

77 - La strana storia dell'aeroporto di Osaka in Giappone.

Una meraviglia dell'Ingegneria che rischia di sparire inghiottita dal mare

Antonio Dal Prà geologo maggio 2026

Vi racconto una storia, una storia strana, curiosa, interessante. La storia dell'aeroporto giapponese di Osaka. L'aeroporto è famoso in tutto il mondo per due prerogative fenomenali: è stato costruito sul mare sopra un'isola artificiale e l'isola artificiale sprofonda e continua a sprofondare, costringendo a ininterrotti interventi di adeguamento per tenere fuori dall'acqua le piste, i terminal e le altre strutture. Qualcuno prevede che affonderà tra qualche decina di anni, senza interventi radicali e geniali. Ma i giapponesi sono capaci di tutto.

L'isola è stata realizzata qualche decina di anni fa al largo della baia di Osaka, scaricando a mare milioni e milioni di metri cubi di blocchi, massi e ciottoli di roccia su un fondale profondo 18 - 20 m, fino a far emergere il cumulo in superficie. E sopra al cumulo i bravi giapponesi hanno costruito le piste di atterraggio e i terminal. E' ben noto che i giapponesi sono bravi, ne fanno di tutti i colori.

Il nome esatto è Aeroporto Internazionale del Kansai, collegato con ferrovia alle principali città della regione : Osaka, Kyoto e Kobe. Si trova a circa 50 km da Osaka. Aperto al pubblico nel 1994, è famoso anche perché l'enorme e modernissimo Terminal è stato progettato da un nostro connazionale, il bravo e famoso arch. Renzo Piano. I passeggeri che lo frequentano sono oltre 25 milioni l'anno.



In realtà le isole sono due, molto vicine, affiancate a 200 m. La prima è stata costruita tra il 1991 e il 1994 . E' lunga 4 km e larga 1200 m, copre una superficie di circa 510 ettari . Dista 3 km dalla terraferma, alla quale è collegata con un ponte a due livelli, per il traffico ferroviario e per il traffico su gomma. La seconda è stata costruita tra il 2003 e il 2007 con un nuovo terminal e una nuova pista, su una superficie di 545 ettari. La grande opera è costata circa 15 miliardi di dollari.



Il grande terminal della prima isola è ritenuto una meraviglia dell'architettura e della ingegneria per la sua forma e per l'imponente e geniale struttura meccanica che lo sorregge e lo tiene in perfetto e continuo equilibrio. Con la sua forma ad onda copre una lunghezza di 1700 m ,su 4 piani, con 42 gate. Una struttura enorme e di grande tecnologia. Questa meraviglia della scienza è stata progettata, come si è detto, dal nostro famoso architetto Renzo Piano.

L'isola è soggetta, come verrà descritto più avanti, ad un lento e continuo abbassamento.

Per far fronte a questo previsto continuo abbassamento del suolo , a sostegno del lunghissimo terminal è stata costruita una platea continua in cemento armato e oltre 900 colonne in acciaio, a giunti telescopici. Su ogni colonna metallica è stato posizionato un martinetto idraulico che permette spostamenti in altezza , necessari per mantenere l'edificio in corretta posizione con le differenti aree e con il terreno e le altre infrastrutture. Sensori computerizzati di livello di un perfetto monitoraggio permettono di tenere sotto controllo le varie parti della platea di fondazione. Quando un'area del terminal si abbassa o si inclina in modo non uniforme , i martinetti sollevano la struttura , permettendo di inserire piastre di acciaio. Queste colonne verticali, con giunti telescopici, assieme a giunti scorrevoli laterali dislocati sulla lunghezza dell'edificio, hanno tra l'altro premesso all'edificio di superare indenne il grande terremoto di Kobe nel gennaio del 1995 con epicentro ad appena 20 km. Si sostiene che il sistema, di dimensioni imponenti, sia una soluzione geniale.

