

La Torre pendente

La Torre di Pisa è il terzo monumento più visitato d'Italia, superata solo dal Colosseo e dal Duomo di Milano.

E' il monumento più monitorato al mondo. Esiste un gruppo di sorveglianza che rileva tutti i dati registrati da vari sensori posti alla base e sulle pareti esterne della torre.

Pensate che viene misurato anche l'impatto del vento.

L'anno di massima inclinazione fu il 1992: 5,6° e 5,4 metri. La pendenza attuale è di 4°.

E' un monumento forte e delicato, imperfetto eppure perfetto, disgraziato e fortunato, frutto di arte e di scienza. Cerchiamo di capire perché raccoglie in sé così tante contraddizioni.

Come si misura l'inclinazione della Torre

Cosa simboleggia e cosa la contraddistingue

Nel XII secolo l'intero complesso monumentale della piazza voleva simboleggiare la **grandezza della Cristianità**, cioè il dominio del mondo cristiano sul mondo arabo, ma Pisa voleva anche simboleggiare la sua potenza e la sua importanza come Repubblica Marinara. La chiamavano la Seconda Roma. Aveva un suo proprio calendario, un suo proprio stile architettonico. Quando, successivamente alla conquista di Palermo, i Pisani decisero di costruire un duomo di una grandezza inaudita per l'epoca, fu progettato anche il campanile (oltre al Battistero e al Camposanto).

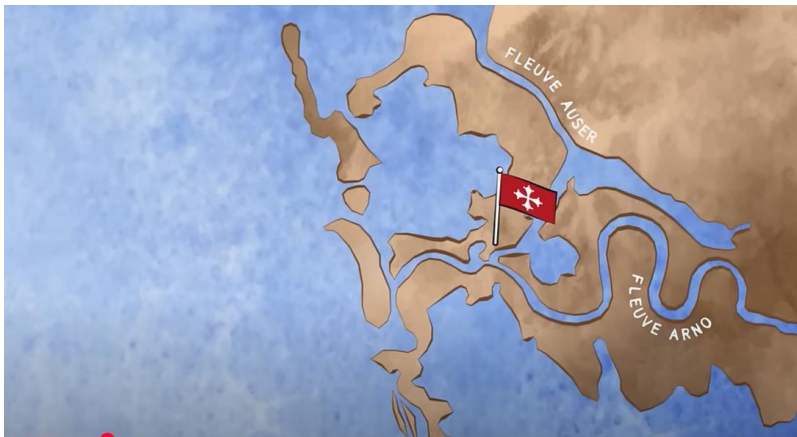
La Torre è semplicemente il **campanile del duomo**, ma un campanile molto originale:

- Raramente i campanili sono a **base rotonda** (quanto a meno a Pisa non ne esistono affatto), infatti sono tutti a base quadrangolare
- Normalmente i campanili sono molto vicini, se non addossati, alle chiese, qui invece c'è una certa **distanza**.
- È **molto alta**: 58,4m dalle fondamenta. La potremmo definire un grattacielo medievale. Così fatta, alta e a base rotonda, ricorda la forma di un **faro**. Probabilmente la Torre è un omaggio all'antica grandezza marittima della città, come ci ricorda il bassorilievo nella prima linea di archi ciechi che rappresenterebbe l'antico porto di Pisa. Ma fu pensata anche con la funzione di torre di avvistamento. Per i Pisani funzionava anche da orologio: dalla posizione dell'ombra, chiunque poteva determinare l'ora.
- La sua struttura a logge con archi e colonne non è abituale.
- Certamente la sua pendenza la rende unica, ma questo aspetto non era voluto: possiamo dire che è un "difetto di fabbricazione".



Rilievo nel primo ordine di archi della torre: rappresenta il porto di Pisa e la sua gloriosa storia di Repubblica Marinara

La pendenza



La posizione di Pisa prima dell'era cristiana

Circa 2000 anni fa, Pisa si trovava in una specie di laguna prospiciente al mare.

Intorno al 1000 d.C. Pisa è già a circa 10 km dal mare. Attualmente dista circa 15 km.

I detriti portati dalle acque fluviali hanno modificato la linea di costa.



La posizione di Pisa intorno all'anno 1000

Da cosa dipende l'inclinazione della torre

- Dal peso della torre.

La torre, costruita esternamente in marmo, pesa quasi 15.000 tonnellate. Questo enorme peso si concentra su un diametro di appena 15,5m.

- Dalla natura del terreno sottostante.

