

「中部国際空港の地盤沈下の対策と現状」

2 班

学籍番号	氏 名
C09008	河合 基樹
C09017	竹腰 悠司
C09024	村瀬 将史

アドバイザー教員：水澤 富作 教授
酒造 敏廣 教授

目 次

	ページ
1. 調査の目的と概要	1
2. 地盤沈下について	1
2. 1 地盤沈下を起こす地質	1
2. 2 地盤沈下の起こり方	1
2. 3 地盤沈下によって起こる現象・問題	1
3. 沈下の種類	1
3. 1 同沈下	1
3. 2 不同沈下	2
3. 3 抜け上がり	2
4. 関西国際空港	2
4. 1 空港の概要	2
4. 2 空港の現状	2
5. 関西国際空港の対策	3
5. 1 ベタ基礎	3
5. 2 排土バランス	3
5. 3 ジャッキアップ	3
5. 4 サンドトレーン工法	3
6. 中部国際空港	3
6. 1 空港の概要	3
6. 2 関西国際空港から受けた反省点	3
6. 3 中部国際空港の現状	4
7. 関西国際空港と中部国際空港の地盤（地質）の違い	4
8. まとめ	4
9. 参考文献	4
10. 謝辞	5
11. 感想，各自の貢献内容	6
C09008 河合 基樹	6
C09017 竹腰 悠司	7
C09024 村瀬 将史	8

1. 調査の目的と概要

将来的に増設されると予想される海上空港の問題点であり、人工島であるが故に起こる最大の問題地盤沈下について調べる。調査対象として近年開港した中部国際空港と、地盤沈下の被害が著しい関西国際空港を調査し問題点や対応（解決）策を列挙し、海上空港の今後のあり方について意見をまとめる。

2. 地盤沈下について

2. 1 地盤沈下を起こす地質²⁾

海底の地層の一番上には沖積層と呼ばれる水7割を含んだ粘土状の土があり、それが約20m堆積している。その下には洪積層と呼ばれる水4割を含んだ沖積層よりも硬い粘土状の土が数百mの厚さ存在する。地盤沈下が起きる原因となる地層の大部分がこの2つの地層である。

2. 2 地盤沈下の起こり方²⁾

上の2つの地層の上に埋め立て用の土を載せることにより土が重りの替わりになり、水が絞り出され地盤沈下が生じる。例をいえば、水を含んだスポンジのようなものである。スポンジを上から抑えると押し出された水の体積分だけスポンジの体積が減るということである。これと同じ現象が土の中で起こる。土の場合は、水を通しにくいので何十年、何百年と時間がかかって沈下が起こる。（この現象を土質学分野では圧密という）地盤沈下は海岸沿いを埋め立てただけではほと

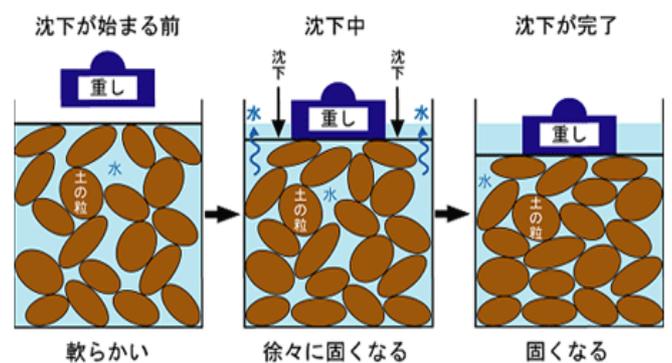


図1 地盤沈下の流れ²⁾

んど沈下はせず、空港島のように水深の深い所に埋め立てるので土の重さが粘土の固さを超えてしまい沈下が起こると予想されている。さらに地盤沈下は一度起これば二度と同じ高さまで戻ることができない不可逆性を持っている。地盤沈下は上に物が乗って沈下が起こるものだけでなく、工業用水や農業用水、消雪用水、冷房用水等の地下水の汲み揚げ、天然ガスの汲み上げ、鉱山の坑道掘削などが原因で起こることもある。

