

Studio Bagetto – Ingegneria Civile

Via E. Toti, 2 - 10078 Venaria - Tel. 011 - 459 74 17

Cod. Fisc. BGT MRC 67Lo4 L219L

Part. IVA 07017210019

Dom. Fisc.: Via Toti 23/1 - 10078 Venaria

email: studio@bagettoingegneria.it

Dott. ing. Marco Bagetto

Via email

marialuisa.tabasso@regione.piemonte.it

Via pec

palazzo.unico@cert.regionepiemonte.it

luigi.spina05@gmail.com

riccardo.crivellari@regionepiemonte.it

natale.comito@regionepiemonte.it

giovanni.lepri@regionepiemonte.it

Ns. rif n. L489/2016

Ns. prot. n. 018/2019

Venaria, 8 aprile 2019

REGIONE PIEMONTE

Struttura Temporanea per la gestione del Progetto "Palazzo per uffici della Regione Piemonte Fase di Realizzazione"

Via Passo Buole, 22
10127 TORINO

**c.a. Responsabile del Procedimento
Arch. Maria Luisa TABASSO**

**e p.c.
Alla Commissione di Collaudo
Ing. Luigi SPINA**

Ing. Riccardo CRIVELLARI

Ing. Natale COMITO

**Al Direttore della Direzione A11000
Dr. Giovanni LEPRI**

Oggetto: Contratto per l'affidamento dell'incarico (codice CUP: J19l06000100002 – codice SmartClG: ZF31A51B53) di supporto tecnico al Responsabile Unico del Procedimento dell'intervento per la realizzazione del nuovo complesso amministrativo ed istituzionale della Regione Piemonte mediante locazione finanziaria di opere pubbliche (contratto scaduto nel mese di giugno 2017)

Riferimenti precedenti

- Nota Rup 15789 in data 22.03.2019

- Nota Rup 19152 in data odierna

TRASMISSIONE RELAZIONE FINALE

Con la presente riscontro le Sue cortesi comunicazioni in argomento trasmettendo in allegato la Relazione Finale di interpretazione delle prove eseguite dal Laboratorio ITC CNR in adempimento all'incarico affidatomi all'esito delle medesime prove, ottimizzate in corso di esecuzione per riscontrare quanto prima ai quesiti assegnati.

Come Le avevo telefonicamente preannunciato la disamina definitiva dei report di laboratorio ha reso opportuno un incontro con i tecnici del Laboratorio ITC CNR svoltosi in data 26 marzo u.s. al fine di visionare i campioni al vivo alla luce dell'esito delle prove.

Conseguentemente, con le attività straordinarie che si sono rese necessarie per riscontrare alle tempistiche disposte, si è provveduto alla elaborazione della Relazione Finale prodotta in allegato.

Ciò premesso, riscontro alle ulteriori richieste di espressione di parere circa il compimento o meno delle attività in capo a ITC CNR segnalando, a maggior precisazione di quanto al riguardo già comunicato alla SV con nota 016/2019 del 12.03.2019 (acclarata a protocollo RP 13764/XST009 del 13.03.2019), quanto segue:

- i test eseguiti da ITC CNR corrispondono per quantità e tipologia a quelli previsti nel disciplinare tecnico redatto dallo scrivente nel dicembre 2016;
- oltre quanto previsto nel disciplinare originario è stata effettuato rilievo di precisione a campione di taluni telai cingivetro prelevati in cantiere in merito ai quali lo scrivente, nel corso delle relative operazioni di smontaggio - che avevano evidenziato anomale presenze di acqua, umidità e muffe - aveva rilevato l'opportunità di acquisirne rilievo di precisione delle misure delle asole di ventilazione e drenaggio ad integrazione della documentazione fotografica acquisita dalla DL;
- a definitivo perfezionamento delle attività in capo a ITC CNR (sulla base della versione di disciplinare elaborato dallo scrivente) risulta ancora da acquisire l'esito della *"registrazione, con precisione millimetrica, prima e dopo l'esecuzione delle prove richieste dello sviluppo della delaminazione affliggente la lastra di vetro sottoposta a prova (numero di imperfezioni presenti, estensione massima di ciascuna imperfezione in X e Y rispetto al piano della lastra, superficie delaminata in cm²)"*. Allo stato risulta il suddetto rapporto unicamente sui 6 campioni sottoposti a condizionamento per umidità

Ciò premesso, fermi restando i contenuti delle Relazione Finale allegata qui integralmente richiamati, in estrema sintesi si può affermare che:

