

**E 78 GROSSETO - FANO
TRATTO SELCI - LAMA (E 45) - S.STEFANO DI GAIFA
Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest -
Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)**

PROGETTO DEFINITIVO

AN 245

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Crenca</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Frosinone n. A1762</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>coopprogetti</p> <p>(Mandante)</p> <p>engeko</p> <p>(Mandante)</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

GEOLOGIA GEOTECNICA
Monitoraggio geotecnico – strutturale

Relazione Piano di monitoraggio strutturale – Viadotti

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG	ANNO	TO0GE00MOGRE02A.			
D T A N 2 4 5	D	22	CODICE ELAB. T 0 0 G E 0 0 M O G R E 0 2		A	-
D						
C						
B						
A	Emissione		Ottobre '22	Piacentini	Crenca	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE.....	2
2. SISTEMA DI MONITORAGGIO STRUTTURALE.....	5
2.1. MONITORAGGIO SPALLE.....	7
2.2. MONITORAGGIO IMPALCATO.....	8
2.3. MONITORAGGIO PILE.....	11
3. CARATTERISTICHE SENSORI DA INSTALLARE.....	12
3.1. TRASDUTTORI DI SPOSTAMENTO.....	12
3.2. SENSORI DI TEMPERATURA.....	12
3.3. PANNELLO SOLARE PER ALIMENTAZIONE.....	12
3.4. STAZIONE METEO.....	13
3.5. ESTENSIMETRI.....	14
4. SINTESI SENSORI DA INSTALLARE.....	16

1. PREMESSA

Nell’ambito del progetto definitivo dell’intervento "S.G.C. E78 Grosseto – Fano, Tratto Selci - Lama (E 45) - S. Stefano di Gaifa, Adeguamento a 2 corsie del tratto della variante di Urbania", ed in particolare del Lotto 4 Mercatello sul Metauro ovest – Mercatello sul Metauro est, è prevista la realizzazione dei Viadotti S. Antonio e Romito.

Il presente documento ha per oggetto la descrizione e la definizione del sistema di monitoraggio necessario a caratterizzare lo stato tensionale e le deformazioni dei suddetti viadotti S. Antonio e Romito.

Nel paragrafo che segue si riporta una descrizione sintetica delle opere.

1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE

Viadotto S. Antonio

Il viadotto, di lunghezza complessiva pari a 120.00m, è continuo e costituito da 3 campate con luci pari a 36.00m, 48.00m e 36.00m. L’asse di progetto sovrappassa il fiume Metauro con la campata P1-P2 di luce 48m.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria C1 composta da due corsie di larghezza 3.75m e da banchine di larghezza pari a 1.50m, con andamento planimetrico parzialmente in curva e parzialmente in clotoide nel tratto interessato dal manufatto. È presente in destra un allargamento per la visibilità di larghezza variabile da 1.47m a 1.06m.

La sezione trasversale dell’opera è costituita da una sede carrabile di 10.50m, dall’allargamento per la visibilità e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L’impalcato risulta quindi di larghezza complessiva variabile da 13.06m a 13.47m.

L’impalcato è della tipologia mista “acciaio-calcestruzzo” costituito da 3 travi a “doppio T” in acciaio di altezza variabile poste ad interasse pari a 4.00m e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore pari a 0.25m.