2. 3 地盤沈下によって起こる現象・問題⁹⁾

地盤沈下が起こることによって起こるおもな問題は建造物の破損・一部破損、ライフラインの破損・一部破損、津波・高潮に対する脆弱性などが上げられる。当たり前であるが地盤沈下によって地面が下がるので水道管や建造物はずれて破損する。

3. 地盤沈下の種類¹²⁾

地盤沈下には同沈下、不同沈下、抜け上がりの3つの種類が存在する。それぞれ違う変化が表れ構造物にいろいろな影響を及ぼす。

3. 1 同沈下

ある施設において、場所によらず施設全体が同一に沈下していく現象。実際は沈下しているが沈下量が小さいうちは生活自体に大きな損傷はない。しかし、沈下量が大きくなると生活排水の逆流などの問題も起こる。地盤沈下は主に建物の荷重に、地盤の強さ（長期許容支持力）が耐え切れ無い時に起こる。



図2 不同沈下の例⁴⁾
(ピサの斜塔)

3. 2 不同沈下

ある施設において、場所によって沈下量の異なる地盤沈下を不同沈下（ふどうちんか）若しくは不等沈下（ふとうちんか）という。建物が傾いたり、路面に凹凸や亀裂を生じるなど、地盤沈下で最も問題となる。不同沈下の事例として最も有名な建物としてイタリアのピサ大聖堂のピサの斜塔がある。

3. 3 抜け上がり

抜け上がりとは、地盤沈下に関係のない層によって支えられていることが多い。周囲の地盤が沈下するが、支持層で支えられている建物は沈下しない→周辺地盤より相対的に高い位置になる抜け上りを起こす。（なお地震等の地盤の揺れによる液状化現象が生じた場合にも、見かけ上、同様に抜け上がり現象が発生する。）抜け上りが起こることによって起こる問題として、建物周辺に埋設してあるガス管や水道管などの埋設管は地盤沈下とともに挙動するということが挙げられる。しかし、建物は元の位置を保つため埋設管と建物の接合部で破断する。よって建物が機能しなくなるおそれがある。



図3 抜け上がりの様子

4. 関西国際空港

4. 1 関西国際空港の概要¹⁾

1994年9月4日に開港した。日本の空港で初めて、旅客と航空貨物の両方の24時間運用を開始した空港である。24時間運用開始は新千歳空港のほうが先だが、こちらは貨物便のみの運用であった。すべてが人工島からなる海上空港としては日本初であるが、日本初の海上空港は長崎空港である。（長崎空港はもともと島があったところに空港を建設した。）



図4 関西国際空港の位置⁵⁾

4. 2 関西国際空港の現状¹⁾

関西国際空港では地盤沈下が問題となっている。原因としては地層と地盤の調査不足、水深の深い所（約20m）を埋め立地としたため多くの土を必要とし、それによって土の重さが大きくなったことが挙げられる。工事開始から開港までに約10m、開港からでは約3m沈下している。開港直後では年間50cmの沈下が見られたが年々減少し続けている。現在ではいろいろな対策が講じられているが、それでもなお年間7cm程度沈下している状態である。

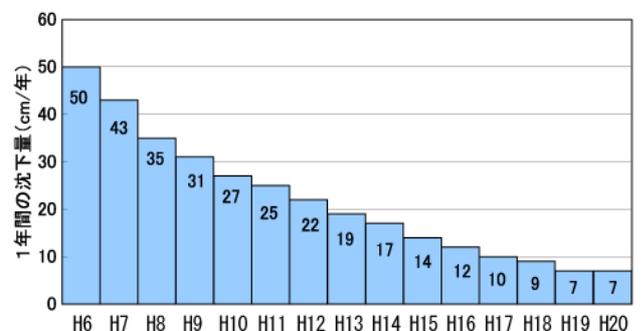


図5 関西国際空港の1年間ごとの沈下量²⁾

5. 関西国際空港の対策

5. 1 ベタ基礎²⁾ 7~11)

ベースまたは立上りの部分に鉄筋を組み、ベースの部分にコンクリートを流し込んで作る。何回かにわたってコンクリートを流し込むのでつなぎ目ができる。建物全体をコンクリート基礎で支え、上からの荷重を平均的に地面に伝えるようにできる。布基礎に比べて地盤に接する面積が大きいため地耐力3t未満の場合に不同沈下を防止する効果があるとされている。しかしつなぎ目の部分から水が入り込み、浸水や結露などができるという弱点もある。

