

**L'itinerario della S.S. 640, lungo circa 72 km, rappresenta il collegamento diretto tra i Capoluoghi di Provincia di Agrigento e Caltanissetta e delinea una dorsale strategica della viabilità regionale**

## IL VIADOTTO SERRA CAZZOLA I SULLA S.S. 640 DI "PORTO EMPEDOCLE"

Giuseppe Basile\*  
Rosario Sarno\*\*  
Cesare Zungri\*\*\*

Attualmente la S.S. n° 640 "di Porto Empedocle" attraversa la Valle dei Templi a Sud della città di Agrigento e termina in prossimità dell'innesto con la S.S. n° 626 Caltanissetta-Gela.

L'infrastruttura programmata e in fase esecutiva dal punto di vista realizzativo, si caratterizza sia come asse stradale di penetrazione a servizio delle aree interne, oggi difficilmente accessibili, sia come itinerario preferenziale di collegamento tra la Sicilia Sud-occidentale e l'anello viario principale dell'isola costituito dai collegamenti autostradali fra i tre principali centri metropolitani Palermo-Catania-Messina.

### La descrizione del viadotto

L'impalcato, del tipo a sezione composta acciaio-calcestruzzo, è costituito da due travi metalliche (bi-trave) con sezione doppio T ad altezza variabile (da 2,90 a 5,50 m) disposte a interasse di 12,50 m e



Figura 1 - L'impalcato metallico

associate a traversi portanti posti all'estradosso delle travi principali, provvisti di parti laterali in aggetto a sostegno della soletta in calcestruzzo armato.

L'impalcato unico ospita entrambe le carreggiate e i marciapiedi/cordoli con le seguenti caratteristiche geometriche:

- ♦ due cordoli laterali da 1,5 m per l'alloggiamento delle barriera di sicurezza, del parapetto e dei marciapiedi di servizio di estremità;
- ♦ un cordolo centrale da 2,5 m per l'alloggiamento delle barriera di sicurezza e dei marciapiede di servizio centrale.

Il viadotto Serra Cazzola I presenta 12 campate (55 m + 70 m + 3 x 90 m + 120 m + 3 x 90 m + 2 x 70 m + 55 m) per uno sviluppo complessivo di 980,0 m e ha una larghezza trasversale pari a 26,50 m, tale da contenere entrambe le carreggiate.

Nel tratto centrale con le campate principali di 90,0 m e 120,0 m, l'altezza della trave metallica è variabile fino alla massima di 5,50 m, sugli appoggi di pila 5 e pila 6.

I traversi metallici che collegano le travi principali hanno un interasse longitudinale di circa 4,0 m. Essi sono a diretto contatto con la soletta in calcestruzzo e sono conformati in maniera che il loro estradosso conferisca la pendenza trasversale della sezione.

La parte centrale compresa tra le due travi principali, ha sezione a doppio T di poco variabile tra le altezze di 1,4 m alle estremità e 1,57 m al centro. Le parti laterali in aggetto si rastremano da 1,4 m, fino all'altezza di 0,4 m alle estremità.

La soletta in calcestruzzo ha uno spessore costante pari a 25 cm, ed è connessa alle travi principali e ai traversi mediante pioli tipo Nelson. La sua realizzazione è prevista mediante getto in opera su predalle tralicciate autoportanti.

