



# COMUNE di RIMINI

Dipartimento del TERRITORIO  
Settore Infrastrutture, Mobilità e Qualità Ambientale

Piano Op. Fondo Sviluppo e Coesione (FSC) Infrastr. 2014-2020  
Messa in sicurezza SS16 in corrispondenza dell'attraversamento  
del Centro Abitato di Rimini

## ROTATORIA SS16 -VIA VERENIN

CUP C91B17000720001 - Fascicolo 2018-245-016

### PROGETTO di Fattibilità Tecnico Economica e DEFINITIVO

All. **D** RELAZIONE DESCRITTIVA OPERE STRUTTURALI  
SOTTOPASSO PEDONALE e MURI

Rev.

PROGETTISTA:  
Ing. Paolo Vicini

IL RESPONSABILE DI PROCEDIMENTO:  
Ing. Alberto Dellavalle

COLLABORATORI:  
PROGETTISTA PUBBLICA ILLUMINAZIONE:  
Ing. Luca Paganelli

IMPIANTISTICA IDRAULICA  
Ing. Enrico Miani

STUDIO GEOLOGICO  
Dott. Ronci Stefano -Geologo -Rimini

DISEGNATORE  
Ing. Emanuele Tamburini  
Ing. Giulio Zannoli

INDAGINI GEOLOGICHE  
Intergeo S.R.L. - RSM

ANALISI RUMORE  
NoRumore - Dott. Casadio - Forlì

RILIEVO TOPOGRAFICO e  
PIANO PARTICOLAREGG. DI ESPROPRIO:  
Geom. Mauro Ciavatta - Rimini

PAESAGGISTICA  
Arch. Silvia Capelli

Rimini li. novembre 2019

## SOMMARIO

1.PREMESSA.....	2
1.RIFERIMENTO NORMATIVO.....	3
2.MATERIALI UTILIZZATI.....	3
2.1Calcestruzzo.....	3
2.2Acciaio Per Barre Di Armatura.....	4
3.MURI DI SOSTEGNO DELLE RAMPE.....	4
3.1VERIFICHE.....	4
3.2VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE.....	5
3.3VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE.....	6
4.SOTTOPASSO.....	8

