

# 沈む大地のメカニズム

## 地盤沈下を考える

豊田浩史

toyota@vos.nagaokaut.ac.jp

長岡技術科学大学 環境・建設系

# 内 容

- 沈下メカニズムの概要

# 内 容

- 沈下メカニズムの概要
- 粘土の圧密による沈下
  - 載荷 (ピサの斜塔, 関西新国際空港)
  - 地下水汲み上げ (新潟地区)

# 内 容

- 沈下メカニズムの概要
- 粘土の圧密による沈下
  - 載荷 (ピサの斜塔, 関西新国際空港)
  - 地下水汲み上げ (新潟地区)
- 地下建設による沈下
  - ロンドンの地下鉄拡張工事

# 内 容

- 沈下メカニズムの概要
- 粘土の圧密による沈下
  - 載荷 (ピサの斜塔, 関西新国際空港)
  - 地下水汲み上げ (新潟地区)
- 地下建設による沈下
  - ロンドンの地下鉄拡張工事
- 液状化による沈下
  - 兵庫県南部地震

# 沈下メカニズムの概要(1)

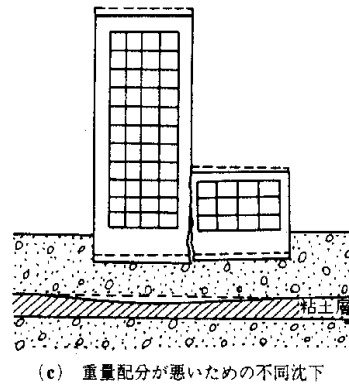
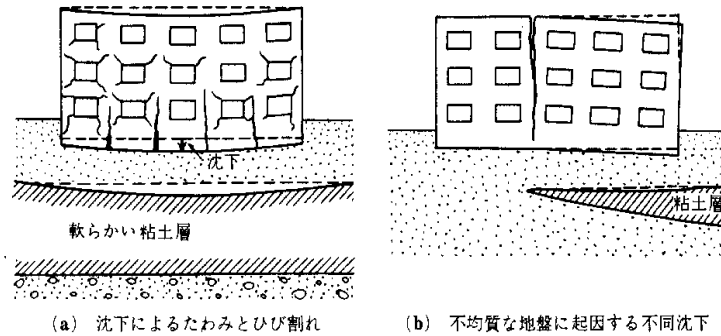


図-1.5 沈下が引き起こす建物の損傷

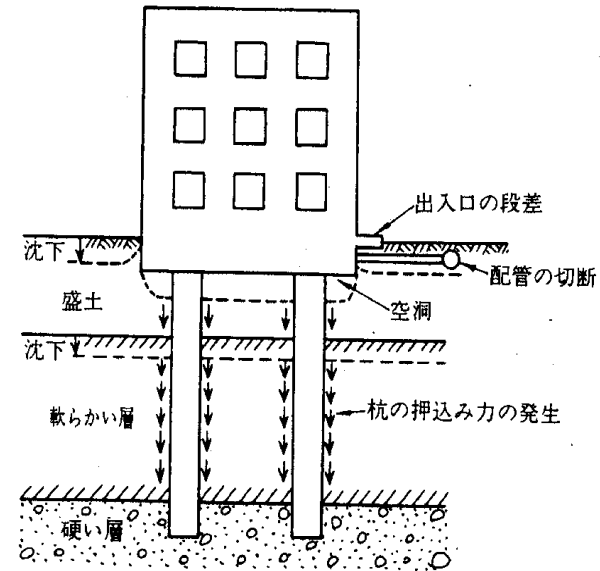
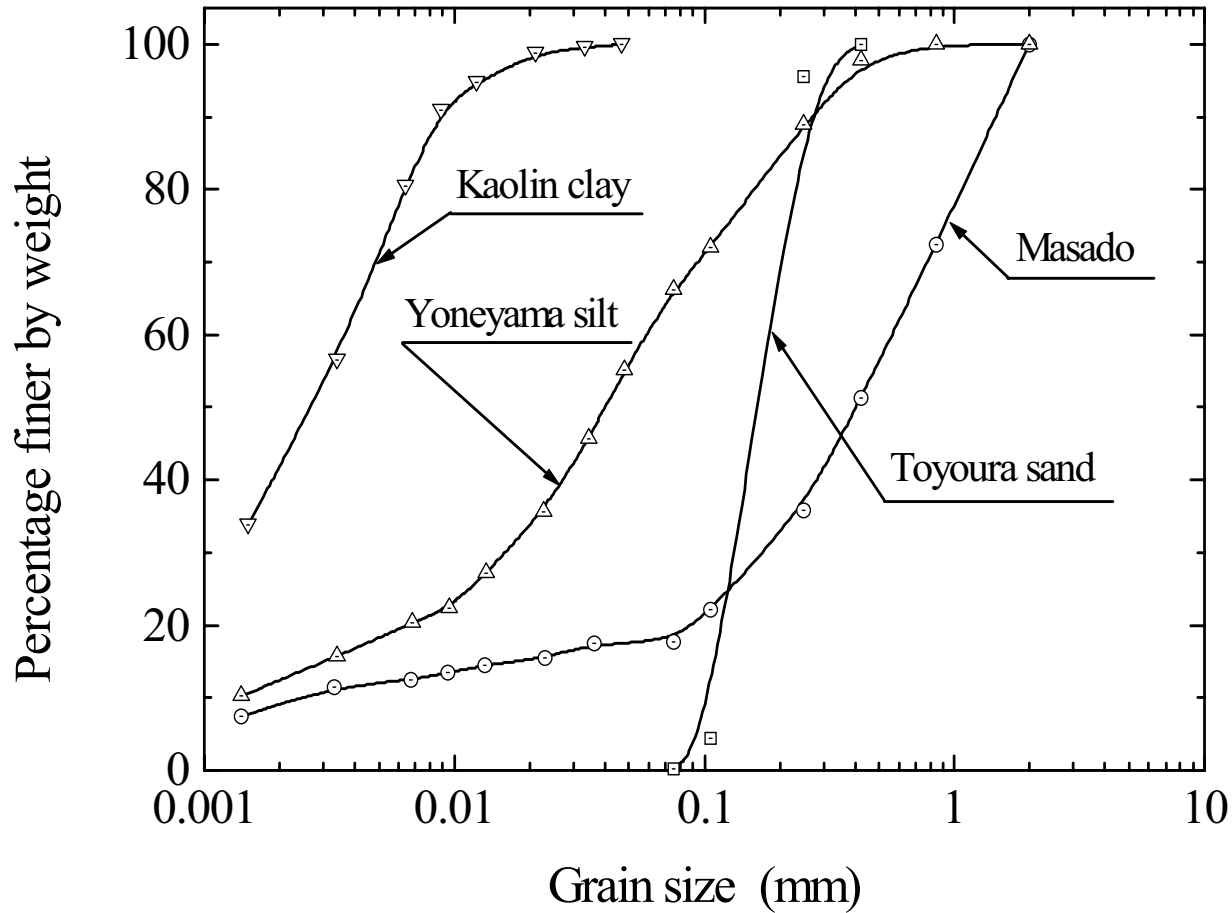


