

CHI HA FATTO COSA

OPERA

Basilica di Santa Maria degli Angeli

COMMITTENTE

Provincia Serafica di San Francesco d'Assisi dei Frati Minori di Umbria e Sardegna

RILIEVI E PROGETTO

ARCHITETTONICO

Arch. Bruno Salvatici, Arch. Daria Ripa di Meana, Arch. Alessandro Bianchi

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Studio Ingenium

Ing. Riccardo Vetturini

STUDI GEOLOGICI

Dott. Giorgio Leoni

PROGETTAZIONE IMPIANTI

Ing. Andrea Ronconi

RESPONSABILE DEI LAVORI

Pasqualino Massone

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN

FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Walter Bianchi

IMPRESA

Lunghi Srl

MONTAGGIO PONTEGGI

Edilcomit Ponteggi Srl

FORNITURA PONTEGGI

Layher Spa



Layher Italia Spa

I lavori di messa in sicurezza sismica, consolidamento strutturale e restauro conservativo della Basilica di Santa Maria degli Angeli ad Assisi, iniziati nel 2023 e necessari per i danni causati dal sisma del 2016 non ne hanno compromesso l'accessibilità. La Basilica è stata accessibile ai visitatori grazie l'impiego di ponteggi e protezione senza ingombri a terra

Cantiere “aereo” per il restauro ad alta quota

La Basilica di Santa Maria degli Angeli ad Assisi rappresenta per antonomasia il fulcro del Francescanesimo ed è uno dei più imponenti e importanti santuari del Cristianesimo a livello internazionale. Alta 75 metri e con i suoi 126 metri di lunghezza e 65 metri di larghezza, era stata originariamente pensata come una costruzione a croce latina in stile rinascimentale, vuota all'interno, che

prevedeva un'abside a pianta quadrata e tre navate circondate da una serie di cappelle laterali: seppur grandiosa, rispettava una rigorosa semplicità strutturale conforme all'ideale francescano di povertà, attraverso uno stile architettonico sobrio e lineare.

In seguito, furono introdotti maggiori elementi e fregi per conferire magnificenza alla struttura, anche se ciò non coinvolse la cappella della Porziuncola, la piccola chie-

sa all'interno della Basilica stessa, annoverata tra i più significativi luoghi francescani, che continuò a conservare i canoni dell'ordine del Santo di Assisi.

I danni del sisma

Nel 2016 l'intera Basilica ha registrato importanti danni a causa degli eventi sismici che ne hanno compromesso la sicurezza statica e delle opere d'arte. Nel 2023 sono iniziati i lavori di messa in

sicurezza sismica, consolidamento strutturale e restauro conservativo della Basilica. Le indagini, condotte in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria civile e ambientale-Scienza delle costruzioni dell'Università di Perugia, hanno evidenziato la necessità di intervenire non solo nell'abside, sul transetto destro della Basilica e sul campanile, visibilmente lesionati e in parte inagibili, ma sull'intera struttura. Si tratta dell'intervento



L'intervento di miglioramento sismico consiste nell'insieme coordinato di interventi puntuali e mirati che riguardano dei sottoinsiemi strutturali dell'intero complesso, individuando ed eliminando le criticità e patologie strutturali presenti. Di particolare importanza quindi la fase di conoscenza e diagnosi dei dissesti per l'individuazione delle cause

Riccardo Vetturini



La cantierizzazione ha richiesto particolare attenzione per garantire, durante i lavori, la fruibilità, anche se parziale, della Basilica ed in particolare della Porziuncola e dei percorsi museali connessi alla Basilica. La Porziuncola è stata protetta da un ponteggio, non di lavoro, ma di protezione per garantirne la conservazione durante le fasi di montaggio e di smontaggio del ponteggio stesso.

Edilcomit Ponteggi Srl



Layher Italia Spa

più esteso dopo la ricostruzione seguita al terremoto del 1832. I lavori sono stati eseguiti grazie a un finanziamento pubblico istituito dal Commissario Straordinario Ricostruzione Sisma 2016. La durata, di circa quattordici mesi, non ha compromesso l'accessibilità dei luoghi: durante questo periodo la Basilica è stata accessibile ai visitatori, mediante l'impiego di sistemi di ponteggi e protezione senza ingombri a terra. Le occasioni per restituire simbolicamente il luogo ai fedeli e agli appassionati di storia e arte saranno il Giubileo 2025 e, nel 2026, l'ottavo centenario della morte di San Francesco alla Porziuncola.

