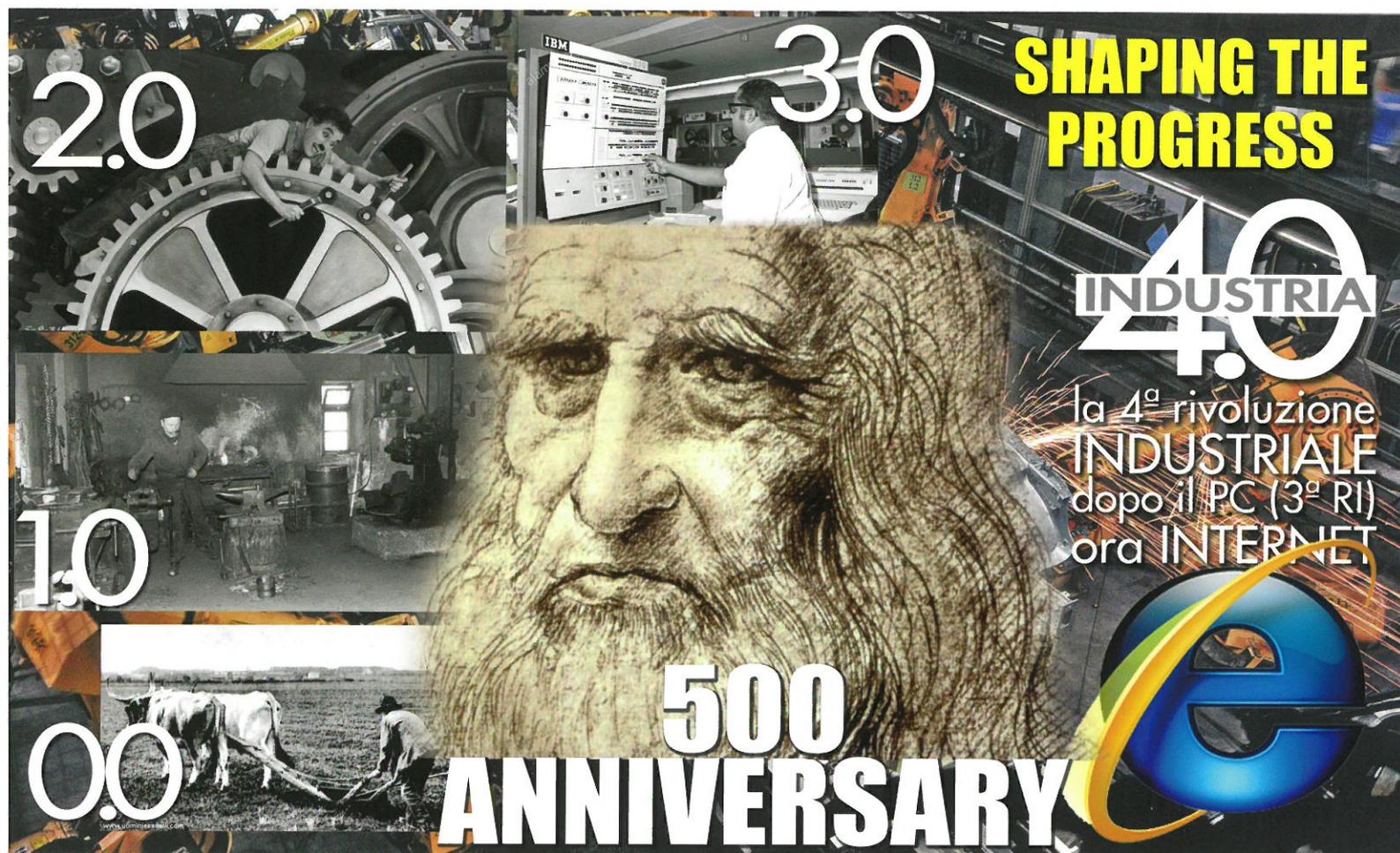




# Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica

Organo ufficiale dell'Associazione Italiana Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica *The journal of the Italian Society of Non Destructive Testing Monitoring Diagnostics*



**18°  
Congresso  
AIPnD**

**40  
ANNIVERSARY**

**Biennale  
PND-MD  
esposizione**

**AIPnD  
MILANO 2019  
23-24-25 OTTOBRE**

## Le condotte forzate Giornata di Studio ITCOLD

a cura di Comitato Italiano Grandi Dighe – ITCOLD



Il Comitato Italiano Dighe (ITCOLD) ha promosso attività di approfondimento anche per le opere complementari associate alle dighe. Diversi anni fa è stato attivato un Gruppo di Lavoro dedicato alle “Opere idrauliche associate alle dighe”.

