

IL

NUOVO PONTE DELLA COULOUVRENIÈRE

A GINEVRA

LETTURA

fatta dall'Ing. TOMASO PRINETTI la sera del 30 Marzo 1896

(Con una figura).

Cenni generali. — Nell'imminenza di nuovi studi per la sostituzione del ponte Maria Teresa sul Po, l'Amministrazione di questa Città ha creduto opportuno d'inviare l'Ingegnere-Capo a Ginevra per visitarvi il ponte in costruzione alla « Coulovrenière », intorno al quale già avevasi qualche notizia, desunta da alcune pubblicazioni.

La notevole opera intrapresa dall'Amministrazione della città di Ginevra, sotto gli auspici dell'eminente ingegnere Turettini, e diretta dall'ingegnere Butticaz, riflette la costruzione di un ponte lungo circa 140 metri su due rami del Rodano, con livello stradale a 6 metri e mezzo sopra le acque massime.

Tale ponte doveva essere ad un tempo elegante ed economico e potersi costruire in pochi mesi, per essere pronto alla data dell'apertura dell'Esposizione Nazionale Svizzera, stabilita al 1° maggio prossimo.

Date tutte queste condizioni, che non sarebbe stato possibile soddisfare con una ordinaria costruzione muraria, si pensò di ricorrere al sistema già adottato per il ponte sul Danubio a Munderkingen.

Il calcestruzzo cementizio per archi e volte. — L'unico arco, di 50 metri di luce, del ponte di Munderkingen, è esclusivamente formato con calcestruzzo di cemento compresso (1 di cemento, 2 ½ di sabbia, 5 di ghiaia), e costituisce una novità tecnica, non solo perchè archi monolitici in gettata di così gran luce non se n'erano ancora costruiti, ma anche perchè alla chiave ed all'im-

posta l'arco presenta le articolazioni di acciaio, usate prima soltanto nelle costruzioni metalliche.

I materiali impiegati finora per gli archi e le volte murarie sono i mattoni e le pietre; ma dopo la buona prova fatta dal ponte di Munderkingen, e specialmente dopo gli studi e le diligenti esperienze eseguite dalla Società Austriaca degli Ingegneri e degli Architetti, si può affermare che il calcestruzzo di cemento compresso presenta tali vantaggi sui materiali accennati, da essere consigliato specialmente nei casi di grandi luci. Questo calcestruzzo ha difatti le seguenti particolarità:

1° Coefficiente di elasticità per la tensione quasi identico a quello per la compressione;

2° Dopo 6 mesi dall'impiego tale coefficiente può essere di 300,000 e 400,000 kg. per c², secondo la composizione dell'impasto;

3° La resistenza alla compressione, che può raggiungere kg. 400 al c², non si allontana in media da kg. 250, e quella alla tensione da 20 kg. per c².

Nel ponte di Munderkingen il calcestruzzo impiegato presentò, dopo soli 4 mesi, una resistenza alla compressione di 332 kg. per c².

