico variabile uniformemente distribuito pari a 1000 kg. Per la verifica del carico P.A.T. si ricostruisce la combinazione degli schemi di carico prevista dalla normativa dell'epoca, Normale n.8 DEL 15/09/1933 M.LL.PP., e si sostituisce il carico principale con quello P.A.T.. Vedere Figura 4.8.

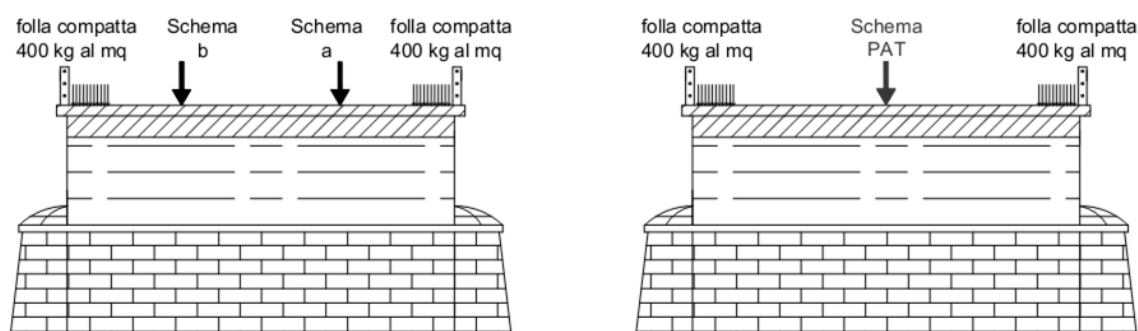
(vedere allegato BMS All.P3.2 p.1.5.2)

Figura 4.8 Esempio ricostruzione dello schema di carico previsto dalla normativa dell'epoca e sostituzione del carico principale con quello P.A.T. (esempio generico tratto dalla relazione di calcolo del ponte ad arco sul Rio Cavallo sulla SS 12 km 362.164, allegato BMS All.P3.2, normativa di riferimento Normale n.8 DEL 15/09/1933 M.LL.PP.) in condizione di traffico libero.



- P(3) In condizioni di transito a centro carreggiata i carichi principali di progetto dell'impalcato devono essere sostituiti con il carico previsto P.A.T., secondo il paragrafo 4.1, Fa eccezione il carico dovuto alla folla. (Figura 4.9)

Figura 4.9 Esempio di sostituzione dei carichi con il carico PAT (esempio generico tratto dalla relazione di calcolo del ponte ad arco sul Rio Cavallo sulla SS 12 km 362.164, allegato BMS All.P3.2, normativa di riferimento Normale n.8 DEL 15/09/1933 M.LL.PP.) in condizione di transito del carico eccezionale in centro carreggiata e in assenza di spartitraffico o di altri dispositivi di ritenuta.



- (4) La P.A.T. divide la rete stradale in rete strategica e rete non strategica.
- P(5) E' compito del valutatore, in sede di incarico da parte della P.A.T., accertarsi a quale rete appartiene il ponte.
- (6) Per le diverse tipologie di rete e di transito sono previsti diversi obiettivi, come riportato nel prospetto 4.1.

prospetto 4.1

Obiettivi di verifica rete strategica e rete non strategica

	Transito libero	Centro carreggiata
Rete non strategica	56t	6x12t=72t
Rete strategica	6x12t=72t	8x13t=104t

5

PROCEDURE DI VERIFICA

5.1

PREREQUISITI VERIFICA

- P(1) Il valutatore è tenuto a verificare che siano soddisfatti i prerequisiti riportati in questo paragrafo.

- P(2) Il valutatore deve verificare in modo conservativo che il carico P.A.T. non sia di molto superiore a quello previsto dal progettista.

Nota I ponti ad arco antichi sono caratterizzati da un carico permanente portato superiore rispetto al carico accidentale. E' necessario quindi mettere a confronto non solo i carichi accidentali ma il carico totale che grava sul ponte in entrambi i casi. Il prerequisito può considerarsi non soddisfatto se il peso totale dovuto al carico P.A.T. risulta superiore del 50%.

Nota Per la verifica del prerequisito di cui al punto P(2) seguire le prescrizioni riportate nei punti 4.3 P(1) e P(2).