図-1.6 沈下が引き起こす障害

(土の圧密入門, (社) 地盤工学会)

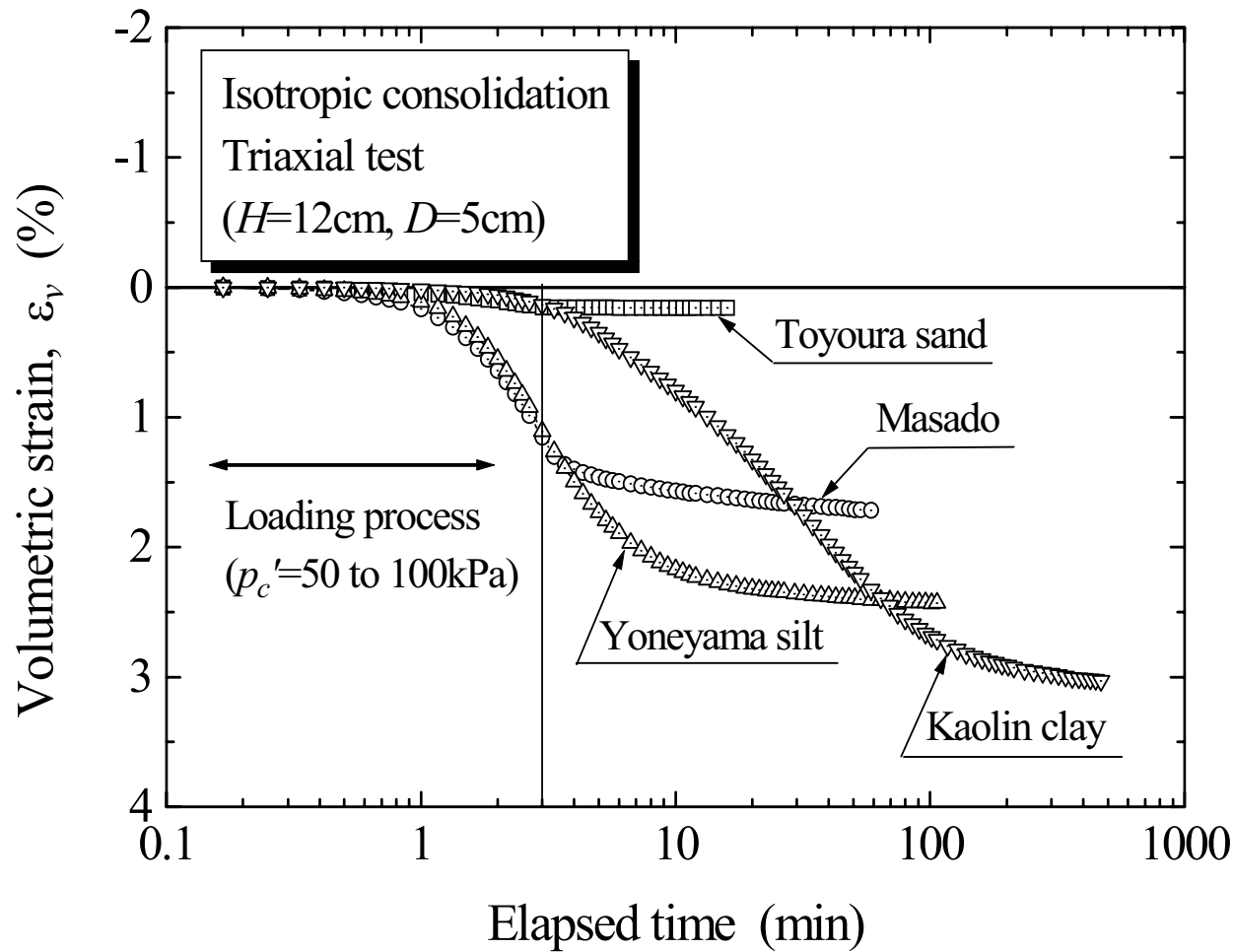
## 地盤沈下による構造物への被害