Il fatto che originariamente la zona in cui ora sorge la torre 2000 anni fosse lambita dal mare e (fino a 500 anni prima) vi scorressero ben due fiumi (Auser e Arno) ha influenzato la storia del monumento. Quest'area era impaludata, formata da un terreno soffice, instabile ed eterogeneo. Nessun edificio avrebbe potuto mantenersi perfettamente eretto su un terreno del genere.

La struttura della Torre.



La torre internamente è cava. La torre ha al suo interno una scala elicoidale che passa tra due cilindri (uno di marmo e uno di pietra ordinaria) riempiti di materiale povero, più leggero del marmo.

All'esterno è impreziosita da archi a tutto sesto posti su 30 colonne di marmo per ogni piano.

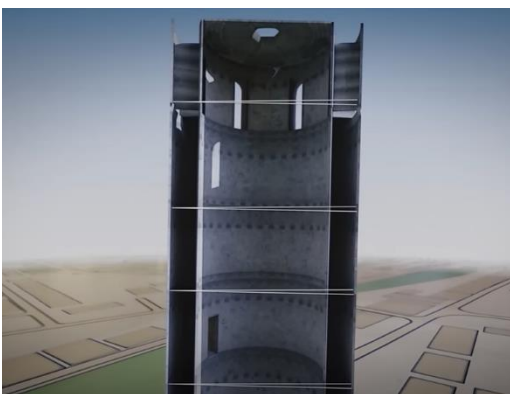
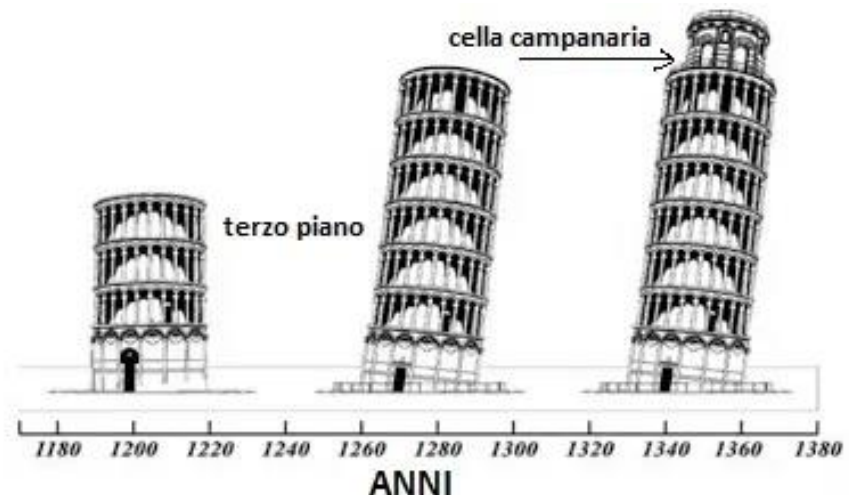
E' costituita da 7 ordini di archi, di cui il primo ad archi ciechi, e una cella campanaria sulla sommità, il cui

diametro è ridotto rispetto ai piani sottostanti.

La sua costruzione e le strategie per compensare la pendenza in corso d'opera

1173: Iniziano i lavori e si procede molto velocemente. Nel 1178 sono già realizzati i primi tre piani. Con questo ritmo, la torre sarebbe stata completata in tempi rapidi. Ma comincia a pendere sul lato nord, ossia il lato opposto rispetto a quello della pendenza attuale.

Tra lo sconcerto dell'architetto che aveva intrapreso l'opera (probabilmente Bonanno Pisano), ma anche a causa di varie guerre che impegnavano la città, i lavori furono sospesi per circa 100 anni. Durante questa lunga pausa, la Torre, come un essere vivente, si muove e trasferisce la sua pendenza sul lato opposto, quello attuale.



Giovanni di Simone imposta l'altezza asimmetrica delle cornici.

1272: si riprendono i lavori con Giovanni Di Simone, che costruisce altre quattro cornici della torre, cercando di dargli una struttura più leggera e cercando di compensare la pendenza, aumentando l'altezza di circa 10 cm a piano delle cornici che si trovavano sul lato sud (questa tecnica conferisce alla Torre la caratteristica forma a banana). Fu un'idea semplice, ma geniale. Infatti la correzione dette i suoi risultati, ma non resse nel tempo. Visto che il peso, con la costruzione dei piani superiori era notevolmente aumentato, la torre continuò a inclinarsi, tanto che nel 1278 i lavori furono interrotti per ulteriori 82 anni

1360: Tommaso di Andrea Pisano, dimostrando grandissimo coraggio, costruisce l'ultima cornice che ospita le campane. Per ridurre il peso, la costruisce di un diametro inferiore alle cornici sottostanti, inoltre, per evitare che pesi sul lato sud, lo colloca in posizione decentrata, ossia spostato verso nord. Quindi la cornice risulta asimmetrica. Ma pensò anche ad un'altra strategia: continuò ad aumentare l'altezza del lato sud per recuperare l'inclinazione. Alla base dell'ultima cornice furono costruiti dei gradini, ma ne costruirono cinque sul lato nord e sette sul lato sud. Il tutto aumentò l'effetto banana.