P(3) Il valutatore in sede di sopralluogo, vedere paragrafo 3.4, deve:

- verificare la presenza di dissesti nell'arco e negli elementi principali del ponte tali da compromettere la statica della struttura;
- verificare la presenza di deformazioni nell'arco tali da compromettere la statica della struttura;
- verificare la presenza di cedimenti nelle fondazioni tali da compromettere la statica della struttura.

Nota Il comportamento dei ponti ad arco è strettamente legato alla geometria della struttura. Fattori come dissesti, cedimenti delle fondazioni o deformate nella geometria dell'arco portano la struttura ad avere un comportamento diverso da quello previsto dal progettista. Non è quindi plausibile l'ipotesi di studiare la statica di un arco con queste caratteristiche adottando le ipotesi geometriche del progettista.

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.2.2 e 2.3)

P(4) E' responsabilità del valutatore in base al soddisfacimento o meno dei prerequisiti decidere se:

- condurre una verifica base, vedere paragrafo 5.4.
- condurre una verifica approfondita, vedere paragrafo 5.5.

Esempio Si ipotizza di dover studiare un ponte ad arco in pietra di cui si ha tutta la documentazione di progetto. In sede di sopralluogo si nota la presenza di deformazioni e cedimenti delle fondazioni. Se il valutatore ritiene che tali dissesti siano tali da compromettere la statica dell'arco deve condurre una verifica approfondita della struttura.

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.2.3)

5.2

METODO DI VERIFICA

- P(1) L'obiettivo della verifica è calcolare il coefficiente di carenza di capacità, come riportato al paragrafo 5.3, per ciascun stato limite, schema di carico, e condizione di transito.
- P(2) Il valutatore deve prendere visione di tutta la documentazione di progetto, la documentazione relativa a ispezioni e a valutazioni già effettuate, secondo quanto riportato nei paragrafi 3.1 e 3.2.
- P(3) Nel caso in cui non siano reperibili gli elaborati necessari per effettuare le valutazioni o ci siano palesi discordanze tra documentazione di progetto e stato di fatto, il valutatore è tenuto ad interrompere la valutazione e a darne comunicazione al Manager del sistema.
- P(4) Il valutatore è tenuto ad adottare la/e normativa/e di progetto del ponte, in accordo con quanto riportato nel paragrafo 3.3.
- P(5) Il valutatore è tenuto a verificare che il progettista abbia applicato correttamente quanto prescritto dalla normativa di progetto, in linea con quanto riportato al punto 3.3P(1).
- P(6) Il valutatore è tenuto a prendere direttamente visione delle condizioni generali della struttura oggetto di verifica, secondo quanto riportato nel paragrafo 3.4, e verificare i prerequisiti di cui al paragrafo 5.1.

- P(7) Operativamente la verifica deve essere effettuata sostituendo il carico principale previsto dalla normativa con cui è stato progettato il ponte con lo schema di carico previsto dalla P.A.T., secondo quanto prescritto nel capitolo 4 .
- P(8) La valutazione deve essere eseguita con riferimento agli Stati Limite più significativi per la sicurezza del ponte.
- (9) In generale devono essere presi in considerazione, dove applicabili, almeno i seguenti Stati Limite:
- verifica statica dell'arco
 - eventuali verifiche a flessione e taglio;
 - verifiche tensionali nei punti dell'arco maggiormente sollecitati;
 - perdita di equilibrio per strutture come timpani o murature laterali;
 - scorrimento e ribaltamento delle spalle e delle pile;
 - pressoflessione delle pile;
 - portanza del terreno.
- (10) Possono essere omesse le verifiche rispetto agli Stati Limite in condizione di esercizio e le verifiche rispetto a quegli Stati Limite che risultano non significative nei confronti della sicurezza strutturale.
- P(11) Il valutatore è tenuto a verificare gli Stati Limite per tutti i carichi previsti sulla rete P.A.T., riportati nel paragrafo 4.1.
- P(12) Se una data verifica non risulta soddisfatta si deve calcolare il coefficiente α che corrisponde all'incremento di sollecitazione rispetto alla resistenza del ponte, vedere paragrafo 5.3.
- P(13) Se una data verifica non risulta soddisfatta e non fosse possibile calcolare un coefficiente α , il valutatore deve assegnare un valore al coefficiente α pari al 100%.

