

Commissario:



Contraente:



Progettista:



Project & Construction Management & Quality Assurance: Rina Consulting SpA



VIADOTTO POLCEVERA

PROGETTO ESECUTIVO di 1° LIVELLO

PROGETTO STRADALE

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

EMISSIONE PER ENTI

Contraente	Project & Construction Management & Quality Assurance	Direttore Lavori
Data: _____	Data: _____	Data: _____

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA/DISCIPLINA

PROGR

REV

N	G	1	2	0	0	E	1	3	R	G	I	F	0	0	0	5	C	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione esecutiva di 1° livello	S.Loda <i>[Signature]</i>	15/02/2019	S.Loda <i>[Signature]</i>	15/02/2019	A. Perego <i>[Signature]</i>	15/02/2019	ITALFERR S.p.A. I.O. PROGETTAZIONE LINEE E NODI Dott. Ing. VINCENZO CONFORTI Ordine degli Ingegneri di VITERBO N. 409 V. Conforti Data 15/02/2019
B								
C								

File: NG1200E13RGIF0005C01A

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
2 di 35

INDICE

1. PREMESSA	4
2. QUADRO NORMATIVO	5
3. CONTESTO LOCALE E VINCOLI PROGETTUALI	7
4. DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA STORICA	9
4.1. ASSE PRINCIPALE SUL VIADOTTO	9
4.2. RAMPA DI USCITA DALLA A7 (PROVENIENZA MILANO)	11
4.3. RAMPE LATO LEVANTE (DIREZIONE A7)	11
4.4. CONSIDERAZIONI SULL'INFRASTRUTTURA STORICA	12
4.4.1. Asse principale sul viadotto	12
4.4.2. Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)	12
4.5. APPROCCIO PROGETTUALE	13
5. ANALISI DELLE ALTERNATIVE	14
5.1. ALTERNATIVA DI TRACCIATO "A" (12)	14
5.2. ALTERNATIVA DI TRACCIATO "B" (13)	14
5.3. ALTERNATIVA DI TRACCIATO "C" (14)	14
5.4. SCHEMI DELLE ALTERNATIVE DI TRACCIATO STUDIATE	14
6. DESCRIZIONE DEL NUOVO PROGETTO STRADALE	18
6.1. CARREGGIATA EST VIADOTTO	20
6.2. CARREGGIATA OVEST VIADOTTO	22
6.3. ALLARGAMENTI PER VISIBILITÀ SUL VIADOTTO	24
6.4. TRATTO DI TRANSIZIONE TRA GALLERIE E VIADOTTO	25
6.5. RAMPA DI USCITA DALLA A7 (PROVENIENZA MILANO)	26
6.5.1. Corsia di accelerazione ed immissione	28
6.5.2. Rampe confluenti	28
6.6. TRACCIATO RAMPE ESISTENTI LATO LEVANTE	30
6.7. SEZIONI TRASVERSALE DEL VIADOTTO	30
6.8. SEZIONE TRASVERSALE DELLA RAMPA DI USCITA DALLA A7 (PROVENIENZA MILANO)	31

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
3 di 35

6.9. SISTEMI STRADALI DI RITENUTA	32
7. RISPETTO NORMATIVO ED AZIONI MITIGATIVE	33
8. CONFRONTO TECNICO TRA VIADOTTO MORANDI E IL NUOVO PROGETTO STRADALE	34
8.1. PIATTAFORMA STRADALE	34
8.2. ANDAMENTO PLANIMETRICO	34
8.3. ALLARGAMENTO INTERNO CURVA	34
8.4. RAMO DI INTERSEZIONE OGGETTO DI INTERVENTO (LATO LEVANTE)	34
8.5. SISTEMI DI RITENUTA STRADALI CENTRALI E LATERALI	34

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
4 di 35

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'illustrazione del progetto stradale di ricostruzione del Viadotto Morandi, ubicato nel Comune di Genova, a seguito del crollo avvenuto in data 14/08/2018.

Il progetto, in particolare, è stato redatto sulla base del disegno architettonico sviluppato dallo studio "Renzo Piano Building Workshop" che ne ha determinato la struttura ed il tracciato stradale di principio.

Nel seguito verrà pertanto descritto l'intervento progettuale sotto il profilo stradale.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
5 di 35

2. QUADRO NORMATIVO

La costruzione del “Viadotto Morandi” risale ai primi anni 60 quando non esisteva ancora una normativa cogente per la progettazione stradale.

Sono, infatti, del 1963 le prime norme tecniche C.N.R. 10005 e 10015, non cogenti, che introducono una classificazione dei tipi di strada, il concetto di velocità di progetto nonché i parametri minimi del tracciato planimetrico e del profilo. Si tratta di standard che oggi, anche in funzione delle accresciute prestazioni del parco circolante, possono ovviamente apparire inadeguati, specialmente per quanto riguarda i raggi di curvatura minimi e l'organizzazione minima di piattaforma.

Successivamente, attraverso la emissione delle norme C.N.R. 60/78 e C.N.R. 78/80 si arriva alla emanazione nel 1992 del Nuovo Codice Della Strada (D. Lgs. n.285 del 30/04/1992) con cui viene affidato (art.3) al Ministero dei Lavori Pubblici il compito di emanare le norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

Con l'emanazione del D.M. 05/11/2001 - “*Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle Strade*” - viene quindi pubblicata la prima norma sulla disciplina della progettazione stradale, a carattere cogente e che deve quindi essere osservata (Art.2) ... “*per la costruzione di nuovi tronchi stradali e per l'adeguamento di tronchi stradali esistenti salva la deroga di cui al comma 2 dell'art.13 del D. Lgs. n.285 del 30/04/1992.*”

Infatti, all'art.3 del D.M. 05/11/2001, è previsto che “*Nel caso in cui, come previsto dal suddetto comma 2 dell'art.13 del Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n.285, particolari condizioni locali, ambientali, paesaggistiche, archeologiche ed economiche non consentano il pieno rispetto delle presenti norme, possono essere adottate soluzioni progettuali diverse a condizione che le stesse siano supportate da specifiche analisi di sicurezza e previo parere favorevole del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per le autostrade ...*”

Al cap. 1 del D.M. 05/11/2001 è altresì precisato che gli “*... interventi su strade esistenti vanno eseguiti adeguando alle presenti norme (D.M. 05/11/2001), per quanto possibile, le caratteristiche geometriche delle stesse, in modo da soddisfare nella maniera migliore le esigenze della circolazione.*”

Con l'emanazione del D.M. 19/04/2006 – “*Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Intersezioni Stradali*” - vengono successivamente emesse le prime norme cogenti per la regolamentazione della progettazione e costruzione delle intersezioni stradali. Tali norme costituiscono, tuttavia, il riferimento cui la progettazione deve tendere nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti come prescritto all'art.2 comma 3 del D.M. stesso.

A completamento del quadro normativo deve essere infine citato il D.M. 22/04/2004 che, al fine di tenere conto delle difficoltà applicative del D.M. 05/11/2001 agli adeguamenti delle strade esistenti, ha limitato le competenze di tale norma alle sole strade di nuova costruzione (Art.2 e Art.3). Tale ultimo decreto deve comunque essere assunto come riferimento per i progetti di adeguamento in attesa della emanazione di una specifica norma al riguardo al momento non ancora disponibile.

Nelle more della emanazione della suddetta prevista norma specifica nella pratica corrente vengono presi a riferimento i contenuti della “*Bozza di norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti*” del 21/03/2006.

Alla data di redazione del progetto storico del Viadotto Morandi gli unici riferimenti normativi stradali disponibili, non cogenti, erano quindi le norme emesse dal C.N.R.

Premesso quanto sopra, si riporta di seguito l'elenco delle principali disposizioni legislative e riferimenti considerati nella redazione del progetto stradale di ripristino della viabilità sul Viadotto Morandi:

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: “*Nuovo codice della strada*” e s.i.m.
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “*Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada*” e s.i.m.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
6 di 35

- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: *“Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’installazione e la manutenzione”*
- D.M. 05/11/2001: *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”*
- D.M. 22/04/2004: *“Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”*
- D.M. 19/04/2006: *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”*;
- Bozza 21/03/2006 *“Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti”*
- D.M. 18/02/1992: *“Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale”*
- D.M. 21/06/2004: *“Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”* e s.i.m.
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/2010: *“Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”*
- D. Lgs. 15/03/2011 n°35
- D.M 02/05/2012: *“Linee Guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell’articolo 8 del Decreto legislativo 15/03/2011 n°35”*
- Decreto Commissariale n°5 prot. D/2018/5 del 15/11/2018
- D. Lgs. 264 del 2006: *“Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”*

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
7 di 35

3. CONTESTO LOCALE E VINCOLI PROGETTUALI

Il “Viadotto Morandi” costituisce il tratto terminale dell’autostrada A10 limitato, lato Est, dallo svincolo con la A7 (Denominato Genova Ovest) e, lato Ovest, dagli imbocchi delle gallerie che conducono allo svincolo denominato Aeroporto o alla tratta di Ponente dell’Autostrada A10 verso Ventimiglia. Sotto il profilo stradale può quindi essere considerato come un elemento del più esteso arco stradale compreso tra i due suddetti svincoli.

Il contesto in cui si colloca l’opera, densamente urbanizzato, è caratterizzato dalla presenza di attività industriali nonché di strade ed aree ferroviarie fortemente attive.

