



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMAZIONI IDRAULICHE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> TOMBINI IDRAULICI</p> <p><i>Titolo del documento</i> RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">SS0217_F0</div>
---	--

CODICE	C G 0 7 0 0 P R I D S S C S I T M 0 0 0 0 0 0 0 4 F0
--------	--

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2016	EMISSIONE FINALE	B. LO GIUDICE	F. BERTONI	F. COLLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
Premessa	4
1 Definizione della portata di progetto	4
2 Interventi di sistemazione idraulica in progetto	5
2.1 Intervento in progetto	5
3 Analisi idraulica	6
3.1 Verifica idraulica manufatto di attraversamento alla progressiva km 1+391	8
3.2 Verifica idraulica della sistemazione d'alveo nel tratto a monte dell'autostrada in progetto	9
3.3 Verifica idraulica della sistemazione d'alveo nel tratto a valle dell'autostrada in progetto	9
4 Verifiche del rivestimento dell'alveo	10
4.1 Verifica in termini di tensione di trascinamento	11
4.2 Verifica in termini di velocità	12
4.3 Valutazione delle deformazioni	12
4.4 Verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi tipo Reno e gabbioni metallici e il terreno sottostante	14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Premessa

La presente relazione idraulica e descrittiva illustra gli interventi di sistemazione idraulica in progetto sul fosso che la nuova sede autostradale interseca alla progressiva PK 1+931 e riporta i risultati delle verifiche sul manufatto di attraversamento e sui materiali previsti per le sistemazioni a monte e a valle e gli esiti delle simulazioni idrauliche eseguite nell'ambito del progetto delle infrastrutture viarie di collegamento con il Ponte sullo Stretto di Messina nel versante siciliano.

Il corso d'acqua oggetto di studio risulta interferente con l'asse autostradale di raccordo al Ponte sullo Stretto nel versante Sicilia.

Mentre lo studio attuale è stato finalizzato solo al calcolo della portata di progetto in quanto non si rilevano manufatti esistenti, l'analisi di progetto esamina le sistemazioni idrauliche previste a monte e a valle e l'opera di attraversamento al fine di rappresentare correttamente la funzionalità idraulica del sistema.

Per quanto attiene alla descrizione della metodologia adottata per il presente studio si rimanda interamente allo specifico elaborato "relazione metodologica".

1 Definizione della portata di progetto

Nell'analisi dello stato di fatto si è proceduto alla determinazione della portata Q per tempo di ritorno 200 anni.

Il fosso in oggetto, denominato "Fosso lato Tirreno-1" presenta le seguenti caratteristiche idrologiche:

- bacino 01 V.O.;
- superficie 0,050 km² (chiuso in corrispondenza della strada litorale);
- lunghezza asta 425 m;
- QTR200 = 2,27 m³/s.

Si precisa a questo riguardo che la sezione di bacino interferente con l'autostrada è decisamente più a monte rispetto a quella considerata per il calcolo della portata di progetto; tuttavia, in considerazione della necessità di realizzare un'opera di attraversamento di dimensioni adeguate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

per agevolare l'ispezionabilità in fase di manutenzione, si è ritenuto cautelativamente di assumere come portata di riferimento quella di 2,27 m³/s sopraccitata.

2 Interventi di sistemazione idraulica in progetto

Il presente capitolo descrive sinteticamente gli interventi di sistemazione idraulica previsti per l'attraversamento del fosso in oggetto.

I principi generali considerati nella progettazione sono i seguenti:

- prevedere un'opera di attraversamento di dimensioni adeguate, tenendo conto sia delle esigenze idrauliche, nel rispetto dei franchi minimi di progetto, sia delle esigenze di ispezionabilità per le operazioni manutentive;
- profilo della sistemazione studiato in modo tale da limitare al massimo l'entità degli scavi e dei riporti di terra e da agevolare per quanto possibile le fasi costruttive;
- lunghezza della sistemazione studiata in modo tale da continuare lo scarico dei fossi di guardia e delle vasche di trattamento delle acque di piattaforma, al fine di proteggere il corso d'acqua da potenziali fenomeni di erosione.