Esempio Si ipotizza di studiare lo Stato Limite di Equilibrio di un arco. La verifica non risulta soddisfatta in quanto non è possibile trovare una curva delle pressioni sempre interna allo spessore dell'arco. In tal caso è impossibile calcolare un coefficiente α , il verificatore deve quindi assegnare al coefficiente un valore pari al 100%.

(vedere allegato BMS All.P3.2 p.3.4 e 3.5)

5.3

COEFFICIENTE DI CARENZA DI CAPACITÀ

- P(1) Il coefficiente di carenza di capacità α deve essere calcolato ogni volta che una verifica non è soddisfatta e per ogni livello di verifica.
- (2) Il coefficiente di carenza di capacità α rappresenta l'incremento della sollecitazione dovuto al nuovo carico P.A.T. rispetto alla resistenza del ponte.
- P(3) Si raccomanda che il coefficiente di carenza di capacità α sia determinato come segue:

$$\alpha = \frac{\Delta S}{R} = \frac{S-R}{R} \quad [5.1]$$

Dove:

ΔS è l'incremento di sollecitazione;

- S è la sollecitazione dovuta al carico P.A.T. e ai carichi secondari di progetto;
 R è la resistenza di progetto.

(4) La resistenza sarà funzione del livello di verifica adottato.

Esempio Si ipotizza di condurre una verifica delle stabilità del timpano di un ponte ad arco progettato adottando il D.M. 14/01/2008. Un corretta formulazione della formula 5.1 del coefficiente α diventa quindi:

$$\alpha = \frac{S-R}{R} = \frac{M_R-M_S}{M_S}$$

Dove M_S è il momento stabilizzante, M_R è il momento ribaltante dovuto al carico P.A.T. I coefficienti di sicurezza sono stati considerati nel calcolo del momento stabilizzante M_S e del momento ribaltante M_R .

(vedere allegato BMS All.P3.2 c.5)

5.4

NORME SPECIFICHE PER LE VERIFICHE BASE

- P(1) Nelle verifiche devono essere usate le stesse ipotesi adottate dal progettista per quanto riguarda la geometria e i materiali.
- (2) Nelle verifiche possono essere impiegati modelli meccanici differenti da quelli di progetto del ponte.
- P(3) La valutazione deve essere effettuata per la struttura nello stato di progetto, cioè considerando la struttura come non degradata.
- P(4) Per ogni Stato Limite si deve calcolare le nuove sollecitazioni dovute al carico P.A.T.. Queste devono essere confrontate, in modo conservativo, con le sollecitazioni di progetto.
- P(5) Nel caso in cui le sollecitazioni P.A.T. siano inferiori rispetto le sollecitazioni di progetto lo Stato Limite in esame è da considerarsi verificato.
- P(6) Nel caso in cui le sollecitazioni P.A.T. siano superiori rispetto le sollecitazioni di progetto il valutatore è tenuto a riverificare lo Stato Limite in esame raffinando l'analisi.

Nota I ponti ad arco sono caratterizzati da un carico permanente portato superiore rispetto il carico accidentale. Ad un incremento delle sollecitazioni dovuto al carico accidentale PAT non corrisponde, quindi, lo stesso incremento dei carichi complessivi. E' responsabilità del valutatore (in base al grado di conoscenza dello stato di fatto della struttura, dei materiali e delle ipotesi progettuali) stimare se questi incrementi di sollecitazioni sono tali da compromettere o meno la sicurezza strutturale del ponte.

Esempio 1 Si ipotizza di condurre una verifica di stabilità su una spalla di un ponte ad arco in calcestruzzo. Le sollecitazioni verticali dovute ai soli carichi accidentali P.A.T. risultano superiori del 7%; se si conteggia anche il peso permanente portato la differenza scende al 2%. Le sollecitazioni orizzontali complessive risultano inferiori a quelle di progetto. Il valutatore (in base al grado di conoscenza dello stato di fatto della struttura, dei materiali e delle ipotesi progettuali) sotto la propria responsabilità può quindi affermare che l'incremento delle sollecitazioni non è tale da compromettere la stabilità della spalla; la verifica è quindi soddisfatta.

