

CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE DEL CLS DURANTE IL TRASPORTO IN BETONIERA

Calcestruzzo

SOTTO CONTROLLO

ELVIO SUOZZI*

La gestione di un calcestruzzo di qualità coinvolge l'intero ciclo produttivo ed investe non solo la fase di produzione ma anche quella del trasporto e della consegna del prodotto, altrettanto importanti e delicate anche se sinora un po' trascurate. La modenese Elettrondata già da alcuni anni ha messo a punto e affinato nel tempo un efficace sistema di tracciabilità e di controllo globale dell'intero processo di produzione del calcestruzzo, dalla produzione fino alla sua consegna in cantiere

I più qualificati produttori di calcestruzzo, già da tempo, adottano sistemi di controllo in grado di garantire le caratteristiche qualitative richieste, la costanza e la ripetibilità "certificate" delle miscele di calcestruzzo rilevate al punto di carico dell'autobetoniera, il tutto con risultati impensabili fino a pochi anni or sono. Tuttavia è noto che le caratteristiche di un "Calcestruzzo conforme" al punto di carico, possono venire seriamente compromesse successivamente qualora, per qualunque motivo, venga aggiunta acqua all'impasto oltre il limite consentito oppure si verificano condizioni impreviste quali il protrarsi troppo a lungo del trasporto. Diviene quindi esigenza fondamentale, impensabile da soddisfare fino a un recente passato, estendere il controllo del ciclo produttivo anche alla fase del "trasporto e consegna" così importante e delicata quanto la produzione stessa. Le automazioni di ultima generazione tengono sempre più in considerazione l'aspetto della

gestione del prodotto anche in termini di controllo qualità e tracciabilità delle caratteristiche del calcestruzzo. Oltre alle caratteristiche del prodotto al momento della produzione (controllabili e ricostruibili per mezzo dei report di dosaggio, storici degli eventi quali allarmi, aggiunte manuali o segnalazione dei dosaggi fuori tolleranza, ecc.) con le automazioni Elettrondata è ora possibile controllare e memorizzare anche quelle legate al trasporto e allo scarico in cantiere. Il sistema che andremo ad illustrare è stato ideato da Elettrondata e presentato quale antepri-ma mondiale al convegno ERMCO di Berlino del 2001, riscuotendo un notevole interesse. Da allora numerose sono state le installazioni di successo con piena soddisfazione degli utenti. E' importante segnalare che il risultato ottimale si ottiene in abbinamento ad una automazione di centrale progettata e pensata per il sistema specifico, quali il BetonSystem ed il BetonWin II. L'interesse suscitato da questa intuizione, ha reso il sistema

oggetto di imitazione da parte di alcuni competitors che si addentrano solamente adesso nel mondo del controllo del trasporto; tuttavia l'esperienza maturata da Elettrondata in diversi anni di installazione e sviluppo sono difficilmente imitabili. Oltre al controllo prestazionale si aggiunge la telelocalizzazione satellitare mediante tecnologia GPS che costituisce uno strumento all'avanguardia per le aziende produttrici di calcestruzzo sia per quanto riguarda l'ottimizzazione la gestione e la logistica dei mezzi di trasporto che per il controllo del ciclo produttivo al di fuori della centrale di betonaggio. Infatti la tecnologia satellitare, il sistema di controllo slump e altri dispositivi installati sulle autobetoniere opportunamente collegati tra loro dal sistema di automazione, permettono di ricostruire la "storia" di ogni singolo trasporto. È inoltre possibile conoscere in tempo reale, presso le sedi di produzione, in quale fase del trasporto si trova ogni mezzo (carico, tragitto di andata, fase di omoge-

neizzazione, scarico, tragitto di rientro) per organizzare meglio gli ordinativi e le consegne quindi fornire ai clienti un servizio più puntuale e qualitativamente più elevato.