Ciò premesso, la nuova infrastruttura stradale deve soddisfare i seguenti principali vincoli progettuali:

- evitare le interferenze tra le fondazioni della nuova struttura e la fitta rete di importanti sottoservizi presente nell’area tra cui dei gasdotti. Tale accorgimento consente di evitare tutte le note problematiche connesse con la gestione ed esecuzione dello spostamento dei sottoservizi, sempre preordinato alla costruzione, garantendo minori imprevisti e maggiore certezza di rispetto dei tempi di costruzione
- rispetto dei limiti assegnati al progetto che non prevedono, in particolare, interventi strutturali all’interno delle gallerie esistenti lato Ovest. Non si dispone di dati progettuali e di informazioni certe relativamente alle condizioni strutturali di queste gallerie e tali interventi, non previsti, oltre ad un aumento dei costi, comporterebbero ulteriori elementi di incertezza nei tempi di costruzione
- salvaguardia dell’edificio storico di proprietà Ansaldo lato Nord Ovest. Tale edificio risulta vincolato e non ne è consentita la demolizione
- rispetto del disegno architettonico sviluppato dallo studio “Renzo Piano Building Workshop”, posto a base della Proposta Tecnica di Offerta, che prevede un andamento rettilineo per il nuovo viadotto
- riconnessione allo svincolo lato Est ove non sono previsti interventi sulle rampe esistenti a meno della rampa di uscita dalla A7 in direzione A10 che dovrà essere invece adeguata alla nuova geometria ed alla maggiore larghezza di impalcato del viadotto
- evitare interventi in corrispondenza dell’uscita dalla A7 che possano interessare il sedime dell’Autostrada in esercizio e/o uscire dalle aree già di pertinenza autostradale
- impiego di raggi planimetrici non inferiori agli attuali
- applicazione della Sezione Tipologica come da decreto Commissariale n°5 del 15/11/2018.

Come verrà meglio evidenziato nei successivi punti del presente documento la concomitanza dei vincoli suddetti non consente un puntuale rispetto dei D.M. 05/11/2001 e 19/04/2006 relativamente agli aspetti che verranno precisati.

Si evidenzia che, trattandosi di un intervento di riparazione e ripristino di una strada esistente, con relativo adeguamento, il progetto segue il principio del massimo avvicinamento ai requisiti tecnici dei D.M. 05/11/2001 e 19/04/2006, in modo da conseguire un generale miglioramento rispetto alla situazione preesistente, pur non potendo garantire un puntuale rispetto dei riferimenti normativi. Tale principio è inoltre chiaramente espresso anche dal D.M. 22/04/2004 che regola gli adeguamenti stradali.

Si rimanda comunque alla Analisi di Rispondenza alle norme vigenti, contenuta nella Analisi di Sicurezza, per l’esame delle caratteristiche del tracciato di progetto e dell’infrastruttura storica in relazione alle prescrizioni normative vigenti e relativamente alle condizioni di sicurezza di entrambe anche con riferimento al D.M. 02/05/2012.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
8 di 35

Nella seguente figura 1 è raffigurata la Sezione Tipologica come da decreto Commissariale n°5 del 15/11/2018.

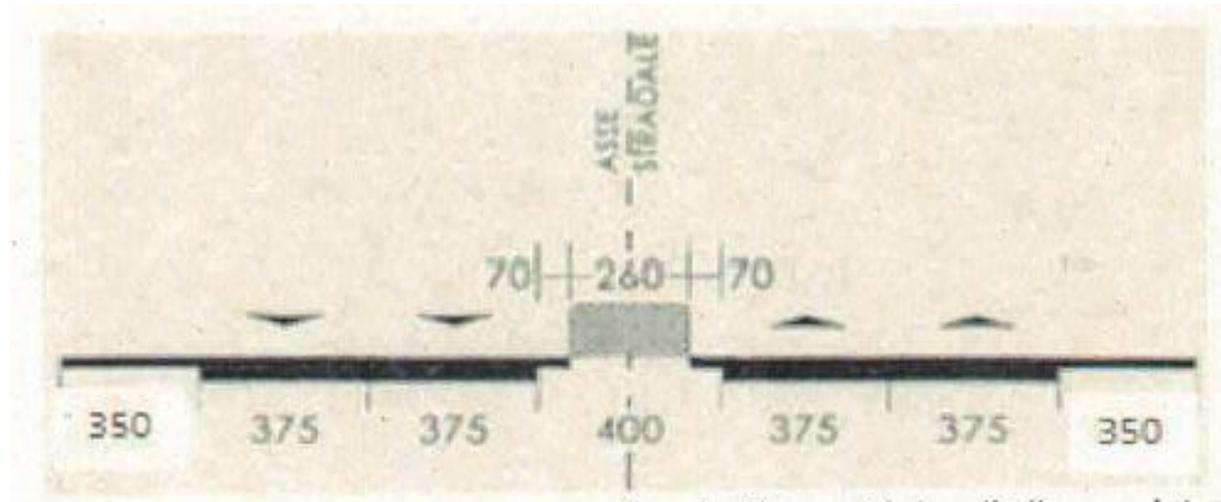


Figura 1 - Sezione Tipologica come da decreto Commissariale n°5 del 15/11/2018

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
9 di 35

4. DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA STORICA

L'infrastruttura attuale rappresenta il tratto terminale della Autostrada **A10** risultando quindi territorialmente collocata in ambito urbano.

Per la definizione del nuovo progetto stradale si è cercato di ricostruire le principali caratteristiche geometriche delle due piattaforme stradali anche al fine di poter conseguire con il nuovo progetto, compatibilmente con i numerosi vincoli elencati al punto precedente, ogni possibile ottimizzazione e miglioramento.

Non è stato infatti possibile, nei tempi disponibili, reperire la documentazione progettuale storica dell'infrastruttura relativamente alla parte stradale e, per tale ragione, le considerazioni che seguono, limitatamente agli elementi della infrastruttura che rivestono interesse per il progetto, derivano dalla ricostruzione per quanto possibile del tracciato e delle geometrie esistenti effettuata sulla base di rilievi celerimetrici e laser scanner effettuati "ad hoc" tra il mese di dicembre 2018 e gennaio 2019, successivamente elaborati mediante software specifici di restituzione e tracciamento stradale.

Si precisa che, sebbene l'elaborazione analitica offra la possibilità di individuare degli elementi teorici di transizione planimetrici, considerata la datazione del progetto si assume che il tracciamento originario del viadotto non abbia considerato la presenza di elementi di transizione.

La restituzione dei rilievi delle gallerie lato Ovest, che sono state rilevate per la loro intera lunghezza, ha poi evidenziato elementi di criticità che hanno condizionato significativamente le possibili geometrie per il nuovo tracciato. Le estremità di uscita dalle gallerie suddette, lato portale Est per un'estensione di circa 90m (di cui 65m interni alle gallerie e 25m esterni), presentano infatti un andamento convergente non simmetrico rispetto all'asse geometrico delle due canne.

Si riscontra inoltre, su entrambe le carreggiate all'interno delle gallerie, una successione di brevi rettifili e curve di ridotta estensione e con ridotte pendenze trasversali.

Premesso quanto sopra, prendendo in considerazione l'arco stradale compreso tra i due svincoli di Aeroporto e Genova Ovest e con riferimento all'asse delle singole carreggiate, si è potuta ricostruire la successione teorica degli elementi geometrici riassunti nei punti successivi.

4.1. Asse principale sul viadotto

ELEMENTO	SVILUPPO (M)	RAGGIO (M)
Rettifilo (Interno galleria lato Ovest)	863	--
Curva (Interno galleria)	20	200
Rettifilo (Interno galleria)	58	--
Curva	311	290
Rettifilo	800	--

Tabella 1 - Carreggiata Est

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
10 di 35

ELEMENTO	SVILUPPO (m)	RAGGIO (m)
Rettifilo	830	--
Curva	289	300
Rettifilo	34	--
Curva	32	300
Rettifilo (Interno galleria)	17	--
Curva (interno galleria)	34	300
Rettifilo (Interno galleria)	856	--

Tabella 2 - Carreggiata Ovest

L'andamento altimetrico risulta debolmente discendente all'interno delle gallerie (pendenza pari a circa 1%) procedendo in direzione Ovest - Est per poi attestarsi alla quota costante di circa 56m s.l.m. per tutta l'estensione del viadotto.

Le sezioni trasversali sul viadotto presentano un andamento irregolare. In particolare, su entrambe le carreggiate si riscontra una dimensione trasversale di piattaforma complessivamente disponibile pari a circa 8,0m ove sono inserite corsie e banchine di dimensioni variabili.

Mediando i dati desunti dai rilievi, l'organizzazione e la geometria delle sezioni trasversali del viadotto storico possono essere riassunte come indicato nelle tabelle seguenti:

ELEMENTO	NUMERO	DIMENSIONI (m)
Corsie	2	3,50 - 3,75 variabile
Banchina interna	1	0,25 variabile
Banchina esterna	1	0,50 variabile
Spartitraffico centrale	New Jersey Monofilare	-
Allargamento visibilità interno curva	Assente	-

Tabella 3 - Sezione trasversale tipica del viadotto

ELEMENTO	NUMERO	DIMENSIONI (m)
Corsie	2	3,50
Camminamento interno rialzato	1	variabile
Banchina/Cunetta in destra	1	variabile

Tabella 4 - Sezione trasversale tipica gallerie

In asse al viadotto ed esternamente alle due carreggiate sono presenti dispositivi di ritenuta di tipo **New Jersey** monofilari in cemento armato.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
11 di 35

Sotto il profilo dell'esercizio stradale il tratto autostradale in esame risulta regolamentato dalla presenza di limiti di velocità fissati rispettivamente in 60 km/h per i veicoli di peso superiore a 12 t e 90 km/h per tutti gli altri veicoli.