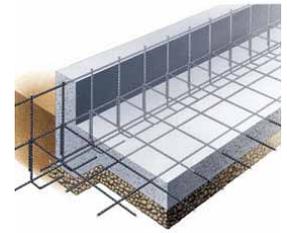


図6 ベタ基礎⁷⁾

5. 2 排土バランス²⁾

建物が重い場合は、土を取り除いて軽くして、出来るだけ地盤に加わる重さが周りと変わらないようにしたもの。

5. 3 ジャッキアップ²⁾

不同沈下でわずかに建物に傾きが出てきた場合に、建物の1本1本の柱をジャッキで持ち上げて鉄板のプレートを挟みこみ、建物の傾きを調節する仕組み。関西国際空港の旅客ターミナルビルにはこのシステムをもつ柱が900本あり、それぞれの柱が自動的に計測してどこをあげればいかが分かるようになっている。開港当初はかなり頻繁にジャッキアップをしていたが、現在では沈下の量も減っており2年に1回程度のペースで行っている。

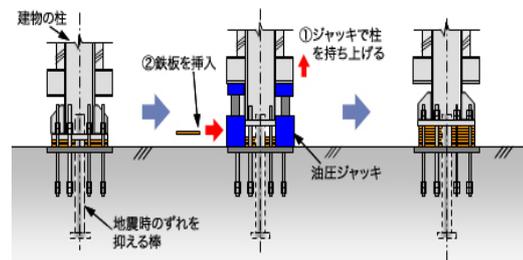


図7 ジャッキアップ²⁾

5. 4 サンドトレイン工法²⁾

工事をしている時に行われるものである。島の重みによって搾り出せる粘土の水をできるだけ早く外に出すために砂の杭を打ち込む。それによって水の抜ける道ができ沈下を早く終わらせることができる。関西国際空港では直径40cm、長さ20cmの杭を一期島では100万本、二期島では120万本を打ち込んだ。

6. 中部国際空港

6. 1 中部国際空港の概要^{3) 4)}

2005年2月17日に開港した。面積は、5.80km² (南北4.3km)。そのうち4.7km²の部分に空港関係の施設が並び、残り1.1km²は愛知県企業庁が地域開発用地として造成した。この空港島(中部国際空港)は海流への配慮もしてあり空港島によって海流を障害しないように、Dの字のような平面形状を作り海流の流れをよくした。直線部分や角の部分についても、角ばった部分を丸めることにより渦の発生を防止した。

6. 2 中部国際空港の改善点

関西国際空港の地盤沈下を目の当たりにしていたこともあり、中部国際空港は地盤調査を念入りに行いそれほど沈下しないような場所を選び、なおかつ環境的にもいい場所を選んだ。水深も浅いため、埋め立て用の土も関西国際空港よりも少なく済んだ。

6. 3 中部国際空港の現状

工事開始から地盤沈下が一番進んでいるところは、空港の南東部であり最大 3m沈下している。しかし、関西国際空港の二の舞にならないように念入りに地質調査を行った結果、開港後はほとんど沈下していない。そのため今のところは地盤沈下の対策は行われていない。したがって関西国際空港のような地盤沈下は起こらないと予想される。

7. 関西国際空港と中部国際空港の地盤（地質）の違い^{6) 12)}

関西国際空港は水深約 20m。地層としては沖積層が 18m。その下に洪積層が堆積している。水深約 20mというかなり深い場所を指定したため、沖積層がかなり多くなってしまい結果、地盤沈下が深刻なものになってしまった。その点を反省した中部国際空港は水深約 6m。地層としては、沖積層が約 7m存在し、その下に洪積層は存在しないという場所を指定した。そのため、地盤沈下はほとんど起こっていない。