L'approccio metodologico

La Basilica, sebbene non strettamente vicina all'epicentro dell'evento sismico, ha manifestato un quadro fessurativo significativo, conseguente al susseguirsi delle scosse, che hanno ripetutamente sollecitato il complesso. L'obiettivo dell'intervento è stato quello di risolvere anche le patologie strutturali importanti, in parte latenti e pregresse che la crisi sismica ha evidenziato, accentuando l'ampiezza delle lesioni. In primo luogo, è stata realizzata una campagna di rilievo di dettaglio, utilizzando nuove tecnologie

CONSERVAZIONE DELLE OPERE E SICUREZZA SISMICA



L'ingegnere Riccardo Vetturini, socio unico dello studio di ingegneria Ingenium srl, ha curato la progettazione strutturale degli interventi.

A lui abbiamo chiesto cosa abbia comportato confrontarsi con l'apparente contrapposizione di due obiettivi: l'incremento sostanziale della sicurezza sismica del complesso e garantire, allo stesso tempo, la conservazione e tutela del bene, in considerazione della grande rilevanza come luogo di culto e pellegrinaggio religioso.

Si è trattato di un progetto nel progetto?

La cantierizzazione e l'individuazione di soluzioni ingegneristiche all'avanguardia è un progetto, nel progetto stesso, di grande complessità che si è dovuto misurare con la necessità di garantire l'esecuzione dei lavori in sicurezza per i lavoratori, per le opere decorative e monumentali

presenti, ed ovviamente per il notevole numero di fedeli e visitatori del complesso Basilica e della Porziuncola.

Quali sono state le maggiori criticità dell'intervento?

Il tema posto è la riparazione dei danni, la rimozione delle cause del dissesto con un'opera di miglioramento sismico significativo di un edificio a grande valenza monumentale. Una delle particolarità dell'intervento è certamente la cantierizzazione, poiché tra gli obiettivi posti è stata fin da subito la garanzia di poter mantenere, durante l'intera durata dei lavori di restauro, la fruibilità, anche se parziale, della Basilica ed in particolare della Porziuncola e dei percorsi museali connessi alla Basilica stessa.

Qual è stata la lavorazione più complessa da risolvere?

L'obiettivo posto per la realizzazione dell'intervento di miglioramento sismico è stato fin da subito individuare le soluzioni tecniche e di cantierizzazione che consentissero, la fruibilità della Basilica e la possibilità di accedere in sicurezza alla Porziuncola. All'interno della Basilica, è stato progettato, fornito e costruito dall'azienda Layher un ponteggio multidirezionale, a cui ha provveduto al montaggio l'impresa Edilcomit Ponteggi srl. La struttura reticolare è stata realizzata in appoggio alla base del tamburo stesso, con elementi in alluminio di grande luce, senza colonne di sostegno a terra.

SPAZIO E MATERIA



Matteo Milia, direttore tecnico di Edilcomit Ponteggi Srl, ci spiega come è stata individuata la soluzione ottimale per realizzare la struttura di ponteggi

Qual è stato l'iter di definizione del sistema impiegato?

In fase di sopralluogo abbiamo ricevuto la richiesta dei tecnici, della ditta di restauro e della committenza di una struttura molto impattante a livello visivo che prevedeva 4 torri alte 26 metri, che avrebbero dovuto sostenere la platea. Tale soluzione sarebbe stata funzionale (e più economica) ma non soddisfaceva la nostra voglia di realizzare una struttura adatta. Abbiamo redatto le prime tavole e alla fine siamo riusciti a convincere la committenza. Successivamente in collaborazione con l'ufficio tecnico Layher e con il progettista ing. Neri abbiamo calcolato e perfezionato la struttura da realizzare, organizzato la logistica e coordinato le maestranze.

I ponteggi per l'intervento sulla cupola e tamburo. Quali sono state le fasi esecutive?