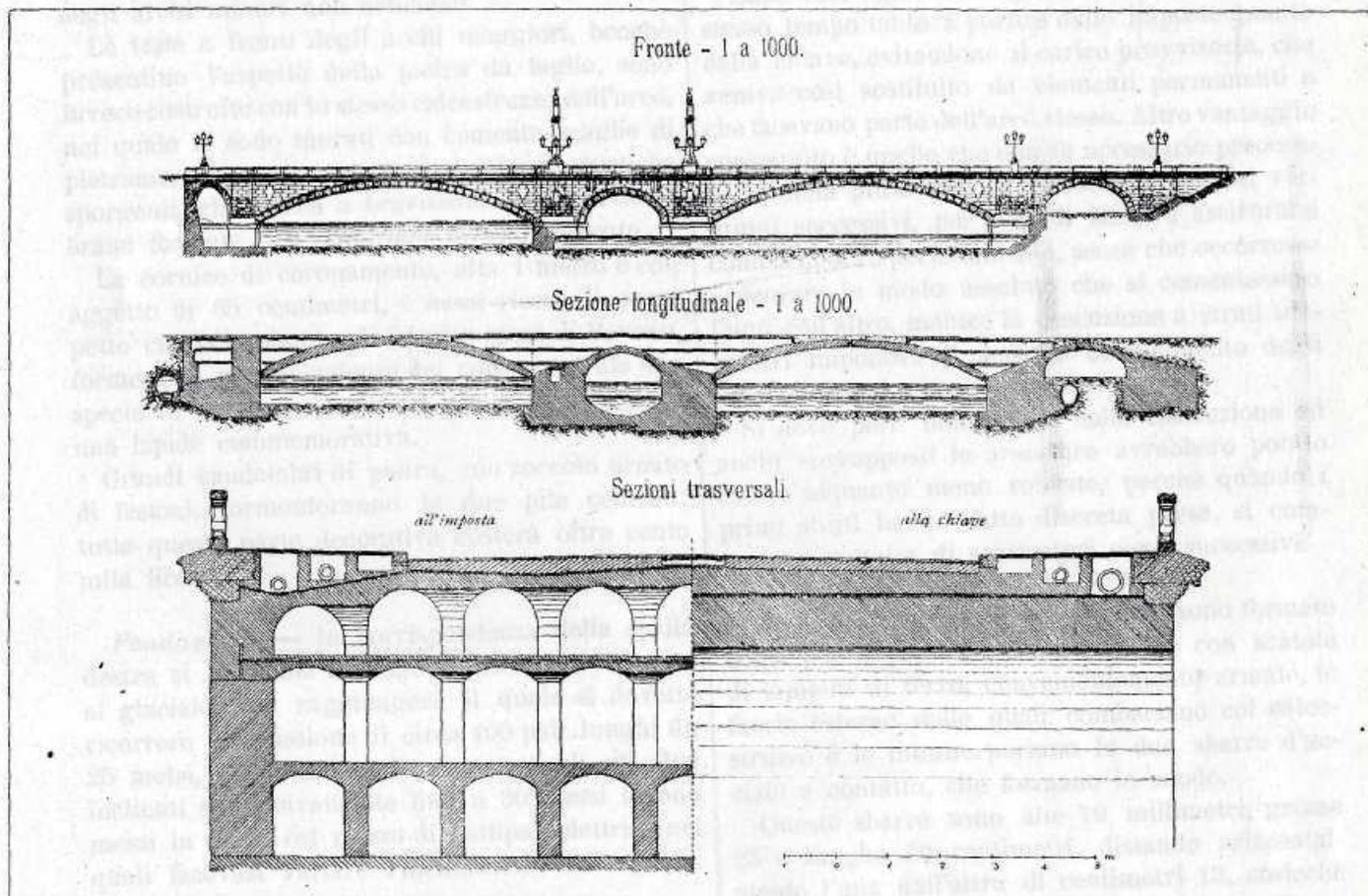
Dyckerkoff, che eseguì a Dresda parecchi ponti di 20 a 25 metri di corda con calcestruzzo di cemento, osserva che il calcestruzzo magro si dilatò meno di quello ricco di cemento, e che perciò dovrebbe preferirsi non ostante la minore sua resistenza; infatti usando impasti composti di 1 di cemento, 6 di ghiaietta e 8 di pietre spaccate, ottenne ancora una resistenza di 120 kg., e non per questo egli crede che debbansi aumentare le

dimensioni, mostrandosi il calcestruzzo sempre superiore alle murature ordinarie, anche se le pietre in esso impiegate e prese isolatamente presentino maggior resistenza alla compressione.

Il calcestruzzo, oltre ad essere meno costoso degli altri materiali, presenta anche il vantaggio di permettere costruzioni più spedite; ma il suo pregio maggiore consiste nel poter con esso calcolare con grande precisione la grossezza da assegnarsi alle diverse parti della costruzione, permettendo nuova economia, pure conservando nello

stesso tempo l'assoluta sicurezza, e la sunnominata Società Austriaca avrebbe riconosciuto che, a parità di flessione e di resistenza, una volta di mattoni deve avere grossezza doppia di altra di calcestruzzo (1 di cemento e 5 di sabbia).

Se si aggiunga che le volte di calcestruzzo sono più leggere di quelle in muratura ordinaria, e che in esse la resistenza è uniforme, perchè la massa è monolitica, si deve ritenere che al calcestruzzo di cemento compresso è aperto un largo avvenire nella costruzione dei ponti.



PONTE DELLA COULOUVRENIÈRE A GINEVRA.

Articolazioni. — La possibilità di far passare in determinati punti alla chiave ed all'imposta la curva delle pressioni e di dare all'arco la l'orma di un solido di ugual resistenza: la possibilità di permettere all'arco medesimo di compiere liberamente i piccoli movimenti dovuti all'abbassamento nel disarmo ed alle variazioni di temperatura, sono le ragioni principali che hanno indotto a servirsi delle articolazioni per il ponte di Munderkingen e per il nuovo ponte, cementizio di Ginevra.