## 1 PREMESSA

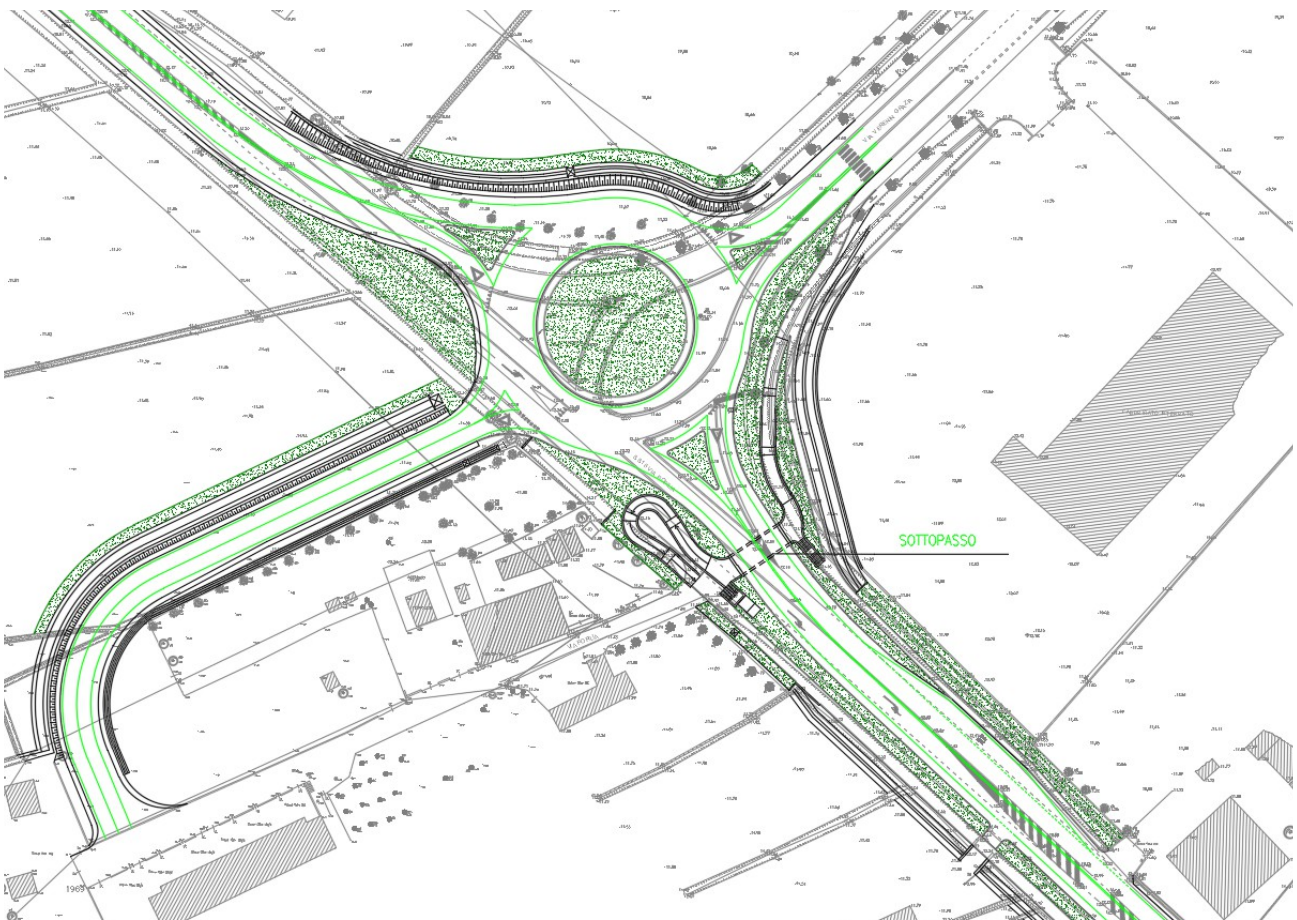
La presente relazione è volta a illustrare i criteri di calcolo necessari al dimensionamento delle strutture necessarie alla realizzazione delle rampe di accesso ad un sottopasso ciclopedonale che sorgerà ortogonalmente alla SS16 all'altezza di Via Verenin.

Il progetto, nel suo complesso, prevede la realizzazione di una rotatoria in corrispondenza della intersezione tra la SS16 e la Via Maria Grazia Verenin con la realizzazione di una nuova rotatoria in sostituzione della intersezione a raso esistente.

La via Verenin è l'unica arteria di collegamento al mare che sovrappassa la rete ferroviaria RN-RA nella zona di Rimini Nord. Tutti gli altri attraversamenti sono o a raso o con sottovia.

Nell'ambito di tale intervento è prevista la realizzazione di un sottopasso ciclopedonale che collegherà la pista esistente lato mare sulla Via Verenin e la via comunale Del Rivo in modo da connettere l'abitato posto a monte della SS16 con la parte a mare. La SS16 rappresenta nel Comune di Rimini un'lesione del tessuto urbano che limita fortemente la mobilità sostenibile di collegamento tra le due parti della città. L'inserimento di un elemento di ricucitura urbana, rappresentato dal sottopasso, tra la parte a monte e a mare della SS16, consente e incentiva l'uso della mobilità alternativa favorendo nel contempo un miglioramento ambientale generale. La previsione di un nuovo sottopasso è motivata anche dallo studio su una nuova collocazione della Scuola Elementare di Case Nuove a mare della SS16.

La relazione esplicherà la metodologia di realizzazione delle rampe e della canna del sottopasso, che verranno realizzati rispettivamente, la prima gettata in opera e la seconda grazie al montaggio di elementi prefabbricati.