2.1 Intervento in progetto

Il fosso in esame verrà attraversato da un tombino scatolare in c.a. di lunghezza 94,85 m avente le seguenti caratteristiche:

- dimensioni interne 2,0 x 2,0 m;
- pendenza di fondo 4,0%;
- l'opera è divisa in 3 tratte da 3 pozzetti di salto, rispettivamente di: 5,97 m (66,84 m s.l.m. - 60,87 m s.l.m.), 5,64 m (59,85 m s.l.m. - 54,21 m s.l.m.) e 5,53 m (52,36 m s.l.m. - 46,83 m s.l.m.).

A monte e valle sono previsti 2 brevi tratti di sistemazione in materassi metallici tipo "Reno" e in gabbioni metallici con lo scopo di raccordare l'opera all'incisione naturale e, data l'elevata pendenza dell'asta idrica, di proteggere la sezione attuale da erosioni o scalzamenti localizzati.

Nel dettaglio si prevedono i seguenti interventi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tratto a monte dell'autostrada:

- realizzazione di sezione rettangolare di larghezza 2,0 m costituita da gabbioni di sponda alti 1,0 m poggianti su un rivestimento di fondo in materassi metallici tipo "Reno" di spessore 30 cm;
- lunghezza dell'intervento 20,0 m;
- quota di inizio sistemazione 72,60 m s.l.m.; quota di immissione nel pozzetto di imbocco del tombino scatolare 66,84 m s.l.m.;
- nelle sezioni iniziale e terminale è prevista, su uno sviluppo di 2,0 m, la sostituzione del rivestimento di fondo in materassi metallici con gabbioni metallici di spessore 0,50 m per garantire un migliore immorsamento della sistemazione nel terreno sottostante;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo di geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

Tratto a valle dell'autostrada:

- realizzazione di sezione rettangolare di larghezza 2,0 m costituita da gabbioni metallici di sponda e di rivestimento del fondo;
- lunghezza dell'intervento 25,0 m;
- sono previsti 5 salti di fondo di cui 4 di altezza pari a 2,0 m ed uno (il primo) di entità lievemente inferiore;
- la pendenza di progetto è definita pari al 4%;
- lungo l'intero sviluppo della sistemazione le opere previste poggeranno su un telo geotessile di peso non inferiore di 400 g/m².

3 **Analisi idraulica**

La verifica idraulica è stata eseguita tramite un calcolo idrodinamico locale per effetto della piccola dimensione del bacino di alimentazione e delle caratteristiche morfologiche della struttura di alveo, poco definita in termini geometrici e riconducibile a semplice incisione.

Il calcolo è avvenuto utilizzando come schematizzazione di base quella di moto uniforme, applicando la formulazione proposta da Chezy nel seguito riportata:

$$Q = \chi * \Omega * (R * i_f)^{0.5} \qquad \text{con } \chi = C * R^{(1/6)}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove:

- C coefficiente di resistenza distribuita secondo Gauckler – Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$],
- area bagnata della sezione idraulica [m^2];
- R raggio idraulico [m],
- if pendenza del fondo [m/m].

Sulla base dei dati geometrici dell'attraversamento (sezione trasversale e pendenza di fondo) e delle caratteristiche geometriche dell'alveo a monte e a valle di esso, sono state eseguite le verifiche idrauliche relative allo stato di progetto, in riferimento alla massima portata idrologica per tempo di ritorno assegnato (Tr 200 anni).