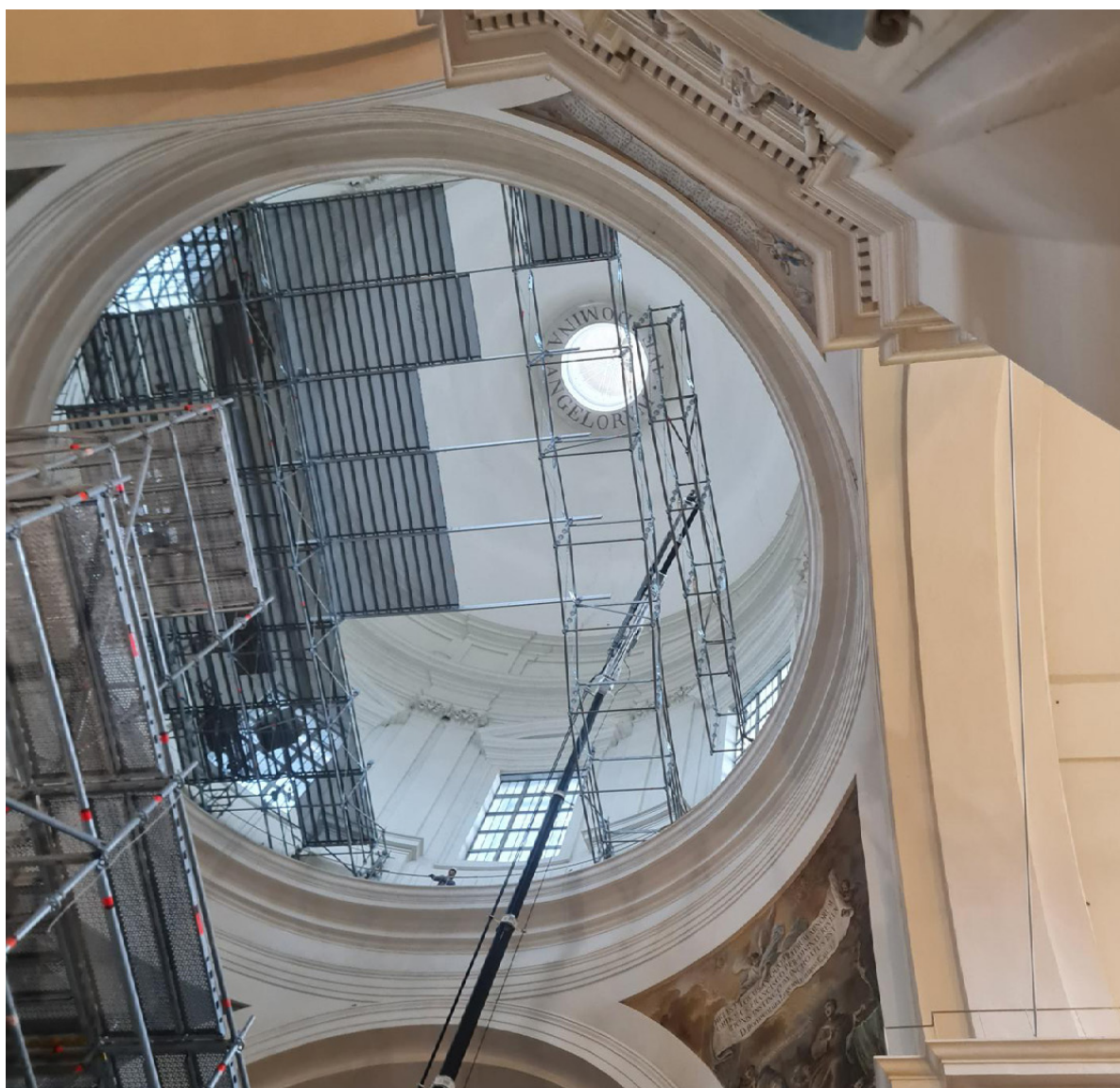
La prima struttura che abbiamo realizzato è quella a protezione della "Porziuncola". Il secondo step ha previsto la realizzazione della platea a quota 26 metri: l'assemblaggio a terra delle travature Fw, il sollevamento in quota mediante piattaforma aerea a ragno, apposizione degli impalcati sui due semicerchi laterali, sollevamento in quota delle travi Flex trasversali e completamento della platea. Il terzo passaggio ha riguardato il montaggio del ponteggio All Round nelle pareti con pianta cilindrica (da quota 28 a quota 48 metri), successivamente la fornitura è stata completata con il montaggio della cupola per il quale sono stati utilizzati motori elettrici di sollevamento. Tutte le operazioni sono state velocizzate grazie all'utilizzo di ascensore montacarichi che raggiunge l'altezza massima di 54 metri.