Come avviene il controllo

Per permettere di estendere le procedure di controllo del ciclo produttivo anche al di fuori della centrale di betonaggio sono stati elaborati sistemi in grado di collegare quest'ultima all'autobetoniera. Per effettuare il controllo sul prodotto caricato, in particolare, è indispensabile rilevare diverse grandezze fisiche che, opportunamente correlate tra loro, possano ricondurre in modo ripetibile allo slump del calcestruzzo presente all'interno della botte. Ancora oggi è uso comune a tanti addetti valutarne la lavorabilità sulla base delle indicazioni del manometro che misura la pressione dell'olio del circuito idraulico preposto a governare la rotazione del tamburo; tale parametro, in realtà, risulta inattendibile e inutilizzabile da un sistema automatico se non viene messo in relazione ad altre variabili quali la velocità e il senso di rotazione del tamburo stesso, la tipologia del mix, la quantità caricata, la temperatura ambien-



Figura 2



tale, le condizioni climatiche, lo stato di usura delle pale e le caratteristiche meccaniche dell'autobetoniera, la distanza dal punto di consegna e quindi il tempo impiegato per il trasporto. Le nuove generazioni di automatismi consentono l'elaborazione automatica in tempo reale di tali parametri e un'accurata gestione dei sensori installati sull'automezzo; dall'elaborazione di tali informazioni e con l'ausilio di particolari algoritmi, è possibile ottenere una indicazione di consistenza e lavorabilità dell'impasto attendibili e ripetibili. Tale dato, a sua volta rapportato alle quantità di acqua, cemento e additivo introdotte nell'impasto, fornisce l'effettivo valore di slump. Questi valori, memorizzati alla partenza dal cantiere e durante la fase di omogeneizzazione presso il punto di consegna, rappresentano un'importante documentazione a garanzia della conformità del prodotto fornito al cliente al momento della messa in opera; inoltre le eventuali aggiunte di acqua in questa fase possono essere rilevate, controllate e documentate in modo automatico e quindi con rilevanza sicuramente maggiore rispetto al dato registrato manualmente sul documento di trasporto. Ad elevare la flessibilità e l'affidabilità di questi sistemi concorrono

Figura 3



Figura 1

oggi particolari tecnologie di trasmissione dati tra automezzo e sistema centrale di controllo, che eliminano di fatto l'impiego di collegamenti elettrici o idraulici che costituivano fino ad oggi il limite pratico di impiego del sistema. Elettrondata ha messo a punto un nuovo dispositivo da installare sulle autobetoniere in grado di rendere possibile il collegamento (senza connessioni fisiche) tra queste e la centrale di preconfionamento.

I.s.m. (Infrared Slump Meter) è il computer di bordo che comunica mediante trasmettitori e ricevitori all'infrarosso (Figura 1), con il sistema di automazione BetonSystem o BetonWin II (Figura 2) dedicati invece alla gestione dell'impianto di produzione del calcestruzzo preconfionato. Il software integrato nel sistema i.s.m. rappresenta di fatto l'anima del progetto poiché abilita e gestisce la rilevazione automatica degli



Figura 4

eventi ossia raccoglie e memorizza a bordo dell'automezzo tutti i dati relativi al trasporto e ne permette la successiva elaborazione una volta trasmessi al rientro all'automatismo di centrale. Beton-System e BetonWin II sono basati su un'architettura software messa a punto specificamente da Elettrondata per realizzare applicazioni di controllo di pesatura, dosaggio e movimentazione delle materie prime. Sono stati appositamente studiati per essere aperti verso il "mondo" esterno e flessibili in modo da potersi adattare a qualsiasi conformazione della cinematica di impianto senza dover eseguire nessuna modifica al software ma semplicemente variandone la configurazione. Betonsat è un'opzione aggiuntiva al sistema i.s.m. che permette la telelocalizzazione degli automezzi mediante GPS. Attraverso un collegamento Gprs o Gsm (trasmissione dati via rete telefonica cellulare) le informazioni da monitorare in tempo reale, quali posizione dell'automezzo e fase del trasporto, vengono inviate al sistema centrale, nel quale i dati sono elaborati e archiviati per essere successivamente analizzati con l'obiettivo di verificare il corretto svolgimento di tutte le operazioni ed ottenere statistiche importanti per l'organizzazione logistica dei trasporti. Vediamo nel dettaglio le peculiarità del sistema: il controllo satellitare che gestisce il sistema di distribuzione e che esegue la registrazione degli eventi legati al monitoraggio delle

proprietà del materiale dal carico fino al completamento dello scarico, comprende un'unità centrale, con terminale di decodifica e relativo software, nonché periferiche mobili, d'ultima generazione, poste sulle autobetoniere, che registrano ed elaborano i dati relativi al trasporto e che ven-



gono poste in comunicazione con il centro d'elaborazione costituito dalla unità centrale.