4.2. Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

La Rampa di uscita dalla A7 (provenienza da Milano) conduce sull'Autostrada A10 direzione Ventimiglia, percorsa nella direzione di effettiva marcia, risulta composta dagli elementi geometrici e sezione trasversale riassunti nelle tabelle seguenti:

ELEMENTO	SVILUPPO (m)	RAGGIO (m)
Rettifilo (in uscita dalla A7)	18	--
Curva	21	80
Rettifilo	7	--
Transizione	84	--
Curva immissione su carreggiata Nord	78	76

Tabella 5 - Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

ELEMENTO	NUMERO	DIMENSIONI (m)
Corsie	1	5,50
Banchina in sinistra	--	--
Banchina in destra	--	--
Allargamenti visibilità interno curva	--	--

Tabella 6 - Sezione trasversale tipica Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

4.3. Rampe lato levante (direzione A7)

Non si riporta la descrizione delle due rampe di uscita in direzione A7 in quanto non rilevanti per le finalità del presente documento in quanto non oggetto di intervento.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
12 di 35

4.4. Considerazioni sull'infrastruttura storica

Sulla base dei dati sopra esposti, l'infrastruttura storica alla luce delle vigenti prescrizioni normative del D.M. 05/11/2001 e del D.M. 19/04/2006 presenta, principalmente:

4.4.1. Asse principale sul viadotto

- sezioni trasversali non rispondenti alla organizzazione e alle dimensioni minime di piattaforma previste dalla norma. Mancanza di banchine in destra e sinistra – e/o la presenza di banchine di dimensioni e geometrie inadeguate - nonché l'assenza di spartitraffico adeguato alla categoria della strada
- assenza di allargamenti in curva con conseguente deficit di visibilità
- assenza di elementi a curvatura variabile
- deficit di pendenza trasversale in corrispondenza delle curve collocate in adiacenza al portale delle gallerie lato Ovest. I rilievi hanno evidenziato una pendenza trasversale media pari a circa il 5% a fronte del 7% richiesto dal raggio di curvatura secondo le norme attuali
- deficit di pendenza trasversale sul rettilineo del viadotto ove dai rilievi si è potuto riscontrare un valore di circa 1,5%
- mancato rispetto dei limiti previsti per il rapporto tra la lunghezza dei rettilinei ed il valore del raggio delle curve ad esso collegate. Relativamente a tale aspetto va evidenziato, in particolare, che il rettilineo centrale collocato al di sopra del viadotto (della lunghezza di circa 800m) risulta di sviluppo eccessivo in rapporto al valore del raggio, circa 295m (in asse viadotto), lato ponente in approccio alle gallerie ed al valore dei raggi delle rampe in uscita lato levante
- mancato rispetto del differenziale limite di velocità tra curva e rettilineo
- mancato rispetto del valore minimo del raggio di curva prescritto per la categoria di strada

4.4.2. Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

- sezione trasversale non rispondente all'organizzazione di piattaforma prevista
- mancanza di allargamento in curva
- mancanza di adeguato tronco di manovra in uscita dalla A7
- ridotta estensione del tratto di decelerazione

Ovviamente non deve essere dimenticato che l'infrastruttura in oggetto è stata progettata e realizzata in un periodo in cui non esistevano norme stradali cogenti né, tantomeno, evolute e puntuali come le attuali.

Si precisa che, alla data di redazione del presente progetto, i rilievi effettuati hanno evidenziato che la rampa suddetta era interessata da alcuni interventi sulla rispettiva carreggiata con limitazione della sezione trasversale.

Si rimanda comunque alla Analisi di Rispondenza alle norme vigenti, contenuta nella Analisi di Sicurezza, per l'esame delle caratteristiche del tracciato di progetto e dell'infrastruttura storica in relazione alle prescrizioni normative vigenti e relativamente alle condizioni di sicurezza di entrambe anche con riferimento al D.M. 02/05/2012.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
13 di 35

4.5. APPROCCIO PROGETTUALE

Come già detto, gli interventi previsti in progetto riguardano il ripristino della viabilità autostradale relativa al tratto in area urbana dell'autostrada A10, ubicata al disopra del Viadotto Morandi a seguito del crollo avvenuto in data 14/08/2018.

Lo studio del tracciato è stato principalmente indirizzato alla individuazione di una o più soluzioni che, contemporaneamente, potessero rispettare la normativa stradale vigente e tutti i vincoli esterni come elencati e descritti al precedente punto (3) della presente relazione.

Particolare rilevanza è stata data al rispetto del progetto architettonico redatto dallo studio "Renzo Piano Building Workshop" che prevede un andamento rettilineo ed orizzontale per il ponte.

Tuttavia, come sarà meglio evidenziato al successivo punto (6) ove vengono illustrate alcune delle soluzioni studiate che meglio soddisfano la normativa stradale, non è stato possibile individuare una soluzione che riesca a rispettare, allo stesso tempo, entrambi i requisiti suddetti e cioè i vincoli esterni e la richiamata normativa.

Attraverso numerosi tentativi si è pertanto giunti ad una soluzione progettuale nella quale si applicato al meglio il D.M. 05/11/2001 e il D.M. 19/04/2006, nell'ottica di un miglioramento delle condizioni di sicurezza della circolazione rispetto alla infrastruttura storica, ancorché tali D.M. non siano rispettati in diversi punti come sarà meglio esplicitato nel seguito.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
14 di 35

5. ANALISI DELLE ALTERNATIVE

Vengono di seguito descritte alcune delle soluzioni studiate con l'obiettivo principale di ricercare, prioritariamente, una soluzione rispettosa della normativa stradale.

Per ogni alternativa è stata fatta l'assunzione di non prevedere interventi strutturali in corrispondenza dello svincolo lato Est a meno della rampa di uscita dalla A7 in direzione Ovest che, in ogni modo, dovrà essere demolita e ricostruita.

Lo svincolo suddetto oltre a non rientrare nei limiti dell'intervento in futuro sarà interessato da adeguamenti strutturali per il collegamento del viadotto con il tracciato della "Gronda".

5.1. Alternativa di tracciato "A" (12)

In questa ipotesi, le gallerie non sono interessate da interventi strutturali ed il tracciato rispetta la normativa stradale a meno degli estremi dove deve raccordarsi all'esistente.

Cambia l'andamento del viadotto rispetto al disegno architettonico previsto dallo studio "Renzo Piano Building Workshop", non si interferisce con i sottoservizi ma si impatta con il fabbricato Ansaldo che dovrebbe essere demolito.

Non vengono rimossi i flessi all'interno delle gallerie lato Ovest.

5.2. Alternativa di tracciato "B" (13)

In questa ipotesi le gallerie sono interessate da interventi strutturali per un'estensione di circa 90m e il tracciato rispetta la normativa stradale a meno dell'estremo Est ove deve raccordarsi all'esistente.

Non si interferisce con i sotto servizi e non viene interessato il fabbricato Ansaldo. La forma del viadotto rispetta il disegno architettonico previsto dallo studio "Renzo Piano Building Workshop".

Vengono rimossi i flessi all'interno delle gallerie lato Ovest.

5.3. Alternativa di tracciato "C" (14)

In questa ipotesi le gallerie sono interessate da interventi strutturali per un'estensione di circa 70m e il tracciato rispetta la normativa per tutta l'estensione fino all'estremo Est ove si raccorda all'esistente.

Si interferisce con i sotto servizi ma non viene interessato il fabbricato Ansaldo. La forma del viadotto rispetta il disegno architettonico previsto dallo studio "Renzo Piano Building Workshop", e il tracciato riesce a riprendere l'andamento del viadotto esistente.

Vengono rimossi i flessi all'interno delle gallerie lato Ovest.

5.4. Schemi delle alternative di tracciato studiate

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle alternative di tracciato descritte nei precedenti paragrafi.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
15 di 35

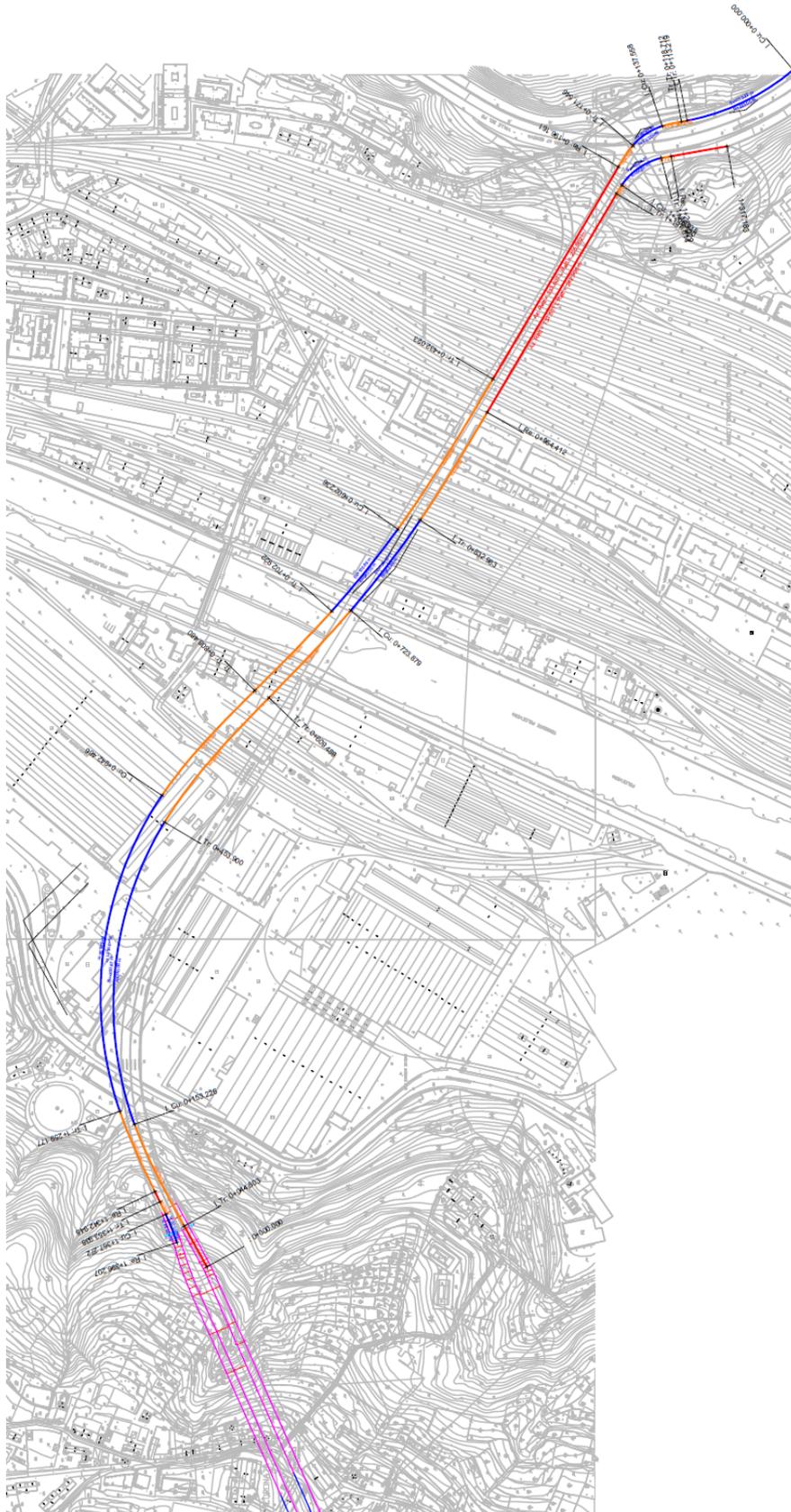


Figura 2 - Alternativa di tracciato "A" (12)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
16 di 35



Figura 3 - Alternativa di tracciato "B" (13)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
18 di 35

6. DESCRIZIONE DEL NUOVO PROGETTO STRADALE

Il progetto stradale della nuova infrastruttura è stato redatto nel rispetto dei vincoli e degli obiettivi elencati al precedente punto (3) della presente relazione in un'ottica di miglioramento della sicurezza stradale.