Edilcomit Ponteggi Srl



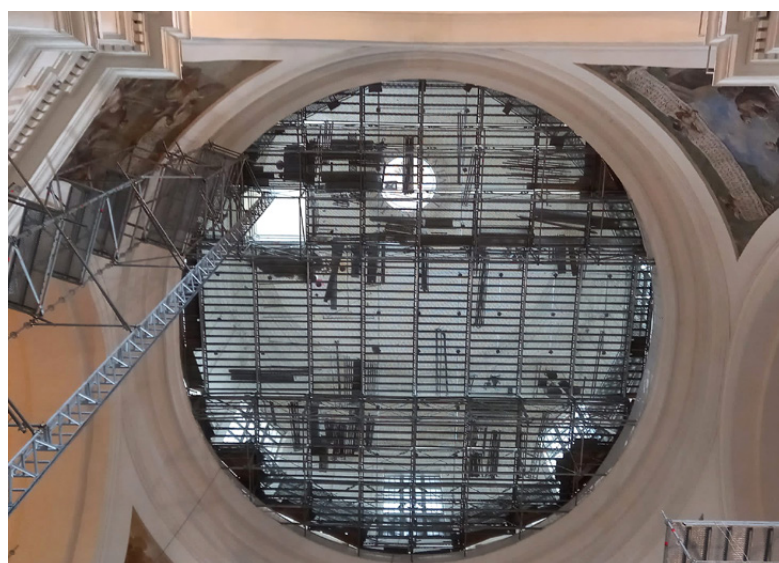
Edilcomit Ponteggi Srl



Edilcomit Ponteggi Srl

La Basilica non è mai stata completamente chiusa, nemmeno un solo giorno durante il cantiere. Con le soluzioni che abbiamo definito è stata garantita la fruibilità, anche se parziale della Basilica, della Porziuncola e dei percorsi museali presenti e collegati alla Basilica stessa durante l'intera durata dei lavori

Matteo Milia



Edilcomit Ponteggi Srl

di rilievo digitale integrato (laser scanner, fotogrammetria da Uav e rilievo fotografico da pallone aerostatico). Le attività di indagine conoscitive sono proseguite con i sondaggi e lo studio geologico, le indagini diagnostiche sulle muraure, sulle fondazioni e le strutture. Il rilievo critico delle lesioni e del-

le tipologie strutturali ha permesso una identificazione dei principali cinematismi di collasso presenti e possibili in caso di evento sismico futuro. Le fessurazioni hanno rappresentato, infatti, un utile strumento diagnostico del comportamento della Basilica a seguito di un evento sismico, non solo statico.

Gli interventi previsti per la cupola ed il tamburo hanno richiesto l'allestimento di ponteggi esterni e interni, con un piano di lavoro a circa 40 metri d'altezza, esattamente sopra la Porziuncola

All'interno è stato impiegato un ponteggio multidirezionale, in appoggio alla base del tamburo con strutture reticolari in alluminio di grande luce, senza colonne di sostegno a terra

Il sistema multidirezionale Allround, installato con sistemi modulari di travatura Flex e FW, consente l'accesso in quota agli operatori senza la presenza di ingombri a terra

L'intera altezza del ponteggio è stata servita da piattaforma elevatrice, sviluppata per un'altezza superiore a 70 metri per permettere l'accesso di persone e materiali

L'approccio metodologico, sin dalla fase di progetto definitivo dell'intervento, ha presupposto una interpretazione delle lesioni come chiavi di lettura e identificazione delle cause del dissesto in atto o probabile. Le lesioni, presenti in corrispondenza delle volte e archi delle cappelle laterali e quelle in corrispondenza della facciata sono fra loro con probabilità interconnesse.

