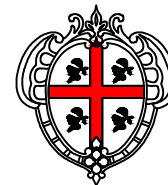




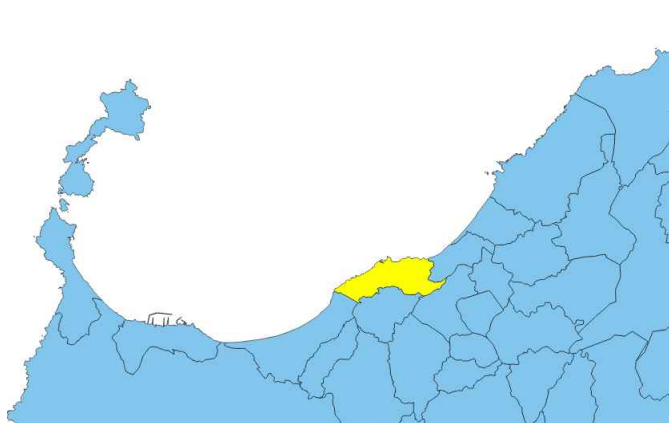
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna
Servizio Progetti e Costruzioni



"Acquedotto Coghinas 1 - Opere urgenti di deviazione del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)"



Progetto Definitivo-Esecutivo

Relazione tecnica specialistica
verifica tubazione e blocchi ancoraggio

Allegato

ALL02.1_R1

Scala:

RTP progettisti:

Capogruppo:
Ing. Daniele Casula



Mandanti:
Geol. Lorenzo Ottelli

Archeol. Patrizia Fenu

Responsabile del Procedimento:

Ing. Antonio Fadda

Servizio Progetti e Costruzioni
Il Sostituto del Direttore
Ing. Antonio Attene

Il Direttore Generale f.f.
Ing. Franco Ollargiu

Maggio 2017

1 VERIFICA DELLA CONDOTTA IN ACCIAIO.

Il tratto della condotta in progetto è costituita da una tubazione in acciaio DN1200 lunga circa 130 m.

E' necessario che tale tubazione sia in grado di resistere con adeguato margine di sicurezza a tutte le azioni a cui potrà essere sottoposta. In particolare la verifica statica di una condotta interrata, in cui rientra il caso in esame, consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con il materiale costituente la tubazione e con le esigenze di progetto.

Innanzitutto è opportuno osservare che il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè della sua “elasticità in sito”.

Nelle tubazioni interrate si riscontra un'ulteriore difficoltà: pur essendo nota la struttura, risulta incerta la definizione delle condizioni di vincolo e delle azioni risultanti dai carichi a causa delle interazioni terreno-tubazione. Queste sono infatti legate alle deformazioni che ne nascono e dal fatto che le spinte attive e passive del terreno dipendono dalle caratteristiche geotecniche che, a loro volta, variano secondo il modo con cui si effettuano le compattazioni nonché in dipendenza delle varie condizioni che si possono determinare durante l'esercizio della condotta.

Il comportamento statico di una tubazione interrata dipende dunque dalla resistenza del materiale costituente la condotta, da quella del materiale che la circonda e da come quest'ultimo è sistemato, cioè dalla posa e dall'appoggio che contrastano l'ovalizzazione del tubo.

La condotta viene posta interrata all'interno di uno scavo a pareti subverticali avente larghezza minima di 2.00 m e spessore minimo di ricoprimento della tubazione pari a 0.80 m.



In primo luogo è necessario stabilire se la tubazione risulta rigida o flessibile.

L'indice di elasticità può essere stimato attraverso il calcolo del parametro adimensionale n:

$$n = \frac{E_t}{E_a} \left(\frac{r}{s} \right)^3$$

Dove:

- E_t = modulo di elasticità del terreno = 3400 N/m²
- E_a = modulo di elasticità dell'acciaio = 2.1*10⁷ N/m²
- r = raggio medio della condotta $(D-s)/2=0,6071$ m

 REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA	"Acquedotto Coghinis 1 - Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)" PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	 ENTE ACQUE della SARDEGNA
--	--	--

- D = diametro della condotta = 1,2284 m

- s = spessore della condotta = 14,2 mm

Poiché n, pari a 12,65, risulta maggiore di 1 la tubazione risulta deformabile.