# 沈下メカニズムの概要(2)



試料の粒径加積曲線

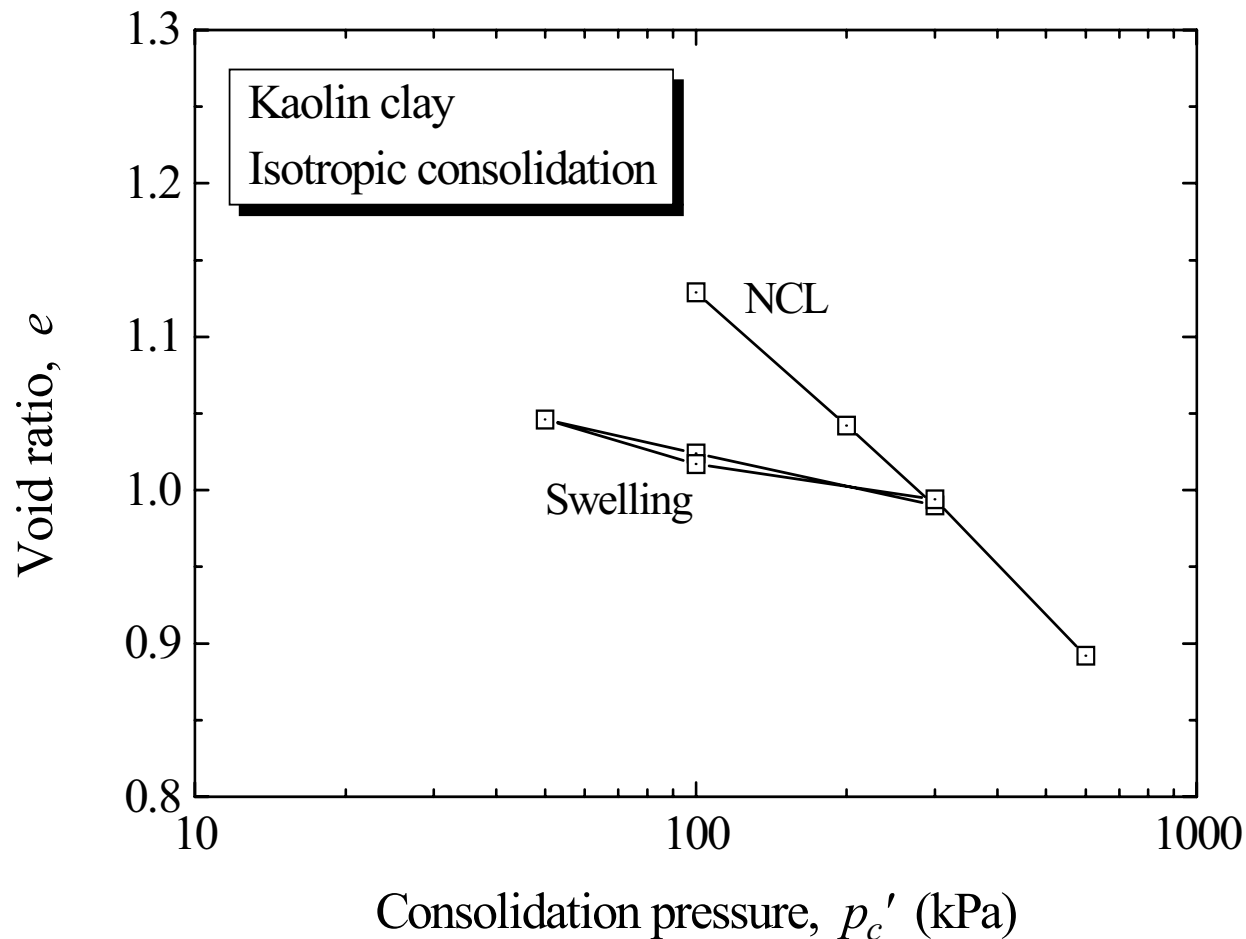
# 沈下メカニズムの概要 (3)