Per le sue eccezionali caratteristiche costruttive, che consentono di mantenere in equilibrio le costruzioni aeroportuali, l'aeroporto ha ricevuto notevoli riconoscimenti, tra cui quello di

“ Monumento dell’Ingegneria Civile del Millennio”, conferitogli nel 2001 dalla American Society of Civil Engineers, considerandolo tra le 10 opere di ingegneria con il miglior impatto sulla vita del 20esimo secolo, insieme con opere come il Canale di Panama e l’Eurotunnel sulla Manica.

La realizzazione dell’aeroporto ha richiesto ben 20 anni di progettazione, 8 di costruzione, 15 miliardi di dollari di investimento. Richiede inoltre notevolissimi costi di mantenimento e manutenzione.



La formazione della prima isola è iniziata nel gennaio 1987 con la realizzazione del perimetro dell’area rettangolare di progetto , costruito scaricando a mare blocchi, massi e ciottoli di roccia per formare un argine perimetrale lungo 4 km e largo 2,5 km . L’argine, emergente dal mare, poggia sul fondale marino profondo 18 - 20 m .

Nel 1988 è iniziato il riempimento dell’area dentro il perimetro arginale. I materiali provenivano, come si è detto, da cave di roccia aperte in tre diverse montagne nell’entroterra e trasportati nell’area con chiatte motorizzate costruite appositamente per questa operazione di interrimento. Il colmataggio della zona racchiusa entro l’argine perimetrale è durato 3 anni. Nel 1991 è iniziata sopra questa isola artificiale la costruzione del terminal e delle strutture di servizio : ferrovie, pista di atterraggio, piazzali, strade di collegamento.

Per costruire questa prima isola sono stati scaricati a mare circa 180 milioni di m3 di roccia con l’utilizzo di 80 navi da trasporto. Hanno lavorato fino a 10.000 uomini per 3 anni. Durante i lavori, il trasporto dei lavoratori e dei materiali è avvenuto con collegamenti via mare.

In fase di progettazione , nelle indagini preliminari geologiche e geotecniche , è stata evidenziata la stratigrafia del fondale marino su cui doveva sorgere l’isola. In tutta l’area interessata, il sottosuolo è risultato uniformemente costituito da uno strato di materiali argillosi e limosi compressibili , per uno spessore di circa 20 m, poggiato sopra un basamento di roccia stabile.

I progettisti hanno evidentemente considerato e calcolato le pressioni effettive scaricate sul fondale argilloso dal peso della enorme massa di materiale scaricato per costruire l’isola artificiale. Sono

stati studiati diversi accorgimenti in fase di progettazione per contrastare il previsto abbassamento dell'isola, conseguente al cedimento e al costipamento del sottostante terreno argilloso di fondazione. L'abbassamento della superficie dell'isola, iniziato subito dopo la sua realizzazione, procede ininterrotto, anche se sempre più lentamente : nell'anno 1994 è stato di 50 cm, nel 2008 di 7 cm, per un totale nel periodo di circa 8 m. Finora il cedimento è stato di circa 12 m. Ora gli abbassamenti sono dell'ordine di mm/anno, differente da zona a zona.

Per accelerare il consolidamento dello strato argilloso di fondazione sono stati costruiti 11 milioni di colonne drenanti di sabbia entro i terreni compressibili sotto il fondale, per sottrarre le acque di impregnazione e accelerare il consolidamento dei materiali argillosi.

Dunque, per la costruzione dell'isola e delle strutture aeroportuali, ingegneri, geologi e architetti hanno dovuto fare i conti con la subsidenza del suolo, un fenomeno ben noto in tutto il mondo. Gli Ingegneri geotecnici hanno scritto libri interi con formule chilometriche sulle pressioni in gioco, per spiegare il processo dei cedimenti del suolo dovuti alla subsidenza.