L'unità centrale è anche in grado di gestire messaggi SMS e/o vocali per dialogare con l'autista del mezzo una volta che questi è uscito dal punto di carico. Tutte le comunicazioni elettroniche e vocali fra centro e periferia sono mantenute riservate. Il sistema trasmette dati criptati con algoritmi variabili per evitarne l'intercettazione. Il software permette la gestione della logistica dei veicoli, localizzandone la posizione e gestendo la scansione raster georeferenziata, su scala variabile e su varie

Figura 5



finestre grafiche provviste di funzioni di ingrandimento, riduzione e spostamento.

La mappa (Figura 3) visualizza la posizione dei veicoli in tempo reale e li rappresenta con diversi colori impostabili dall'utente per poter meglio individuare le fasi del trasporto: i diversi colori infatti identificano l'automezzo sotto il punto di carico, durante la fase di trasporto verso la destinazione, l'arrivo in cantiere e fase di omogeneizzazione, scarico in corso, scarico ultimato e infine rientro alla base. Durante queste fasi vengono anche registrati gli orari relativi agli eventi suddetti e, quando l'automezzo rientra sotto il punto di carico, tutte queste informazioni vengono trasmesse via infrarosso all'automazione di impianto che le memorizza abbinandole ai dati storici del ciclo di produzione relativo.

A richiesta dell'operatore, è possibile ottenere dalla propria banca dati e visualizzare, i siti di consegna e le informazioni relative a viaggi precedenti. Insieme alle mappe è possibile visualizzare anche diversi tipi di dati quali: posizione, stato dei sensori, segnali d'allarme, messaggi pre-codificati e selezionare diversi tipi di comunicazione in funzione della copertura del territorio da parte degli operatori di telefonia mobile. Le voci nella banca dati, il monitoraggio della posizione e dello stato dei veicoli, nonché la previsione di consegna al cliente, sono ottimizzati dal sistema che suggerisce all'operatore dell'impianto il tempo stimato di rientro dei vari veicoli e la loro destinazione successiva.

Il sistema sviluppato permette al produttore di ottenere il controllo completo del processo di produzione e trasporto del calcestruzzo preconfezionato fino al termine dello scarico; rende possibile governare e registrare le aggiunte di acqua che si dovessero rendere necessarie mantenendole entro i limiti che assicurano il raggiungimento delle prestazioni volute, consegna al produttore il pieno controllo del pro-

prio prodotto fino allo scarico completo, mentre all'autobetoniera e al suo autista rimane esclusivamente lo specifico ruolo del trasporto con la possibilità di escludere ogni azione dannosa o che abbia incidenza sul prodotto consegnato.

Comunicazione dati e monitoraggio del calcestruzzo durante il trasporto

Per evitare l'errore umano e le interferenze esterne, i tempi d'attesa e di scarico delle autobetoniere sono rilevati automaticamente per completare sia la procedura di fatturazione al cliente dei prodotti consegnati, sia la contabilità passiva dei trasportatori terzi. Le autobetoniere vengono provviste di dispositivi che rilevano il senso di rotazione ed il numero di giri del tamburo (Figura 4), per storicizzare sia la fase di miscelazione (particolarmente importante dove non è in uso il mescolatore fisso di impianto) sia le fasi di omogeneizzazione e di scarico in cantiere. L'orario di partenza dall'impianto di produzione, alla fine della fase di miscelazione, viene registrato automaticamente così come quello di arrivo in cantiere che corrisponde all'inizio della fase di omogeneizzazione. L'orario di inizio scarico viene memorizzato rilevando il momento in cui si inverte la direzione di rotazione per un numero di giri che, collegato a quello dei metri cubi contenuti, corrisponde all'affacciarsi del calcestruzzo alla bocca di uscita della betoniera, infine viene registrato l'orario di fine scarico che termina quando il tamburo della betoniera ha compiuto il numero di giri, nella direzione di scarico, pari a quello controllato secondo il volume di calcestruzzo trasportato. Sono anche monitorate eventuali interruzioni durante la fase di scarico e quella successiva di lavaggio della betoniera. Un'al-