圧密量と圧密時間

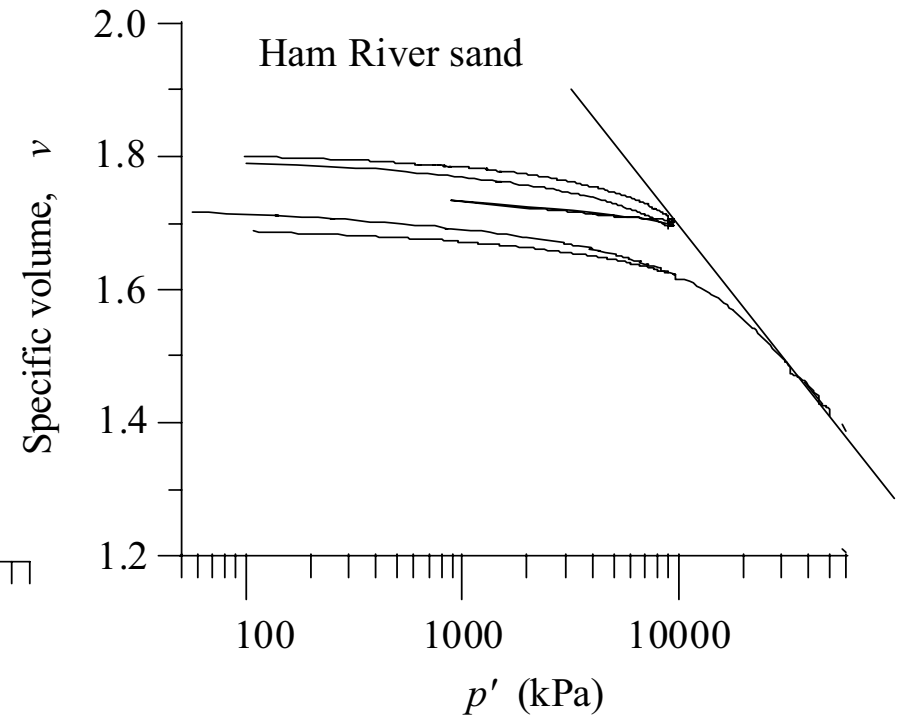
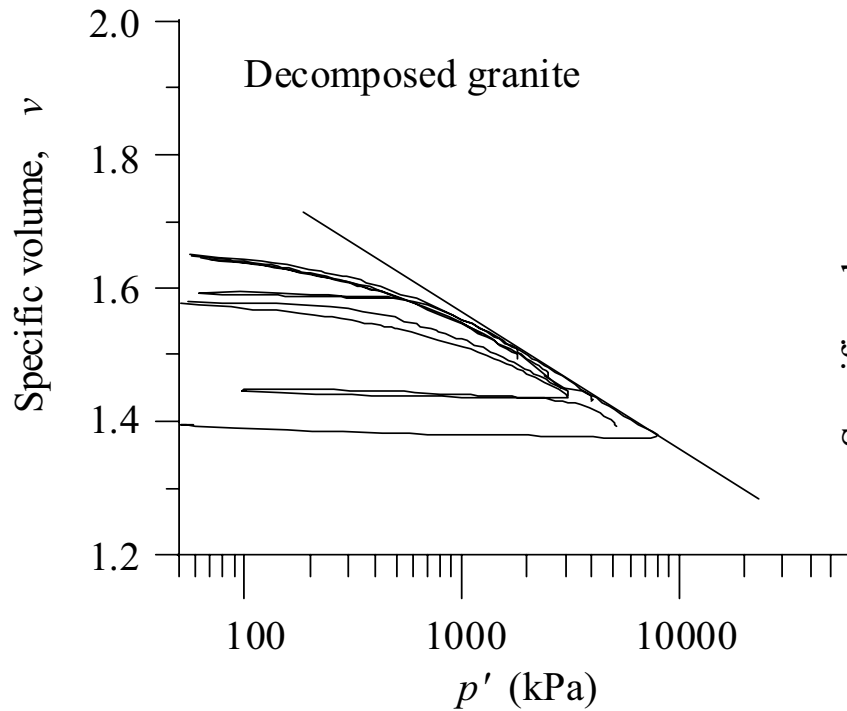