Rispetto alla posizione dell'infrastruttura storica, il nuovo tracciato si presenta leggermente ruotato verso sud al fine di soddisfare l'esigenza primaria di evitare le interferenze con la densa rete di sottoservizi.

Si descrive sinteticamente di seguito l'andamento planimetrico delle due carreggiate del viadotto che sono state tracciate con riferimento a due assi separati rappresentati rispettivamente dagli assi delle due carreggiate.

L'andamento altimetrico rimane sostanzialmente invariato rispetto a quello della infrastruttura storica e risponde al disegno architettonico. In particolare, il profilo altimetrico del viadotto è riferito al tracciamento dei cigli interni, ove avviene la rotazione delle sagome stradali, e presenta andamento orizzontale.

Nella seguente figura 5è rappresentata la planimetria del progetto stradale.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
19 di 35

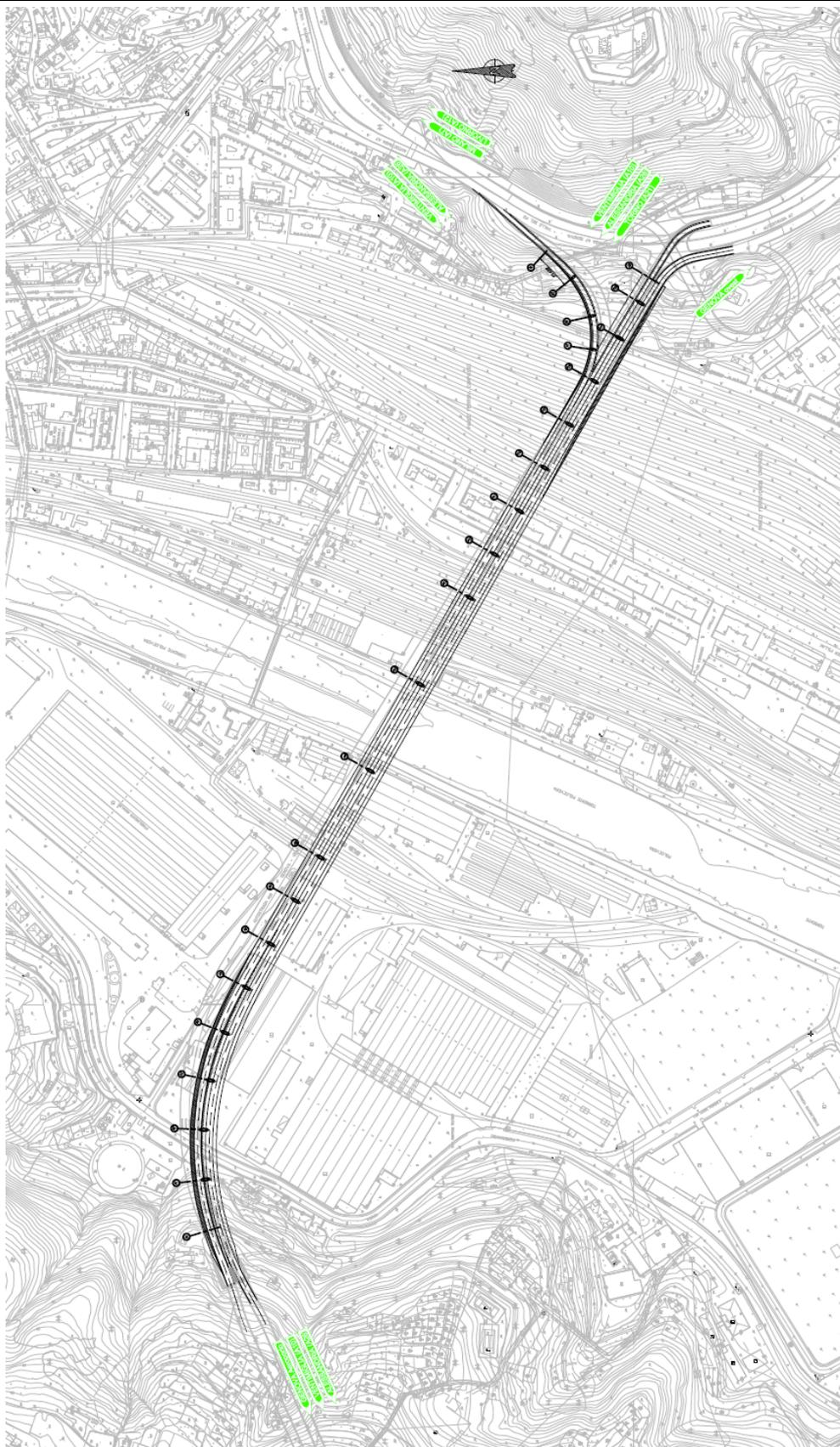


Figura 5 - Planimetria di progetto stradale

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
20 di 35

6.1. Carreggiata Est Viadotto

Il tracciamento ha origine nell'intorno del portale di uscita dalla galleria con l'inserimento di un elemento di transizione che, riconnettendosi agli elementi geometrici presenti all'interno del fornice, conduce ad una curva destrorsa di raggio $R=290m$ (misurato in asse carreggiata) uguale al raggio presente sull'infrastruttura storica. Tale intervento ha comportato l'avvicinamento della curva al portale con la parziale collocazione della clotoide, per circa $2/3$, all'interno della galleria.

Il progetto prevede che lungo la suddetta clotoide, già all'interno della galleria, avvenga la rotazione dei cigli per consentire la corretta percezione dell'elemento geometrico e il conseguimento della prevista pendenza trasversale della sagoma stradale all'imbocco della curva.

A valle della curva di raggio $R = 290m$ è inserito un secondo elemento di transizione che collega l'uscita della curva con il rettifilo collocato al di sopra del viadotto. Al termine del rettifilo è prevista una curva di raggio $R = 2594,25m$ (misurato in asse carreggiata), collegata a monte e a valle da elementi di transizione, che consente di riprendere l'allineamento delle rampe di uscita in direzione A7 ove non sono previsti interventi.

Per il dimensionamento degli elementi geometrici è stato preso a riferimento il diagramma delle velocità costruito imponendo, ai limiti dell'intervento, velocità di progetto rispettivamente pari a $100 km/h$ in uscita dalla galleria (rettifilo in galleria), e $50 km/h$ in corrispondenza delle rampe di uscita verso la A7.

Si precisa, in particolare, che la velocità di $100 km/h$ è stata assunta incrementando di $10 km/h$ il limite di velocità di $90 km/h$ attualmente presente a monte dell'infrastruttura. Analogamente la velocità di $50 km/h$ è stata stabilita incrementando di $10 km/h$ il limite di $40 km/h$ oggi presente sulle rampe di uscita verso la A7.

Il limite di $100 Km/h$ risulta ininfluenza sulla velocità di percorrenza della curva di raggio pari a $200m$ posta all'interno della galleria immediatamente a monte dell'inizio intervento, poiché per una curva di tale raggio è percorribile al massimo a $73.5 Km/h$.

Nelle figure 6 e 7 seguenti sono riportati il diagramma delle velocità e la tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 estratti dal software Bentley Power Civil V8i.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
21 di 35