Il metodo di verifica adottato è il seguente:

- si è innanzitutto determinato il tipo di moto a cui è soggetta la corrente di piena a Tr 200 anni nel tratto a cavallo dell'opera di attraversamento; le caratteristiche altimetriche dei corsi d'acqua simili a quello in oggetto caratterizzano il deflusso secondo un moto in corrente veloce;
- si sono quindi determinati, tramite l'applicazione dell'equazione di Chezy, le grandezze idrodinamiche relative allo stato di moto critico per la portata a tempo di ritorno 200 anni; in particolare si è determinato indirettamente il valore del carico totale imponendo che la portata Tr 200 anni transiti nella sezione di imbocco dell'opera generando l'altezza critica che corrisponde all'espressione di seguito esposta.

$$H - \Delta h = h_c + \frac{A_c}{2 \cdot b_c}$$

in cui:

- H è il carico totale a monte dell'imbocco dell'opera,
- Δh rappresenta la perdita di carico in corrispondenza dell'imbocco, assunta pari a 0.3 volte il carico cinetico critico,
- h_c è l'altezza critica,
- A_c l'area di deflusso corrispondente allo stato critico,
- b_c la larghezza del pelo libero corrispondente allo stato critico.

Sulla base di questa metodologia l'opera è stata considerata adeguata quando la portata Tr 200

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

anni transitante al suo interno determina:

- un livello idrico (corrispondente al valore dell'altezza critica) tale da conferire un riempimento non superiore al 70 % dell'altezza dell'opera,
- che il rapporto tra il carico totale al lordo delle perdite concentrate e la dimensione verticale dell'opera non superi il valore 1.5 ($H/D \leq 1.5$).

Data l'estensione delle opere oggetto di verifica la scabrezza assunta è pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

La verifica è stata estesa anche ai tratti di sistemazione idraulica prevista a monte e a valle del tombino scatolare.

3.1 Verifica idraulica manufatto di attraversamento alla progressiva km 1+391

L'opera ha una pendenza di fondo pari al 4.0%; la portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte della strada costiera è pari a $2.27 \text{ m}^3/\text{s}$.

Come descritto in precedenza, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della $Q_{critica}$ è pari al 25.5% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 1.12 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m^2)	(m/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	-	(m)	(m)	-
25.50	0.51	2.00	1.02	5.82	5.94	2.28	2.602	2.24	0.52	1.12

Tabella 1 – Verifica di moto uniforme per il manufatto di attraversamento (scatolare 2.0x2.0m) dell'autostrada in progetto alla progressiva km 1+391.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.2 Verifica idraulica della sistemazione d'alveo nel tratto a monte dell'autostrada in progetto

Il tratto di monte del fosso interferente con l'autostrada in progetto viene sistemato tramite interventi di riprofilatura dell'alveo inciso e di rivestimento in materassi metallici. La sezione di progetto ha forma rettangolare caratterizzata da una larghezza di base pari a 2.0 m, altezza di 1.0 m e pendenza di fondo pari al 28.8 %. Nel calcolo idraulico si è assunta una resistenza distribuita pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$.

La schematizzazione di calcolo utilizzata è quella di moto uniforme utilizzando l'espressione di Chezy; i risultati ottenuti, riportati in **Tabella 2** mostrano che la portata di progetto è abbondantemente contenuta all'interno della sezione d'alveo sistemata, con un riempimento inferiore al 31.0 %; va evidenziato che se in occasione del transito della portata duecentennale si generasse l'altezza di moto critico, essa sarebbe ancora contenuta interamente all'interno della sezione di progetto con un riempimento pari al 51.0%.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale
%	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	-	(m)
1.00	0.01	2.00	0.02	0.74	0.01	0.01	2.370	0.04
11.00	0.11	2.00	0.22	3.45	0.76	0.23	3.319	0.72
21.00	0.21	2.00	0.42	5.01	2.10	0.60	3.490	1.49
31.00	0.31	2.00	0.62	6.16	3.82	1.08	3.532	2.24
41.00	0.41	2.00	0.82	7.07	5.79	1.64	3.523	2.96
51.00	0.51	2.00	1.02	7.81	7.96	2.28	3.491	3.62

Tabella 2 – Scala di moto uniforme per la sistemazione di monte del fosso interferente con l'autostrada in progetto alla progressiva km 1+391.