Esempio 2 Si ipotizza, al contrario dell'esempio 1, che le spinte orizzontali dovute al carico P.A.T. siano superiori del 20%. In questo caso è necessario riverificare la spalla soggetta ai nuovi carichi P.A.T..

(vedere allegato BMS All.P3.2 c.4)

- (7) Per raffinare l'analisi di alcuni Stati Limite può essere necessario condurre dei rilievi, della geometria e dei materiali, di singoli elementi strutturali del ponte. Vedere paragrafo 6.1.1.

5.5

NORME SPECIFICHE PER LE VERIFICHE APPROFONDITE

- P(1) Il valutatore è tenuto a condurre verifiche approfondite nel caso in cui non siano reperibili i principali elaborati, ci siano palesi discordanze tra documentazione e stato di fatto o nel caso in cui i prerequisiti di cui al paragrafo 5.1 non fossero soddisfatti.
- P(2) Il valutatore deve effettuare delle indagini approfondite sul manufatto per ricavarne le caratteristiche geometriche e, se necessario, dei materiali.
- P(3) Per la campagna di rilievo da eseguire sulla struttura vedere il paragrafo 6.1.2.
- P(4) Il valutatore per le verifiche degli Stati Limite è tenuto ad adottare le normative vigenti.
- P(6) Il valutatore nell'analisi deve tener conto di: eventuali dissesti, deformazioni delle arcate e cedimenti nelle pile, nelle spalle e nelle fondazioni.
- (6) E' a discrezione del valutatore la necessità di svolgere o meno prove di carico per validare le nuove ipotesi progettuali. Vedere paragrafo 6.2.
- P(7) Il valutatore è poi tenuto ad eseguire una verifica degli Stati Limite più significativi con i carichi previsti dalla P.A.T.

5.6

REQUISITI GENERALI DEI MODELLI DI VERIFICA

- P(1) I modelli di calcolo impiegati per le verifiche devono essere in grado di cogliere l'effettivo meccanismo di collasso della struttura.
- (2) Se necessario, devono essere tenuti in adeguato conto gli effetti del secondo ordine.
- (3) È ammesso l'utilizzo di software di calcolo agli elementi finiti commerciali, purché: la loro affidabilità sia provata; in caso di presenza della documentazione di progetto siano rispettati i punti P(3) e P(4) al paragrafo □.
- (4) Un programma di calcolo agli elementi finiti può ritenersi provatamente affidabile se certificato dal National Agency for Finite Element Methods and Standards (NAFEMS) o da enti equivalenti.
- (5) La relazione di calcolo deve essere conforme alle prescrizioni della norma CNR 10024/84: *Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo*, con particolare riferimento all'esame dei risultati e ai controlli.

6 CAMPAGNA DI RILIEVO E PROVE IN SITO

6.1 CAMPAGNA DI RILIEVO

6.1.1 Prescrizioni verifiche base

- (1) Per le verifiche base in presenza di documentazione di progetto il valutatore è tenuto a eseguire un'ispezione del ponte in situ, in accordo a quanto riportato nel paragrafo 3.4.
- (2) La campagna di rilievi in presenza di documentazione di progetto è finalizzata alla definizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche di quei singoli elementi strutturali di cui non si ha precise indicazioni nella documentazione di progetto.
- (3) Il rilievo di tipo geometrico può essere eseguito con metodi di misura tradizionali ampiamente collaudati o facendo uso di tecniche innovative di misurazioni a distanza. Quest'ultime dovranno essere impiegate nei casi in cui non sia possibile raggiungere fisicamente alcuni elementi dell'opera, le cui caratteristiche non possano essere desunte per analogia da elementi simili.
- (4) Per la determinazione della consistenza strutturale possono porsi in essere anche tecnologie di indagine che fanno uso di strumentazioni a rilievo indiretto.

6.1.2 Prescrizioni verifiche approfondite

- (1) La campagna di rilievi per le verifiche approfondite è finalizzata alla completa definizione geometrica della struttura e dei suoi singoli elementi strutturali.
- (2) Il rilievo ha come obiettivo anche la caratterizzazione dei materiali costituenti gli elementi strutturali principali e secondari.