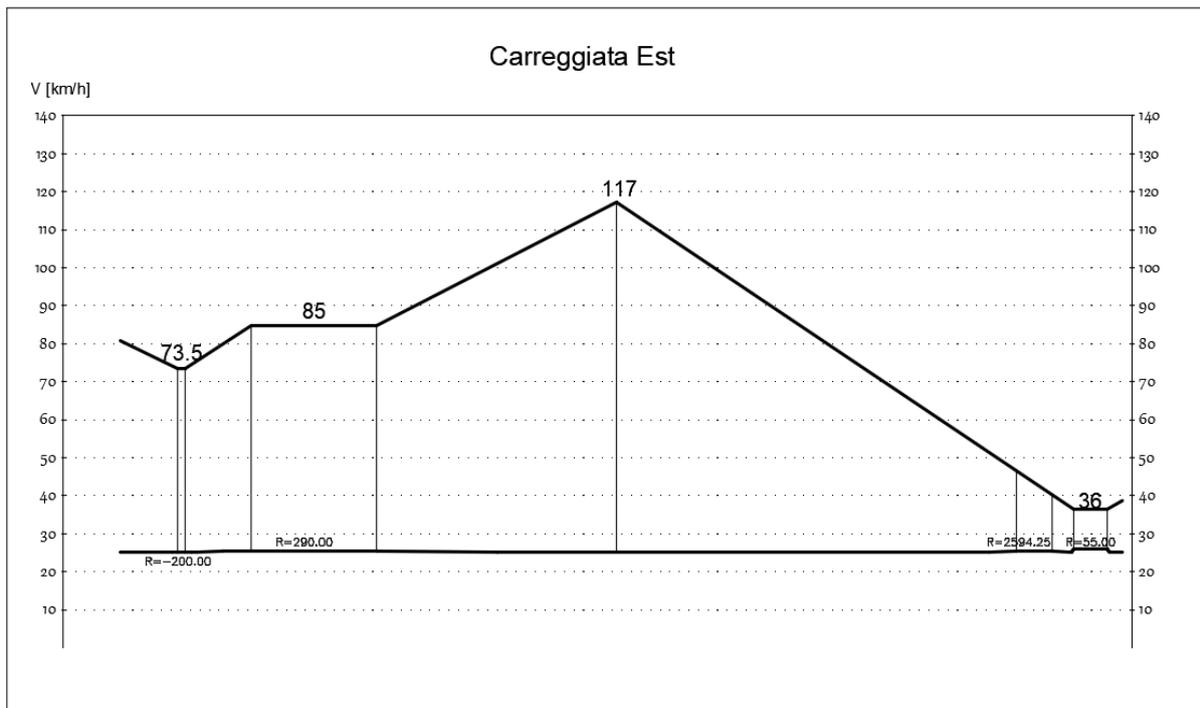


Figura 6 – Diagramma velocità carreggiata Est

Verifiche planimetriche		Verifiche altimetriche		Perdita di tracciato	Allargamento in curva		Allargamento per visibilità		Diagramma di visibilità												
Tipo Elem	Prog In	Prog out	R	V Max	Lungh	A	Qi	Qf	B	Di	t (sec)	T Circ	Rmin	Lmin	Lmax	Rettifilo tra curve	A(R/3)	A contr	A sopr	R/3<A<R	
Circonferenza	-49.775	-39.744	-200	73.54	10.031		-0.07	-0.07			0.491	2.5	Non verificato								
Clotoide	-39.744	-31.744		74.588	8	40	0.07	-0.025	7.95	9.441							66.667	102.251	88.731	Non verificato	
Rettifilo	-31.744	-24.656		75.516	7.087									11.2	3080	L<300->R>L R= 200					
Clotoide	-24.656	9.826		80.032	34.483	100	-0.025	0.07	7.5	2.066							96.667	113.7	110.677	Verificato	
Circonferenza	9.826	209.723	290	84.791	199.896		0.07	0.07			8.487	2.5	Non verificato								
Clotoide	209.723	369.119		101.159	159.397	215	0.07	-0.025	7.5	0.447							96.667	193.163	124.43	Verificato	
Rettifilo	369.119	1012.889		117.159	643.769									232.952	3080	L>=300->R>=400 R= 290					
Clotoide	1012.889	1047.465		51.277	34.577	299.501	-0.025	0.037	7.5	1.347							864.75	55.215	214.214	Non verificato	
Circonferenza	1047.465	1094.907	2594.25	46.608	47.441		0.037	0.037			3.664	2.5	Verificato								
Clotoide	1094.907	1117.036		40.203	22.13	239.603	0.037	0.025	7.5	2.104							864.75	33.941	189.677	Non verificato	
Rettifilo	1117.036	1120.23		37.215	3.193									30	3080	L<300->R>L R= 55					
Clotoide	1120.23	1122.948		36.784	2.618	12	0.025	0.07	9.136	33.151							18.333	24.443	32.676	Non verificato	
Circonferenza	1122.948	1167.227	55	36.42	44.288		0.07	0.07			4.286	2.5	Non verificato								

Figura 7 – Tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 della carreggiata Est

In blu è evidenziato il tratto oggetto di intervento e alcuni parametri geometrici delle clotoidi non risultano verificati ai sensi del DM.

In particolare, la clotoide A=100 non soddisfa di poco i parametri di contraccolpo e sopraelevazione perché la sua estensione è limitata dai vincoli geometrici necessari per ricucire il tracciato all'imbocco della galleria esistente.

Entrambe le clotoidi della curva R=2594.25m invece non soddisfano il parametro ottico che, tuttavia, risulta in generale meno vincolante. A causa dell'ampiezza del raggio di curvatura sarebbe infatti necessario uno sviluppo non compatibile con l'innesto della rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano) e con le rampe esistenti lato levante (direzione A7).

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
22 di 35

6.2. Carreggiata Ovest Viadotto

Anche per questa carreggiata il tracciamento ha origine nell'intorno del portale di uscita dalla galleria con un elemento di transizione che, riconnettendosi agli elementi geometrici presenti all'interno del fornice, conduce ad una curva destrorsa di raggio $R = 300\text{m}$ (misurato in asse carreggiata) uguale al raggio presente sull'infrastruttura storica. A valle della curva suddetta è inserito un secondo elemento di transizione che collega l'uscita della curva con il rettilineo collocato al di sopra del viadotto. Al termine del rettilineo è ubicata una curva di raggio $R = 2605,75\text{m}$ (misurato in asse carreggiata), collegata a monte e a valle da elementi di transizione, che consente di riprendere l'allineamento delle rampe di uscita in direzione A7.

Per il dimensionamento degli elementi geometrici è stato preso a riferimento il diagramma delle velocità costruito imponendo, ai limiti dell'intervento, velocità di progetto rispettivamente pari a 100 km/h in ingresso alle gallerie, e 50 km/h in corrispondenza della rampa di ingresso al viadotto dalla A7.

Si precisa, in particolare, che la velocità di 100 km/h è stata determinata incrementando di 10 km/h il limite di velocità di 90 km/h attualmente presente a monte dell'infrastruttura mentre la velocità di 50 km/h è stata stabilita incrementando di 10 km/h il limite di 40 km/h oggi presente sulle rampe di ingresso sul viadotto.

Si evidenzia che il limite di 100 Km/h risulta ininfluenza sulle velocità di percorrenza delle curve di flessio con raggio pari a 300m poste all'interno della galleria immediatamente a monte dell'inizio intervento, poiché per tali valori di raggio le curve sono percorribili al massimo a 86 Km/h .

Nelle figure 8 e 9 seguenti sono riportati il diagramma delle velocità e la tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 estratti dal software Bentley Power Civil V8i.

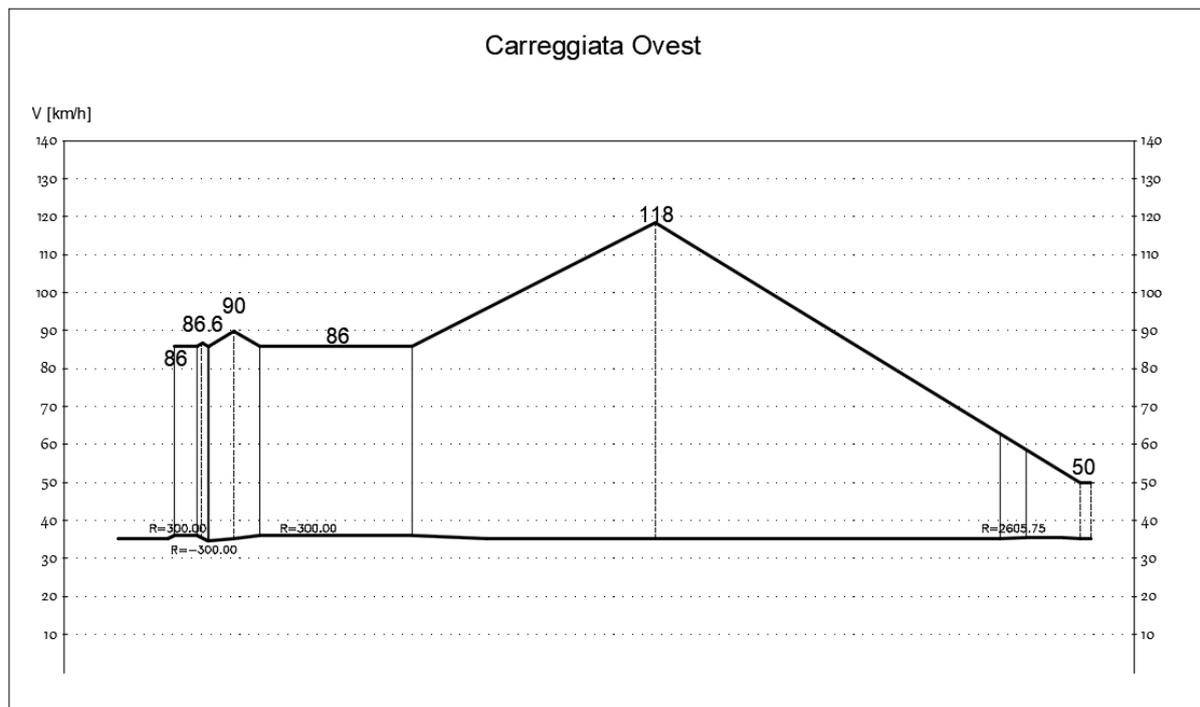


Figura 8 – Diagramma velocità carreggiata Ovest

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
23 di 35

Verifiche planimetriche		Verifiche altimetriche		Perdita di tracciato	Allargamento in curva		Allargamento per visibilità		Diagramma di visibilità												
Tipo Elem	Prog In	Prog out	R	V Max	Lungh	A	Qi	Qf	B	Di	t (sec)	T Circ	Rmin	Lmin	Lmax	Rettifilo tra curve	A(R/3)	A contr	A sopr	R/3<A<R	
Clotoide	-26.561	-18.227		86.798	8.333	50	0.07	0	7.5	6.3							100	124.836	100.63	Non verificato	
Clotoide	-18.227	-12.894		86.618	5.333	40	0	0.07	7.5	9.844							100	124.177	100.526	Non verificato	
Circonferenza	-12.894	-10.886	-300	85.978	2.008		-0.07	-0.07			0.084	2.5	Non verificato								
Clotoide	-10.886	22.447		89.908	33.333	100	0.07	0	7.5	1.575							100	136.417	102.417	Verificato	
Clotoide	22.447	55.78		89.908	33.333	100	0	0.07	7.5	1.575							100	136.417	102.417	Verificato	
Circonferenza	55.78	254.573	300	85.978	198.793		0.07	0.07			8.324	2.5	Non verificato								
Clotoide	254.573	353.186		95.986	98.613	172	0.07	-0.025	7.5	0.723							100	171.388	123.279	Verificato	
Rettifilo	353.186	1023.716		118.339	670.529									240.032	3080	L>=300->R>=400. R= 300					
Clotoide	1023.716	1058.369		62.877	34.653	300.496	-0.025	0.037	7.5	1.342							868.583	83.025	237.535	Non verificato	
Circonferenza	1058.369	1106.084	2605.75	58.609	47.715		0.037	0.037			2.931	2.5	Verificato								
Clotoide	1106.084	1128.262		52.732	22.179	240.399	0.037	-0.025	7.5	2.096							868.583	58.393	217.529	Non verificato	
Rettifilo	1128.262	1142.389		50	14.127									40	3080						

Figura 9 – Tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 della carreggiata Ovest

In blu è evidenziato il tratto oggetto di intervento e alcuni parametri geometrici delle clotoidi non risultano verificati ai sensi del DM.

In particolare la clotoide A=100 non soddisfa di poco i parametri di contraccolpo e sopraelevazione perché la sua estensione è limitata dai vincoli geometrici necessari per ricucire il tracciato all'imbocco della galleria esistente.