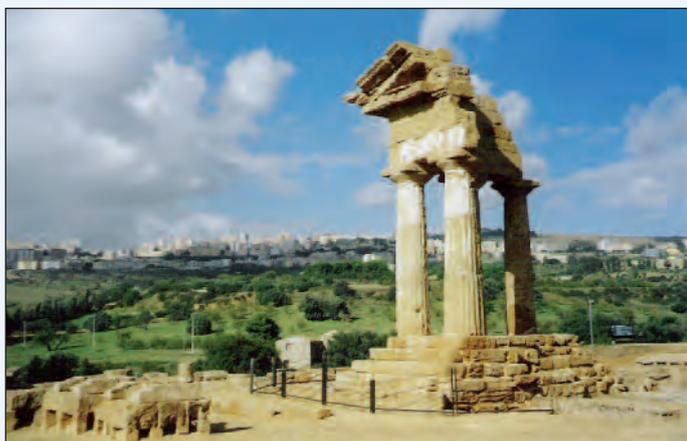


Figura 2 - Il tempio dei Dioscuri ad Agrigento

## Le lavorazioni in officina

Gli elementi realizzati in officina hanno comportato un attento riesame delle tematiche costruttive. I problemi dettati dalle dimensioni dell'opera hanno richiesto una sincronizzazione ad hoc delle procedure al fine di conciliare le attività costruttive con la logistica e le lavorazioni.

Il dover trasformare un così notevole quantitativo di lamiera e profili ha richiesto, fin dall'inizio, la creazione di un corretto flusso di materiale proveniente dalle acciaierie, in modo da affrontare le varie fasi di lavorazione correttamente e creare un ciclo compatibile con il lay-out aziendale. Tutte le fasi produttive dall'arrivo del materiale fino alla spedizione presso il cantiere sono state ottimizzate secondo il seguente flusso temporale. Il primo passo è quello di controllare la certificazione e la schedatura di ogni singola lamiera o profilo pervenuti dalle acciaierie, assegnando ad essi un codice di lavorazione. Contemporaneamente, viene eseguita la verifica di imperfezioni nelle lamiere tramite controllo dimensionale, visivo e dove necessario ultrasonoro. Successivamente, sono stati effettuati in contraddittorio i prelievi ordinati dal Personale di Direzione dei Lavori relativamente ai materiali approvvigionati (Figure 3A, 3B e 3C) secondo quanto previsto dalle Norme vigenti per inviarli ai Laboratori ufficiali indicati dal Direttore dei Lavori per testarne la qualità. Le risultanze positive delle prove effettuate dai Laboratori hanno consentito, previo controllo di accettazione del Personale di Direzione dei Lavori, di autorizzare l'utilizzo del materiale per metterlo in produzione.

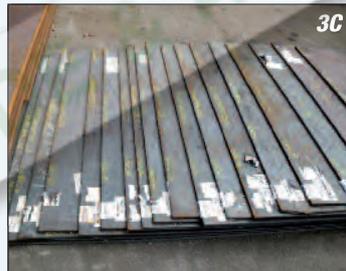


Figura 3A - La fase di riconoscimento delle lamiere approvvigionate

Figura 3B - La fase di prelievo e punzonamento dei talloni sulle lamiere indicate dal Personale della Direzione Lavori

Figura 3C - La fase di approvvigionamento e riconoscimento delle lamiere

A questo punto, è dato inizio alle lavorazioni vere e proprie, a partire dal taglio delle lamiere con impianti automatici a ossitaglio e al plasma secondo un nesting prestabilito; in tale passaggio si è eseguita, ove necessario, la cianfrinatura delle piattabande e delle anime per la preparazione alla successiva fase di saldatura.

Successivamente, viene effettuata la sabbiatura dei pezzi da inviare alla saldatura al fine di evitare inclusioni di impurità. Le connessioni saldate degli elementi vengono realizzate con procedimenti automatici ad arco sommerso o semi automatici sotto protezione di gas. Tutti i cordoni d'angolo o le saldature a piena penetrazione vengono realizzati in accordo al quaderno di saldatura precedentemente redatto e approvato dall'Istituto Italiano della Saldatura. Il processo di saldatura è sottoposto a controllo mediante ispezione visiva e CND. I controlli, così come richiesto dal Committente, dal Personale di Direzione dei Lavori e dalle Norme tecniche di Capitolato Speciale di Affidamento, vengono eseguiti in presenza di Personale dell'I.I.S.. La saldatura degli elementi principali, quali anime e piattabande, viene realizzata con un impianto automatico del tipo Tee-Master ad arco sommerso. Ove previsto, i raddoppi di piattabande vengono dapprima imbastiti con tratti di saldatura e, dopo una loro opportuna riduzione, inglobati nella saldatura a cordone d'angolo realizzata con doppio portale ad arco sommerso.