In alternativa alla demolizione delle pareti in falso, al fine di individuare una soluzione che privilegia la conservazione, è stato previsto un sistema di tiranti che sostengono il carico delle pareti stesse, riducendone l'azione verticale sugli archi e volte sottostanti.

Il quadro fessurativo in corrispondenza delle pareti di facciata ha inoltre condotto a ipotizzare una criticità di cedimento della quota delle fondazioni, per cui, a seguito di indagini specifiche, la criticità fondale è stata risolta mediante un intervento di sottofondazione profonda: micropali che riconducono i carichi della sovrastruttura a un livello più profondo e stabile per i carichi. Intervento analogo - un'opera di sottofondazione mediante micropali e rafforzamento degli elementi di collegamento tra la nuova facciata e la Basilica - è stato realizzato per risolvere il quadro fessurativo riguardante la zona

INNOVAZIONE E VERSATILITÀ



Roberto Vesentini, Amministratore delegato di **Layher Italia Spa**, ci racconta come, dalle iniziali incertezze nell'impiego di nuove tecnologie, siano scaturite innovative soluzioni progettuali.

Il dubbio relativo alla possibilità che, nella fase di montaggio, potessero cadere dei materiali e danneggiare la Porziuncola, ha determinato la scelta finale per due travature principali laterali, in sostituzione di una principale al centro, affinché l'installazione più complessa non avvenisse sulla proiezione della Porziuncola stessa.

Quali i momenti più critici?

Sono stati nella fase iniziale, con la richiesta del cliente di un ponteggio che appoggiava sul pavimento e la nostra idea di utilizzare una nuova tecnologia modulare. Quando si propone qualcosa di nuovo agli addetti ai lavori, si può andare incontro a dubbi, soprattutto quando alla base vi è la "Porziuncola". Grazie ad un incontro in cantiere con la committente e l'impresa è stato possibile capire cosa facesse scaturire tale incertezza e, grazie alla versatilità del sistema, è stato possibile ovviare alla situazione.

Come è stato gestito il percorso di cantierizzazione?

In questo tipo di progetti il lavoro di squadra è fondamentale. In questo caso con Edilcomit non abbiamo avuto alcuna difficoltà nell'individuare e mettere in atto la migliore soluzione. Assieme abbiamo studiato la struttura e l'approccio tecnico. Loro hanno avuto la capacità di organizzare, in accordo con l'impresa Lunghi, i mezzi e le modalità operative perché il tutto fosse eseguito secondo gli obiettivi concordati. Indubbiamente le conoscenze del luogo e le competenze dell'impresa hanno dato un notevole contributo alla gestione delle varie fasi operative.



Layher Italia Spa

della facciata e controfacciata del fronte principale, congruente con un cedimento differenziale del piano fondale della nuova facciata, realizzata in una fase più recente rispetto alla Basilica originaria.

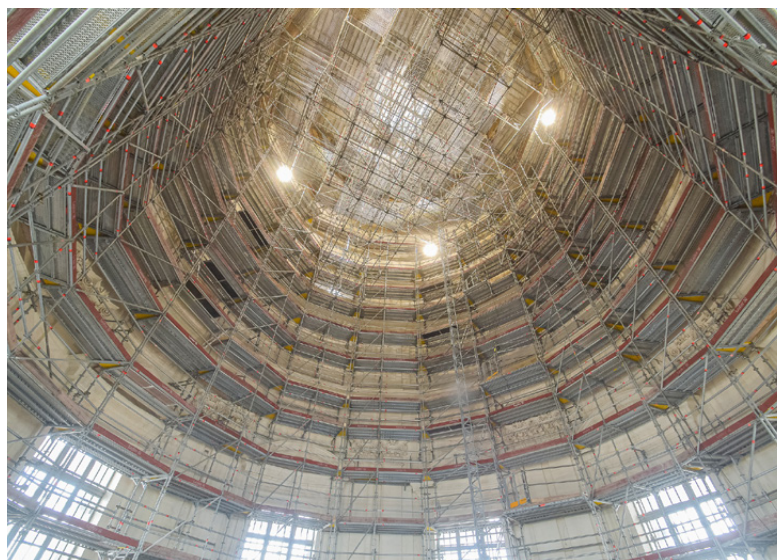
La cupola e il tamburo

Successivamente all'intervento e ai lavori Sisma '97/Giubileo sono state potenziate le cerchiature metalliche presenti in corrispondenza della sola base del tamburo che sostiene la Cupola. Tuttavia, nuove e diffuse lesioni sono oggi presenti nella cupola e nel tamburo di base della cupola.

