

Mario Collepari - ENCO, Villorba(TV), Silvia Collepari - ENCO, Villorba(TV), Roberto Troli - ENCO, Villorba, (TV)

INGENIO, 18 Agosto 2018, “Ponte di Genova: alcune considerazioni sul calcestruzzo e gli agenti esterni che ne hanno ridotto la durabilità”

La vita nominale (oggi) di un'opera come il ponte sul Polcevera
Inizieremo le nostre considerazioni su quale avrebbe dovuto essere la vita di esercizio (nota come vita nominale V_n) secondo le attuali Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC). La Tabella 1 mostra i valori di V_n in anni in funzione del tipo di struttura.

Tabella 1 . Vita nominale di progetto (V_n)

V_n (anni)	Tipo di Struttura
≤ 10	Tipo 1: Opere provvisorie e strutture in fase costruttiva
≥ 50	Tipo 2: Opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
≥ 100	Tipo 3: Grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di grande importanza strategica

Non c'è dubbio che il ponte sul Polcevera a Genova rientrasse nella categoria del tipo 3 cioè dei ponti di grande importanza strategica per i quali la vita nominale deve essere almeno 1 secolo. Anche se Morandi negli anni '60, quando progettò il ponte, non poteva conoscere il concetto di V_n secondo le moderne NTC, non c'è dubbio che non si aspettava che il suo ponte crollasse solo dopo 50 anni dalla inaugurazione nel 1967. Il problema è dovuto al fatto che negli anni '60 si ignorava il concetto di durabilità delle opere in c.a. e c.a.p. in relazione all'ambiente (oggi noto come “classe di esposizione”). Inoltre, la tecnologia del calcestruzzo a quei tempi non aveva raggiunto il grado di comprensione dei fenomeni di degrado del calcestruzzo che abbiamo oggi. Del resto all'epoca di queste costruzioni la norma in vigore per la produzione del calcestruzzo UNI 7163 (sostituita solo nel '91 dalla UNI 9858) non prevedeva alcun cenno ai requisiti di durabilità del calcestruzzo.

Questi problemi coinvolgevano in quegli anni anche altri grandi progettisti, come per esempio Guido Oberti del Politecnico di Torino diventato ACI Honorary Member proprio per le sue grandi doti di progettista. Eppure il ponte sull'Aglio nell'autostrada Bologna-Firenze progettato da Oberti negli anni '50 era sull'orlo del collasso dopo 30 anni dalla costruzione per la corrosione delle barre di armature in gran parte dei pilastri perché Oberti aveva ignorato che il sale disgelante applicato in inverno, nelle strade di alta montagna per sciogliere il ghiaccio sul manto stradale, fosse a base di cloruro capace di penetrare un copriferro di calcestruzzo poroso e di ridotto spessore fino a giungere alle armature metalliche provocandone la corrosione. Incidentalmente, oggi il ponte sull'Aglio si trova in eccellenti condizioni a seguito del restauro eseguito oltre 30 anni fa con malte colabili Emaco a ritiro compensato.

Ponte Morandi: un degrado già dopo 15 anni dalla costruzione

Tornando a Morandi, il suo ponte crollato il 14 Agosto di quest'anno, per un difetto che sembra coinvolgere gli stralli, presentava già gravi condizioni di degrado del copriferro con le armature metalliche in vista nei pilastri dopo circa 15-20 anni dalla costruzione. Le cause del degrado

ancora una volta sono dovute all'adozione di un calcestruzzo di mediocre qualità e poroso, e di un copriferro di ridotto spessore penetrato rapidamente dagli agenti aggressivi dell'ambiente. Anche in questo caso il progettista Morandi ha ignorato che il ponte si trovava in prossimità della costa marina (oggi diremo in "classe di esposizione XS1") dalla quale per trascinamento eolico la salsedine marina ricca di cloruri lambisce le strutture in c.a. e c.a.p. del ponte. A questo noto agente aggressivo (capace di penetrare un copriferro poroso e di ridotto spessore, per arrivare a corrodere le armature metalliche) occorre aggiungere altri agenti aggressivi dovuti alla presenza, sempre a circa 1 km dal viadotto, all'interno dell'area portuale di Genova, di un altoforno dell'Ilva i cui scarichi emettevano, probabilmente, gas come CO₂ ed SO₂ molto pericolosi per la salvaguardia del copriferro.

Il restauro dei pilastri del ponte sul Polcevera

In questo articolo ci limiteremo ad esaminare il restauro dei pilastri in c.a. anche se il degrado coinvolse l'intradosso della soletta in c.a.p. che sembra essere stata riparata con pezzi di guaina bituminosa con un intervento non simultaneo a quello eseguito sui pilastri.