3.3 Verifica idraulica della sistemazione d'alveo nel tratto a valle dell'autostrada in progetto

Il tratto di valle del fosso interferente con l'autostrada in progetto viene sistemato tramite interventi di riprofilatura dell'alveo inciso e di rivestimento in gabbioni metallici. La sezione di progetto ha forma rettangolare caratterizzata da una larghezza di base pari a 2.0 m, altezza minima di 1,5 m di 1.0 m e pendenza di fondo pari al 4.0 % (valore pari a quello del manufatto di attraversamento), ottenuta sistemando il corso d'acqua secondo salti di fondo di altezza pari a 2.0 m. Nel calcolo idraulico si è assunta una resistenza distribuita pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La schematizzazione di calcolo utilizzata è quella di moto uniforme; i risultati ottenuti, riportati in **Tabella 3** mostrano che la portata di progetto è contenuta all'interno della sezione d'alveo sistemata, con un riempimento circa pari al 43.0 %; va evidenziato che se in occasione del transito della portata duecentennale si generasse l'altezza di moto critico, essa sarebbe ancora contenuta interamente all'interno della sezione di progetto con un riempimento pari al 51.0%.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale
%	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	-	(m)
1.00	0.01	2.00	0.02	0.28	0.01	0.01	0.883	0.01
11.00	0.11	2.00	0.22	1.28	0.28	0.23	1.237	0.19
21.00	0.21	2.00	0.42	1.87	0.78	0.60	1.301	0.39
31.00	0.31	2.00	0.62	2.30	1.42	1.08	1.316	0.58
41.00	0.41	2.00	0.82	2.63	2.16	1.64	1.313	0.76
51.00	0.51	2.00	1.02	2.91	2.97	2.28	1.301	0.94

Tabella 3 – Scala di moto uniforme per la sistemazione di valle del fosso interferente con l'autostrada in progetto alla progressiva km 1+391.

4 Verifiche del rivestimento dell'alveo

In generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, costituito da materassi metallici di tipo "Reno" e/o gabbioni di contenimento, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi all'interno della rete metallica di contenimento, la velocità media risulta inferiore alla velocità massima ammissibile per il materiale utilizzato, le eventuali deformazioni non sono tali da pregiudicare l'efficacia del rivestimento e quando la velocità dell'acqua tra lo strato di pietrame ed il suolo è sufficientemente piccola da evitare l'erosione del materiale di base.

Qui di seguito verranno dunque effettuate le seguenti verifiche:

- verifica in termini di tensione di trascinamento del fondo e delle sponde;
- verifica in termini di velocità;
- valutazione delle deformazioni;
- verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi metallici tipo "Reno" e gabbioni metallici e il terreno sottostante.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0

4.1 Verifica in termini di tensione di trascinamento

La verifica della tensione di trascinamento sul fondo viene effettuata confrontando il valore di tensione tangenziale che viene esercitata sul rivestimento di fondo τ_b con la tensione tangenziale critica τ_c che può essere raggiunta senza movimento di pietrame:

$$\tau_b = \gamma_w \cdot y \cdot i$$

$$\tau_c = C^* \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m$$

dove d_m rappresenta il diametro medio del pietrame impiegato per il riempimento dei materassi metallici e dei gabbioni.

Per la verifica della stabilità delle sponde si è fatto riferimento alla tensione tangenziale τ_m e alla tensione tangenziale critica τ_s :

$$\tau_m = 0,75 \cdot \gamma_w \cdot y \cdot i$$

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}}$$

dove θ è l'angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale e φ è l'angolo di attrito del pietrame che costituisce il rivestimento (pari a 41° sulla base delle esperienze riportate in bibliografia).