Affinché per la tubazione venga soddisfatta la verifica statica devono essere rispettate le seguenti verifiche:

- Verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine;
- Verifica della sollecitazione e della deformazione a flessione della sezione trasversale;
- Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico.

1.1 Determinazione dei carichi agenti sulla condotta

Si analizzano di seguito i carichi agenti sulla condotta, rappresentati dal peso del terreno di ricoprimento e da carichi accidentali. Tali carichi tendono ad ovalizzare la tubazione, così come il peso dell'acqua contenuta in esso.

A causa dell'ovalizzazione, la tubazione esercita una spinta sul terreno circostante che viene contrastata da quest'ultimo contribuendo alla stabilità della condotta.

1) Carico dovuto al rinterro

La norma UNI 7517 pone, per la tubazione in esame, il carico dovuto al rinterro pari a:

$$P_{st} = Y_t \times H \times D = 20000 \times 0,80 \times 1,236 = 19654 \text{ N/m}^2$$

Dove:

- Y_t [N/m³] = peso specifico del materiale di rinterro dello scavo (misto cementato);
- H [m] = altezza di rinterro;
- D [m] = diametro della tubazione

1) Carico dovuto ai sovraccarichi verticali mobili

Il calcolo del sovraccarico al di sopra della generatrice superiore del tubo, nell'ipotesi di terreno elastico omogeneo ed isotropo, si effettua in modi diversi a seconda che si tratti di un sovraccarico verticale distribuito o di un sovraccarico verticale concentrato.

Il sovraccarico mobile distribuito si determina con la formula:

$$P_{vd} = C_d \times P_d \times D \times \varphi$$

Dove:

- C_d = coefficiente di sovraccarico mobile, funzione dell'orma e dell'altezza del rinterro;
- P_d [N/m²] = sovraccarico mobile distribuito;
- φ = fattore dinamico.

Il fattore dinamico viene calcolato con la formula (valida nei casi di strade e autostrade):

$$\varphi = 1 + 0,3/H = 1,375$$

Dove H è nuovamente l'altezza del rinterro (in m) sulla generatrice superiore del tubo.

Per il sovraccarico mobile distribuito si considera un mezzo cingolato di peso $P_d = 49050 \text{ N/m}^2$, con un orma sul terreno pari a $0,45 \times 2,15 \text{ m}^2$, per il quale si stima C_d con la formula:

$$C_d = 0,215 * H^{-1,489} = 0,30$$

Si ottiene pertanto

$$P_{vd} = 0,30 \times 49050 \times 1,2284 \times 1,375 = 24832 \text{ N/m}$$

Per il sovraccarico mobile concentrato, si utilizza la formula:

$$P_{vd} = p_v \times D \times \varphi$$

dove p_v rappresenta la pressione verticale al livello della generatrice superiore del tubo, per la quale sono previsti due diversi convogli:

- Convoglio HT45 (massa 45 t, tre assi, sovraccarico per ruota 7500 kg_f);
- Convoglio LT6 (massa 6t, due assi, sovraccarico ruota anteriore 1000 kg_f, sovraccarico ruota posteriore 2000 kg_f)

Per il primo si utilizza l'espressione



$$p_v = 43100 * H^{-1,206} = 56409 \text{ N/m}^2$$

$$P_{vd} = 95278 \text{ N/m}^2$$

Per il secondo tipo di convoglio si utilizza l'espressione:

$$p_v = 10700 * H^{-1,518} = 15014 \text{ N/m}^2$$

$$P_{vd} = 25359 \text{ N/m}^2$$

 REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA	"Acquedotto Coghinis 1 - Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)" PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO	 ENTE ACQUE della SARDEGNA
--	--	--

Noti i carichi agenti è possibile effettuare le verifiche richieste.