- con la campagna di indagini richiesta, siccome ottimizzata nel corso della sua esecuzione, si è giunti al livello conoscitivo auspicato in merito alla resistenza dei vetri alle azioni di progetto;
- se l'assenza di rotture ha permesso, da un lato, di ratificare la resistenza di tutte le vetrate indagate, dall'altro non ha consentito di verificare il comportamento in caso di rottura accidentale per azioni eccezionali diverse da quelle previste in progetto delle lastre esterne soggette a delaminazione;
- ne consegue che, mentre all'esito delle prove (fatti salvi i limiti di valenza meglio evidenziati nella relazione), si può affermare che la sicurezza delle persone che si trovino all'interno della Torre è verosimilmente salvaguardata con le modalità previste nel progetto di variante approvato, per contro non si può escludere che, **in caso di azioni eccezionali interessanti la lastra esterna, questa si**

possa rompere generando la caduta al suolo di frammenti o porzioni di dimensioni non necessariamente inoffensivi per le persone che si trovino all'esterno nelle vicinanze della Torre,

- sarebbe pertanto consigliabile la prosecuzione dei test di laboratorio per dirimere tale ultimo aspetto.

Sin qui in riscontro all'incarico affidatomi.

Da ultimo, dalle note della SV apprendo che vi sarebbe l'intenzione di proseguire attività di progetto non meglio precisate delle quali non conosco oggetto, finalità e contesto.

Ritengo pertanto che sulla idoneità dei test alla prosecuzione delle suddette attività di progetto si debba pronunciare il progettista incaricato ferma restando la disponibilità dello scrivente ad interagire con quest'ultimo ad ogni buon fine, con le modalità che la SV riterrà di proporre.

Con l'occasione tengo a rappresentare alla SV che, nonostante il monte ore oggetto dell'incarico affidato allo scrivente e richiamato dalla recente comunicazione della SV sia stato ampiamente superato, si è ugualmente ritenuto di riscontrare ai quesiti assegnati

Molti cordiali saluti.

Ing. Marco Bagetto



redazione: MB/mb

nomefile: g:\regione piemonte\03_corrispondenza\1489_lett_012_riscontro nota rup 15789_2019 del 22_03_2019 e nota in data 08_04_2019.doc

7 CONCLUSIONI

Sulla base di tutto quanto sopra esposto, è possibile riassumere nel seguito le conclusioni desumibili a seguito dell'attività svolta dallo Scrivente e delle indagini condotte sui campioni di vetrata sottoposti a test di laboratorio.

7.1 INQUADRAMENTO DELLE PATOLOGIE

Il difetto visivamente riscontrabile su una parte significativa delle vetrate esterne facenti parte dell'involucro dell'edificio "Palazzo Unico Regione Piemonte" è riconducibile alla **delaminazione del vetro stratificato costituente la superficie esterna della pelle esterna del medesimo involucro edilizio. La predetta delaminazione consiste nel distacco delle due superfici vetrate dall'intercalare in polivinilbutirrale (PVB).**

7.2 CAUSE

Nel corso del programma di condizionamento per umidità eseguito in laboratorio si è verificata la **generazione di nuove aree delaminate** in zone di campioni prive di difetti.

Le altre azioni previste in progetto (spinta della folla, pressione/depressione del vento, cicli di fatica conseguenti alla azione del vento, effetti equivalenti alla dilatazione termica) non hanno determinato evoluzione della delaminazione.

Durante le operazioni di smontaggio delle lastre da sottoporre a test di laboratorio è stata riscontrata la **presenza di segni / muffe all'interno del profilo inferiore dei telai cingivetro, a testimonianza di prolungati ristagni d'acqua / umidità.**

Considerato che:

- **il PVB è un materiale igroscopico, e pertanto fortemente soggetto ad assorbimento di umidità, con conseguente elevato deterioramento delle sue proprietà meccaniche e di adesione;**
- il fenomeno è stato **riscontrato in tempi relativamente ristretti** rispetto alla posa delle vetrate pur essendo ancora ad oggi in evoluzione;
- il fenomeno interessa ad oggi quasi esclusivamente il bordo inferiore delle lastre;
- è indispensabile garantire la possibilità per il vapore acqueo di poter fuoriuscire dal telaio e dal cingivetro per garantire un ambiente il più aerato possibile per i bordi del vetro stratificato che costituiscono le zone a **potenziale rischio di degrado per umidità;**
- non è pertanto pensabile di ricercare un comportamento stagno del cingivetro;
- per altro verso, i fori del cingivetro dovrebbero garantire un drenaggio efficace ed efficiente;

si può affermare che:

- l'innescò repentino del fenomeno di delaminazione è da ricercarsi in varie possibili concause che hanno favorito gli effetti deleteri dell'umidità (si possono ipotizzare: PVB non idoneo e/o deteriorato, processo di stratifica non idoneo, processo di raffreddamento delle lastre non controllato, incompatibilità tra PVB e siliconi utilizzati per la sigillatura del vetro-camera o per il fissaggio strutturale della lastra vetrata al telaio, sigillatura vetro-camera inadeguata, ecc...) tutte però non verificabili con prove di laboratorio, e non ricostruibili stante l'assenza della documentazione tecnica inerente la tracciabilità dei prodotti e le specifiche dei processi produttivi posti in opera;
- la causa dell'evoluzione del fenomeno nel tempo, una volta innescato, è individuabile nell'umidità.