Più recentemente, alla luce delle specifiche caratteristiche che contraddistinguono le condotte forzate, ITCOLD ha attivato un Gruppo di Lavoro incaricato di approfondire l'informazione e la riflessione su queste opere.

I *Terms of Reference* assegnati al Gruppo sono sinteticamente i seguenti:

- Ricognizione sull'evoluzione delle tipologie costruttive, sui problemi e sugli interventi di risanamento (ambito nazionale e internazionale)
- Analisi del contesto geologico
- Metodologie di monitoraggio in esercizio
- Criteri e metodi per la valutazione della sicurezza
- Problemi derivanti dalla presenza di aria in condotta e sollecitazioni anomale.

Il Gruppo ha visto la partecipazione di ben 30 membri, e potuto quindi avvalersi del contributo di esperti con diverse competenze e differenti collocazioni professionali (concessionari, organismi di controllo, società di consulenza, società di ricerca, studi).

Il Gruppo ha esaminato gli assegnati *Terms of Reference* costituendo diversi sottogruppi e sviluppando il lavoro con i seguenti criteri e finalità:

- Raccogliere informazioni/valutazioni
- Sviluppare un costruttivo confronto delle esperienze, opinioni, sensibilità
- Individuare i risultati in grado di aggregare consenso e condivisione
- Riportare i risultati in un Bollettino
- Organizzare una Giornata di Studio dedicata alla

presentazione e discussione dei risultati alla comunità tecnica di settore.

Il Lavoro del Gruppo si è concluso a inizio 2019. Il Bollettino sarà presto disponibile sul sito di ITCOLD (liberamente scaricabile).

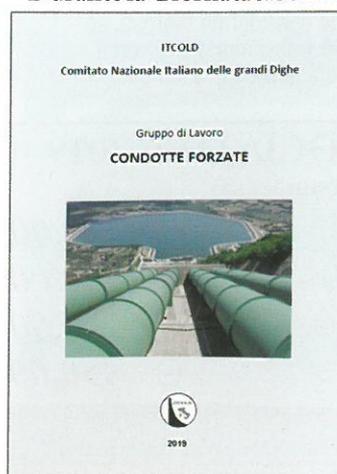
La Giornata di Studio per la presentazione e discussione dei risultati si è svolta a Milano il 21 Marzo, presso l'auditorium di CESI (Socio ITCOLD che ha collaborato all'organizzazione dell'evento).

La Giornata ha avuto 208 partecipanti, numero che da solo basta a evidenziare il grande interesse raccolto dal tema e dall'evento.

Relatori di diversa estrazione professionale hanno contribuito alla Giornata, e ciò ha dato particolare ricchezza all'evento: esperti di importanti Concessionari (Enel, Alperia, IREN, CVA), società di servizi e ricerca (CESI, RSE, SPCS, VAG, Costruzioni Generali Italiane), Autorità (Direzione Nazionale Dighe). Anche il Presidente di AIPnD ha portato il proprio contributo.

Durante la Giornata si sono discussi gli aspetti di prevalente interesse attinenti al tema delle condotte forzate.

Il Coordinatore del Gruppo, Sergio Ballatore, ha inizialmente richiamato le finalità del Gruppo e le modalità con cui il lavoro è stato organizzato evidenziando che la numerosità dei membri ha permesso di approfondire il tema attraverso sei sottogruppi, ciascuno dedicato a uno specifico aspetto.