Figura 4 - La fase di assemblaggio degli elementi di concio

Dopo aver realizzato gli elementi principali si procede con l'imbastitura, su apposito banco di riscontro, di ogni singola trave dove vengono apposti tutti gli elementi secondari. Al termine della produzione di ogni singolo componente si esegue il controllo di tutti gli aspetti dimensionali e geometrici definiti dal progetto.

Come ogni altra struttura mista acciaio-calcestruzzo è indispensabile

l'applicazione dei connettori a taglio (tipo Nelson) sulle piattabande superiori delle travi, sui traversi e sulle mensole mediante procedimento semi-automatico. L'elemento "grezzo" viene infine pulito, sgrassato e preparato per l'esecuzione del trattamento protettivo delle zone oggetto di successiva saldatura in cantiere.

L'ultima operazione, a completamento del ciclo produttivo, è la realizzazione della verniciatura,

in particolare, secondo quanto previsto da progetto:

- ◆ applicazione in officina di una mano di primer epossipoliamidico a elevato contenuto di fosfati di zinco di spessore secco 40μ;
- ◆ applicazione in officina di una mano di intermedio epossipoliamidico di spessore secco 80μ;
- ◆ ritocchi di cantiere: dopo l'esecuzione delle operazioni di montaggio e saldature, si riparano tutte le zone danneggiate interessate dal montaggio stesso nel modo seguente:
  1. spazzolatura delle superfici danneggiate;
  2. applicazione di primer epossipoliamidico a elevato contenuto di fosfati di zinco di spessore secco 40μ;
  3. applicazione di intermedio epossipoliamidico di spessore secco 80μ;
  4. applicazione in cantiere di una mano di finitura poliuretana alifatica di spessore secco 40μ con RAL 1011.

Il film protettivo della verniciatura viene verificato con l'esecuzione dei seguenti controlli:

- ◆ accertamento visivo dell'assenza di colature, bolle, raggrinzimenti o altro che ne rendano disuniforme l'applicazione su film secco;
- ◆ controllo dello spessore del film delle singole mani e totale;
- ◆ controllo aderenza mediante quadrettatura o strappo.

## Le lavorazioni in cantiere

Le operazioni propedeutiche alla posa dell'opera si svolgono direttamente sul campo di varo e consistono nell'assemblaggio mediante saldatura dei vari conci di trave. Per tale ragione viene riposta particolare attenzione alla protezione delle zone di saldatura al fine di proteggerle dagli agenti atmosferici che possono inficiare il risultato finale includendo impurità. In cantiere si è dunque provveduto a realizzare una capannone, delle dimensioni adatte ad accogliere le travi in saldatura longitudinale, che fungesse da ricovero e permettesse agli operatori la piena accessibilità a tutte le saldature da eseguire. Per quanto concerne le saldature dei giunti trasversali realizzati in opera, ogni operatore è dotato di apposita struttura mobile per giunto. Una volta terminato un ciclo operativo, ogni saldatura è oggetto dei dovuti controlli CND ad opera del Personale dell'I.I.S. In alcuni casi le operazioni risultano molto delicate in quanto bisogna assicurare la verticalità di molteplici pezzi; basti pensare che nelle sezioni di appoggio pila sono composti da sei elementi che sommano un peso complessivo per trave di circa 180 t.



Figura 5 - L'assemblaggio in cantiere e controllo della verticalità degli elementi di concio

Dopo aver completato l'assemblato dei conci di trave, quest'ultimi vengono sequenzialmente saldati di testa alle quote altimetriche prestabilite dal piano di varo. La sequenza è dettata dall'avanzamento del ponte e dell'estensione del campo varo. Le saldature sono realizzate secondo le indicazioni delle Norme CNR 10011/97. Tutte le giunzioni per l'unione dei conci delle travi principali sono eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di prima classe.