La Fig.1 mostra la tipica situazione di danneggiamento di un pilastro riscontrabile in gran parte di queste strutture. La Fig.2 mostra la prima fase dell'intervento di restauro consistente nella rimozione del copriferro e degli agenti aggressivi. Gli operai si muovono su una piattaforma mobile per accelerare il processo di rimozione del materiale danneggiato ed inquinato dagli agenti aggressivi. Nella Fig.3 è mostrata l'applicazione a spruzzo della malta da restauro Emaco S88 che viene successivamente frattazzata a mano per uniformare la finitura superficiale prima dell'applicazione a spessore millimetrico di una vernice flessibile di Emaco Bianco. Nella Fig.4 è mostrato un gruppo di pilastri: quello a sinistra è in fase di restauro con Emaco S88, quelli a destra sono stati restaurati e verniciati in bianco. Nella Fig.5 è mostrato un gruppo di pilastri restaurati con Emaco S88 ricoperto da Emaco Bianco. Nella Fig.6 è mostrato il ponte sul Polcevera con i pilastri tutti restaurati e colorati in bianco prima del crollo del 14 Agosto.



Fig.1 Espulsione del copriferro a seguito della corrosione dei ferri



Fig.2 Rimozione del coprifermo danneggiato

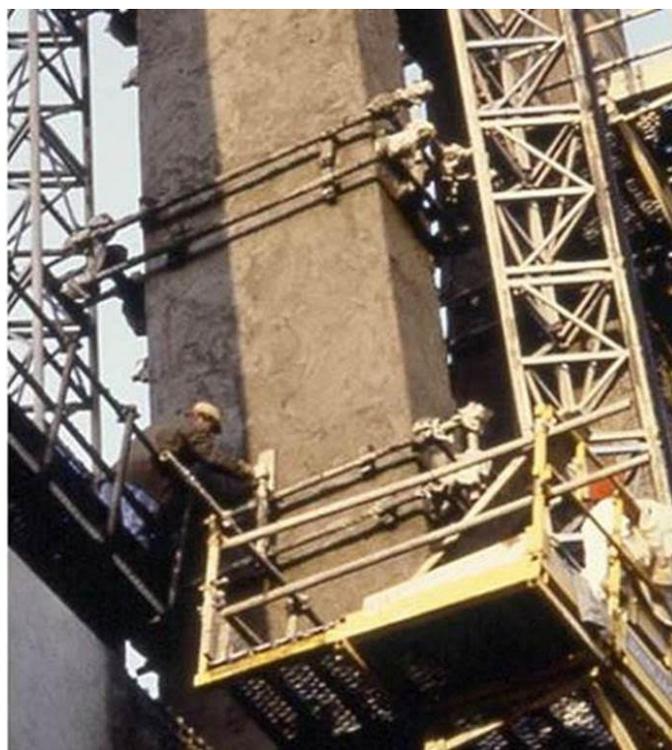


Fig.3 Applicazione della malta Emaco S88



Fig. 4 Sulla sinistra si vede un pilastro in fase di restauro con Emaco S88; sulla destra si trovano due pilastri restaurati e rivestiti con la vernice di Emaco Bianco



Fig.5 Vista di un gruppo di pilastri restaurati e colorati in bianco



Fig.6 Vista del ponte sul Polcevera con tutti i pilastri restaurati e verniciati in bianco prima del crollo

Conclusioni

In questo articolo è stata descritta la grave situazione di danneggiamento dei pilastri del ponte sul Polcevera a Genova dopo pochi decenni dalla costruzione provocata da:

- impiego di un mediocre calcestruzzo molto poroso e facilmente penetrabile dagli agenti aggressivi ambientali;
- adozione di un copriferro di ridotto spessore che ha diminuito il tempo impiegato dagli agenti aggressivi a raggiungere i ferri di armatura;
- presenza di un ambiente aggressivo per la vicinanza del mare e l'emissione di vapori aggressivi (CO₂ ed SO₂) da alcune fabbriche vicine al ponte.

Per confrontare la situazione del ponte progettato da Morandi con una progettazione "durabile" che garantisca una vita nominale di almeno 100 anni secondo l'attuale Norma Europea EN 206, integrata con la UNI 11104 e con la UNI EN 1992-2 per i valori di copriferro, si possono riassumere le principali caratteristiche del calcestruzzo per le strutture in c.a e c.a.p.:

strutture in c.a. è classe di esposizione:XS1; rapporto acqua/cemento $\leq 0,50$; classe di consistenza:S5; Rck ≥ 40 MPa; copriferro ≥ 45 mm; cemento nei tipi contenenti aggiunte minerali pozzolaniche in maggiori quantità (es. CEM IV , V o III)
strutture in c.a.p. è classe di esposizione:XS1; rapporto acqua/cemento $\leq 0,50$; classe di consistenza:S5; Rck ≥ 40 MPa; copriferro ≥ 55 mm; cemento nei tipi contenenti aggiunte minerali pozzolaniche in maggiori quantità (es. CEM IV , V o III)

I pilastri danneggiati avrebbero potuto provocare un crollo del ponte ben prima dei 50 anni se non fossero stati restaurati rimuovendo il copriferro contaminato dagli agenti aggressivi ed applicando una malta da restauro a base di Emaco S88 verniciata con Emaco Bianco a spessore millimetrico.