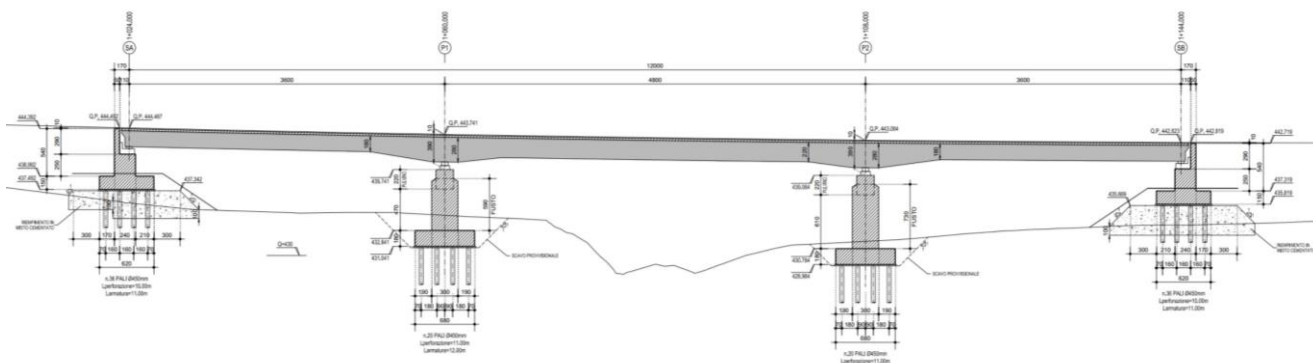


Figura 1 – Viadotto S. Antonio. Sezione Longitudinale

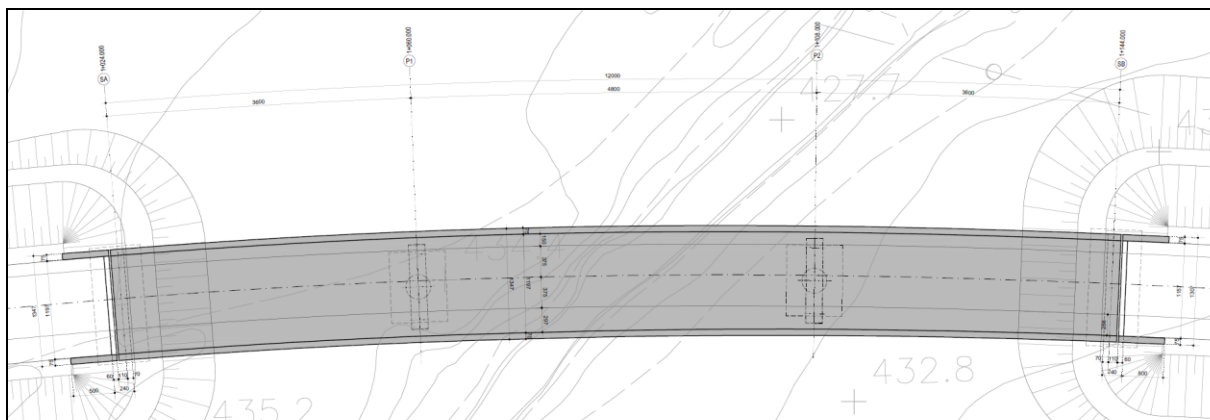


Figura 2 – Viadotto S. Antonio. Pianta

Viadotto Romito

Il viadotto è costituito da un'unica campata di luce pari a 56.00m. L'asse di progetto sovrappassa la strada Località Romito e l'avvallamento adiacente.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria C1 composta da due corsie di larghezza 3.75m e da banchine di larghezza pari a 1.50m, con andamento planimetrico in curva nel tratto interessato dal manufatto.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 10.50m e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L'impalcato risulta quindi di larghezza complessiva pari a 12.00m. L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 3 travi a "doppio T" in acciaio di altezza variabile poste ad interasse pari a 3.50m e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore pari a 0.25m.

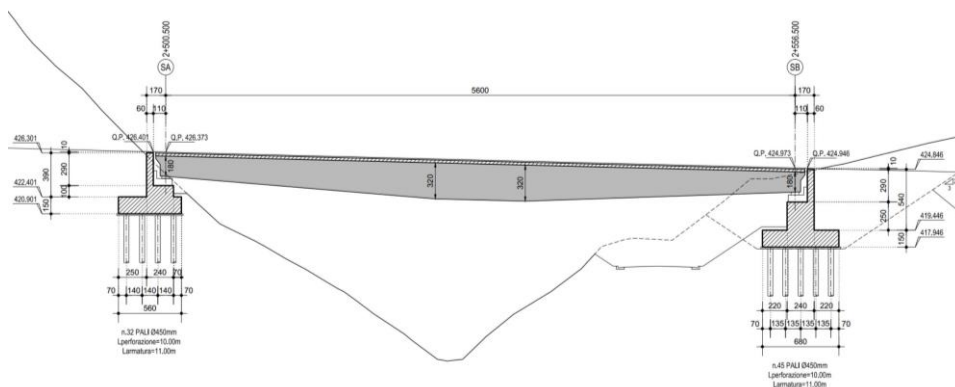


Figura 3 – Viadotto Romito. Sezione Longitudinale

PROGETTAZIONE ATI:

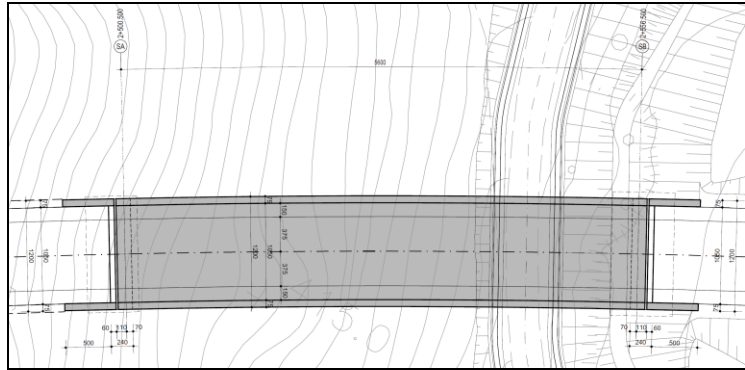


Figura 4 – Viadotto Romito. Pianta

PROGETTAZIONE ATI:

2. SISTEMA DI MONITORAGGIO STRUTTURALE

Il sistema di monitoraggio prevede una serie di sensori installati sull'impalcato, su pile e sulle sottostrutture. I sensori sono di diversi tipi e variano in funzione della grandezza e dell'elemento strutturale da monitorare.