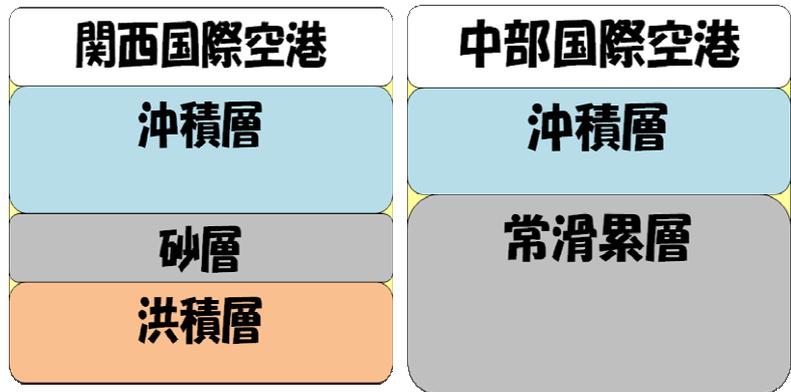


図8 関西国際空港の地層

図9 中部国際空港の地層

8. まとめ

関西国際空港は海上空港としては失敗作であり反省すべき点がいくつもある。特に、地質調査と立地予定地の水深がある。地質調査を十分に行わないと、海底の沖積層と洪積層の量が分からない。さらに水深が深ければ土の量が増え、地盤にかかる重さが大きくなり地盤に強度があっても土の重さによって沈下が起こってしまう。以上のことから、地質調査を十分に行った上で水深 5m～10mの範囲で、なおかつ海底の沖積層と洪積層の量が少ない場所に海上空港を建設すべきだという結論が私たちの中で出来た。しかし、その結論に対する問題として「埋め立ての時間」、「費用」、「何処から土を持ってくるのか」というものが表れる。さらに現在問題となっている普天間基地の移設問題のように、環境にも配慮した空港を作る必要がある。このように、いろいろな問題を考えた上で自分たちの出した条件を加えると建設場所としては数あるほどしかなくなってしまうかもしれない。しかし、その少ない建設場所によってすべての問題が解決するのであれば幸いだと私たちは思う。

9. 参考文献

- 1) 関西国際空港オフィシャルサイト
<http://www.kansai-airport.or.jp/>、
- 2) 関西国際空港株式会社
<http://www.kiac.co.jp/>、
- 3) 中部国際空港株式会社
<http://www.cjiac.co.jp/>、
- 4) ウィキペディア（関西国際空港、中部国際空港、ピサの斜塔、関西三空港の経緯と現状）
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC>

%E3%82%B8、

5) MEPPLP 地図

<http://www.chizumaru.com/czm/objlist-27G0402X486890.573Y123954.516S5000D542@000044.htm>

6) (財) 経済広報センター 国内広報部

http://www.kkc.or.jp/society/conference/kdk_030128.html

7) 株式会社 TGAハウジング

<http://www.sennenhome.co.jp/structure/ground.html>

8) @二幸建設株式会社@

<http://nikoken.com/index.htm>

9) 住まいの総合サイト 住宅サーチ

<http://sumai.nikkei.co.jp/house/qahouse/seko20021101a2000a5.html>

10) JOTO

<http://www.joto.com/fj/forum/0610/re01.html>

11) 高耐久・高耐震ベタ基礎一体打ち工法とは？

<http://kisokouji.jp/ittaiutikouhoutoha.html>

12) 中部地質調査業協会

<http://www.chubu-geo.org/>

10. 謝辞

アドバイザー教員：水澤 富作 教授・酒造 敏廣 教授

非常勤講師：豊蔵 勇 先生

この度は都市環境プランニング実習に際しまして
アドバイスをしていただきまして有難うございました。

中部国際空港株式会社 業務推進部 経営企画部 空港計画グループ 担当課長 西野 友彦様

先日はお忙しい中、時間を割いて中部国際空港を見学、説明をしていただきまして有難うございました。見学させていただいたおかげで調査の進行を大幅に進めることができました。

この場を借りて深く御礼申し上げます。

1 1. 感想, 各自の貢献内容

「地盤沈下の調査についての反省」

C09008 河合 基樹

感想：

私の班では最初ほとんど意見がまとまらず、調査する内容すら決まっていなかったにもかかわらず個々で「構造物の老朽化」という大きなテーマで調べてしまい、3 回目のグループ報告になっても「結局何がやりたいのかが分からない」と言われ他のグループからもかなりの遅れをとってしまった。