Esempio Si ipotizza un ponte ad arco in calcestruzzo di cui non si ha la documentazione di progetto. Per avere una conoscenza esaustiva del ponte risultano necessarie almeno le seguenti indagini:

- rilievo geometrico completo del ponte con particolare attenzione per le arcate, le pile, le spalle e i paramenti;
- almeno un carotaggio della soletta per studiarne lo spessore;
- almeno un carotaggio per studiare la composizione dello strato di riempimento;
- almeno un carotaggio in chiave e all'imposta per studiare gli spessori dell'arcata;
- almeno un carotaggio per ciascuna pila per studiarne spessore ed eventuali riempimenti.
- almeno un carotaggio per spalla per studiarne lo spessore;
- impiego di analisi dirette o indirette per lo studio dei paramenti e dei timpani;
- scavo ed eventuali carotaggi per studiare le fondazioni e il terreno.

- (3) Il rilievo deve essere esteso, si deve studiare tutti gli elementi indispensabili per avere una conoscenza completa del comportamento statico dell'opera.

- (4) Il rilievo di tipo geometrico può essere eseguito con metodi di misura tradizionali ampiamente collaudati o facendo uso di tecniche innovative di misurazioni a distanza. Quest'ultime dovranno essere impiegate nei casi in cui non sia possibile raggiungere fisicamente alcuni elementi dell'opera, le cui caratteristiche non possano essere desunte per analogia da elementi simili.
- (5) Per la determinazione della consistenza strutturale possono porsi in essere anche tecnologie di indagine che fanno uso di strumentazioni a rilievo indiretto.
- (6) Una particolare attenzione deve essere posta verso nell'esame a vista della struttura. Infatti tale analisi può fornire utili indicazioni all'individuazione delle cause di degrado dei materiali o di aggravamento di stati di danneggiamento preesistenti al rilievo.
- (7) L'esame a vista deve essere integrato da un'approfondita campagna fotografica nella quale si devono evidenziare lo stato di degrado e i difetti costruttivi eventualmente presenti.

6.2

PROVE DI CARICO

- P(1) Nel caso in cui si ritenga necessario eseguire delle prove di carico e sui materiali il valutatore deve far riferimento a quanto riportato nella procedura BMS PR.CE.01.

7

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E INSERIMENTO NEL SISTEMA INFORMATICO

7.1 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

- P(1) I risultati della valutazione devono essere riportati in una relazione tecnica da cui risultino evidenti:
 - il riferimento alla presente procedura;
 - le caratteristiche delle azioni di calcolo;
 - gli Stati Limite e le combinazioni di calcolo considerati;
 - i livelli di verifica considerati;
 - i modelli di analisi impiegati;
 - il riferimento ad eventuali allegati;
 - i risultati della valutazione.
- P(2) La relazione deve concludersi con uno schema riassuntivo dove, per ciascuno degli stati limite, dei livelli di verifica, degli schemi di carico e condizioni di carico considerati, è indicato il valore della carenza di capacità α del ponte nella situazione di progetto. Per l'inserimento dei dati nello schema fare riferimento a quanto riportato nel paragrafo 7.2.3.
(vedere allegato BMS All.P3.1 c.10)
- P(3) La relazione tecnica e tutti gli allegati devono essere redatti in formato elettronico e inseriti nel sistema informatico secondo quanto specificato nel punto successivo.

7.2 INSERIMENTO DEI RISULTATI NEL SISTEMA INFORMATICO

- (1) Per inserire i risultati della valutazione il valutatore deve seguire la seguente procedura:
 - accedere dal sito <http://www.bms.provincia.tn.it> al sistema mediante l'username e la password fornite dal Manager;
 - accedere alla sezione *Ispezioni* (secondo pulsante in alto *Ispezioni*);
 - nella sezione *Categoria* a sinistra della schermata spuntare la voce *Valutazione Capacità Portante*.
 - cercare, con l'apposito motore di ricerca posto al centro della schermata il ponte che si è valutato; volendo ricercare un ponte di cui si conosce il nome basta digitare il nome o parte di esso nella casella di testo *Ponte (den. conv.)* e premere il pulsante *Cerca (oppure premere Invio)*; il risultato della ricerca viene visualizzato nell'area di lavoro inferiore;
 - selezionare il ponte valutato. Per entrare nella multipage *Valutazione Capacità Portante* premere sul pulsante *visualizza* in basso.
 - portarsi nell'ambiente di *Modifica* cliccando sul pulsante *Modifica*.
- (2) L'ambiente *Modifica* si presenta come una multipage comprendente le 3 seguenti sezioni, in cui il valutatore deve inserire i dati richiesti:
 - dati generali;
 - dati esecuzione;
 - allegati;
 - sicurezza.