Nello specifico vengono impiegati:

- Stazione meteo (SM) per valutazione delle caratteristiche di temperatura, umidità e vento;
- Sensore temperatura superficiale (ΔS) per la determinazione delle temperature superficiali degli elementi strutturali;
- Trasduttori di spostamento relativo per la valutazione di spostamenti degli elementi strutturali dovuti ad azioni di esercizio e azioni sismiche;
- Estensimetro per la valutazione deformazioni degli elementi strutturali dovuti ad azioni di esercizio e azioni sismiche;

Completano l'architettura del sistema di monitoraggio le seguenti apparecchiature:

- Pannello solare di alimentazione apparecchiature;
- Cablaggio rete.

I sensori sono disposti in numero e tipologia tale da garantire una dettagliata "visione" del comportamento strutturale delle opere.

Il posizionamento dei sensori segue i seguenti criteri:

- Sensori di deformazione: si posizionano in corrispondenza di zone maggiormente sollecitate e/o potenzialmente soggette a danneggiamento per fatica (Es. giunti saldati tra conci);
- Sensori di spostamento e temperatura: sono posizionati in prossimità di appoggi e giunti in modo da monitorare nel dettaglio la risposta alle variazioni termiche;

I sensori sono collegati via cavo a un sistema di acquisizione dati costituito da un data logger statico (indicato con DS) e i dati registrati vengono trasferiti in rete mediante piattaforma web di nuova generazione e processati mediante software che restituisce facili tabulati di lettura.

I dati dei singoli sensori, non solo vengono valutati singolarmente, ma possono essere riaggregati dinamicamente tramite modelli fisici interpretativi. Il sistema di acquisizione dati permette di memorizzare la grande mole di dati provenienti dai sensori in modo automatico, secondo un intervallo di tempo preimpostato dall'operatore.

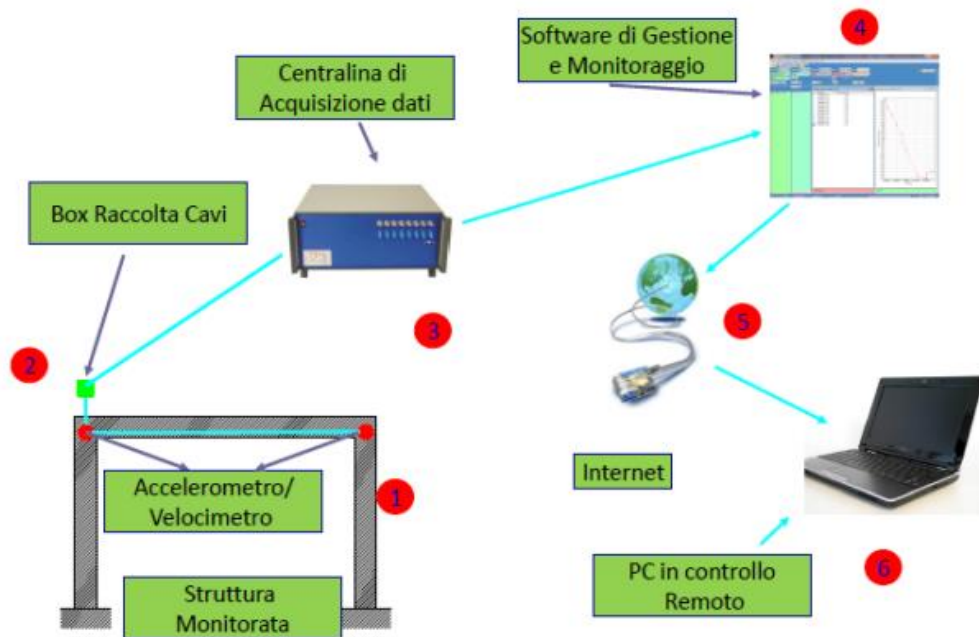


Figura 5- Architettura sistema di monitoraggio

Il collegamento dei sensori alla struttura è effettuato mediante adesivi strutturali e le uniche operazioni di manutenzione (ridotta al minimo) consistono nel controllo periodico e nella sostituzione di componenti mal funzionanti oppure guasti.

Per i ponti e i viadotti è prevista una sola lettura iniziale, ovvero la lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo per il fissaggio dei target).

A seguito della lettura zero sono previste letture della strumentazione con cadenza prestabilita nelle seguenti fasi:

- Dal termine della singola opera fino alla conclusione dei lavori dell'intera infrastruttura;
- Per i 12 mesi successivi al termine di realizzazione dell'intera infrastruttura."

2.1. MONITORAGGIO SPALLE

Il sistema di sensori installati in corrispondenza delle spalle ha come principale obiettivo la misura degli spostamenti relativi tra spalla e impalcato; le quantità misurate possono essere poi correlate con quanto rilevato dai sensori ubicati sull'impalcato e sulle altre sottostrutture per avere informazioni più dettagliate sul comportamento dell'opera.

Le misure di rotazione delle spalle ed il monitoraggio strutturale dei pali di fondazione sono già inclusi nel sistema di monitoraggio geotecnico dell'opera.