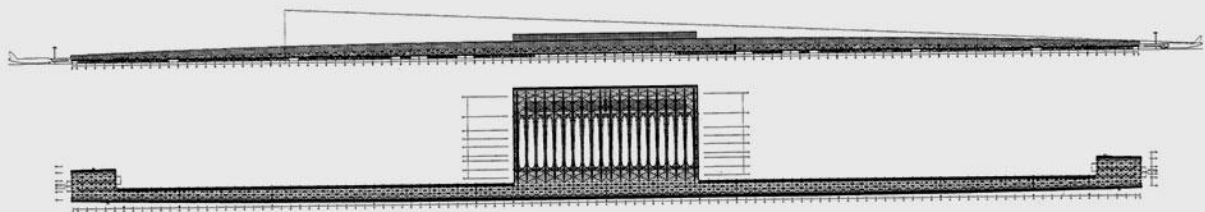
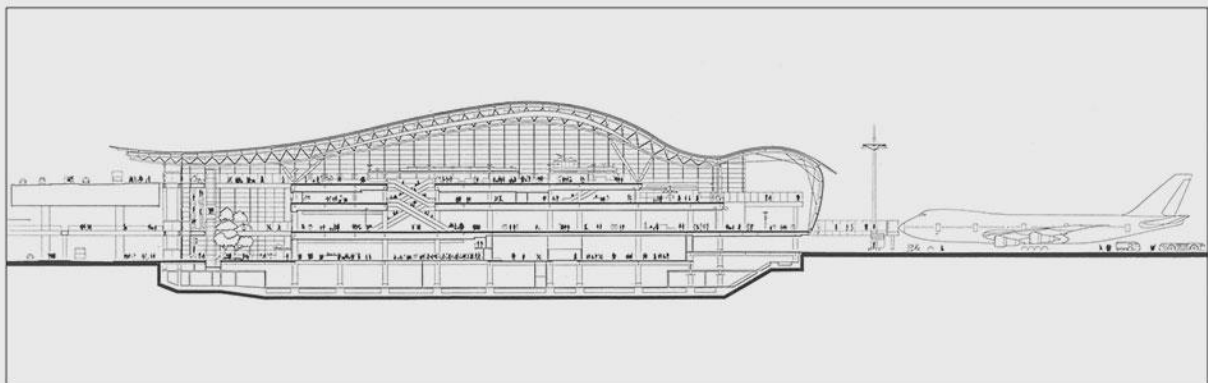
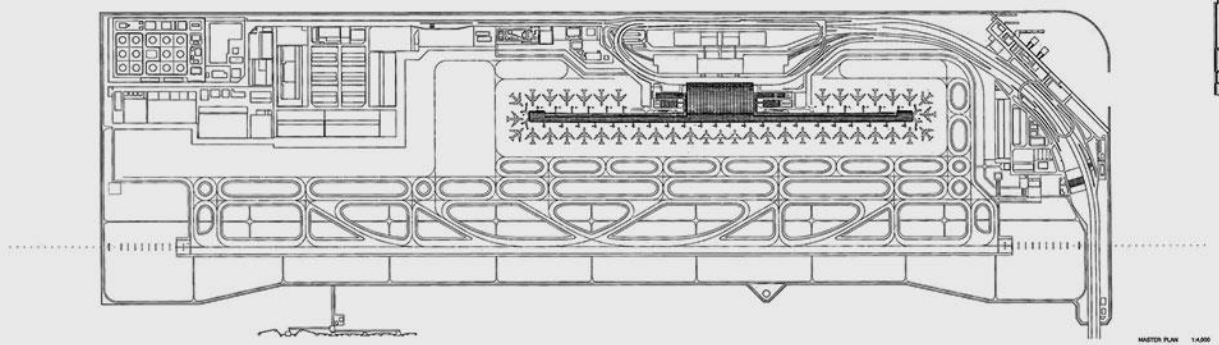
In termini molto elementari, in parole povere, chiedendo perdono agli esperti, il meccanismo può essere illustrato in maniera semplice e comprensibile a tutti. Occorre precisare che la subsidenza avviene quasi esclusivamente in materiali argillosi e limosi, che come è noto sono formati da un insieme di granuli di dimensioni microscopiche.

Gli accumuli di questi materiali, sottoposti a carichi naturali o artificiali, si comprimono, si costipano, cedono, i granuli all'interno della massa lentamente si spostano tra di loro sotto l'azione del carico, si muovono e si riassetano, cacciano fuori dai pori l'acqua di impregnazione, e vanno alla fine ad occupare uno spazio minore, facendo abbassare di conseguenza la superficie del deposito. Il processo è progressivo e in genere molto lento.