Descrizione generale del ponte della « Couloouvrenière ». — Il ponte, lungo circa 140 metri, consta di due archi principali di 40 metri di corda ciascuno, separati da un corpo centrale composto di due pile di m. 7,50 di grossezza e di un occhio

ovale di 10 metri di larghezza, del quale solo la metà superiore emerge dall'acqua, presentando così l'aspetto di un arco. Alla spalla destra, di metri 13,70 fa seguito un arco di m. 11 di corda, che lascia adito ad una strada alzaia; la spalla sinistra è massiccia e non si potè assegnarle grossezza maggiore di m. 10,70 per l'esistenza di un acquedotto che si doveva conservare, ma si supplì con opportuni rinalzi sotto l'acquedotto medesimo.

Fra i due parapetti il ponte ha una larghezza, libera di m. 18, di cui m. 11 destinati alla carreggiata e metri 7 ai marciapiedi laterali. Nel mezzo della carreggiata è disposto il binario della strada ferrata a scartamento ridotto, che già è in esercizio dal 1° marzo corrente per il servizio dell'Esposizione.

Sotto i marciapiedi sono collocate le condutture per la distribuzione dell'acqua ad alta e bassa pressione, quelle per il gaz, i cavi della rete telefonica e quelli per la distribuzione dell'elettricità.

Quantunque la parte interna del ponte sia tutta di calcestruzzo, pure l'aspetto esterno è quello di un ponte monumentale di pietra, poichè si è impiegato il granito fino al livello dell'acqua nel braccio sinistro del fiume, che porta l'acqua alle turbine dell'edificio idraulico municipale, ed altra pietra da taglio nei timpani, nelle spalle, e anche negli archi minori non articolati.

Le teste o fronti degli archi maggiori, benchè presentino l'aspetto della pietra da taglio, sono invece costruite con lo stesso calcestruzzo dell'arco, nel quale si sono murati con cemento scaglie di pietrame, in modo da formare bozze rustiche sporgenti, che anche a brevissima distanza sembrano formate con *puddinga* o *conglomerato*.

La cornice di coronamento, alta 1 metro e con aggetto di 65 centimetri, è assai ricca; il parapetto che la sormonta, di granito rosso di Baveno, formerà in corrispondenza del corpo centrale una specie di terrazzino, sotto il quale sarà murata una lapide commemorativa.

Grandi candelabri di pietra, con zoccolo ornato di festoni, sormonteranno le due pile centrali; tutta questa parte decorativa costerà oltre cento mila lire.

Fondazioni. — In corrispondenza della spalla destra si rinvenne il fango lacustre sovrapposto al glaciale, per raggiungere il quale si dovette ricorrere all'infissione di circa 400 pali lunghi fin 25 metri, alcuni dei quali sono verticali, gli altri inclinati successivamente fino a 30°; essi furono messi in opera col mezzo di battipali elettrici, nei quali facevasi variare l'inclinazione della guida.

Archi. — Gli archi maggiori hanno la corda di metri 40,10 e la saetta di metri 5,00 coll'imposta al livello delle magre.

La grossezza in chiave è di metri 1,00; all'imposta di metri 1,10 e ai reni di metri 1,40; cosicchè la massima pressione unitaria risulta quasi uniforme in ogni sezione dell'arco.

La curva direttrice dell'intrados si avvicina ad un arco di circolo, ma è effettivamente tracciata con varî archi di circolo.

Il cemento impiegato nella costruzione degli archi è a lenta presa, tipo Portland di prima qualità-extra; il calcestruzzo era formato con ghiaietta e sabbia, impiegando kg. 425 di cemento per ogni metro cubo d'impasto.

In tutte le altre parti del ponte si adoperò cemento di qualità ottima, ma non speciale, e le proporzioni di esso negli impasti, si fece decrescere fino a kg. 250 per metro cubo, a seconda

della maggiore o minore resistenza che ciascuna parte del manufatto deve presentare, impiegando nel calcestruzzo non più ghiaietta, sibbene ghiaie naturali o spaccate.

La costruzione degli archi non procedette come per il ponte di Munderkingen a strati sovrapposti di calcestruzzo. Il Direttore dei lavori ha creduto più opportuno costruire gli archi a zone o conci di tutta l'altezza dell'arco, colla grossezza di circa 1 metro e contemporaneamente per tutta la larghezza del ponte.