そのツケが中間報告会に回ってしまい、レジュメの作成が遅れ期限内に提出することができず、その内容も図や写真が少ないことや教科書のような長々とした文章となってしまったこと。さらにレジュメの2 ページの内4 分の1を白紙にしまったことなど内容的にはかなり薄いものとなってしまった。

最終報告会にはその遅れを取り戻そうと思い、まずはレジュメの空白となっていた部分を埋めるために写真や図を入れ、調査を進めてその内容を書き加える作業をし、書式を整えて内容の修正を行った。

その後ポスターに取り掛かり、レイアウトや文字の大きさ、調べた内容の中からどれを選んでポスターに載せるかを考えた。レジュメもポスターも去年と一昨年の作品を見て参考にして作ってみたが、完成した自分達の作品を見て去年、一昨年の作品よりもはるかに劣っていることが分かった。直そうと思ったが結局時間がなくなってしまい、あまり納得のできない2 つを出さざるを得なくなった。

今回のことから反省すべきことは、まず授業の初めに話し合いをせず、それぞれの役割の確認をしないまま調査に入ってしまったこと。授業外で会って話し合いながら調査を進める（発表の資料を作る）時間をあまり設けず、ほとんど個々でレジュメとパワーポイントを作成してしまったこと。それによってそれぞれの進行状況が一週間に一度しか分からなかったこと（逐一連絡を取らなかったこと）。

今後の予定をほとんど立てなかったことなどがあげられる。特に後者については重大なミスであったと思う。連絡を取るというのは今後の授業や社会に出ても必要なことなので、今後はきちんとやっておくべきだと思う。

作業における貢献内容：

この班の調査の中で、私は発表についての情報の収集をした。それをその日中にワードにまとめる作業を最初の2, 3 回の授業でやった。その後の授業で全員が調べ、まとめた資料をもとにレジュメの作成を行った。レジュメの内容はあまり時間に余裕がなかったことがあり、始める前に枠組みを決め一度すべて自分で作ってそれから全員で意見を出し合って調整を行うようにした。パワーポイントを作成している人とはこまめに連絡をとり、パワーポイントとレジュメの順番、内容ができるだけ同じになるようにした。

図や表もできるだけわかりやすくし、場合によってはエクセルを使いオリジナルの表も作った。中間発表後には指摘された箇所を訂正し、所在地がわかるような地図や関西国際空港の地盤沈下の状況がわかる図を取り入れた。さらに、作り終えた自分たちのレジュメと、昨年の班のレジュメを比較し、全員と相談しながら訂正をくわえた。ポスターについてはレイアウトを決め、強調したいところを太字にし、背景に色を加えた。反省としてレジュメは、2 枚という制限があったため内容が薄すぎるどころが出てしまった。さらに、調査不足により班全体の知識量が少なく、そこを質問されると何も答えられないようなところがあるというような未熟なものになってしまった。ポスターでは印刷して確かめることができなかったということもあり、完成したポスターは全体的に左に寄ってしまった。

「都市環境プロジェクト実習を終えて」

C09017 竹腰 悠司

感想：

私達の班は、「建造物の老朽化」というテーマで調べました。しかし、建造物の老朽で何を調べようとなったとき、意見がまとまらずに3回目のグループ報告がきてしまい、先生方に「君達の班は調べたい目的が分からず、結局何がやりたいかが分からない」と言われてしまい、他の班は目的が大まかに決まっていたしスタートの時から出足が遅れてしまいました。そして班でしっかり話し合った結果、身近にありみんなが利用するセントレア、「中部国際空港の老朽化」という目標でスタートしました。

しかしある問題が発生しました。中部国際空港の老朽化と言っても規模が大きすぎてどこの老朽化について調べるのか？という指摘をされたということや、中部国際空港の情報について調べても老朽化の事が何一つなく、他の班がどんどん進んでくのを見て焦りを感じました。情報収集をする中で私は関西国際空港の地盤沈下について調べ、中部国際空港と同じ人工島であるが、関西国際空港は地盤が年々沈下していてこれを中部国際空港と比較して調べていけば使えるのではないかと思い、具体的な内容がしっかり決まりました。実際に中部国際空港に見学にも行き、質問する時間があり、分からないこと全部が解決したわけではありませんが、インターネットでわからないことが分かり材料が増えたので私たちの班にはプラスになりました。