Gli elementi costitutivi, le tipologie costruttive e i riferimenti normativi applicabili sono stati trattati da Paolo Chemello (Enel). Nell'intervento si sono evidenziati i diversi materiali impiegati nel corso del tempo per la realizzazione di condotte forzate: legno, calcestruzzo armato e precompresso, lamiera d'acciaio saldata con rivestimento interno ed esterno in cemento armato, ghisa sferoidale, polietilene ad alta densità, fibra di vetro e plastica rinforzata con fibre di vetro, acciaio. L'intervento ha trattato anche le varie modalità di posa, i diversi tipi di giunzione, gli ancoraggi e i dispositivi di sicurezza, e si è concluso con la rassegna dei provvedimenti normativi che hanno regolato la realizzazione e l'esercizio di queste strutture, dal 1922 ad oggi.

Giacomo Fantoma, di Alperia, nel suo intervento dedicato a "Contesto geologico e opere civili", ha dettagliato il caso della condotta dell'impianto di S. Pancrazio ubicata su un versante interessato da movimenti, in particolare in occasione di eventi sismici. Il controllo della condotta e del versante, sviluppato con continuità da oltre 40 anni con un sistema di monitoraggio ampliato e perfezionato nel corso del tempo, e successivi interventi di miglioramento e stabilizzazione del versante (sistemazioni idraulico-forestali, drenaggi superficiali e profondi, consolidamenti con micropali, etc.), hanno consentito l'esercizio in piena sicurezza della condotta.



Ai controlli durante l'esercizio sono stati dedicati gli interventi di Nicola Brizzo (IREN) e di Alberto Masera (CESI). L'intervento di Brizzo ha riguardato le prove/indagini applicabili per indagare lo stato di

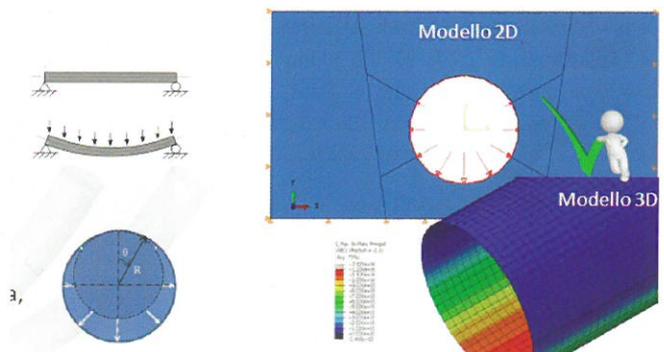
conservazione, tra cui: i controlli dimensionali, repliche metallografiche, esami con liquidi penetranti, controlli magnetici, esami ad ultrasuoni, Prove non distruttive in sito (durezza, rugosità, tensioni superficiali; sclerometria, pull-out e carbonatazione sulle opere in calcestruzzo), prove meccaniche su campioni. In utili tabelle di sintesi sono stati riepilogati i requisiti delle varie metodologie di indagine, le proprietà e peculiarità delle singole metodologie, l'applicabilità alle varie tipologie di condotte.

Masera si è invece concentrato sulle attività di controllo del comportamento delle opere, sia attraverso ispezioni visive periodiche che attraverso sistemi di monitoraggio con misura dei parametri di comportamento più rilevanti. L'intervento ha passato in rassegna sia consolidate tecniche tradizionali (controlli topografici, spostamenti alle selle e ai giunti, misure delle tensioni, etc.) che tecniche più recenti e innovative (stazioni GPS-GNSS, fibre ottiche, interferometria satellitare, laser scanner, droni, etc.).



Ai "Pezzi speciali" (appoggi, passi d'uomo, giunti, biforcazioni, etc.) è stato dedicato il contributo di Massimo Berardi, di Costruzioni Generali Italiane, che ha informato sulle fasi e sui controlli con cui si sviluppa la costruzione in officina, dal Piano Controllo Qualità al pezzo finito.

"Valutazione della sicurezza: criteri e metodologie" è stato l'oggetto della relazione di Antonella Frigerio (RSE). Nella prima parte l'intervento ha discusso sugli elementi da sottoporre a verifica, ha richiamato le combinazioni di carico da prevedere nelle verifiche agli stati limite, ha commentato i criteri di verifica mediante metodi speditivi e modelli numerici. In particolare si è messo in evidenza che schemi di calcolo speditivi per una prima verifica dello stato di sollecitazione consentono di valutare se siano necessari ulteriori approfondimenti con modelli numerici più sofisticati. Tale necessità può risultare più frequente per strutture esistenti progettate con normative non più in vigore, ma è stato sottolineato che ricorrere a metodi numerici avanzati è possibile ed utile solo se si hanno a



disposizione informazioni adeguate sulla struttura, sui materiali e sulle condizioni di funzionamento. L'ultima parte del contributo di Frigerio è stata dedicata all'analisi di rischio associata all'antropizzazione.