Figura 6



Figura 7

tra apparecchiatura (Figura 5), inserita nel circuito dell'acqua, permette di registrare la quantità d'acqua aggiunta in cantiere sia nella fase di omogeneizzazione che durante lo scarico. Quella introdotta in seguito alla fine dello scarico viene memorizzata come acqua di lavaggio; tale quantità, se non viene scaricata prima del carico successivo, viene comunicata via infrarossi all'automatismo di carico che ne tiene conto detraendola automaticamente dal totale dell'impasto da caricare. Il sistema gestisce anche una elettrovalvola che può essere inserita nel circuito dell'acqua per interromperne il flusso in determinate condizioni come durante la fase di carico o

Figura 8



qualora sia stato raggiunto il valore massimo ammesso per l'acqua aggiunta oppure nel caso di trasporti particolari nei quali si desidera non sia possibile aggiungere acqua. Naturalmente queste funzionalità sono completamente parametrizzabili dal sistema di automazione dell'impianto. I dati relativi alle fasi operative del trasporto ed alle eventuali aggiunte di acqua, sono raccolti e memorizzati in una apparecchiatura a microprocessore (Figura 6) in-

stallata sull'autobetoniera e collegata ad un trasmettitore a raggi infrarossi posto sul tetto della cabina dell'automezzo o in corrispondenza del serbatoio dell'acqua (Figura 7). Un analogo apparecchio ricevitore a raggi infrarossi, installato al punto di carico dell'impianto (Figura 8), permette il trasferimento automatico dei dati dal computer di bordo dell'autobetoniera alla unità centrale dell'impianto di produzione. L'autobetoniera può essere provvista anche di sonde utili a monitorare la temperatura del calcestruzzo, il livello dell'olio motore e la pressione o la temperatura del liquido del radiatore e tutta una serie di altri dati che potrebbero essere utili per una successiva elaborazione e

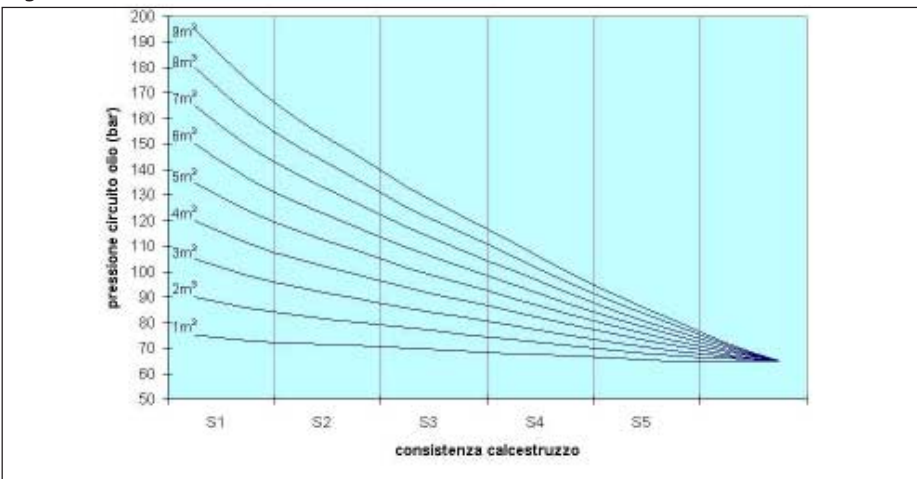
verifica. Nel caso di un impianto di produzione a secco, quindi privo di mescolatore fisso, non è inusuale collegare il circuito dell'olio idraulico delle varie betoniere sotto carico, per leggere in cabina di controllo la consistenza del calcestruzzo in esse contenuto. A tal fine ogni betoniera viene preventivamente monitorata e calibrata con cura. L'estensione della applicazione di tale sistema all'autobetoniera (Figura 9), per il monitoraggio del calcestruzzo prima dello scarico, aveva permesso di riscontrare le eventuali non conformità nei valori della consistenza ma non di prevenirle. Il problema quindi, non era stato concretamente risolto. Una serie di studi e