Per il tombino in esame sono risultati i seguenti parametri:

DATI DI BASE VERIFICA DELLE TENSIONI					
TRATTO	peso specifico acqua (kg/m ³)	profondità acqua (m)	pendenza fondo	diámetro medio (m)	peso specifico inerte (kg/m ³)
	γ_w	y	i	d_m	γ_s
MONTE TOMBINO	1000	0,23	0,288	0,18	2500
VALLE TOMBINO	1000	0,30	0,04	0,15	2500

Tabella 4 – Dati di base per verifica della tensione di trascinamento.

TRATTO	STABILITA' FONDO			STABILITA' SPONDE		
	tensione tangenziale al fondo (kg/m ²)	coefficiente Shields	tensione tangenziale critica (kg/m ²)	tensione tangenziale sponde (kg/m ²)	angolo sulla sponda (°)	tensione tangenziale critica (kg/m ²)
	τ_b	C^*	τ_c	τ_m	$\theta(^{\circ})$	τ_s
MONTE TOMBINO	66,24	0,14	37,80	49,68	90,00	22,68
VALLE TOMBINO	12	0,14	31,50	9,00	90,00	18,90

(*): se $\theta=90^{\circ}$, $\tau_s=0,6\tau_c$

Tabella 5 – Tensioni tangenziali sul fondo e sulle sponde.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La condizione di stabilità prevede $\tau_b \leq \tau_c$ e $\tau_m \leq \tau_s$. Nel caso del tombino in oggetto, tali requisiti risultano verificati solo per il tratto di valle; per il tratto di monte, sia relativamente al fondo, sia per le sponde si ammette che si verifichino delle deformazioni.

Si evidenzia la necessità di prevedere un riempimento dei gabbioni metallici con ciottoli o scapoli di pietra di pezzatura media di 18 cm di diametro (d_m) per il tratto di monte e di 15 cm per il tratto di valle.

4.2 Verifica in termini di velocità

La verifica è stata effettuata confrontando la velocità media lungo la sistemazione con la velocità critica e la velocità limite ammissibile per il materiale utilizzato nel rivestimento del fondo e delle sponde.

Per velocità critica si intende quella massima sopportabile dal rivestimento senza avere movimenti del pietrame all'interno del materasso o del gabbione metallico e per velocità limite si intende quella, ancora accettabile, che determina deformazioni contenute per insaccamento del pietrame.

Facendo riferimento ai valori di velocità critica e di velocità limite dedotti sperimentalmente e pubblicati da alcune ditte produttrici, per il tombino in esame risultano i seguenti valori:

VERIFICA VELOCITA'					
TRATTO	velocità media corrente (m/s)	velocità critica materassi (m/s)(*)	velocità limite materassi (m/s) (*)	velocità critica gabbioni (m/s)(**)	velocità limite gabbioni (m/s) (**)
	V_m	V_c	V_l	V_c	V_l
MONTE TOMBINO	5,04	5,00	6,40	6,40	8,00
VALLE TOMBINO	1,88	5,00	6,40	6,40	8,00

(*): materassi tipo Reno, spessore 0,30 m, pietrame di riempimento con pezzatura 100-150 mm, $d_{50} = 0,125$ m;

(**): gabbioni, spessore 0,50 m, pietrame di riempimento con pezzatura 120-250 mm, $d_{50} = 0,190$ m.

Tabella 6 – Verifica della velocità media, ammissibile e limite per materassi e gabbioni metallici.

4.3 Valutazione delle deformazioni

Quando le tensioni tangenziali (τ_b e τ_m) superano i valori critici di "primo movimento" (τ_c e τ_s) parte del pietrame si sposta, all'interno di ciascuna tasca del materasso metallico o del gabbione, verso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

valle. Tuttavia, se la differenza tra le tensioni risultanti e le tensioni critiche non superano il 20%, il rivestimento continua a garantire la protezione del fondo e delle sponde, sebbene ci si debba aspettare qualche assestamento.