Le analisi della deformazione di alcune aperture e di archi in adiacenza alla colonna "3" che sostiene la possente cupola hanno fatto supporre un cedimento differenziale delle colonne rispetto alla Basilica probabilmente oggi estinto. La tendenza della cupola "ad aprirsi" è, inoltre, una concausa del dissesto. L'intervento di rafforzamento del sistema tamburo-cupola ha previsto l'inserimento di tiranti verticali all'interno dello spessore murario in adiacenza alla spalla di ciascuna apertura che caratterizza il tamburo di sostegno della cupola, dove si concentra il quadro fessurativo più evidente.

È stato, inoltre, previsto di inserire, insieme ai tiranti, un sistema di "strain gauges", che permettono di rilevare lo stato di deformazione/sollecitazione, in particolare la variazione dello stato deformativo/tensionale delle barre, e dunque monitorare in tempo reale e nel tempo l'evoluzione dello stato di sollecitazione dei tiranti e conseguentemente della muratura stessa.

L'intera struttura è caratterizzata da elementi ad alta resistenza in grado di soddisfare le richieste di carico e, allo stesso tempo, di ridurre il peso della struttura stessa



Layher Italia Spa

La cantierizzazione

La richiesta, posta per la realizzazione degli interventi, è stata sin da subito quella di individuare le soluzioni tecniche e di cantierizzazione che consentissero la fruibilità, anche se parziale, delle Basilica e la possibilità di accedere in sicurezza alla Porziuncola.

Viceversa, per l'esecuzione dei lavori di inserimento dei tiranti

all'interno della Basilica in corrispondenza degli archi e delle volte della navata principale e delle navate laterali, poiché la lavorazione prevedeva perforazioni di grande lunghezza, sono stati costruiti ponteggi "su ruota", spostati di volta in volta in corrispondenza dell'intervento. La soluzione "Leonardesca" ha evitato di ripetere lo smontaggio e rimontaggio del ponteggio e la



Layher Italia Spa

Al di sopra il piano di ponteggio e lavoro, collocato alla base del tamburo a circa 40 metri d'altezza, si è sviluppato il ponteggio di servizio e lavoro, lungo le pareti interne del tamburo e della cupola

Innovazione, estrema versatilità ed elevate prestazioni dei sistemi Layher e un team qualificato hanno permesso il superamento dei limiti delle opere provvisorie. Il lavoro di squadra, con l'ausilio del software, è stato fondamentale: sono stati ridotti al minimo integrazioni successive, ritardi di montaggio e aggiustamenti in corso d'opera, ed è stata incrementata la sicurezza del cantiere

Roberto Vesentini



conseguente necessità di interdire l'accesso ad aree più estese. La serie di interventi previsti per la cupola ed il tamburo hanno richiesto l'allestimento di ponteggi all'esterno e soprattutto all'interno, con un piano di lavoro a circa 40 metri d'altezza, esattamente sopra la Porziuncola. A tale scopo all'interno è stato impiegato un ponteggio multidirezionale, in appoggio alla base del tamburo stesso con strutture reticolari in alluminio di grande luce, senza colonne di sostegno a terra. La Porziuncola è stata protetta da un ponteggio, non di lavoro, ma di protezione per garantirne la conservazione durante le fasi di montaggio e di smontaggio del ponteggio stesso. Al di sopra il piano di ponteggio e lavoro, collocato alla base del tamburo a circa 40 metri d'altezza, si è sviluppato il ponteggio di servizio e lavoro, lungo le pareti interne del tamburo e della cupola. L'intera altezza del ponteggio è stata servita da piattaforma elevatrice, sviluppata per un'altezza superiore a 70 metri per permettere l'accesso di persone e materiali. Per assicurare ai restauratori la massima sicurezza e comfort, con delle mensole sono stati realizzati gli avvicinamenti del piano di calpestio alla cupola, oggetto di restauro, con una distanza dalla parete affrescata anche di 70 cm.