La torre era completata:

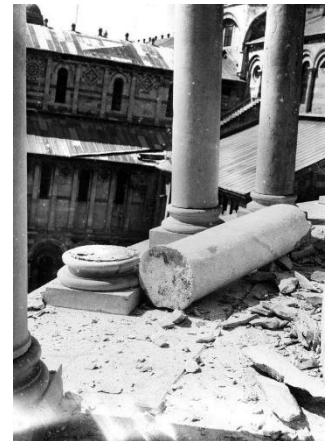
- 293 gradini
- 32.400 blocchi di marmo
- 207 colonne
- 14.500 tonnellate
- 58,4 metri di altezza dalle fondamenta
- 15,5 metri di diametro alla base

Le strategie per compensare la pendenza nel corso dei secoli

Per i motivi già citati, la Torre continuò a sprofondare nel terreno nell'arco dei secoli.

Durante la sua esistenza, la Torre ha dimostrato di non voler cadere, nonostante la sua pendenza e gli eventi avversi:

- Nel 1797 fu colpita da un fulmine;
- Le sue fondamenta sono state sottoposte alle sollecitazioni di quattro grandi terremoti;
- Durante la seconda guerra mondiale Pisa fu pesantemente bombardata; una bomba cadde nelle vicinanze della Torre, causando il crollo di una colonna.



Danni alla Torre durante la seconda guerra mondiale

Nel corso degli anni sono stati realizzati molti interventi volti a recuperare la pendenza della Torre, ma non tutti hanno conseguito l'obiettivo, anzi, alcuni hanno avuto effetti peggiorativi. Vediamo gli interventi principali:

1838: La Torre, non disponeva ancora del catino alla sua base si ergeva su una base di fango da cui trasudava acqua. Venne incaricato un ingegnere di trovare una soluzione a questo problema, visto che la pendenza era già arrivata a 5°. L'ingegnere creò il catino di marmo, scavando intorno alla fondazione, ma l'acqua continuò a filtrare e più acqua fuoriusciva dalla falda sotterranea, più la torre tendeva a sprofondare. Perciò la pendenza peggiorò.

1934: Mussolini, che riteneva la Torre pendente una "vergogna nazionale", dispone un nuovo intervento rivelatosi totalmente fallimentare: la torre cominciò a presentare un movimento oscillatorio tra sud e nord. Visto il movimento oscillatorio venne disposto che le campane poste sulla sommità non oscillassero più e che venissero suonate a mano con una specie di martello (oggi automatizzato). Questo perché le oscillazioni verso sud delle campane non facevano altro

che aumentare il peso su quel lato, soprattutto se le campane oscillavano contemporaneamente in quella direzione. Le campane sono 7. La più grande pesa come due automobili. Tutte e sette pesano un totale di 10 tonnellate, peso che arriva ad essere quadruplicato per effetto dell'oscillazione.

1971: La Torre emette degli scricchiolii. Furono momenti di grande preoccupazione. Venne indetto un bando internazionale per progetti salva torre. A Pisa fu realizzato un grande evento spettacolo in cui vengono invitati artisti famosi italiani, ma anche internazionali, che con lo slogan *Save the tower*, si cercò di sensibilizzare l'opinione pubblica affinché tutto il mondo presentasse progetti di salvaguardia del monumento. Ce n'erano alcuni anche molto strani (come la costruzione di un hotel al lato della torre che fungesse da appoggio alla torre inclinata). All'evento furono invitate star internazionali come Elizabeth Taylor e Richard Hudson.

1989: Crolla una torre medievale a Pavia, senza apparenti motivi. Si riaccende l'allerta per la Torre di Pisa. Nel 1990 si chiude l'accesso ai turisti e si nomina un comitato di esperti.



Contrappesi di piombo alla base della Torre

1992: è l'anno della massima pendenza, 5,6° di inclinazione. Iniziano i lavori. La torre viene fasciata da anelli di acciaio che riporta in equilibrio il peso della pendenza.

1993: 60 blocchi di piombo (700 tonnellate) furono poggiati alla base della torre sul lato opposto alla pendenza. La pendenza venne visibilmente recuperata: si tornò indietro di 10 anni, ma l'impatto estetico era terribilmente invasivo.