# 沈下メカニズムの概要 (4)



カオリン粘土の圧密曲線

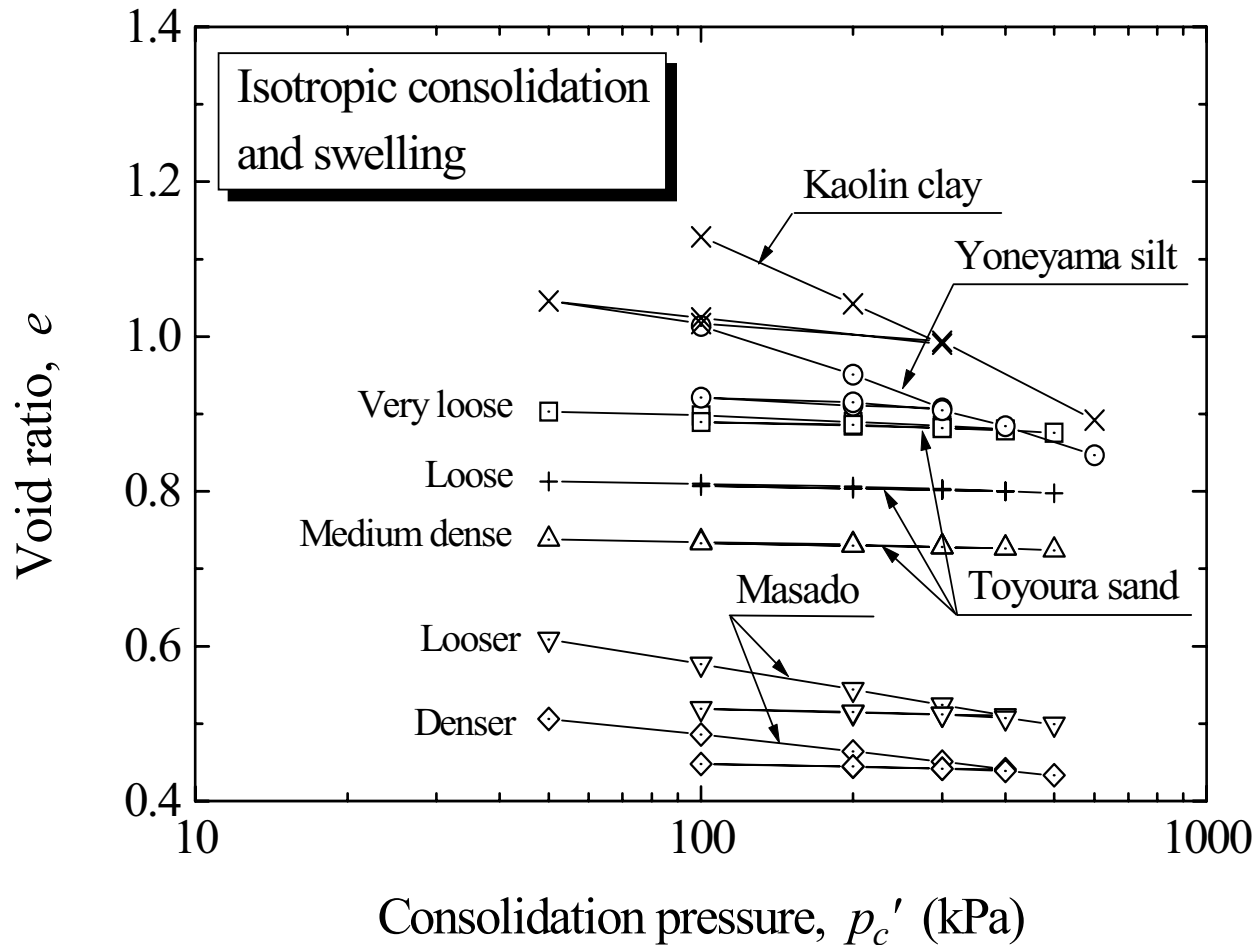
# 沈下メカニズムの概要 (5)



(Coop and Lee, 1993)