Il fenomeno della subsidenza è molto diffuso. Ci sono in giro per il mondo esempi molto noti. Può avvenire per cause naturali, quando per esempio si verifica su aree regionali, interessando accumuli alluvionali di materiali fini: il peso dei terreni di deposizione recente comprime i materiali sottostanti della precedente sedimentazione, che si costipano. Le cause artificiali sono generalmente legate al prelievo di acqua, gas metano o petrolio dal sottosuolo con pozzi, e la conseguente depressurizzazione delle falde e dei serbatoi sotterranei.

Nel famoso caso, molto studiato, della subsidenza di Venezia, alle cause naturali derivate dalla presenza di un sottosuolo formato da materiali alluvionali e marini a granulometria fine per spessori di varie centinaia di metri, e dal progressivo sollevamento del livello del mare, si è sovrapposto l'effetto di un rilevante prelievo di acqua da falde in pressione in tutto il territorio veneziano. Gli studiosi hanno calcolato che nell'ultimo secolo Venezia ha perso 26 cm, di cui 12 per l'innalzamento del livello del mare, 6 per la subsidenza naturale e circa 8 cm per la subsidenza antropica.

In un altro caso, famoso, che ha riguardato i territori del Polesine, sul delta del fiume Po, la subsidenza (con punte fino a oltre 3 m) è stata determinata dalla depressurizzazione di falde emunte da centinaia di pozzi per l'estrazione dal sottosuolo di gas metano in emulsione con acqua di falda.



Le stime degli ingegneri del progetto iniziale dell'isola artificiale di Osaka ritenevano che il processo della subsidenza sarebbe stato abbastanza lento da risultare gestibile. Invece non è andata proprio così. L'isola ha iniziato ad affondare molto più rapidamente del previsto. Nei primi otto anni era già sprofondata di 12 m, costringendo gli esperti a modificare il progetto per rallentare il processo .

A difendere l'isola dalle mareggiate sono stati posizionati lungo il perimetro dell'isola 48 mila tetrapodi, strutture in cancestruzzo che si incastrano tra loro e resistono alle ondate del mare. Sono state realizzate varie altre importanti opere di protezione contro l'aggressione del mare.

A peggiorare gli effetti della subsidenza dovuta al cedimento dei materiali argillosi di fondazione, si fa sentire anche un altro pericoloso fenomeno, l'innalzamento progressivo del livello dei mari.

Questo fenomeno, studiato e misurato in diverse parti del mondo, è in atto ormai da decine di anni. Lento ma inesorabile. L'innalzamento marino è una conseguenza dell'aumento della temperatura dell'atmosfera, che è salita di circa 1,5 gradi negli ultimi 100 anni. Il surriscaldamento globale dell'aria viene messo in relazione dalla maggior parte degli studiosi con l'enorme quantità di anidride carbonica, noto gas serra, scaricata dall'uomo in atmosfera con l'uso dei combustibili fossili: carbone, petrolio, gas metano.

L'aumento della temperatura dell'atmosfera sta provocando il lento scioglimento delle calotte glaciali e dei ghiacciai delle catene montuose, e il conseguente innalzamento del livello dei mari.

A dare una mano non indifferente a questo processo, l'aumento del calore dell'aria ha determinato anche un innalzamento della temperatura delle acque di mari ed oceani, che riscaldandosi aumentano di volume e quindi sollevano la loro superficie.