1995: un esperto valuta che la Torre è a rischio se supera i 4,75°, ma la torre era già arrivata a 5,5°. Quindi il crollo era vicino. Bisognava intervenire subito. Si mettono degli ancoraggi alla base della torre. Ma la torre sembra reagire male. Nella notte fra l'8 e il 9 settembre 1995 la Torre cede inclinandosi di 1,1 cm, cioè l'inclinazione di un anno. Si parla del **Settembre nero** della Torre. Furono momenti di panico, in cui istintivamente si tentò di controbilanciare il peso con qualsiasi cosa, anche con mezzi di fortuna, come una ruspa o altre cose pesanti che si trovavano nel cantiere. Appena possibile si poggiarono 1000 tonnellate di contrappeso. Gli esperti abbandonarono il progetto di ancorare la Torre al terreno e misero in atto un'idea più semplice: appianare il terreno a nord estraendo materiale dal sottosuolo, in modo da invitare la Torre a raddrizzarsi da sé. L'idea era semplice, ma non lo era la sua realizzazione, perché era necessario procedere in modo che la torre si adattasse gradualmente alla modifica del terreno sotto le sue fondamenta. Era talmente grande il timore di creare ulteriori



Trivellazioni alla base della Torre

danni che le operazioni da mettere in atto vennero studiate e analizzate per 3 anni, al seguito dei quali si decise di procedere.

1999: Iniziarono le trivellazioni e la Torre venne “imbracata” con tiranti di acciaio, pronti a sostenerla in caso di cedimento. Si procedette con molta cautela, inizialmente si estraevano 3 o 4 kg al giorno di terra. Si vigilava costantemente sullo stato della torre.

Si videro subito i buoni risultati e nel 2000 si intensificarono le estrazioni. Alla fine dell’opera erano state estratte ben 76 tonnellate di limo e fu recuperato mezzo grado di pendenza. La torre era salva.

2001: La Torre riapre al pubblico.

Il tutto ha avuto un costo di 27 milioni di € e 12 anni di lavori. La Torre attualmente gode di ottima salute, tanto che si sta raddrizzando autonomamente per gli effetti a lungo termine dell’ultimo intervento. Si stima che per almeno 200 anni non sarà a rischio di crollo.

Possiamo dire che i punti critici della torre (il suo peso e la natura del terreno), sono stati anche i suoi punti di forza. Il marmo è pesante, ma, considerando che i monumenti sono minacciati dall'inquinamento, sbalzi termici, piogge acide, possiamo dire che il marmo è stata una scelta vincente, perché è molto resistente. Ovviamente ha bisogno di manutenzione continua. Per questo lavoro è stata incaricata una equipe di restauratori “acrobati” che vi lavorano costantemente.



Restauro della Torre in sospensione

Si tratta dei migliori restauratori d’Europa. Il terreno è instabile, ma è proprio il terreno sabbioso che ha attutito e assorbito tutte le vibrazioni dovute a bombardamenti e terremoti, evitando di farle arrivare alla torre. Cioè, durante un terremoto, si muove molto il terreno sottostante, ma non si muove la torre. Inoltre, il destino ha voluto che i lavori subissero delle interruzioni lunghissime. Questo aspetto si è rivelato importantissimo per la stabilità della torre, perché le lunghe pause hanno permesso al terreno di assestarsi sotto il peso del monumento.

Curiosità:

- E' dalla sommità della Torre che Galileo Galilei fece gli esperimenti sulla caduta dei corpi. Se doveste venire di notte e vedete una sagoma che si aggira sulla Torre è Galileo Galilei, che conduce i suoi esperimenti, come i pisani sostengono.
- La Torre di Pisa non è l'unica torre pendente che abbiamo. Anche il campanile della chiesa di San Nicola, vicino al [Lungarno](#), ha un'inclinazione di 2,5 gradi, e il campanile della chiesa di San Michele degli Scalzi, in questo caso anche la chiesa è pendente, a metà strada del viale delle Piagge, che risulta inclinato di 5 gradi.
- Le campane sono 7 e si dice che quella di San Ranieri si chiamava "Giustizia" e suonava per le morti dei traditori e, si suppone, suonò anche per la morte del conte Ugolino.
- E' qui che i turisti scattano il famoso "selfie" cercando di far sembrare che stiano "spingendo" o "sostenendo" la torre.



Campanile della chiesa di San Michele degli Scalzi

Sitografia:

https://latorredipisa.it/torre-di-pisa-storia/#Breve_storia_della_Torre_di_Pisa

https://it.wikipedia.org/wiki/Torre_di_Pisa

Youtube: Torre di Pisa- Storia della sua pendenza

Youtube: Segreti della Torre di Pisa