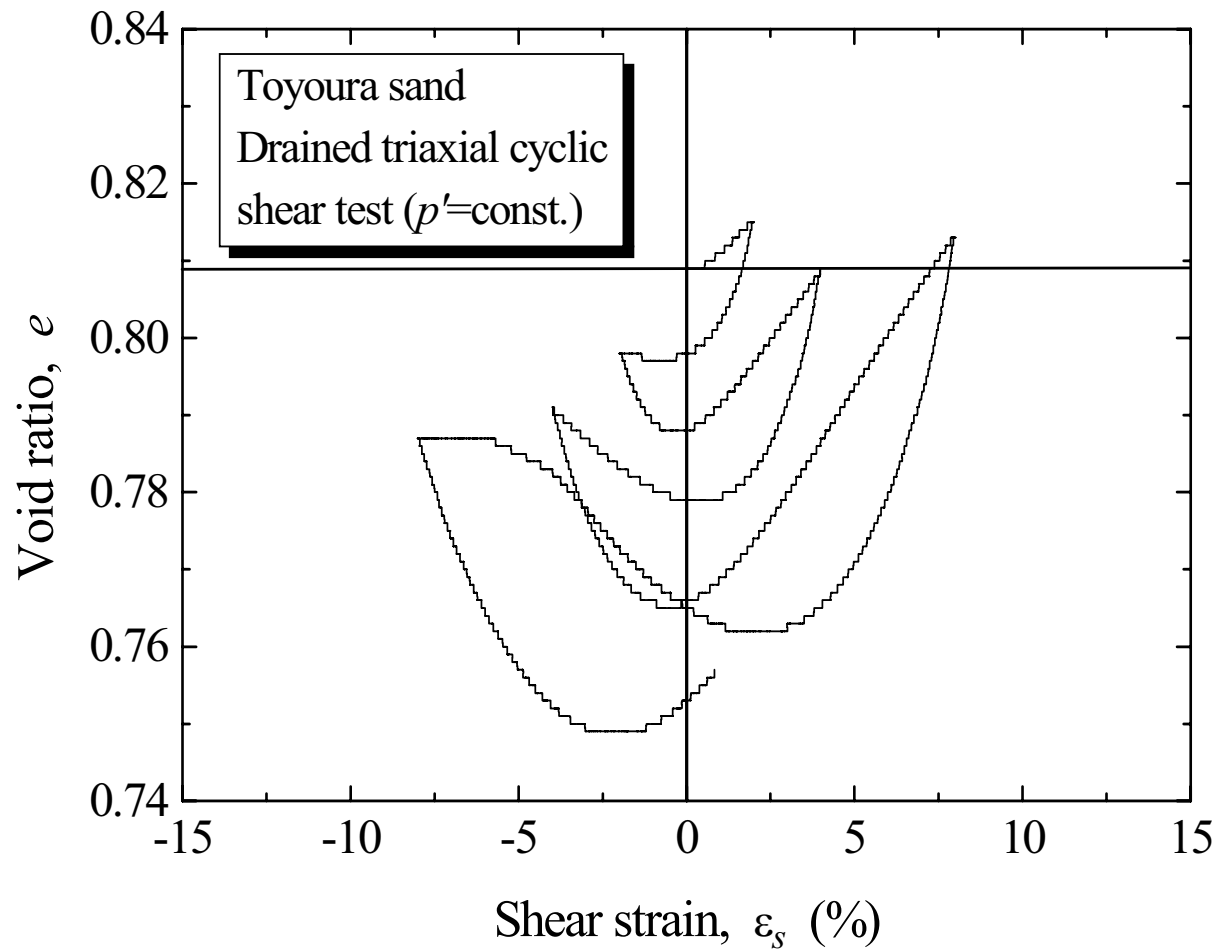
砂質土の高圧圧密

# 沈下メカニズムの概要(6)



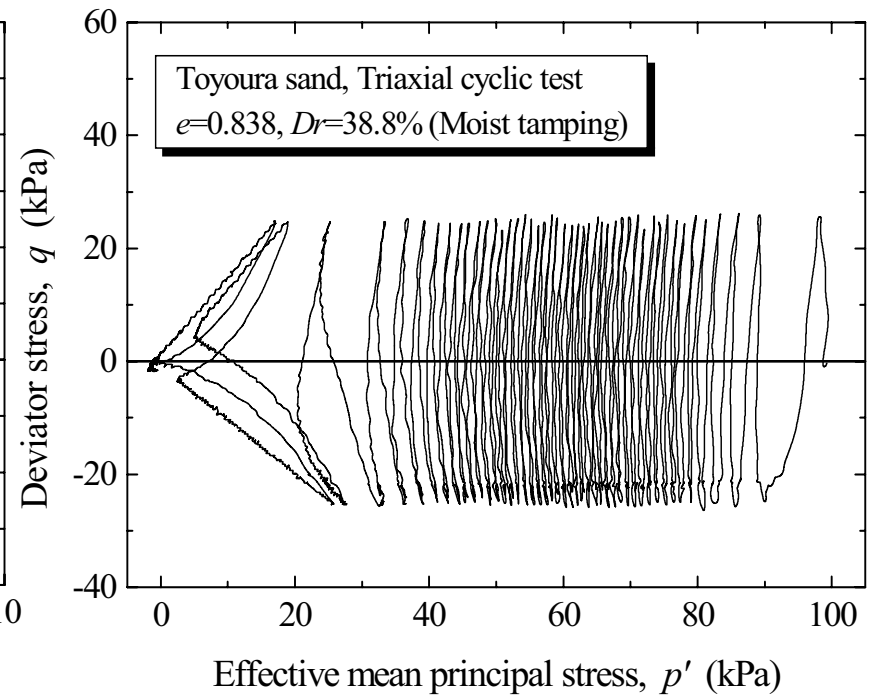
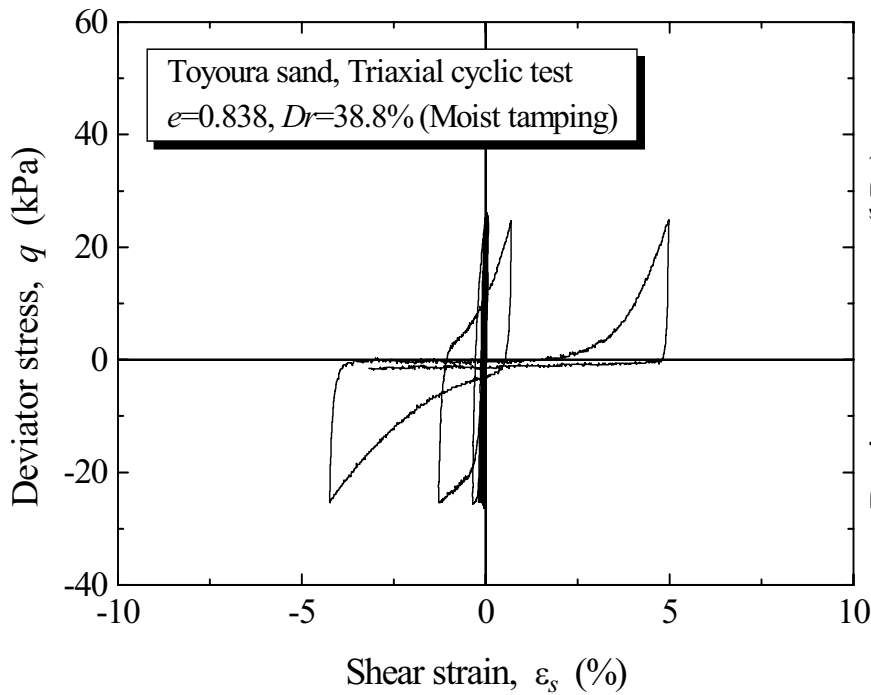
様々な土の圧密曲線