1.2 Verifica dell'inflessione diametrale

L'inflessione massima nella tubazione, con il 95% di probabilità, è fornita dalla formula:

$$\Delta_y = \frac{(D_r \cdot W_c + W_L) \cdot K_x \cdot r^3}{E_a \cdot I + 0,061 \cdot K_a \cdot E_t \cdot r^3} + \Delta_a$$

In cui:

- Δ_y [cm]: inflessione verticale del tubo;
- D_r : fattore di ritardo d'inflessione che tiene conto del fatto che il terreno continua a costiparsi nel tempo;
- W_c [N/cm]: carico verticale del suolo sul tubo per unità di lunghezza;
- W_L [N/cm]: carico mobile sul tubo per unità di lunghezza
- K_x : il coefficiente d'inflessione, che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo all'arco inferiore d'appoggio del tubo;
- r [cm]: raggio medio del tubo pari a $(D - s)/2$;
- $E_a \cdot I$ [N cm]: fattore di rigidità trasversale della tubazione;
- E_t [N/cm²]: è il modulo elastico del terreno;
- K_a , Δ_a : sono parametri che consentono di passare dall'inflessione media all'inflessione massima caratteristica.

Si assume:

- $D_r = 2$, valido per rinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato ad elevato;
- $W_c = P_{st} = 1,97$ N/cm
- $W_L = P_{vd} = 9,53$ N/cm, corrispondente al massimo sovraccarico mobile calcolato al paragrafo precedente, che corrisponde ad un carico di 45 t;
- $K_x = 0.103$, valido per fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato ai fianchi del tubo o materiale di letto e rinfranco di tipo ghiaioso;
- $E_a \cdot I = 2.3 \cdot 10^6$ N/cm²;
- $E_t = 3.4 \cdot 10^3$ N/cm²;
- $\Delta_a = 0$, poiché $H < 4.9$ m
- $K_a = 0.75$, poiché $H < 4.9$ m

L'inflessione con i dati appena illustrati risulta:

$$\Delta_y = 0,836 \text{ cm}$$

Tale valore, valutato percentualmente rispetto al diametro della condotta non deve superare l'8%.

Poiché $\Delta_y/D = 0,68 \%$, la verifica risulta rispettata.

1.3 Verifica della sollecitazione e della deformazione a flessione della sezione trasversale

La sollecitazione o deformazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza, ovvero dovrà risultare:

$$\sigma = D_f * E_t * (\Delta_y/D) * (s/D) \leq \sigma_{lim}/\mu$$

$$\varepsilon = D_f * (\Delta_y/D) * (s/D) \leq \varepsilon_{lim}/\mu$$

Dove:

- σ [N/cm²]: tensione dovuta alla deflessione diametrale;
- σ_{lim} [N/cm²]: tensione limite ultima dell'acciaio, pari a 51000 N/cm²;
- ε : deformazione massima risultante;
- ε_{lim} : deformazione limite ultima dell'acciaio, pari a 0,0024;
- D_f : fattore di forma, funzione della rigidezza della tubazione e dalle caratteristiche geotecniche del terreno, posto pari a 5.5;
- μ : coefficiente di sicurezza, fissato dalla norma a 1.5.

Poiché risulta:

$$\sigma = 14711 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{lim}/\mu = 34000 \text{ N/cm}^2$$

$$\varepsilon = 0,00055$$

$$\varepsilon_{lim}/\mu = 0,0016$$

La verifica risulta rispettata.

2 VERIFICA AL GALLEGGIAMENTO DELLA TUBAZIONE IN ACCIAIO

La condotta deve essere verificata nei confronti di possibili stati limite di galleggiamento, considerando il caso limite di quota della falda corrispondente alla quota del piano campagna.

La sottospinta dell'acqua eguaglia il volume occupato dalla tubazione:

$$S_w = Y_w * (r_{est}^2 * \pi * L) = 10 * (0,6142^2 * \pi * 1) = 11,85 \text{ kN}$$

Dove:

- S_w = spinta dell'acqua sotto la condotta
- Y_w = peso specifico dell'acqua
- r_{est} = raggio esterno della condotta in acciaio
- L = lunghezza unitaria

La sottospinta dell'acqua viene contrastata dal peso della condotta e dal terreno di ricoprimento della condotta

$$P_c = Y_g * 2 * r * \pi * s * L = 78,6 * 2 * 0,6 * \pi * 0,0142 * 1 = 4,21 \text{ kN}$$

dove,

- P_c = peso della condotta
- Y_g = peso specifico della acciaio
- s = spessore della condotta in acciaio

La differenza tra la sottospinta dell'acqua e il peso della condotta corrisponde al minimo peso da garantire come rinterro per far sì che la tubazione non galleggi:

$$P_T = (S_w - P_c) / D_{est} = (11,85 - 4,21) / 1,2284 = 6,22 \text{ kN/m}^2$$

dove,

- P_T = minima peso di rinterro da garantire

Per garantire la stabilità della condotta deve essere garantito un peso di rinterro pari a $6,22 \text{ kN/m}^2$.