## 1. RIFERIMENTO NORMATIVO

### D.M. 17 Gennaio 2018: “ Norme tecniche per le costruzioni”.

Testo normativo che raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità; **Circolare n°7 del 21 Gennaio 2019, C.S.LL.PP.** “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

**Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971.** “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.

**C.N.R. 10012/8.** Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni.

**D.M. 16 gennaio 1996.** “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»”.

**Circolare del 4 luglio 1996.** “Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»”.

**EUROCODICE 2** “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”

## 2. MATERIALI UTILIZZATI

### 2.1 Calcestruzzo

Per ogni tipologia strutturale in progetto saranno definite le caratteristiche dei calcestruzzi da adoperarsi in accordo con D.M. 17/01/18 per quanto riguarda le resistenze richieste ai fini del soddisfacimento delle verifiche statiche, in accordo con la norma UNI 11104 per quanto riguarda le prestazioni di durabilità, in accordo con Eurocodice 2 per quanto riguarda la dimensione del copriferro nominale. Il copriferro nominale è inteso come la distanza tra la superficie del getto e la superficie esterna dell'armatura.

Classe di Esposizione	XC1
Resistenza caratteristica minima	C28/35
Dosaggio cemento	300kg/m <sup>3</sup>
Rapporto a/c	0.60
Copriferro nominale	25mm
Dimensione aggregato	≤ 16mm
Classe di consistenza	S4/S5

### 2.2 Acciaio Per Barre Di Armatura

L'acciaio delle barre di armatura del cemento armato dovrà essere del tipo B450C, in accordo con quanto prescritto al par. 11.3.2.1 del D.M. 17/01/18. Si riportano di seguito le principali caratteristiche.

Tipologia	B450C
$f_{yk}$ (tensione caratteristica di snervamento)	≥ 450 N/mm <sup>2</sup> (frattile 5%)
$f_{tk}$ (tensione caratteristica di rottura)	≥ 540 N/mm <sup>2</sup> (frattile 5%)
$(f_t / f_y)_k$	≥ 1.15; ≤ 1.35 (frattile 10%)
$(f_t / f_{y nom})_k$	≤ 1.25 (frattile 10%)
$(A_{gt})_k$ (allungamento)	≥ 7.50 (frattile 10%)
I (coeff. protezione sismica)	1.00

### 3. MURI DI SOSTEGNO DELLE RAMPE

#### 3.1 VERIFICHE

Le verifiche delle opere strutturali, necessarie alla realizzazione delle rampe di accesso al sottopasso ciclopedonale, sono effettuate considerando i muri perimetrali delle rampe come elementi di sostegno incastrati alla ciabatta di fondazione, tale ipotesi risulta cautelativa in quanto non tiene conto del contrasto generato dalla rampa che si sviluppa, con una pendenza dell'8%, dalla quota del piano di campagna alla quota dell'accesso al sottopasso.

Le verifiche che verranno effettuate sulle opere di sostegno saranno analizzate in condizioni statiche allo stato limite ultimo (SLU) e in condizioni sismiche allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV). Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali (NTC 6.5.3.1), questo analizzato sia in situazioni statiche che sismiche.

Le azioni da considerare agenti sull'opera di sostegno sono essenzialmente generate da:

- peso proprio del terreno e del materiale di riempimento
- sovraccarichi

Per ciascuno dei meccanismi di rottura ipotizzati si devono individuare i valori di progetto (NTC 6.2.3.1):

- dell'effetto destabilizzante delle azioni ( $E_d$ )
- della corrispondente resistenza ( $R_d$ )

e si deve verificare la relazione  $E_d \leq R_d$ , dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione 
$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico 
$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

#### 3.2 VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Le verifiche sui muri di sostegno devono essere fatte per almeno i seguenti stati limite (NTC 6.5.3.1.1):

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
  - Stabilità globale **Appr 1, Comb 2: (A2+M2+R2)**
  - Scorrimento sul piano di posa **Appr.1, Comb.1: (A1+M1+R1)**  
**Comb.2: (A2+M2+R2)**
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno **Appr.2 : (A1+M1+R3)**
- Ribaltamento **EQU+M2**  
(Trattato come stato limite di equilibrio di corpo rigido)

◦ SLU di tipo geotecnico (STR) : raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali  
 Per il dimensionamento strutturale con **L'Approccio 2 (A1+M1+R3)**,  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto ovvero ci si riconduce all'Approccio 1, Combinazione 1.  
 Il muro di sostegno preso in esame viene verificato al ribaltamento rispetto lo SLU, come stato limite di equilibrio di corpo rigido, applicando la combinazione EQU + M2+ R2.  
 La verifica allo scorrimento sul piano di posa viene effettuata considerando sia l'approccio1 nelle due combinazioni, sia l'approccio 2.  
 La verifica di collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno viene affrontata considerando l'approccio 1 combinazione 2 e attraverso l'approccio 2.  
 La verifica dei componenti strutturali viene effettuata considerando l'approccio 2.  
 La verifica di stabilità globale del complesso opera sostegno-terreno viene effettuata secondo l'approccio 1 combinazione 2.