Ebbe così agio di far procedere i lavori nello stesso tempo tanto a partire dalle imposte quanto dalla chiave, evitandone il carico provvisorio, che veniva così sostituito da elementi permanenti e che facevano parte dell'arco stesso. Altro vantaggio conseguito è quello che non fu necessario preoccuparsi della più o meno perfetta coesione dei varî giunti successivi, per i quali bastava assicurarsi combaciassero perfettamente, senza che occorresse procurare in modo assoluto che si cementassero l'uno coll'altro, mentre la esecuzione a strati successivi imponeva il perfetto collegamento degli uni cogli altri.

Si deve però notare che colla costruzione ad anelli sovrapposti le armature avrebbero potuto essere alquanto meno robuste, perchè quando i primi strati hanno fatto discreta presa, si comportano a guisa di scaricatori per i successivi.

Articolazioni. — Le articolazioni sono formate come per il ponte di Munderkingen con scatole di lamiera di ferro, convenientemente armate, le facce esterne delle quali combaciano col calcestruzzo e le interne portano le due sbarre d'acciaio a contatto, che formano lo snodo.

Queste sbarre sono alte 70 millimetri, grosse 25 e lunghe 50 centimetri, distando orizzontalmente l'una dall'altra di centimetri 13, cosicchè il contatto dell'arco sui perni è quasi continuo.

Armatura. — L'armatura era sopportata da pali infissi solidamente nel fondo del fiume a filari distanti metri sei uno dall'altro: per il legname fu impiegato quasi esclusivamente l'abete, essendosi adottato il rovere solamente per le banchine.

Timpani. — I timpani sono formati da muri esterni di metri 1,20 di grossezza, e nell'interno sono alleggeriti da tre ordini longitudinali di volte, non collegate alle spalle, di m. 1,35 di luce e sopportate da muri e pilastri. In tutta la larghezza del ponte vi sono 9 file di tali volte. L'ordine di mezzo è collegato nel senso trasversale del ponte, cioè ai muri di fronte dei timpani, con robusto concatenamento di ferro, del qual metallo non si fece altra applicazione nel ponte, eccezione fatta per le articolazioni.

Movimenti. — Per rendere meno apparenti i movimenti a cui potrebbero dar luogo le variazioni di livello alla chiave dell'arco dovute a notevoli differenze di temperatura, si ricorse alle bugnature sporgenti nelle fronti degli archi, e per nascondere quelli che potrebbero verificarsi nei timpani, essi presentano verso le imposte un piccolo risalto, lungo il quale i piccoli movimenti si manifesteranno con l'allargamento dei giunti, allargamento che resterà mascherato appunto dal sopradetto risalto.

Tanto alla chiave quanto alle imposte, cioè in corrispondenza degli snodi od articolazioni, i giunti non combaciano perfettamente, anzi essi sono aperti, onde permettere i piccoli movimenti preveduti, senza che avvenga rottura di spigoli.

Sempre per assecondare i movimenti possibili dei grandi archi, il pavimento del ponte sarà fatto di asfalto compresso, confidando che per la sua eccezionale elasticità, meglio convenga di qualunque altro materiale; tale pavimento appoggerà sopra uno strato di malta di cemento di prima qualità disteso sopra la cappa di calcestruzzo cementizio a piccoli elementi.

Disarmo. — Il disarmo ebbe luogo circa 40 giorni dopo la chiusura degli archi; ma è opi-

nione dei tecnici che questa operazione avrebbe potuto anticiparsi anche di otto giorni, avuto riguardo alla eccezionale bontà del cemento impiegato.

Nel disarmo non si verificarono inconvenienti nè a Munderkingen, nè a Ginevra: qui però fu assai minore l'abbassamento alla chiave, che preveduto in sette od otto centimetri, si accertò di soli 35 millimetri; ma non si può in alcun modo affermare che ciò dipenda dal modo di esecuzione degli archi, potendo avere grandissima influenza la maggiore o minore resistenza delle fondazioni e la robustezza delle armature. A Munderkingen l'abbassamento totale fu di millimetri 146 dopo 5 mesi e con una differenza di temperatura di 5 centigradi.

Durata della costruzione. — Ammettendo che il ponte sia ultimato per il 1° maggio, la sua costruzione avrà durato nove mesi circa.

Costo. — Il preventivo della spesa era stato calcolato in un milione di lire; ma in causa delle palificate imprevedute sotto la spalla destra, occorreranno almeno lire 1.300 mila, cioè circa lire 485 per m².