中間報告では、班で予定が合わなくレジュメの作成が遅れてしまい期限までに提出することができず、その内容も先生にも指摘されましたが教科書ような長々とした文で、写真や図などが貼っていなかったもので読む人側からしたら読む気にならないレジュメとなってしまいました。

作業における貢献内容：

私は最終報告でみんなが読みやすいためにたくさんの写真・図を収集し、そのなかでみんなにわかりやすく見やすいものを選びました。そして関西国際空港の地盤沈下の情報ばかり長々とあったのでそれらも必要などころだけに絞りました。私たちの班はそれぞれの役割分担がイマイチはつきりしてなかったこと、授業外で集まって作業することが少なかったことで作業が進まなかったことで、しっかり連絡をとってやっていたらと反省しています。もっと団結していればよかったと思います。

「都市環境プロジェクト実習を終えて」

C09024 村瀬 将史

感想：

この都市環境プロジェクト実習の第一回講義の時、自分は不安を覚えた。その理由としてはグループ人数が自分も含めて3人と少なく、尚且つまたく交流のなかった人たちだったからだ。

そんな中、グループ発表のテーマが「構造物の老朽化」に決定した。理由としては、中部国際空港に見学に行けるという事をきいて調査対象を中部国際空港にしたこと。

ここまではよかったものの、見学日時が指定されていたために中間発表までの時間もなく慌ただしい事態になってしまった。見学に際して送っていた質問も、あまり納得できるものを出せなかったのに加え、直接関係者に話を伺えなかったという事もあり、あまり有意義に見学の時間を使えなかったという反省ばかりが残る結果になってしまった。

また、中間発表においても提出物の提出が遅れてしまうなど様々な不祥事が発生し危うく単位を落とすところだった。先生方の慈悲によって特別に再発表となり、単位を落とすことは免れた。結果、嚴重注意は受けたもののその後の調査等に関しては続行を許可され、なんとかこのような最終報告書にまで行うことができた。

中部国際空港に関しては、建設後の生態系（海流の変化、渦の抑制など）、騒音、その他にも思っていた以上に周辺環境への配慮がなされていて地盤沈下以外についてもしっかりとされているというのが印象的だった。空港島内におけるエネルギー活用においても極力ロスを減らそうとするなど、今、世界でも騒がれている地球温暖化の問題についても対策がとられていることに驚いた。中間発表の反省点としては連絡不足によって全員が集まるということがほとんどなかったことと、役割分担が曖昧だったことなどが上げられ、その改善が急務だった。

最終報告会までにおいて少しは改善できたが、やはり準備不足と練習不足が浮き彫りになりあまりよい成果をあげることがなかったように思う。おもに時間配分のミスが響いたというように感じている。

ただ、もう少しがんばっておけばという後悔が大きくある。またこういった機会があったのなら次は完璧に物事を運んでいきたいように思う。今回のこの都市環境プロジェクト実習で自分が学んだ地盤沈下以外のこととしては仲間との協調性や目的を確実にこなす計画性、発表におけるメンタル面の重要性など日ごろから言われている当たり前なことを再確認することができたということだと思う。

作業における貢献内容：

この班での調査の中で、自分は主にプレゼンテーションに使うパワーポイントの作成、パワーポイントに使用する図の収集および作成、地盤沈下についての情報収集、パワーポイント発表のプレゼンター、ポスターを用いた意見交換会での説明役を担当し、補佐的なこととしては、レジュメ・ポスターの作成上の図、グラフを作るなどといった役割を担った。

パワーポイントとレジュメは連動しているというのが絶対条件のため逐一、連絡を取るよう努めた。

上の二つは当初同じ配列を予定していたが必ずしも同配列でなくてもよいとアドバイスを受け現行のものに仕上がった。パワーポイントとしては時間内にすべてを言い切るために文字を極端に削減するなどして軽量化を計ったほか、アニメーションを追加し時間調整を何度か試み、確実に時間内に収まるように仕上げることができた。もっとも軽量化を計りすぎたことがアダとなり当日の緊張も合わさり発表は短いものとなってしまった。