7.3 PROGnosi

L'insorgere, nel corso del programma di condizionamento per umidità eseguito in laboratorio, di nuove aree delaminate in zone di Campioni prive di difetti, conduce a ritenere che verosimilmente tutte le cellule di facciata della tipologia V1 e V2, anche quelle ad oggi ancora prive di anomalie, saranno nel breve-medio termine interessate dal fenomeno di delaminazione.

7.4 CONSIDERAZIONI AI FINI DELLA ACCETTABILITÀ DELLE LASTRE SUL PIANO FUNZIONALE

- Le prove d'urto eseguite in sito sul vetro singolo interno, costituente il vetro camera della "pelle esterna", hanno evidenziato resistenze delle lastre vetrate anche superiori a quelle richieste dalla normativa specifica di settore;
- I campioni sottoposti a prova di resistenza al carico del vento non hanno subito danni e/o degradi funzionali di alcun genere;
- Il programma di invecchiamento accelerato a fatica per azione del vento non ha generato alcun sviluppo della delaminazione affliggente le lastre vetrate;
- **Nei confronti delle azioni previste nel Capitolato Speciale di Appalto e dalle norme di settore, il vetro stratificato sul lato esterno della pelle esterna (ottenuto dall'accoppiamento con PVB di due lastre singole di vetro temprato di spessore 10 mm), anche se parzialmente delaminato, resiste;**
- **La singola lastra costituente la faccia interna della pelle esterna (e costituita da una singola lastra di vetro temprato spessore 10 mm) è in condizioni di resistere nei confronti dell'azione combinata prevista in progetto (vento + effetto termico + spinta folla) oltre che alle prove d'urto;**
- Atteso che il vetro esterno stratificato è ottenuto dall'accoppiamento di due lastre identiche a quella costituente la singola lastra interna di cui al punto precedente, pare

ragionevole attendersi che – anche nell'ipotesi di totale delaminazione delle lastre accoppiate - la loro prestazione nei confronti delle azioni di progetto non sia inferiore a quella di una lastra singola e, pertanto, **anche in condizioni di completa delaminazione è verosimile⁸ che la lastra esterna resista alle azioni meccaniche previste in progetto;**

- **All'aumentare della delaminazione** (in particolare quanto più questa penetra all'interno della lastra allontanandosi dal bordo libero) **la velocità di propagazione pare diminuire⁹.** Rapidi incrementi di delaminazione si sono infatti registrati con la comparsa di nuove imperfezioni precedentemente non presenti in corrispondenza del bordo libero;
- **La fatica indotta dalla variazione di segno dell'azione del vento non è corresponsabile della propagazione della delaminazione in corso;**
- **L'umidità costituisce verosimilmente concausa dell'evoluzione della delaminazione affliggente le vetrate V1 e V2 della Torre;**
- **Non è possibile stabilire se tra le principali concause prevalga il difetto di costruzione del vetro stratificato o l'umidità eccessiva per difetto di drenaggio;**
- **La progressione della delaminazione in atto potrà causare problemi connessi alla modalità di rottura delle vetrate (non più di sicurezza) in caso di evento accidentale, con possibile caduta a terra di frammenti non trattenuti dall'intercalare danneggiato;**
- Analoga condizione è riscontrabile in caso di rottura accidentale del singolo vetro interno costituente la "pelle esterna" della Facciata V2, così come realizzata in variante;
- Le misurazioni eseguite sui telai esterni cingivetro potranno essere raffrontate con le specifiche di prodotto del sistemista Schuco, ad oggi non disponibili allo Scrivente, per verificare l'esatta realizzazione delle asole inferiori per la ventilazione / drenaggio della cellula, al fine di stabilire eventuali corresponsabilità connesse al ristagno prolungato d'acqua/umidità all'interno dei predetti profili.