Figura 6 - La sequenza di assemblaggio in cantiere degli elementi di concio

## Il varo

Vista la lunghezza del viadotto (980 m) e la geometria variabile delle travate (intradosso arcuato), il varo viene suddiviso in due fasi principali; la prima fase prevede il varo dei primi 455 m di viadotto dal lato spalla Agrigento (S1) in direzione Caltanissetta, la seconda fase il varo dei successivi 525 m dal lato spalla Caltanissetta (S2) in direzione Agrigento.

La metodologia di varo prevede l'assieme del viadotto in campo di varo (retro spalla), poi il varo, a movimento traslatorio, della parte di viadotto costruita. Avendo a disposizione sul retro spalla un'area limitata, non è possibile assiemare l'intera parte di viadotto da varare, quindi il varo viene eseguito in sequenze ripetute più volte, per la lunghezza di viadotto assiemato in campo di varo. La posizione dei punti di appoggio, su pile in c.a. e su pile provvisorie, è stata scelta in funzione della geometria del viadotto e in funzione delle interferenze possibili del ponte con le opere fondazionali, con la spalla e con quelle pile che non vengono utilizzate per il varo. Le campate su luce 90 e 120 m hanno l'altezza delle travi principali variabile, secondo una specifica equazione di secondo grado (parabolica).

Allo scopo di permettere il varo del ponte, e quindi "gestire" lo sbalzo di 90 m, è necessario diminuire le sollecitazioni nel viadotto e le reazioni di appoggio sulle pile. Si rende necessario utilizzare un avambecco, di peso molto inferiore alla struttura di ponte, posizionato nella parte anteriore dello sbalzo. L'avambecco è una struttura reticolare spaziale composta da due tralicci verticali in asse con le travi dell'impalcato lunghi 45 m controventati orizzontalmente e muniti di diaframmi per la ripartizione dei carichi trasversali.



Figura 7 - L'assemblaggio in corrispondenza della spalla lato Agrigento del viadotto Serra Cazzola 1

L'avambecco è connesso alle travi da ponte (concio C34a), per mezzo di cerniere nella parte bassa e tramite un sistema di regolazione della inclinazione dell'avambecco stesso nella parte alta (Figura 8). Questo vincolo è realizzato con un sistema di martinetti che, variando la loro lunghezza, modificano l'inclinazione dell'avambecco rispetto al ponte, facendo punto cerniera il vincolo del corrente inferiore dello stesso alla piattabanda inferiore del primo concio di varo (corrispondente al concio di mezzera del viadotto). Per mantenere il più possibile regolare l'avanzamento ritmico del varo, la configurazione geometrica dell'avambecco, rispecchia quella parabolica delle travi principali sulle campate da 90 m; in questo modo, durante il varo, si si-



Figura 8 - Il sistema di regolazione struttura di avambecco del viadotto

mula complessivamente il moto di una sequenza di quattro archi (tre campate da 90 m + metà campata da 120 m con avambecco) con geometrie paraboliche similari.

L'avanzamento del viadotto non è realizzabile con i classici metodi di varo di ponti in acciaio, che normalmente prevedono lo scorrimento del manufatto su rulliere o slitte di scivolamento, con spinta dell'intera struttura dalla spalla con argani, o sistemi idraulici. Un ulteriore motivo di ingestibilità del sistema a spinta risiede nella continua variabilità altimetrica delle quote del manufatto in coda, ove si dovrebbe effettuare le manovre di spinta e trattenuta, che troverebbero ancoraggi al ponte di altezza variabile (e di molto), con rinvii e contrasti a punti fissi, in spalla, giocoforza a quota costante.