Per ciascuna è previsto l'impiego dei seguenti sensori:

- Trasduttore spostamento relativo tra impalcato e spalla (in corrispondenza degli appoggi di impalcato) per direzione x e direzione y
- Pannello solare per alimentazione (solo su una spalla)

In corrispondenza di una delle due spalle sarà inoltre ubicato il sistema di acquisizione e trasmissione dati.

Si riporta nelle figure seguenti l'ubicazione simbolica dei sensori e dispositivi installati.

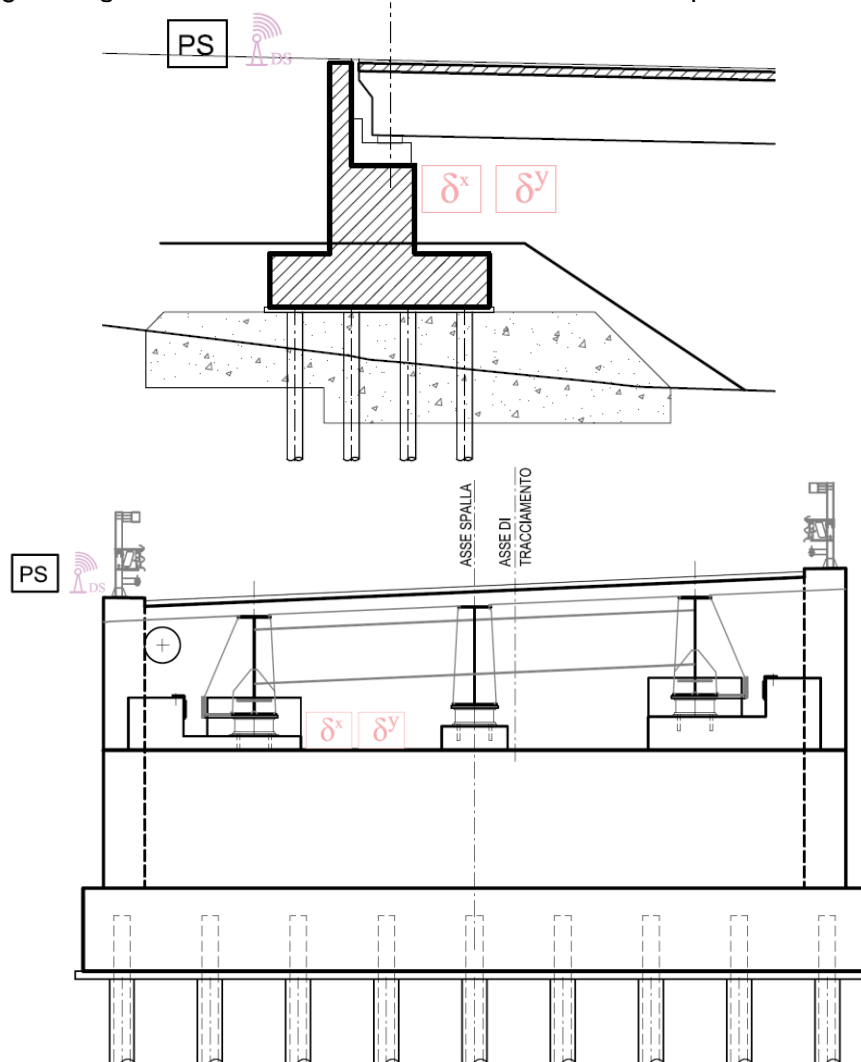


Figura 6- Ubicazione sensori su spalla (Viadotto S. Antonio e Romito)

PROGETTAZIONE ATI:

2.2. MONITORAGGIO IMPALCATO

Il monitoraggio dell'impalcato viene effettuato mediante le seguenti attività:

- Controllo dello stato tensionale negli elementi strutturali principali (travi);
- Misura delle deformazioni per effetto dei carichi di esercizio (carichi mobili, temperatura, ecc);

La principale finalità del monitoraggio dell'impalcato, oltre al controllo della rispondenza dell'as-built alle previsioni di progetto, è l'individuazione di eventuali fenomeni di danneggiamento (lesioni a fatica, corrosione, sovraccarico, ecc.) in atto e anche segnalare problematiche legate al mal funzionamento dei dispositivi di appoggio o dei giunti. Inoltre, un'analisi raffinata dei risultati ottenuti in termini di tensioni agenti nei materiali, potrebbe dare anche utili informazioni sullo sfruttamento delle opere per stimarne la vita utile a fatica o pianificare apposite ispezioni approfondite o interventi di manutenzione.

Per il monitoraggio dello stato tenso-deformativo dell'impalcato è prevista l'installazione di estensimetri e trasduttori di spostamento in modo tale da determinare tensioni e deformazioni nei principali elementi strutturali ed in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio.

Per l'impalcato è previsto l'impiego dei seguenti sensori:

- Coppia di estensimetri: applicati alle travi principali (le 2 di bordo, nel caso di impalcato a più travi) e ubicati in mezzzeria (piattabanda superiore e inferiore) ed in prossimità dell'appoggio (piattabanda superiore e inferiore) su tutte le campate;
- 1 Sensore di temperatura superficiale applicato alla travata metallica in zona ombreggiata.