Entrambe le clotoidi della curva R=2605.75m invece non soddisfano il parametro ottico che, tuttavia, risulta in generale meno vincolante. A causa dell'ampiezza del raggio di curvatura sarebbe infatti necessario uno sviluppo non compatibile con l'innesto della rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano) e con le rampe esistenti lato levante (direzione A7).

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
24 di 35

6.3. Allargamenti per visibilità sul viadotto

Con i tracciati sopra descritti:

1. si ottiene un allargamento parziale all'interno della curva con $R = 300\text{m}$ in carreggiata Ovest, del valore massimo di circa 1,5m, che in associazione all'applicazione di un trattamento superficiale ad alta aderenza sul manto stradale di usura, rende la curva compatibile con una velocità di progetto di circa 85 km/h.
2. non è necessario allargamento per visibilità all'interno della curva con $R = 290\text{m}$ sulla carreggiata Est in quanto la banchina da 3,50m risulta sufficiente allo scopo suddetto.

Nella successiva fig. 10, relativa al tratto di transizione tra le gallerie e il viadotto di seguito descritto, è anche rappresentata la geometria dell'allargamento in carreggiata Ovest in corrispondenza della curva con $R = 300\text{m}$.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
26 di 35

Si evidenzia in particolare che:

- le corsie mantengono la misura di 3,50m presente in galleria per circa 184 m in carreggiata Ovest e 131 m in carreggiata Est, misurati dal portale delle gallerie, per poi raccordarsi al valore di 3,75m relativo alla sezione corrente sul viadotto
- analogamente, le banchine interne sono mantenute al valore minimo di 0,25m per circa 184 m in carreggiata Ovest e 131 m in carreggiata Est, misurati dal portale delle gallerie, per poi raccordarsi al valore di 0,70m relativo alla sezione corrente sul viadotto
- l'estensione del tratto di transizione previsto in carreggiata Ovest risponde al principio di sicurezza di prevedere il cambio di sezione a partire da una distanza dal portale della galleria almeno pari allo spazio percorso in 10 secondi alla velocità di progetto (D. Lgs. 264 del 2006 - p.to 2.1.3 dell'allegato 2)
- per ragioni di corretta percezione prospettica la banchina esterna in carreggiata Ovest risulterà zebra a partire dall'inizio della clotoide di collegamento tra il rettilo sul ponte e la curva di raggio $R = 300m$
- la piena larghezza dello spartitraffico, pari a 2,60m, viene conseguita sul viadotto tra la pila n°2 e la pila n°3 e si mantiene poi costante per tutta la successiva estensione del viadotto
- la sezione piena di progetto, in carreggiata Ovest, viene conseguita a partire dalla progressiva 0+232.014
- la sezione piena di progetto, in carreggiata EST, viene conseguita a partire dalla progressiva 0+177.285
- nel tratto compreso tra il portale delle gallerie ed il punto suddetto lo spazio disponibile per lo spartitraffico presenta una larghezza variabile, inferiore a 2,60m, ma non minore di 1,60m circa, in corrispondenza dell'uscita dalle gallerie in modo da garantire il corretto spazio di lavoro delle barriere previste con nuovo schema di posa bifilare
- i due allineamenti centrali dei dispositivi di ritenuta vengono raccordati al portale delle gallerie mediante un setto centrale di adeguata geometria

6.5. Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

In conseguenza della variazione di allineamento dell'asse del viadotto nonché dell'allargamento delle carreggiate per consentire l'inserimento sull'impalcato della corsia di emergenza da 3,50m, la rampa in oggetto dovrà essere interamente ricostruita.

Il nuovo tracciamento stradale ha origine in corrispondenza della attuale uscita dalla A7, che verrà sostanzialmente mantenuta invariata al fine di non effettuare complessi interventi di adeguamento sulla sede autostradale in esercizio, prosegue con un rettilo connesso mediante elemento di transizione ad una curva di raggio $R = 95m$ a sua volta collegata con elemento di transizione all'elemento di innesto sulla corsia di ingresso più esterna del viadotto in coerenza con la configurazione attuale.

Con il nuovo tracciato vengono inseriti gli allargamenti rispettivamente per visibilità, pari a 1,20m, ed iscrizione pari a 0,50m ($E=45/95$).

Il dimensionamento degli elementi geometrici del tracciato piano altimetrico e l'organizzazione della sezione trasversale della rampa sono coerenti con le prescrizioni dei D.M. 05/11/2001 e 19/04/2006 a meno del tronco di manovra dell'ago in uscita dalla A7 che, per le motivazioni già esposte, non può avere la lunghezza minima prescritta: lo sviluppo della corsia di uscita secondo il suddetto DM è pari a circa 150m da applicarsi tra il margine della A7 e l'inizio della curva circolare di $R=95m$, mentre nel progetto sono disponibili circa 60m.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
27 di 35

Relativamente al nodo di ingresso della rampa suddetta sul viadotto sono state considerate due possibili configurazioni di seguito descritte.

Nelle figure 11 e 12 seguenti sono riportati il diagramma delle velocità e la tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 estratti dal software Bentley Power Civil V8i.

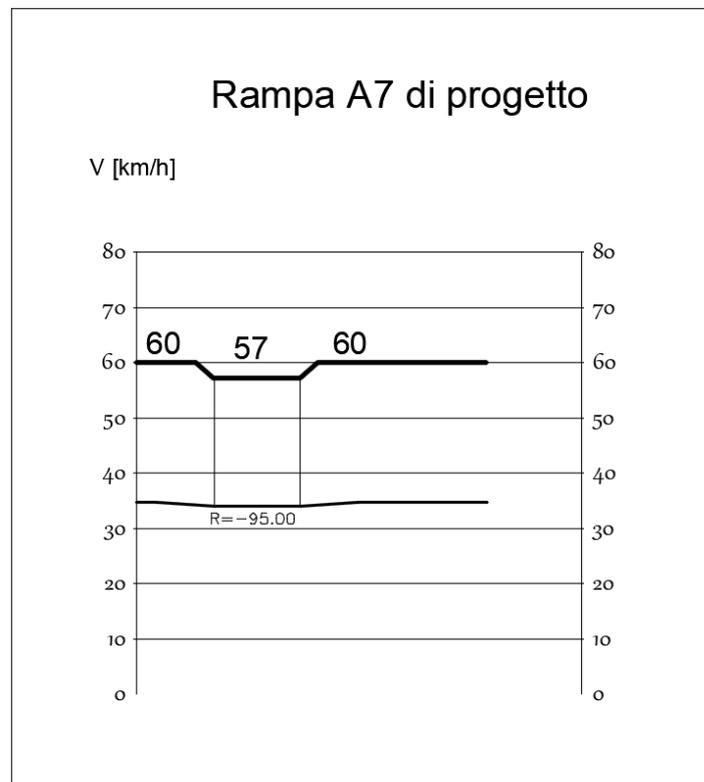


Figura 11 – Diagramma velocità rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

Verifiche planimetriche		Verifiche altimetriche		Perdita di tracciato		Allargamento in curva		Allargamento per visibilità		Diagramma di visibilità											
Tipo Elem	Prog In	Prog out	R	V Max	Lungh	A	Qi	Qf	B	Di	t (sec)	T Circ	Rmin	Lmin	Lmax	Rettifilo tra curve	A(R/3)	A contr	A sopr	R/3<A<R	
▶ Rettifilo	0	17.72	60	17.72										50	1320						
Clotoide	17.72	69.299	60	51.579	70	-0.025	0.07	4.697	0.865								31.667	68.406	54.848	Verificato	
Circonferenza	69.299	147.263	-95	57.222	77.964	-0.07	-0.07			4.905	2.5	Verificato					31.667	68.406	54.848	Verificato	
Clotoide	147.263	198.842	60	51.579	70	0.07	-0.025	4.697	0.865								31.667	68.406	54.848	Verificato	
Rettifilo	198.842	313.731	60	114.889										50	1320						

Figura 12 – Tabella riepilogativa delle verifiche ai sensi del D.M. 05/11/2001 della rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

In valore del rettifilo iniziale che risulta inferiore al minimo prescritto, in realtà è da leggersi in continuità con il tracciato della autostrada A7 esistente.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
28 di 35

6.5.1. Corsia di accelerazione ed immissione

Tale configurazione prevede una corsia di immissione in sovrapposizione alla corsia di emergenza sulla carreggiata Nord delle dimensioni di 3,50m.

I dati riferiti al 2017, forniti da Autostrade per l'Italia, espongono i seguenti volumi di traffico in termini di TGMA:

- Rampa A7 (provenienza Milano) → A10: 16.974
- Rampa A7 (provenienza Genova) → A10: 14.390

Utilizzando i dati suddetti è stato effettuato un dimensionamento preliminare della corsia di accelerazione ed immissione che è risultata di estensione variabile tra 300m e 400m.

Deve essere inoltre precisato che a circa 150m dal portale di imbocco alla galleria si prevede l'inizio della zebratura di raccordo tra la corsia di emergenza ed il ciglio della galleria stessa con un'ulteriore riduzione della estensione utile della corsia di emergenza sul viadotto.

Nella configurazione suddetta:

- la disponibilità della corsia di emergenza sulla carreggiata Ovest si riduce a poche centinaia di metri
- le dimensioni della sezione trasversale della corsia di accelerazione/immissione risultano non conformi a quanto prescritto dal D.M. 19/04/2006 che prevede una corsia da 3,75m ed una banchina in destra da 2,50m per un totale di 6,25m. Per motivazioni legate al rispetto del progetto architettonico non è infatti possibile incrementare al suddetto valore di 6,25m la dimensione della banchina in destra sul viadotto, fissata in 3,50m.
- dai dati di traffico risulta che il ramo interessato dai maggiori volumi è la Rampa A7 Direzione Sud/A10 e, pertanto, la scelta di mettere tale flusso in attesa potrebbe generare delle code con possibili ripercussioni sulla stessa autostrada A7.

6.5.2. Rampe confluenti

Tale configurazione prevede l'inquadramento della zona di ingresso al viadotto lato Levante come area di svincolo considerando i due rami, uno proveniente dal casello di Genova Ovest e l'altro da Milano, come la confluenza di due rampe affiancate, in perfetta analogia alla situazione esistente.