Figura 9 - La struttura dell'articolato per il varo a spinta del viadotto



Figura 10 - Il sistema di varo ideato con rappresentazione dei martinetti di sollevamento per il viadotto

Per tali motivi si è optato per l'utilizzo di un sistema di avanzamento innovativo; sebbene basicamente derivante dai sistemi di avanzamento realizzati, solitamente, per vari di manufatti in calcestruzzo, a fondello piano. Il sistema consiste in avanzamenti discontinui, passo-passo, di circa 800 mm/cad, con scorrimento su piano orizzontale di un sostegno articolato (Figura 9). A fine avanzamento, ottenuto dalla spinta di una coppia di pistoni oleodinamici, il manufatto viene di poco sollevato da una ulteriore coppia di martinetti, a spinta verticale, posti alle estremità del sistema di scorrimento che, liberando la slitta di traslazione, ne permette il riposizionamento a 800 mm indietro, in zona di partenza. In questa postazione, il ponte viene calato dai martinetti di sollevamento sull'appoggio scorrevole, per cominciare un nuovo ciclo di traslazione. Questa operazione è realizzata in contemporanea su tutti gli appoggi di varo. Sollevamento e traslazione avvengono in simultanea, con movimenti e monitoraggi continui delle pressioni oleodinamiche, controllati da un software dedicato, che impedisce sovrappressioni o movimenti traslatori orizzontali e verticali non autorizzati. Il sistema di appoggio sulla sommità delle pile (c.a. o provvisorie) è un complesso costituito da:

- ◆ pila di calaggio (pila di testa), costituita da elementi modulari sovrapponibili di 300 e 150 mm, assemblabili e controventati tra loro con sistemi bullonati. Serve alla compensazione altimetrica della geometria durante l'avanzamento e al calaggio finale, una volta raggiunta la posizione definitiva del ponte.
- ◆ piano di scorrimento (slitta) dell'articolato di sostegno e traslazione del manufatto.
- ◆ slitta articolata (articolato) di sostegno e traslazione del manufatto, comandata da una coppia di pistoni oleodinamici a spinta orizzontale (corsa massima di 800 mm).
- ◆ sistema di movimentazione verticale (torretta) del manufatto allo scopo di svincolare l'articolato, effettuare le regolazioni altimetriche del manufatto ed effettuare il calaggio del ponte in fase finale.

L'articolato è riportato nello schema delle Figure 12, 13 e 14.

Il sistema di spinta è sviluppato nell'ambito di ogni articolato; in particolare, esso è predisposto per movimentazioni orizzontali e verticali che permettono di prendere in carica il viadotto verticalmente e poi di traslarlo orizzontalmente. Tali movimentazioni dell'articolato avvengono con l'utilizzo di martinetti sia verticali (per la presa in carica) che orizzontali (per la movimentazione orizzontale longitudinale).