7.2.1 Dati generali e dati esecuzione

- (1) Nella sottosezione *dati generali* il valutatore deve inserire i seguenti dati:
 - procedura impiegata;
 - massimo livello di verifica effettuato;
- (1) Nella sottosezione *dati esecuzione* il valutatore deve inserire i dati riepilogativi della valutazione:
 - tipo Ispezione
 - responsabile
 - ponte
 - data Pianificata
 - data Rapporto
 - data Validazione

7.2.2 Allegati

- (1) Devono essere inseriti nel sistema:
 - la relazione tecnica;
 - i relativi allegati stampabili;

- i file di input e output relativi a tutti i modelli ad elementi finiti utilizzati nel calcolo;
 - eventuali file grafici;
 - ogni altro file ritenuto necessario.
- (2) I file da allegare devono essere preparati secondo i seguenti formati:
- relazioni e allegati stampabili: formato pdf con dimensione massima di 7 Mb;
 - immagini non inseribili nelle relazioni: formato jpg con dimensione massima di 600 kb;
 - file multimediali: formato mpeg, avi o real con dimensione massima di 7 Mb;
 - file cad: formato dxf con dimensione massima di 3 Mb;
 - file di input o output per modelli agli elementi finiti: formato del programma di calcolo utilizzato.
- (3) Per l'inserimento degli allegati il valutatore deve portarsi nella sezione *allegati* e cliccare il pulsante *Nuovo Elemento*. Per ciascun allegato il sistema richiede:
- file che si desidera allegare cliccando sul pulsante *Scegli file*;
 - descrizione dell'allegato; nel caso in cui si sia utilizzato un programma agli elementi finiti devono essere specificati il nome e la versione del programma;
 - id dell'Unità Strutturale a cui l'allegato fa riferimento (se applicabile).

7.2.3 Sicurezza

- (1) L'ambiente *Sicurezza* è costituito da una tabella le cui righe rappresentano gli stati limite significativi per il ponte oggetto di valutazione.
- (2) Per inserire ciascuna riga si clicca sul pulsante *Aggiungi Elemento Sicurezza*. Verranno in tal modo visualizzate le caselle di riepilogo e le caselle di testo per l'inserimento delle seguenti informazioni:
- **tipologia di carico:** selezionare lo schema di carico per il quale è stata condotta la verifica;
 - **modalità di transito:** selezionare la modalità di transito ipotizzata nella verifica, "transito libero" o "transito centro careggiata";
 - **carenza di capacità:** inserire il valore dell'ultimo indice di carenza di capacità α calcolato per lo Stato Limite;
 - **livello:** selezionare il livello ultimo di verifica dell'analisi;
 - **stato limite:** modalità di collasso relativa allo stato limite considerato; nel caso in cui lo stato limite considerato non sia compreso tra quelli elencati, il campo deve essere lasciato vuoto; gli stati limite previsti nel sito sono:
 - flessione;
 - taglio/punzonamento;
 - pressoflessione;

- ribaltamento;
 - scorrimento;
 - scalzamento;
 - portanza terreno.
 - **tipo unità strutturale**: tipologia di Unità Strutturale come classificata nelle Guide Generali (MA.GG.01 e MA.GG.02); nel caso in cui lo stato limite dipenda da più di una tipologia di US o nel caso in cui l'US non sia presente nell'elenco, il campo deve essere lasciato vuoto;
 - **descrizione**: breve descrizione dello stato limite;
- (3) Inserire le informazioni relative a ciascun carico, a ciascuna tipologia di transito e per ciascun stato limite. Uscire dalla procedura di inserimento cliccando sul pulsante *Salva*.

7.3 CHIUSURA DELLA VALUTAZIONE

- (1) Per chiudere il rapporto il valutatore deve:
- fissare in modo definitivo le informazioni inserite cliccando il pulsante *Salva*.
- (2) Una volta eseguita la chiusura del rapporto il valutatore non può più accedere ai dati di valutazione o modificarli senza l'intervento del Manager del sistema.