# 沈下メカニズムの概要 (7)



砂の繰返しせん断による高密度化

# 沈下メカニズムの概要 (8)



豊浦砂の非排水繰返しせん断試験

# ピサの斜塔(1)



# ピサの斜塔 (2)

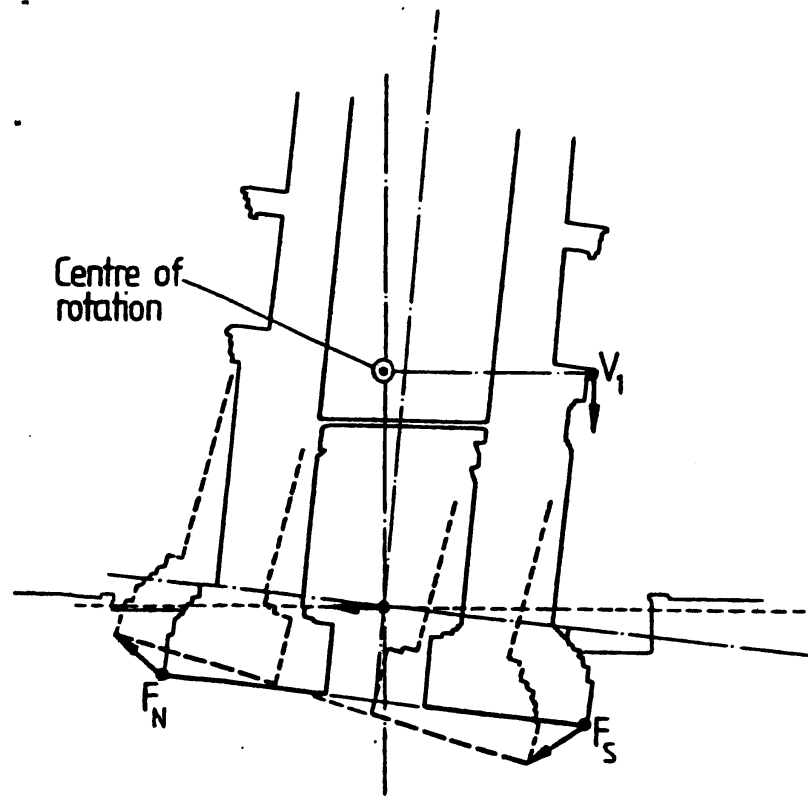


Fig. 4 Motion of the Tower during steady state creep-rotation

(Burland and Standing, 1996)

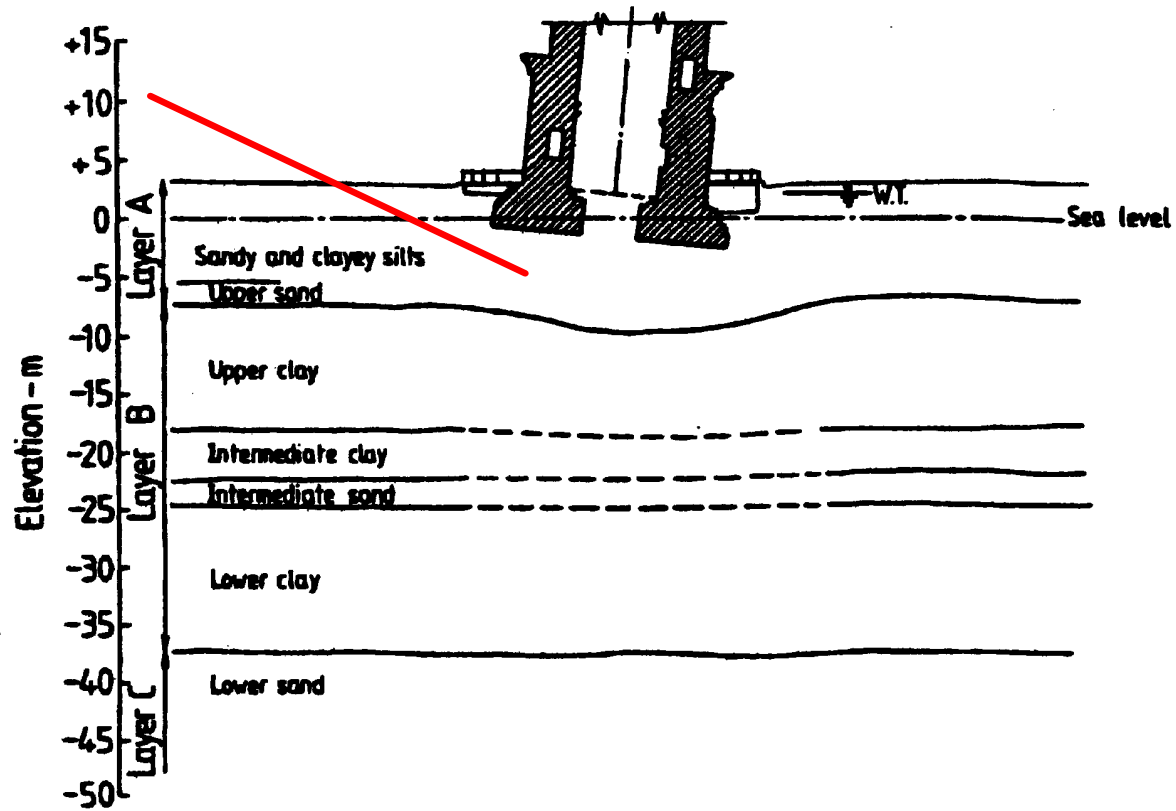
# ピサの斜塔(3)