Figura 11 - La vista laterale del viadotto

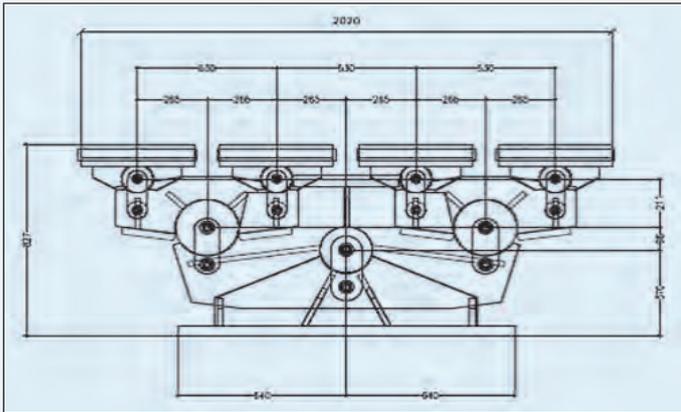


Figura 12 - La vista in sezione dell'articolato

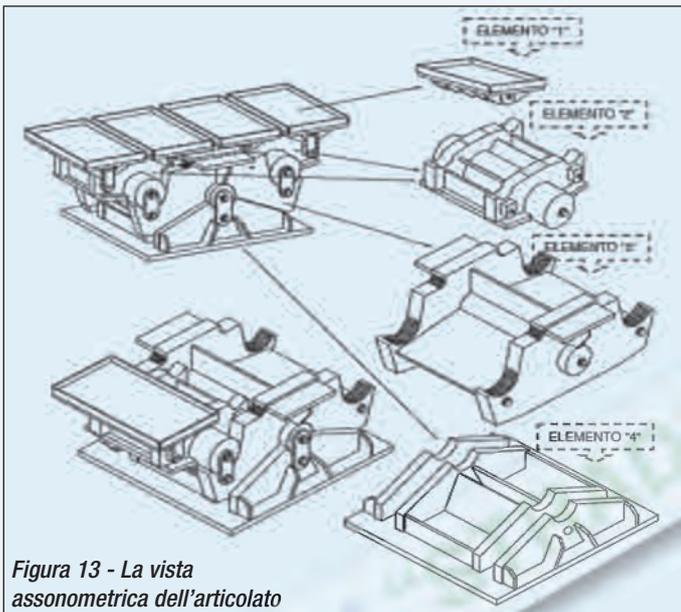


Figura 13 - La vista assometrica dell'articolato



Figura 14 - Il sistema realizzato per l'articolato

L'azione che permette la traslazione del viadotto è trasferita al viadotto dai martinetti orizzontali, tramite l'attrito tra la piattabanda inferiore delle travi principali e il supporto in neoprene armato che è alloggiato sulle quattro sedi dei pannelli superiori dell'articolato. Tra una fase di ricarica e l'altra si utilizzano delle torrette provvisorie per l'appoggio del viadotto. ■

\* Direttore Tecnico della Giugliano Costruzioni Metalliche Srl

\*\* Direttore Operativo Carpenterie metalliche della Sintel Engineering

\*\*\* Direzione Commerciale della Giugliano Costruzioni Metalliche Srl



Figura 15 - I martinetti di sollevamento e il trasduttore si spostano in verticale (di livello)

<b>Lunghezza viadotto</b>	980 m
<b>Lunghezza campate</b>	Minima: 55 m massima: 120 m
<b>Larghezza impalcato</b>	26,50 m
<b>Altezza della trave</b>	Variabile da 2,90 a 5,50 m
<b>Altezza max pile</b>	Da 19.50 a 58 m
<b>Tipologia costruttiva</b>	Soluzione acciaio-calcestruzzo
<b>Peso dell'acciaio presente nell'opera</b>	Circa 9.500 t

I dati caratteristici del viadotto Serra Gazzola I

#### DATI TECNICI

**Contraente Generale:** Empedocle Scpa

**Soc. Cons. per Azioni:** C.M.C. Consorzio Cooperative Costruzioni

**Project Manager CG:** Dott. Ing. Pierfrancesco Paglini

**Direttore Tecnico:** Dott. Gianluca Galateri

**Committente:** ANAS SpA

**Direttore Regionale:** Dott. Ing. Ugo Dibennardo

**Responsabile del Procedimento:** Dott. Ing. Federico Murrone

**Responsabile Qualità e Controllo Materiali:** Dott. Ing. Silvio Canalella

**Direttore dei Lavori:** Dott. Ing. Fulvio Giovanni

**Coordinatore Uffici Direzione dei Lavori e Direzione Operativa:** Dott. Ing. Francesco Cocciantè

**Direttore Operativo Carpenterie Metalliche:** Dott. Ing. Rosario Sarno

#### FUNZIONI OPERATIVE

**Struttura di Direzione dei Lavori:** Sintel Engineering

**Direttore Operativo:** Dott. Ing. Francesco Cocciantè

**Direttore Operativo carpenterie metalliche:** Dott. Ing. Rosario Sarno

**Direzione del cantiere:** Geom. G. Casalino

**Progetto esecutivo:** Bridge Consulting DSD, Prof. Ing. L. Dezi

**Progetto costruttivo:** Giugliano Costruzioni Metalliche Srl

**Esecuzione impalcato metallico:** Giugliano Costruzioni Metalliche Srl

**Progetto delle attrezzature di varo:** Euro Engineering Srl

**Costruzione delle attrezzature di varo:** Giugliano Costruzioni Metalliche Srl

**Progettazione sistemi idraulici di spinta e monitoraggio:** Sistral Srl

**Montaggio e varo:** Campolo SpA