Figura 9

sperimentazioni hanno portato alla tecnica di calcolo preciso del volume scaricato e residuo in qualsiasi momento della fase di scarico. Noto il volume del calcestruzzo residuo all'interno dell'autobetoniera, risulta facile correlare tra loro il volume residuo, la pressione idraulica e la consistenza del calcestruzzo (Figura 10). Quando l'autista dell'autobetoniera porta al massimo il numero di giri nella direzione di carico, durante la fase di omogeneizzazione, la sonda della Figura 9 registra la pressione idraulica; il computer di bordo ne calcola la consistenza e il sistema satellitare comunica i dati relativi all'unità centrale in impianto dove il dato reale è confrontato con quello garantito e specificato sul documento di consegna. Se la consistenza reale è inferiore a quella teorica, il sistema verifica se il massimo rapporto acqua/cemento fissato per la specifica classe di esposizione, consenta una aggiunta d'acqua nonché la quantità massima ammessa. In caso positivo, il sistema ricava dalla procedura di studio delle miscele la

Figura 10



quantità d'acqua necessaria alla correzione e ne riduce il valore se tale quantità è maggiore del limite ammesso. Dopo l'aggiunta il sistema ri-verifica la consistenza del calcestruzzo per assicurare che sia entro i limiti garantiti. Da ultimo, il sistema controlla che il tempo trascorso tra carico e scarico sia entro i limiti concessi. Le prove di abbassamento al cono (slump-test) eseguite dopo le correzioni, hanno fornito quasi sempre risultati soddisfacenti (Figura 11). I pochi risultati negativi si riferivano a classi di consistenza elevate (S4 o S5) e sempre in corrispondenza di volumi residui di calcestruzzo inferiori ai 2 m³.

Conclusioni

La realizzazione del controllo globale nel processo produttivo del calcestruzzo oggi è possibile.

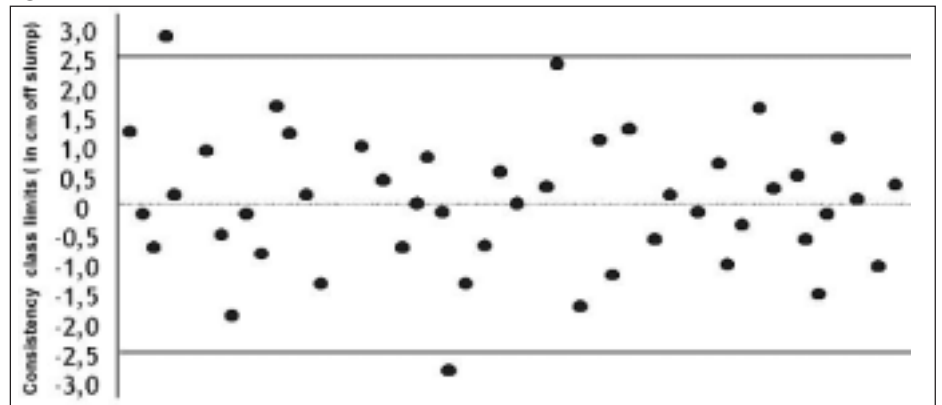
Le soluzioni proposte da Elettrondata costituiscono un indispensabile contri-

buto per soddisfare le esigenze di certificazione di qualità oltre che di controllo statistico. Il metodo descritto, basato sulla combinazione di sistema di controllo GPS e di strumenti di monitoraggio posti a bordo dell'autobetoniera, permette:

- il completo controllo e l'ottimizzazione di tutti gli aspetti logistici;
- la raccolta automatica dei dati necessari alla contabilità ed al controllo di gestione;
- il pieno controllo di tutte le voci relative alla distribuzione;
- la correzione della consistenza del calcestruzzo centralizzata ed effettuata direttamente dall'impianto di produzione, con l'esclusione di qualsiasi intervento da parte dell'autista dell'autobetoniera;
- la raccolta, in tempo reale, di dati utili all'aggiustamento delle miscele successive.

Essendo il sistema nel suo complesso ben articolato e realizzabile anche in

Figura 11



diversi step successivi, particolare attenzione deve essere posta alla scelta del sistema di comando e gestione della centrale, il quale costituendo l'elemento primario indispensabile per l'inizio della catena del controllo stesso e svolgendo un ruolo di motore propulsivo di tutto il sistema, deve essere progettato e predisposto per essere in grado di supportare tali innovative tecnologie.

* Elettrondata Srl Spezzano di Fiorano - MO