Poiché il minimo rinterro presente lungo la condotta è pari a $0,8 \text{ m}$, ed a questo corrisponde un peso di rinterro pari a circa $19,2 \text{ kN/m}^2$, la verifica al galleggiamento risulta rispettata.

3 DIMENSIONAMENTO BLOCCHI DI ANCORAGGIO

Le deviazioni effettuate dalle condotte si suddividono in curve planimetriche e curve altimetriche. E' necessario realizzare dei blocchi di ancoraggio in corrispondenza delle curve dove è stato utilizzato un pezzo speciale bicchierato. Poiché le curve in pezzi speciali non verranno utilizzate nella condotta in acciaio di cui al presente progetto, non si renderebbe necessario realizzare alcun blocco di ancoraggio.

Tuttavia poichè nei tratti iniziale e finale di raccordo alla tubazione esistente sono presenti punti singolari nei quali la condotta effettua delle deviazioni angolari del tracciato, e nella zona limitrofa a questi tratti le azioni che il fluido trasmette potrebbero provocare spostamenti dei bicchieri della tubazione esistente, per evitare rischi di interruzioni della condotta e conseguentemente del servizio, si è scelto di realizzare comunque due blocchi di ancoraggio appunto nei tratti iniziale e finale dell'intervento, ponendo particolare cautela nel dimensionamento di quello finale (sez. 35 del profilo di progetto) dove sarà presente un pezzo speciale bicchierato.

Per le tubazioni interrate, come nel caso in progetto, le sollecitazioni che si creano in corrispondenza delle curve del tracciato, possono essere trasmesse dai blocchi o solo al fondo dello scavo (blocchi di ancoraggio altimetrici), oppure sia al fondo che a una delle pareti dello scavo stesso (blocchi di ancoraggio planimetrici). Nel caso in esame i blocchi di ancoraggio sono entrambi di tipo planimetrico.

La condotta in progetto è alimentata dalla vasca di carico di S.Maria Coghinas che ha una quota del livello idrico oscillante tra 67,75 e 71,75 m.s.l.m..

Tutto ciò premesso il blocco, di forma tronco-piramidale (con la base minore pari ai 4/5 della base maggiore), in cls Rck 20 N/mm², armato con una maglia ϕ 6 20x20 lungo tutta la superficie esterna per evitare le fessurazioni dovute al ritiro, dovrà in generale soddisfare le seguenti verifiche:

- verifica allo scorrimento:

$$v_s = (S_p + f (G_B + G_T + G_A)) / S < 1,1;$$

- verifica alla resistenza del calcestruzzo:

$$\sigma_c = S / (I \cdot DE) < \sigma_{c20} = 20 \text{ kg/cm}^2;$$

- verifica alla resistenza del terreno d'imposta:

$$\sigma_T = (G_B + G_T + G_A) / A \leq \sigma_{T1} \leq 1 \text{ kg/cm}^2, \text{ in cui:}$$

Sp, spinta passiva del terreno, in kg che, a vantaggio della sicurezza, per il blocco alla sez. 35 dove il terreno è parzialmente in riporto e dove sarà presente un pezzo speciale bicchierato, **viene posta pari a zero**;

GB, peso del blocco, in kg

GT, peso tubazione compresa nel blocco, in kg;

GA, peso acqua contenuta nel tronco di tubazione, in kg;

f , coefficiente d'attrito cls – terreno;

S, spinta idraulica, in kg;

l , lato del blocco contro terra, in cm;

DE, diametro esterno del tubo, in cm;

A, superficie contro terra del blocco, in cm^2 ;

σ_c , sforzo ammissibile nel cls in, kg/cm^2 ;

σ_T , sforzo ammissibile del terreno, in kg/cm^2 .