In questa configurazione:

- i due flussi di traffico vengono mantenuti su corsie dedicate e non si generano impatti sul traffico proveniente dalla A7 (provenienza Milano) rispetto alla situazione presente prima del crollo
- l'interferenza con la corsia di emergenza del viadotto è limitata al tratto di immissione
- sono rispettati i vincoli architettonici
- viene conseguito un migliore rispetto della normativa stradale
- viene mantenuta la configurazione storica delle immissioni con minore impatto sul traffico

Per le ragioni suddette si ritiene preferibile questa seconda soluzione.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
29 di 35

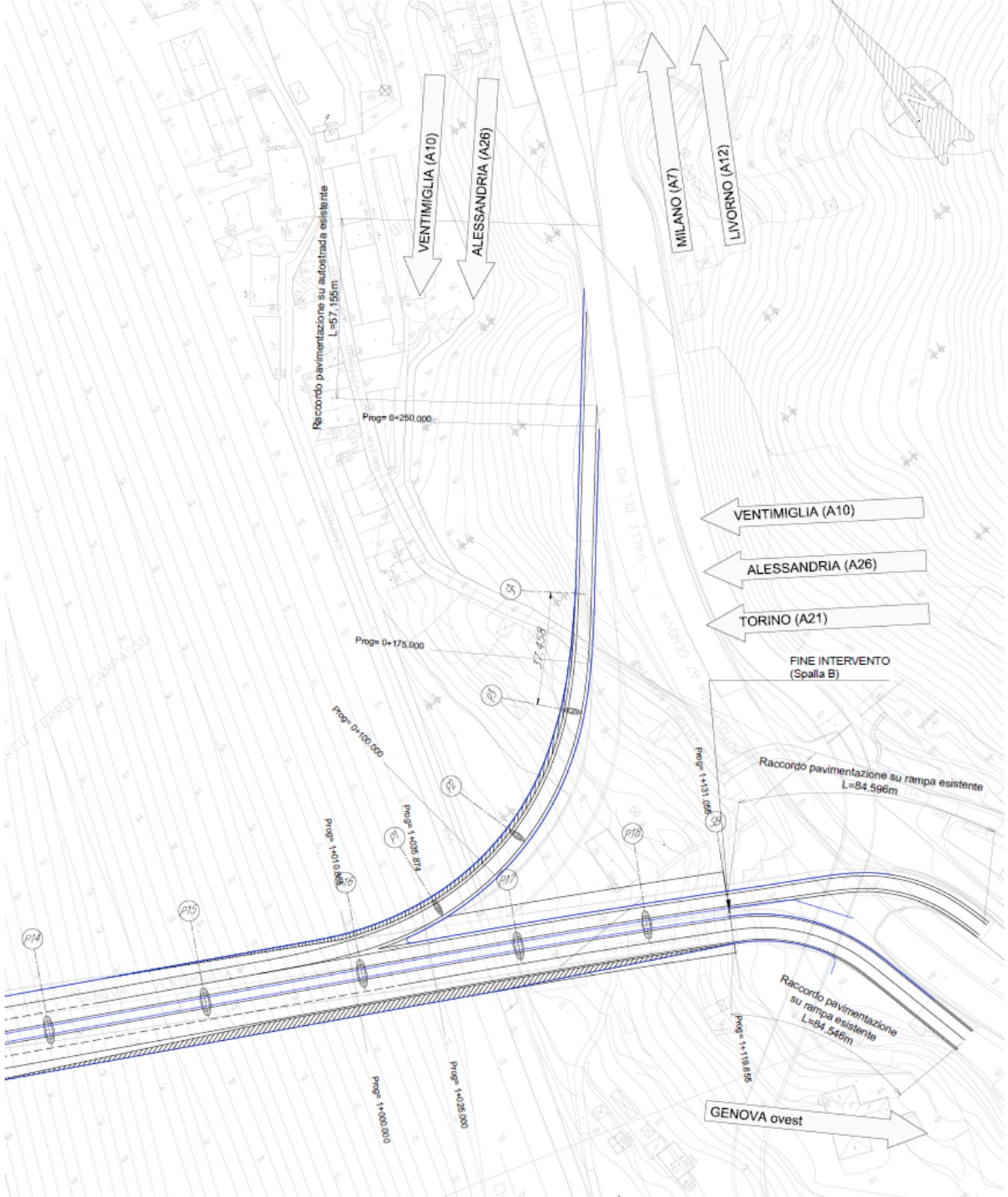


Figura 13 – Rampe A7 – Zona di confluenza

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
30 di 35

6.6. Tracciato rampe esistenti lato levante

Per le rampe di collegamento in direzione Genova Ovest e Milano e per la rampa proveniente da Genova Ovest, il progetto non prevede interventi di adeguamento del tracciato se non minimali (pavimentazioni, etc.) e limitatamente a quanto necessario per la riconnessione delle rampe stesse con la nuova geometria del viadotto.

6.7. Sezioni trasversale del viadotto

Nella seguente figura è riportata la sezione di progetto del viadotto che risulta coerente con le Specifiche Tecniche Commissariali fornite con il Decreto n°5 prot. D/2018/5 del 15/11/2018.

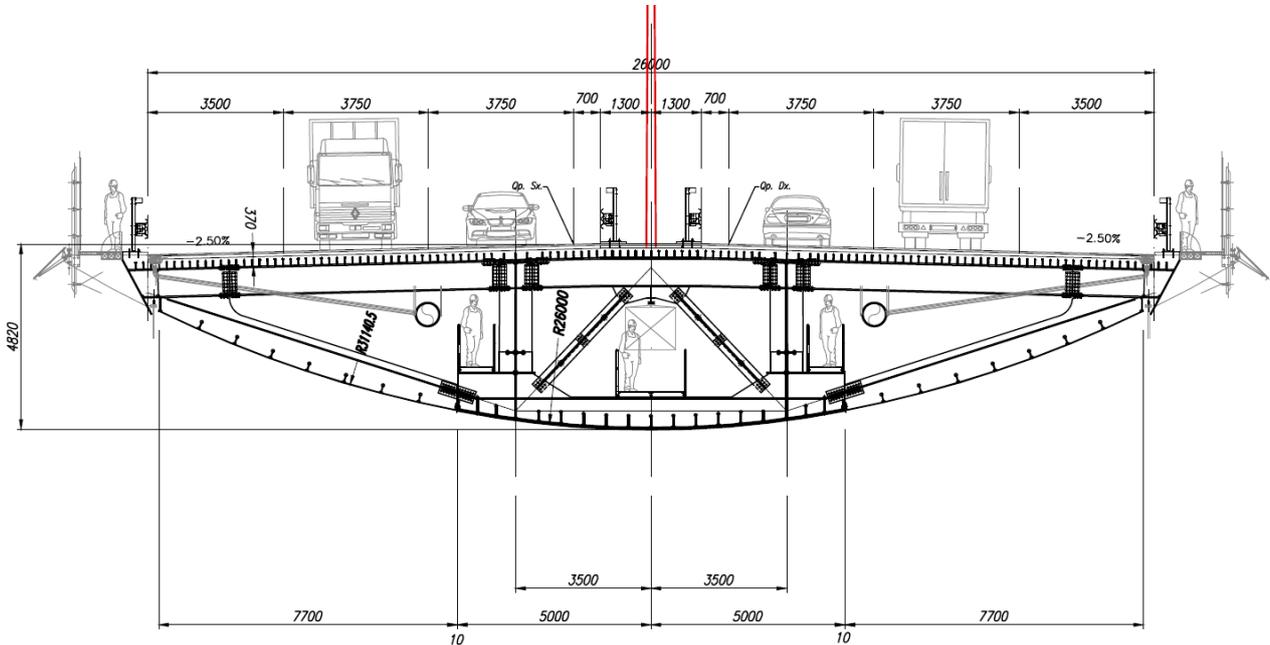


Figura 14 - Sezione trasversale del viadotto in rettilineo

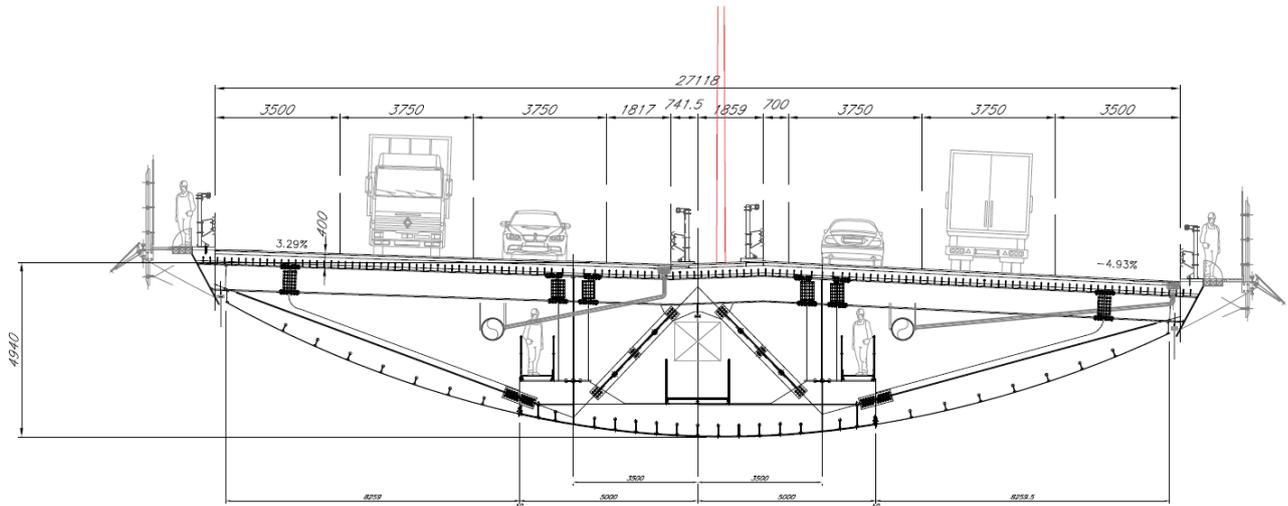


Figura 15 - Sezione trasversale del viadotto in curva

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
31 di 35

6.8. Sezione trasversale della rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

Nella seguente figura è riportata una sezione di progetto della rampa che risulta coerente con quanto prescritto dal D.M. 19/04/2006.

Si precisa che la sezione è riferita al tratto in curva, comprensiva di allargamenti per iscrizione e visibilità.