Tetrapodi di calcesruzzo usati per la protezione dell'isola dalle mareggiate

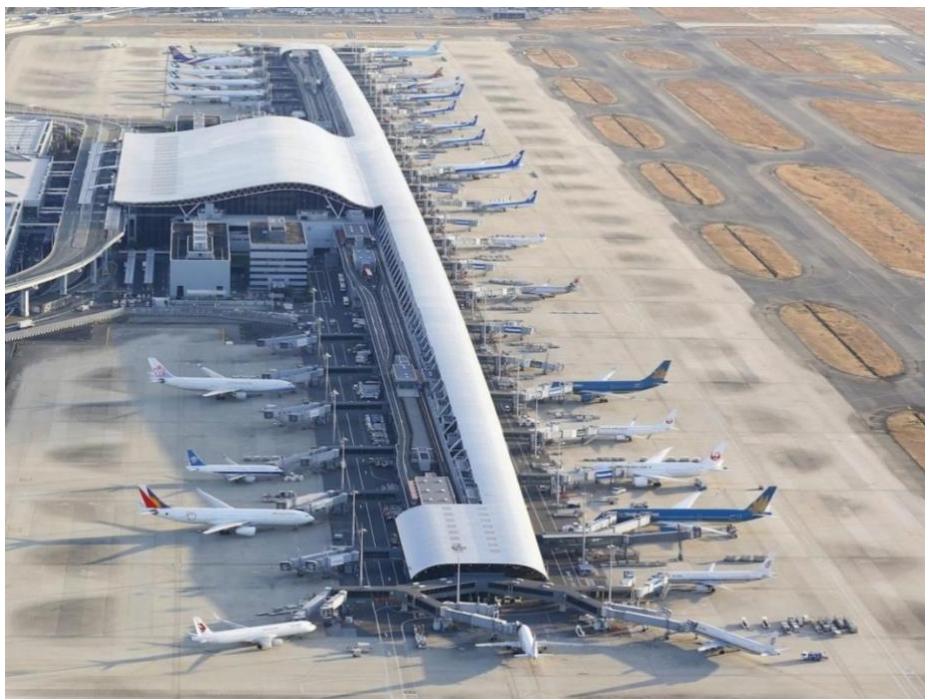
Come si è detto, gli studi geologici e geotecnici preliminari al progetto avevano evidenziato in tutta l'area la presenza di un fondale, a circa 18-20 m di profondità, costituito da terreni argillosi compressibili per uno spessore di circa 20 m, poggiante su un substrato di roccia consistente, alla profondità di circa 40 m. Sulla base di questi dati, la costruzione dell'isola ha richiesto la preparazione del fondale di fondazione dell'accumulo artificiale di roccia frantumata. Come si è detto, sono stati inseriti nello strato argilloso di fondo circa 1.000.000 di *Sand Drains*, colonne verticali drenanti di sabbia, per favorire il drenaggio dell'acqua dai materiali argillosi e accelerare il loro consolidamento. Successivamente è stato costruito l'argine perimetrale lungo circa 11 km formato da blocchi e massi di roccia scaricata dalle navi trasporto e protetto dai 48.000 tetrapodi di cemento. Quindi si è provveduto al graduale riempimento dell'area arginata, con materiale scavato da tre montagne, in parte anche provenienti dalle vicine Corea e Cina.

Per la costruzione della seconda isola sono stati riversati a mare circa 250 milioni di m³ di materiale e sono stati realizzati 1.200.000 pali drenanti di sabbia. Sull'isola sono stati costruiti un'altra pista e un altro terminal.

La subsidenza dell'isola artificiale e dell'aeroporto continua inesorabilmente, seppure rallentando progressivamente. Gli adeguamenti delle strutture ai cedimenti sono continui e controllati con un

efficacissimo monitoraggio dei livelli, utilizzando l'attuale sistema idraulico di sostegno. Tuttavia sono in progetto ulteriori interventi, tra cui il sollevamento dell'isola di 1 m. Non so come.

Uno studio del 2015 condotto da ingegneri americani sostiene che l'infrastruttura sprofonderà nell'oceano pacifico entro il 2058. Stiamo a vedere.....Vincerà il mare o vinceranno i giapponesi??



Vi ricordo che il Giappone è un autentico laboratorio a cielo aperto per l'Ingegneria Civile. Sono state edificate grandiose e stupefacenti opere : dagli immensi sistemi sotterranei per la prevenzione dalle inondazioni, ai porti da record mondiale, ai ponti grandiosi, opere progettati per dominare la natura e per proteggere il paese dai violenti terremoti che lì sono di casa e dai micidiali e frequenti tifoni.