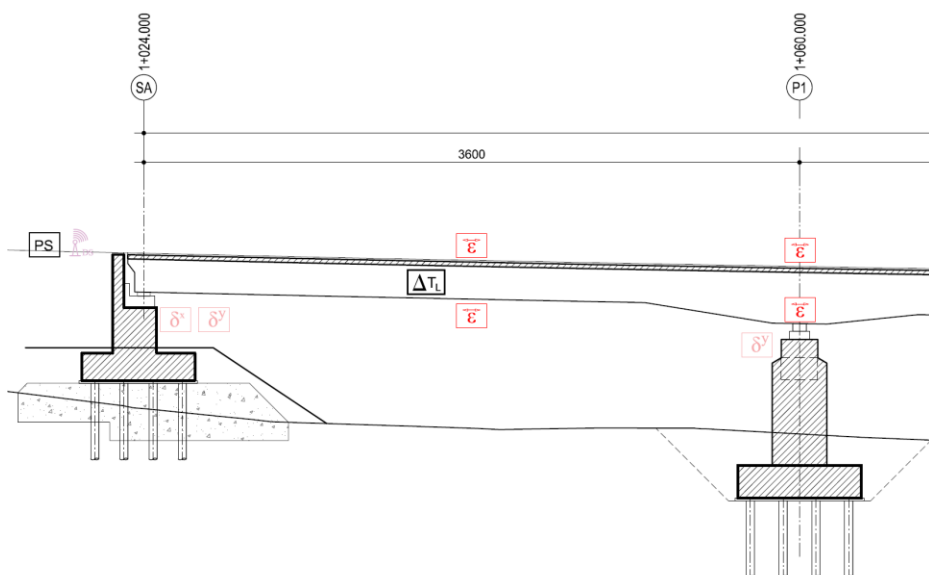


Figura 7- Ubicazione sensori su impalcato S. Antonio (sezione longitudinale prima campata)

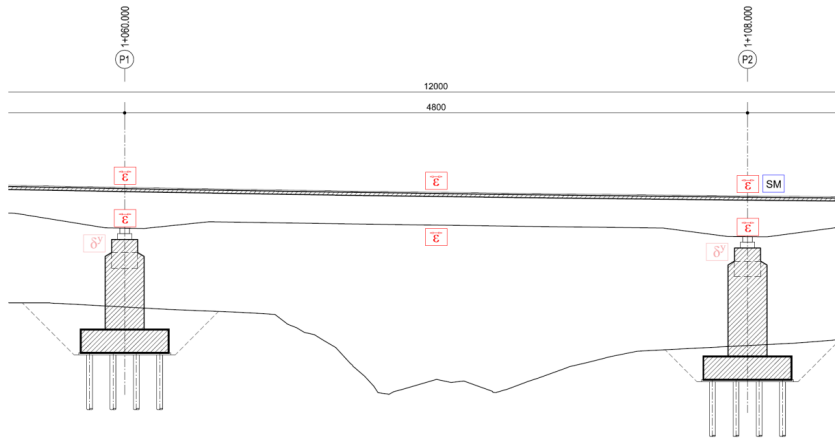


Figura 8- Ubicazione sensori su impalcato S. Antonio (sezione longitudinale campata centrale)

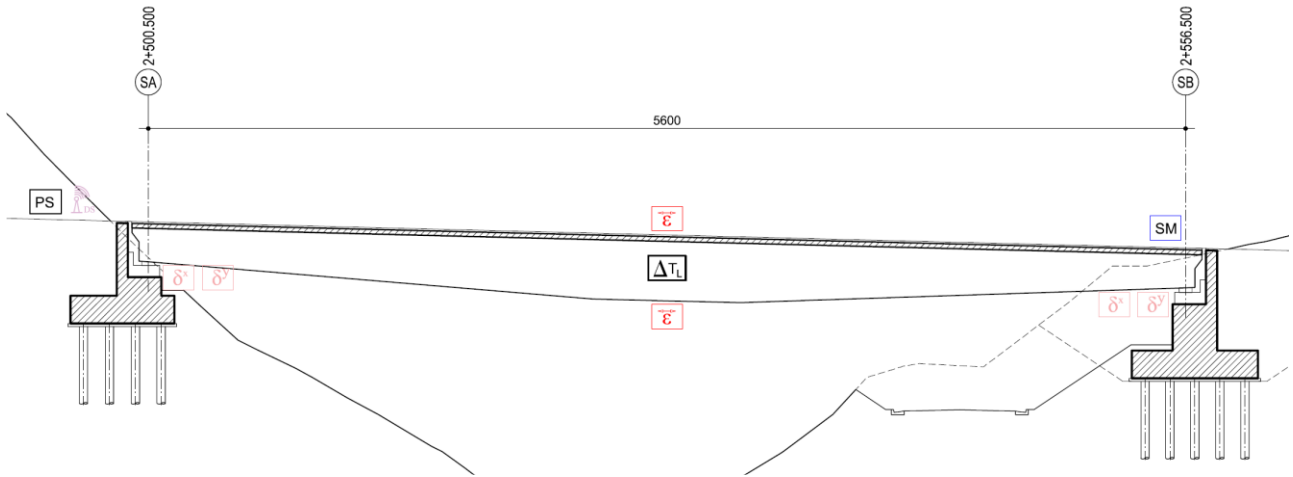


Figura 9- Ubicazione sensori su impalcato Romito (sezione longitudinale)