Di seguito sono quindi descritti i parametri di calcolo generali applicati in progetto, corrispondenti alle condizioni più restrittive verificabili:

- massimo livello idrostatico 71,75 ms.l.m.;
- profondità di posa di riferimento (Sez.1) 3,02 m;
- profondità di posa di riferimento (Sez.35) 3,43 m;
- terreno misto sabbioso con ghiaie e ciottoli vulcanici caratterizzato dai seguenti parametri:

<i>coesione del terreno kg/mq</i>	C	0
<i>angolo di attrito interno</i>	ϕ	27,5
<i>peso specifico terreno (Sez.1 Sondaggio S4) in kg/mc</i>	w	1700
<i>peso specifico terreno (Sez.35 Sondaggio S1) in kg/mc</i>	w	1660

I risultati dei calcoli sono riportati nelle successive tabelle di riepilogo e nell'allegato grafico "Tav. 09 - Particolari costruttivi blocchi di ancoraggio". La pressione di calcolo è stata posta pari a 1,5 volte la pressione massima di esercizio (idrostatica) e **l'ulteriore coefficiente di sicurezza viene posto pari a minimo 1,5**.

Caratteristiche tubazione	Acc. DN1200		curve planimetriche	
diametro esterno tubazione	De =	m (i)	1,236	1,236
angolo di deviazione	α =	° sessag. (i)	86,00	31,00
massimo livello idrostatico	Hidr	m s.l.m. (i)	71,75	71,75
quota asse tubazione	Htubo	m s.l.m. (i)	21,15	23,51
pressione di calcolo (collaudo)	p=	kg/m ²	75900	72360
Geometria del blocco di ancoraggio	Numero identificativo		Sez 1	Sez. 35
altezza scavo	H =	m (i)	3,26	3,67
altezza blocco di ancoraggio	h =	m (i)	3,02	3,43
larghezza superficie di appoggio	L =	m (i)	5,1	5,05
larghezza superficie di contatto c tubo	L1 =	m	4,08	4,04
lunghezza blocco di ancoraggio	h1 =	m	4,08	4,04
volume del blocco	v =	m ³	56,56	62,98
superficie casseri	Sc =	m ²	52,56	59,11
peso del blocco		kg	135734,75	151154,34
superficie del blocco	S=	cm ²	187272,00	183618,00
Dati per il calcolo				
peso specifico blocco di ancoraggio	γ_c =	kg/mc (i)	2400	2400
peso specifico del materiale	γ =	kg/mc (i)	1700	1660
angolo di attrito interno	ϕ =	° sessag. (i)	27,5	27,5
coesione del terreno	c =	kg/m ² (i)	0	0
angolo di attrito terreno-cls	δ =	° sessag. (i)	24,75	24,75
coefficiente di attrito	ω		0,46	0,46
coefficiente di equilibrio limite super.	Kp		2,71	2,71
spinta passiva del terreno	Sp =		124.146,32	0,00
Risultati del calcolo				
spinta sul blocco	S	kg	124.103,62	46.357,41
reazione di blocco più terreno	U	kg	186.684,85	69.642,97
Coefficiente di sicurezza	U/S		1,50	1,50
sollecitazione calcestruzzo	σ =	kg/cm ²	2,46	0,93
sollecitazione sul terreno	σ_T =	kg/cm ²	0,7248	0,8232

 <p>REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA</p>	<p>“Acquedotto Coghinis 1 - Opere urgenti di deviazione locale del tracciato della condotta in località Lu Bagnu (Castelsardo)”</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO</p>	
---	---	---

SOMMARIO

1	VERIFICA DELLA CONDOTTA IN ACCIAIO	1
1.1	Determinazione dei carichi agenti sulla condotta	2
1.2	Verifica dell'inflessione diametrale	4
1.3	Verifica della sollecitazione e della deformazione a flessione della sezione trasversale.....	5
2	VERIFICA AL GALLEGGIAMENTO DELLA TUBAZIONE IN ACCIAIO	6
3	DIMENSIONAMENTO BLOCCHI DI ANCORAGGIO.....	7
	SOMMARIO.....	10