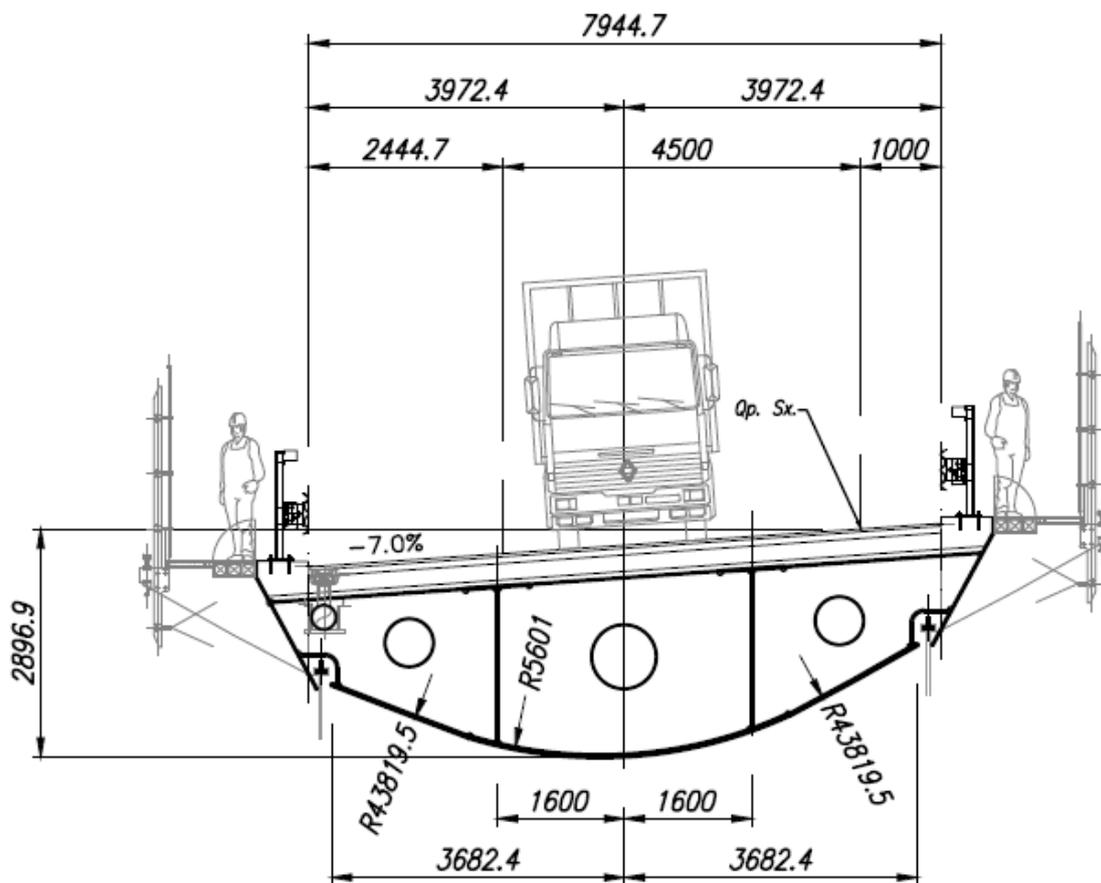


Figura 16 - Sezione trasversale rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
32 di 35

6.9. Sistemi stradali di ritenuta

Il progetto di ricostruzione prevede l'impiego di nuove barriere certificate di tipo metallico. In particolare, lo spartitraffico, che nella sezione corrente prevede una larghezza di 2,60m, sarà dotato di n°2 allineamenti di barriere in sostituzione dell'attuale New Jersey monofilare.

In considerazione dei livelli di traffico previsti nonché della presenza di aree ferroviarie e stradali attive al di sotto del viadotto e della rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano) i dispositivi di ritenuta saranno della classe H4-W3.

Per ogni maggiore dettaglio si rimanda agli elaborati relativi al progetto dei dispositivi di ritenuta.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
33 di 35

7. RISPETTO NORMATIVO ED AZIONI MITIGATIVE

Il progetto stradale, in conseguenza dei vincoli precedentemente descritti, non riesce a rispettare pienamente i D.M. 05/11/2001 e 19/04/2006 relativamente ad alcuni aspetti di seguito elencati evidenziando le corrispondenti azioni mitigative:

- raggio minimo planimetrico stabilito per le Autostrade Extraurbane di Categoria A ($R = 339\text{m}$) e rapporto tra il valore dei raggi planimetrici e l'estensione del rettifilo sul viadotto:

la mitigazione consiste nell'inserimento di curve di transizione tra gli elementi con parametro quanto più ampio possibile
- lunghezza minima degli elementi di transizione planimetrici:
 - ✓ relativamente ai criteri del contraccollo e della sopraelevazione per le clotoidi di uscita/ingresso alle gallerie lato ponente su entrambe le carreggiate:

anche per questi elementi sono stati utilizzati parametri di forma quanto maggiori possibile e tali da assicurare una percorrenza compatibile con una velocità di progetto di circa 80 km/h
 - ✓ relativamente al criterio ottico per le clotoidi di raccordo tra il rettifilo del viadotto e le rampe dello svincolo lato levante:

per tali elementi risultano comunque soddisfatti i criteri del contraccollo e della rotazione dei cigli. È anche il caso di ricordare che il criterio ottico rientra tra quelli derogabili ai sensi della bozza di norma del 2006 per gli adeguamenti stradali
- visibilità interno curva con $R = 300\text{m}$ in carreggiata Ovest: in questo caso l'applicazione di un trattamento ad alta aderenza sullo strato di usura della pavimentazione, unitamente ad un allargamento parziale disponibile consente di conseguire una velocità di progetto di circa 85 km/h
- geometria dell'ago di uscita dall'autostrada A7: in questo caso l'impossibilità di intervenire sulla sede dell'autostrada A7 in esercizio ha condizionato le possibilità di intervento. È stato individuato il migliore allineamento possibile per agevolare la manovra di uscita
- visibilità per il cambiamento di corsia: tale aspetto può essere gestito mediante l'apposizione di un segnale di divieto di sorpasso nel tratto interessato

Si evidenzia infine che, su entrambe le carreggiate, risultano rispettati i criteri normativi delle clotoidi previste per il raccordo tra le curve con $R = 290\text{m}$ e $R = 300\text{m}$ ed il rettifilo sopra al viadotto.

Relativamente ai valori dei raggi minimi planimetrici impiegati in progetto, comunque non inferiori a quelli presenti sull'infrastruttura storica, in linea generale si può osservare che nell'ottica di una futura evoluzione dell'infrastruttura verso un servizio più prettamente urbano, cui il tratto dell'autostrada in questione probabilmente sarà destinato con la prossima realizzazione della Gronda, i valori dei suddetti raggi risulterebbero compatibili con i valori tipici di un'Autostrada Urbana di categoria A ($R=252\text{m}$). Rimarrebbe in ogni modo non soddisfatto, tra gli altri, il criterio normativo del raggio minimo in rapporto alla lunghezza del rettifilo ad esso collegato.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
34 di 35

8. CONFRONTO TECNICO TRA VIADOTTO MORANDI E IL NUOVO PROGETTO STRADALE

Sulla base di quanto sopra esposto si possono riassumere, così di seguito, i principali adeguamenti sotto il profilo stradale, apportati dal nuovo progetto alla infrastruttura esistente:

8.1. Piattaforma Stradale

La Sezione Tipologica viene adeguata allo standard vigente con la previsione di:

- ✓ due carreggiate separate ciascuna con due corsie da 3,75m
- ✓ inserimento delle banchine in destra da 3,50m oggi assenti, incrementate rispetto al minimo normativo pari a 3,00m
- ✓ inserimento di uno spartitraffico da 2,60m con due banchine in sinistra da 0,70cm in conformità alla normativa stradale vigente
- ✓ Inserimento dei camminamenti continui per manutenzione
- ✓ adeguamento della pendenza trasversale al valore minimo di norma (2,5% in rettilineo) ed al valore di calcolo in curva

8.2. Andamento planimetrico

- ✓ Viene adeguato l'andamento planimetrico con l'inserimento delle curve di transizione tra i vari elementi geometrici migliorando la gradualità di passaggio tra gli elementi stessi e migliorando la progressività di rotazione della piattaforma stradale

8.3. Allargamento interno curva

- ✓ Si ottiene un allargamento parziale all'interno della curva con $R = 300m$ in carreggiata Ovest che, in associazione all'applicazione di un trattamento superficiale ad alta aderenza sul manto stradale di usura, rende la curva compatibile con una velocità di progetto di circa 85 km/h.

8.4. Ramo di intersezione oggetto di intervento (lato levante)

- ✓ Viene ricostruita completamente la rampa in uscita dalla A7 (provenienza Milano) verso il viadotto adeguandone il tracciato plano altimetrico e la sezione trasversale ai nuovi standard normativi

8.5. Sistemi di ritenuta stradali centrali e laterali

- ✓ Nell'ambito della realizzazione del nuovo viadotto è prevista la integrale sostituzione dei dispositivi di ritenuta sul viadotto e sulla rampa di uscita dalla A7. In particolare, l'elemento di ritenuta dello spartitraffico

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 13 RG IF0005 C01

Rev.
A

Foglio
35 di 35

che sul viadotto storico è costituito da un New Jersey monofilare, verrà sostituito con una doppia barriera metallica.

Si riporta nelle tabelle seguenti un sintetico confronto, relativamente ai principali elementi, tra l'infrastruttura storica ed il progetto stradale di ricostruzione distintamente per il viadotto e per la rampa di uscita dalla A7.

ELEMENTO	INFRASTRUTTURA STORICA	NUOVO PROGETTO
Transizioni Planimetriche	NO	SI
Corsia di Emergenza	NO	SI (3,50m)
Spartitraffico centrale con banchine in sinistra	NO	SI
Allargamento interno curva	NO	Parziale

Tabella 7 - Viadotto

ELEMENTO	INFRASTRUTTURA STORICA	NUOVO PROGETTO
Transizioni Planimetriche	SI	SI
Banchine in destra e sinistra	NO	SI
Allargamento per visibilità	NO	SI
Allargamento per iscrizione	NO	SI

Tabella 8 – Rampa di uscita dalla A7 (provenienza Milano)