Tabelle dei coefficienti:

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.  
 Peso del terreno come carico permanente.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

### 3.3 VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici attraverso la soluzione dell'equilibrio limite e i metodi degli spostamenti. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il cuneo di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo (se la struttura può spostarsi), e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m (a_{max}/g) ; \quad k_v = \pm 0,5 k_h$$

dove:

$$a_{max} = S \times a_g = S_s \times S_t \times a_g$$

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa nel sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

L'analisi pseudo-statica dei muri di sostegno si esegue con l'Approccio 1 o con l'Approccio 2.

Nell'Approccio 1, per l'analisi di stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza del terreno si utilizza la Combinazione 2.

In particolare, le variazioni di spinta prodotte dalle azioni sismiche si calcolano con i coefficienti parziali M2 e le forze d'inerzia sul muro si sommano alla spinta, mentre i coefficienti parziali A2 della Combinazione 2 devono essere posti pari ad uno.

Per l'analisi di stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o nei vincoli, si adopera la Combinazione 1 dell'Approccio 1, nella quale però i coefficienti A1 devono essere posti pari ad uno.

Nell'Approccio 2, i coefficienti A1 devono essere posti pari ad uno.

Per le verifiche allo scorrimento sul piano di fondazione, l'Approccio 2 conduce a risultati molto meno conservativi di quelli conseguibili con l'Approccio 1. Per questo Stato limite è, pertanto, preferibile l'impiego dell'Approccio 1. (C 7.11.6.2)

Le verifiche sui muri di sostegno devono essere fatte per i seguenti stati limite di salvaguardia della vita (SLV) (NTC 6.5.3.1.1 / C 7.11.6.2):

- SLV di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
    - Scorrimento sul piano di posa **Appr.1: Comb.1: (A1+M1+R1) (A1 =1)**  
**Comb.2: (A2+M2+R2) (A2 =1)**
    - Coll. per carico limite dell'ins. fond –terr. **Appr.2 : (A1+M1+R3) (A1 =1)**
    - Ribaltamento **EQU+M2 (EQU=1)**
- (Trattato come stato limite di equilibrio di corpo rigido)

- SLV di tipo geotecnico (STR) : raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali  
**Appr. 2: (A1+M1+R3) (A1=1)**

L'analisi di sicurezza del muro di sostegno in condizioni sismiche viene effettuata utilizzando metodi pseudo-statici mediante il metodo degli stati limite utilizzando approcci e combinazioni elencati nella situazione statica:

Il muro di sostegno preso in esame viene verificato al ribaltamento rispetto lo SLV, come stato limite di equilibrio di corpo rigido, applicando la combinazione EQU=1 + M2+ R2.

La verifica allo scorrimento sul piano di posa viene effettuata considerando sia l'approccio1 nelle due combinazioni assumendo A1=1 e A2=1, sia l'approccio 2 considerando A1=1.

La verifica di collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno viene affrontata considerando l'approccio 1 combinazione 2 assumendo A2=1 e attraverso l'approccio 2 considerando A1=1.

#### 4. SOTTOPASSO

Il sottopasso ciclopedonale di attraversamento della SS16 verrà realizzato in c.a gettato in opera con dimensioni indicate all'interno degli elaborati progettuali.

La canna in c.a verrà dimensionata in relazione ai carichi sotto menzionati:

- 1) la spinta laterale del terreno e dei sovraccarichi;
- 2) i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante,
- 3) i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 t complessive per strade di 1ª categoria;

Tale struttura verrà adeguatamente coibentata per impedire infiltrazioni d'acqua e sarà supportata da un pozzo di dimensioni circa 2x2x6.5m utile all'accumulo e al sollevamento dell'acqua meteorica raccolta dalle rampe.

Il Progettista

Ing. Paolo Vicini