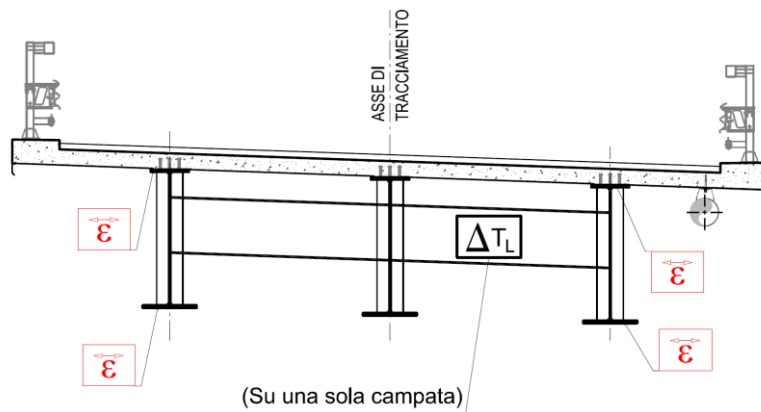


Figura 10- Ubicazione sensori su impalcato (sezione trasversale S. Antonio e Romito)

PROGETTAZIONE ATI:

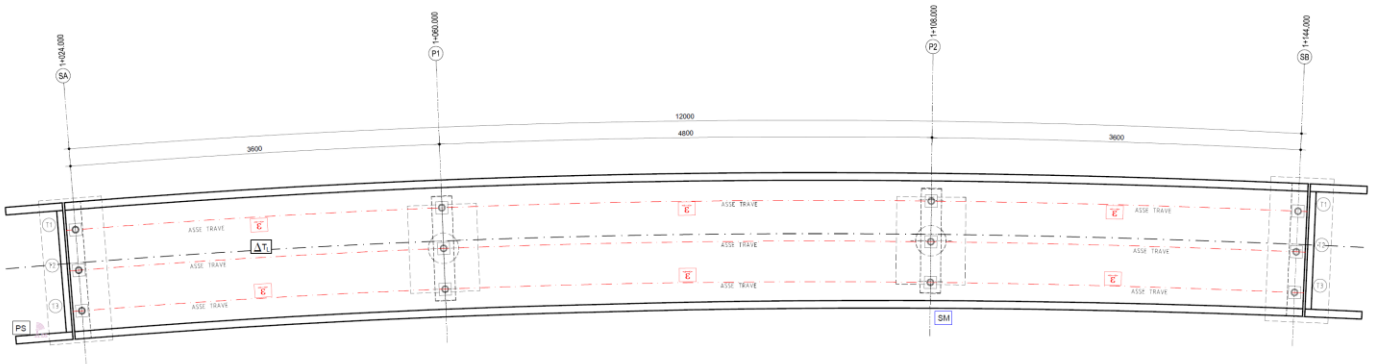


Figura 11- Ubicazione sensori su impalcato (Pianta impalcato S. Antonio)

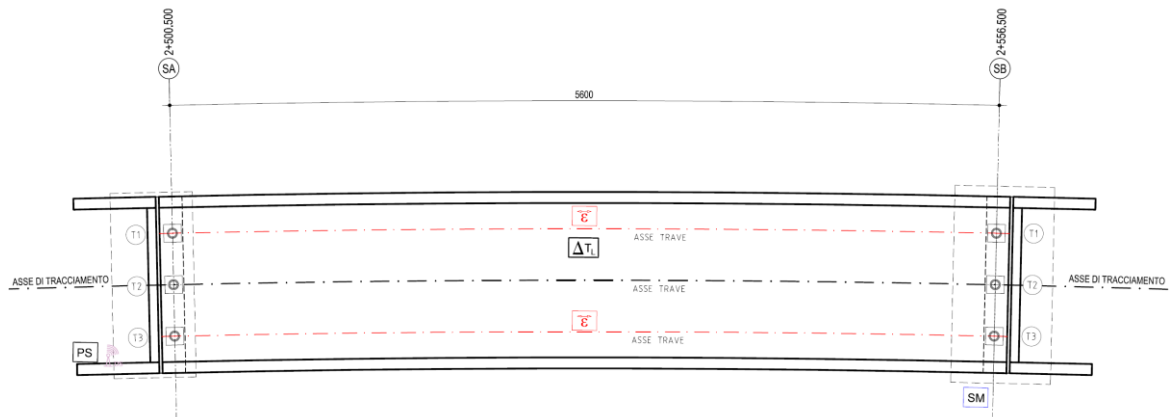


Figura 12- Ubicazione sensori su impalcato (Pianta impalcato Romito)

PROGETTAZIONE ATI:

2.3. MONITORAGGIO PILE

Il monitoraggio delle pile ha come obiettivo primario la misura degli spostamenti relativi tra pila e impalcato per segnalare eventuali anomalie dovute ad esempio a mal funzionamenti degli appoggi. Tali misure sono complementari a quelle previste nell'ambito del monitoraggio geotecnico delle sottostrutture.