I valori di tensione tangenziale critica sul fondo e sulle sponde incrementati del 20% rispetto al valore calcolato al paragrafo 4.1 risultano:

DEFORMAZIONI		
TRATTO	controllo deformazioni fondo (kg/m ²)	controllo deformazioni sponde (kg/m ²)
	1,2 τ _c	1,2 τ _s
MONTE TOMBINO	45,36	27,22
VALLE TOMBINO	37,80	22,68

Tabella 7 – Controllo delle deformazioni sul fondo e sulle sponde.

Se le tensioni tangenziali aumentano ancora si può avere la perdita di efficacia del rivestimento oppure il raggiungimento di una nuova situazione di equilibrio, nella quale la resistenza della rete metallica esplica maggiormente la sua funzione di contenimento.

Il grado di protezione offerto dal rivestimento resta invariato anche a deformazione avvenuta in quanto la velocità dell'acqua sotto il gabbione metallico non cambia sensibilmente.

Per evitare che il sottofondo e le sponde restino senza protezione e risultino esposti direttamente all'azione della corrente deve essere verificata la seguente relazione:

$$\frac{Dz}{d_m} \leq 2 \cdot \left(\frac{s}{d_m} - 1 \right)$$

Per il caso in esame, nel tratto di sistemazione idraulica di monte, (τ_b= 66,24 kg/m², τ_c= 37,80 kg/m²; τ_m= 49,68 kg/m², τ_s= 22,68 kg/m²) risultano i seguenti valori:

- C^{*i} = 0,11 per il fondo e C^{*i} = 0,10 per le sponde;
- Dz/d_m = 1,62 per il fondo e Dz/d_m = 1,60 per le sponde.

Le condizioni di verifica sono riportate nella seguente tabella:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> SS0217_F0.doc

VERIFICA DEFORMAZIONI TRATTO MONTE TOMBINO							
coeff. efficace Shields fondo	parametro deformazione fondo	spessore gabbioni fondo (m)	verifica	coeff. efficace Shields sponde	parametro deformazione sponde	spessore gabbioni sponde (m)	verifica
C^*i	Dz/d_m	s	$2(s/d_m-1)$	C^*i	Dz/d_m	s	$2(s/d_m-1)$
0,11	1,62	0,50	3,56	0,10	1,60	1,00	9,11

Tabella 8 – Verifica delle deformazioni sul fondo e sulle sponde.

Le deformazioni che potranno verificarsi sul fondo e sulle sponde risultano ammissibili e compatibili con il grado di protezione reso dal rivestimento.

4.4 Verifica delle velocità al contatto tra il rivestimento in materassi tipo Reno e gabbioni metallici e il terreno sottostante

La velocità dell'acqua al di sotto del rivestimento può essere calcolata con la formula di Manning:

$$v_b = \frac{1}{n_f} \left(\frac{d_m}{2} \right)^{2/3} \sqrt{i_f}$$

Per il tombino in esame si ottengono i seguenti risultati:

VERIFICA VELOCITA' CONTATTO					
TRATTO	scabrezza del fondo Manning	pendenza fondo	velocità acqua interfaccia rivestimento. - fondo (m/s)	velocità ammissibile all'interfaccia (m/s)	velocità acqua interfaccia rivestimento - fondo con geotessile (m/s)
	n_f	i_f	v_b	v_e	$v_b \text{ geotes } (1/4v_b)$
MONTE TOMBINO	0,025	0,288	4,31	0,75 - 0,90	1,08
VALLE TOMBINO	0,02	0,04	1,78	0,75 - 0,90	0,44

Tabella 9 – Verifica della velocità al contatto tra rivestimento e terreno.

Poiché la velocità v_b risulta superiore alla velocità ammissibile all'interfaccia col materiale di base v_e , è necessario prevedere l'inserimento di un filtro in geotessile. La velocità che ne risulta si riduce ad 1/3-1/4 rispetto al valore calcolato ($v_b \text{ geotes}$).

Nel tratto a monte, considerata l'elevata velocità di contatto che si verifica tra il rivestimento e il terreno, si prevede di inserire un filtro in geotessile accoppiato ad un sottile strato di ghiaietto (5 - 10 cm).