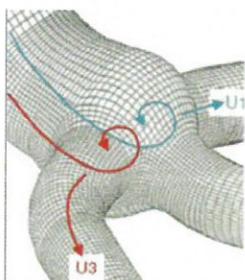
Di "Problemi tipici e ricorrenti" ha parlato Sergio Ballatore, soffermandosi in particolare sulle principali tipologie di fenomeni vibratori nelle condotte: vibrazioni della sezione trasversale del tubo dovute a variazioni di pressione, e fenomeni di risonanza causati da pulsazioni di pressione che avvengono nella macchina o nelle rotative.

Si è discusso anche dei problemi di vortici all'interno delle condotte e, infine, degli elementi che caratterizzano il comportamento delle condotte forzate di fronte agli eventi sismici.

Al termine della sequenza di interventi dedicati all'illustrazione dei risultati del Gruppo di Lavoro, una sessione è stata dedicata a alcune esperienze di rilievo dei Gestori.

In tale sessione:

- Mario Trogni ha commentato l'esperienza maturata nel riesame della sicurezza svolto per molte condotte forzate di Alperia, importante concessionario idroelettrico. Trogni ha sottolineato la necessità di un modello scalabile, da adattare in base alle diverse condizioni di ogni singolo impianto, perché ogni condotta presenta situazioni particolari che possono richiedere approcci differenti. Discutendo delle analisi di rischio, ha infine evidenziato l'importanza rivestita dalla piena efficienza degli organi di sicurezza, che possono permettere di intercettare eventuali criticità evitando impatti negativi sul territorio.
- Francesco Fornari, di Enel, ha resocontato sui "Piani dei controlli durante l'esercizio" che Enel ha fatto predisporre per ciascuno dei suoi impianti, e nei quali sono precisate le modalità e le frequenze di tutti i controlli, affidati alle unità operative o alle unità specialistiche. Detti "Piani" sono stati redatti in attuazione di una Procedura aziendale per la sicurezza delle opere idrauliche che definisce gli indirizzi per un'omogenea e sistematica esecuzione delle attività di controllo.
- Lorenzo Artaz, di CVA, ha illustrato un interessante caso



di esercizio di condotte in contesti geologici complessi. L'attenzione si è concentrata sul comportamento di un tratto sub-orizzontale di condotta in galleria coinvolto da deformazioni gravitative profonde di versante, con conseguenti cedimenti di piedritti, rotazione delle selle, disallineamento e deformazione della tubazione. La situazione ha richiesto interventi (ampliamento della sezione della galleria, giunti trasversali e nuove selle di appoggio), un sistema di monitoraggio esteso e via via perfezionato, il supporto di un sofisticato modello numerico per i necessari approfondimenti di valutazione.

In successivi brevi interventi sono stati discussi alcuni interessanti elementi innovativi: applicazione sperimentale di un sistema acustico per il monitoraggio delle perdite (P. De Lotto, CESI), utilizzo di compositi e fibre in carbonio per interventi di incremento delle condizioni di sicurezza di condotte (E. Zaniboni e M. Scienza, SPCS), sistemi di attuazione dei dispositivi di sicurezza condotta in caso di sismi (E. Veronese, VAG).

La Giornata ha visto infine un ampio intervento della Direzione Generale Dighe (Direttore Ornella Segnalini e Andrea Salza), che ha riferito il punto di vista dell'Autorità di controllo e che ha illustrato gli sviluppi in corso per la predisposizione di un regolamento per le opere idrauliche associate alle dighe.

Ha chiuso la sequenza di interventi il Presidente di AIPnD, Ezio Tuberosa, che ha commentato sulla importanza della Giornata, ha informato sulle attività di AIPnD, e ha evidenziato i numerosi punti di possibile contatto e cooperazione tra AIPnD ed ITCOLD.