7.5 CONSIDERAZIONI AI FINI DELLA ACCETTABILITÀ DELLE LASTRE SUL PIANO CONTRATTUALE

- **Risultano mancanti le DoP (Dichiarazioni di Prestazione - ex Dichiarazioni di Conformità),** la documentazione a corredo della marcatura CE, la documentazione attestante la tracciabilità dei materiali utilizzati, unitamente alla documentazione tecnica relativa al processo produttivo, standardizzato o meno, in particolare di stratifica, delle lastre vetrate;

⁸ La formulazione più conservativa è d'obbligo perché, in assenza di vetri totalmente delaminati, non è stato possibile provare sperimentalmente quella che pare essere in ogni caso una affermazione ragionevole.

⁹ Nei limiti temporali entro i quali la Committente ha richiesto le attività di ricerca e analisi di laboratorio

- Il programma di condizionamento accelerato per umidità ha dimostrato che il vetro stratificato esterno non è in grado di sopportare l'effetto dell'umidità ambientale per un periodo prolungato di tempo (infatti la delaminazione già presente nelle lastre a inizio prova è ulteriormente progredita ad una velocità media di circa 2.6 volte maggiore rispetto a quella reale in sito). L'umidità è pertanto da ritenersi una delle principali concause responsabili dell'insorgere e del successivo progredire della delaminazione affliggente le Facciate V1 e V2;
- L'assenza di certificazioni attestanti la produzione in serie controllata (secondo un processo di qualità certificata UNI ISO 9001 e norme correlate), unitamente all'impossibilità di definire i limiti di un singolo lotto di produzione, la verosimile impossibilità di acquisire elementi conoscitivi circa la tipologia e la modalità di produzione e applicazione della pellicola intercalare; limitano a priori la valenza rappresentativa su larga scala degli esiti delle prove di laboratorio, condotte su un numero limitato di campioni. Inoltre, la rappresentatività dei predetti risultati è ulteriormente condizionata dal fatto che:
 - ✓ non è stato possibile indagare nessuna delle cellule del prospetto Sud;
 - ✓ per l'esecuzione dei test in laboratorio, è stato necessario ricorrere alla rimozione del vetro camera esterno affetto da delaminazione ed al successivo riassetto all'interno di nuovi telai. Tale operazione non ha consentito di poter accertare la qualità originaria della sigillatura perimetrale del vetrocamera, in quanto potenzialmente soggetta a compromissione durante le operazioni di rimozione del vetro da parte degli operatori in fune;
 - ✓ il rimontaggio delle lastre vetrate da sottoporre a test su altri telai (benché tecnicamente analoghi agli esistenti), ad opera di altro serramentista, e necessariamente con una qualità di montaggio differente dall'originale, può aver influito sulla velocità di innesco e di propagazione della delaminazione della lastra rilevata in laboratorio.

7.6 POSSIBILI SOLUZIONI

Allo stato si prospettano due alternative possibili:

1. ritenere conclusi gli accertamenti di laboratorio e accettare di ottenere la protezione degli utenti al suolo mediante perimetrazione di sicurezza delle aree soggette a rischio di caduta frammenti;
2. proseguire la ricerca nell'ottica di individuare fino a quale livello la delaminazione garantisce ancora un comportamento di sicurezza (trattenimento dei frammenti in caso di rottura) e oltre il quale si rende necessaria la sostituzione del vetro (per evitare la caduta al suolo di ingenti quantitativi di frammenti in caso di rottura accidentale).

Nel caso si intendesse optare per l'alternativa 2 valgono le seguenti considerazioni:

- l'ulteriore prosecuzione delle indagini di laboratorio potrebbe essere volta a verificare il comportamento a rottura delle predette lastre delaminate, al fine di definire possibili soluzioni progettuali finalizzate a ripristinare la sicurezza degli utenti del Palazzo Unico in caso di rottura accidentale di una di esse;
- la prosecuzione del programma di condizionamento per umidità accelerata in laboratorio, per un periodo di tempo più lungo rispetto a quanto ad oggi testato (es. di durata pari ad 1 anno), potrebbe fornire risultati utili a stimare in modo più veritiero la velocità di delaminazione all'interno delle lastre nella condizione reale, così da poter prevedere l'intervallo temporale necessario al raggiungimento di un determinato sviluppo della delaminazione tale da richiedere la sostituzione della vetrata per garantire il comportamento di rottura in sicurezza.

REGIONE PIEMONTE
STRUTTURA TEMPORANEA
PER LA GESTIONE DEL PROGETTO
“PALAZZO DEGLI UFFICI DELLA REGIONE PIEMONTE”

DEFINIZIONE DELLE CAUSE NONCHE' LE RESPONSABILITA'
E LE POSSIBILI SOLUZIONI
RELATIVAMENTE AI VIZI AFFLIGGENTI
LE VETRATE DELLA FACCIATA CONTINUA

MEMORIA TECNICA DI SUPPORTO AL R.U.P.

RELAZIONE FINALE

Torino, Aprile 2019



Ing. Marco Bagetto