Per le pile è prevista l'installazione dei seguenti sensori:

- Trasduttori di spostamento (solo per traslazioni trasversali rispetto all'asse ponte, y): sul pulvino di tutte le pile;
- Stazione meteo (solo su una pila)

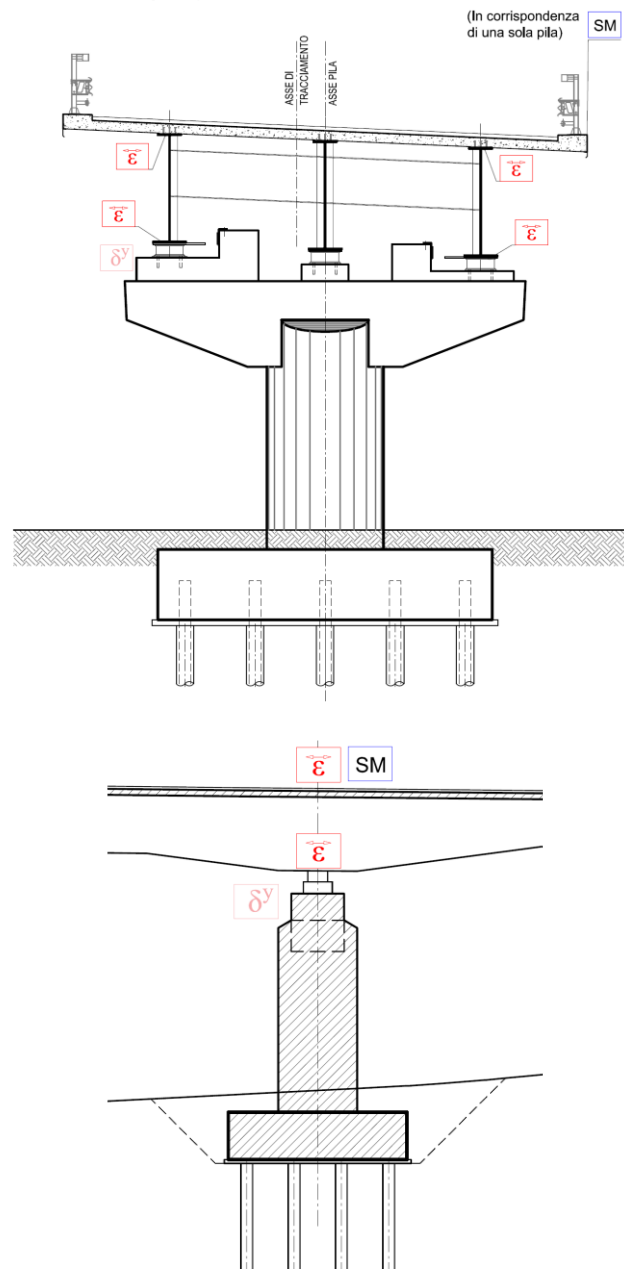


Figura 13- Ubicazione sensori su pile (sezioni trasversale e longitudinale ponte S. Antonio)

PROGETTAZIONE ATI:

3. CARATTERISTICHE SENSORI DA INSTALLARE

3.1. TRASDUTTORI DI SPOSTAMENTO

Consentono di misurare gli spostamenti nelle direzioni trasversali e longitudinali degli elementi strutturali oggetto di misurazione.



Figura 14- Trasduttore di spostamento (foto tipologica)

3.2. SENSORI DI TEMPERATURA

Sensori di temperatura sono installati per monitorare gradienti di. Essi sono anche utili per verificare se le grandezze in gioco sono correlate con parametri ambientali. Sono installati in corrispondenza delle zone in ombra della struttura.



Figura 15- Sensore di temperatura (foto tipologica)

3.3. PANNELLO SOLARE PER ALIMENTAZIONE

Il KIT composto da, un pannello fotovoltaico, una batteria tampone dimensionata per alimentare lo strumento per 3 giorni in assenza di alimentazione dal pannello solare, regolatore di carica e

PROGETTAZIONE ATI:

scarica (per proteggere la batteria dall'eccessiva carica e scarica). E' fornito in un BOX con un grado di protezione IP65, con fissaggio a palo



Figura 16- Pannello solare di alimentazione (tipologica)

3.4. STAZIONE METEO

Composta da

La stazione meteorologica deve essere dotata dei seguenti strumenti di misurazione:

- Termometro per misurare la temperatura ambientale;
- barometro, utile a misurare la pressione atmosferica;
- igrometro, uno strumento indispensabile per quantificare il tasso d'umidità nell'aria;
- anemometro, adatto a misurare la velocità dei venti;
- banderuola, perfetta per verificare la direzione della corrente;
- pluviometro, capace di rilevare la quantità di pioggia caduta sulla superficie.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 17- Stazione meteo (tipologica)

3.5. ESTENSIMETRI

Gli estensimetri consentono di misurare le deformazioni all'interno degli elementi strutturali sui quali sono installati.

Si dovrà prevedere l'installazione degli estensimetri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 3000 $\mu\epsilon$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.5\%$ FS. Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

La barretta estensimetrica è costituita da un elemento centrale in cui è collocato il sensore e al quale sono vincolati due braccetti disposti a 180° tra loro. Le parti terminali dei braccetti sono libere di muoversi lungo il loro asse (entro un certo range) e vengono vincolate alla struttura da monitorare in modo tale da seguirne le deformazioni (trazione o compressione). L'allungamento, o il raccorciamento, della barretta estensimetrica produce una variazione del segnale emesso dal sensore. Tale segnale verrà letto mediante una centralina portatile e, in seguito ad un'opportuna elaborazione, verrà trasformato in un valore di deformazione.

La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione. Le barrette estensimetriche possono essere installate sia a saldare (ad esempio sulle centine o sulle armature di pali e diaframmi) che annegate in calcestruzzo.

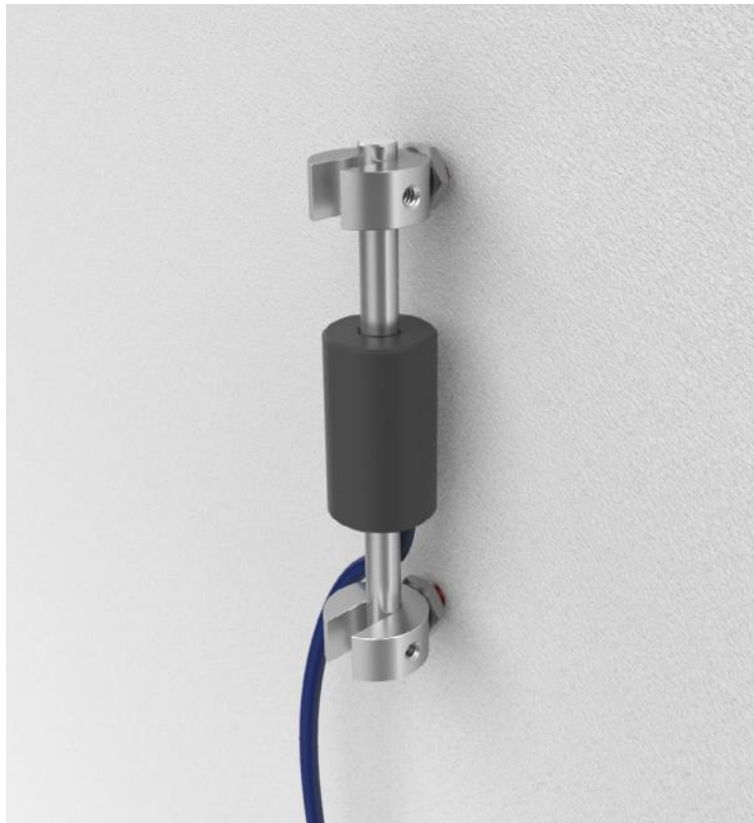


Figura 18- Barretta estensimetrica (foto tipologica)

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|------------------------|--|
| • tipo di misura | deformazione (trazione o compressione) |
| • tipo di sensore | corda vibrante o resistivo |
| • campo di misura | $\geq 3000 \mu\epsilon$ |
| • precisione totale | $\pm 0.5\% \text{ FS}$ |
| • campo di temperatura | $- 20 / + 70 \text{ }^\circ\text{C}$ |

4. SINTESI SENSORI DA INSTALLARE

Nella tabella sottostante si riportano in sintesi i sensori (tipologia e numero) da effettuare installare sulle opere:

LEGENDA		
	DESCRIZIONE	QUANTITÀ
	Trasduttore spostamento longitudinale	2
	Trasduttore spostamento trasversale	4
	Estensimetro	20
	Sensore di temperatura superficiale	1
	Data logger statico con trasmissione wireless dei dati	1
	Pannello solare per alimentazione	1
	Stazione meteo	1

Figura 19- Tabella riassuntiva sensori (Viadotto S. Antonio)








LEGENDA		
	DESCRIZIONE	QUANTITÀ
	Trasduttore spostamento longitudinale	2
	Trasduttore spostamento trasversale	2
	Estensimetro	4
	Sensore di temperatura superficiale	1
	Data logger statico con trasmissione wireless dei dati	1
	Pannello solare per alimentazione	1
	Stazione meteo	1

Figura 20- Tabella riassuntiva sensori (Viadotto Romito)