復旧作業状況



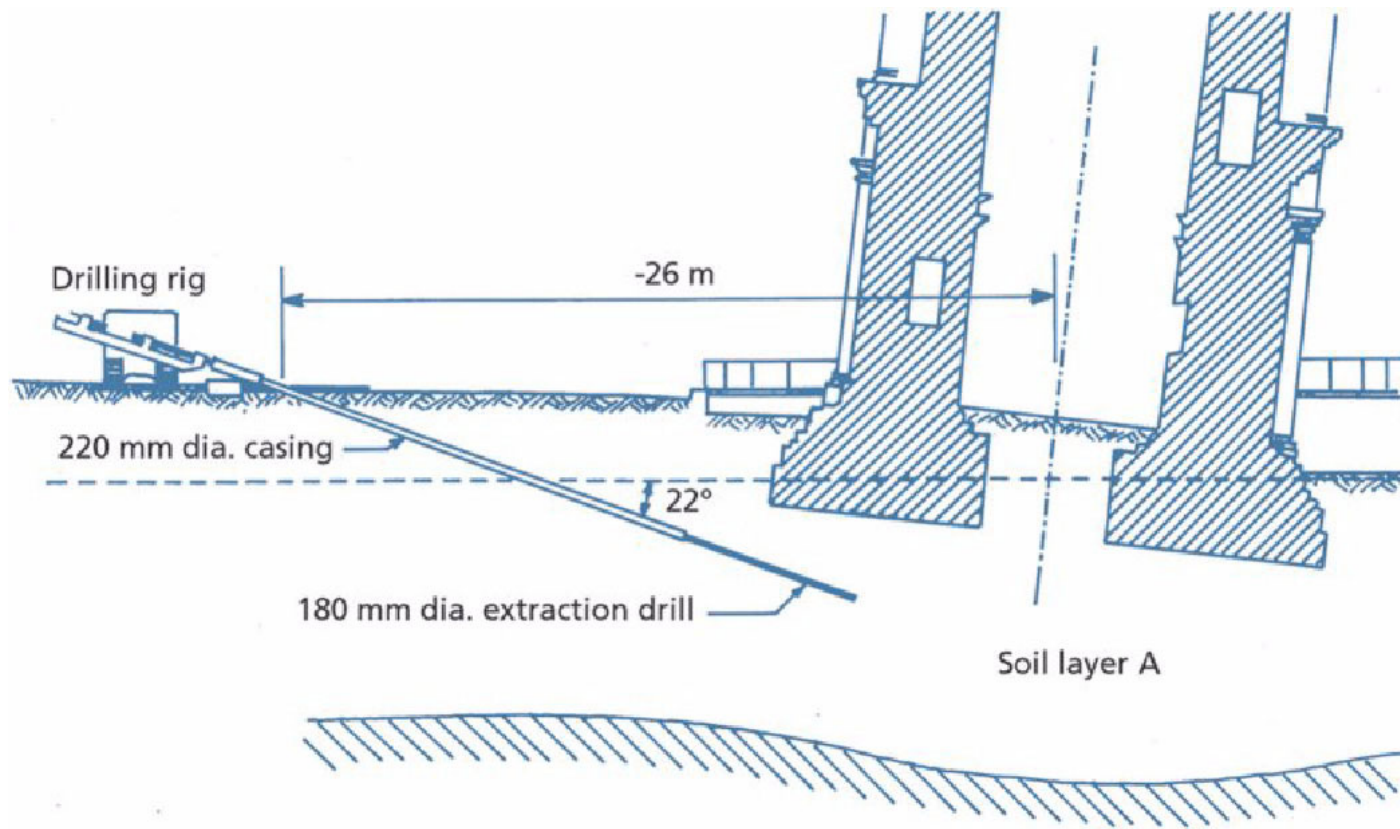
# ピサの斜塔 (4)



(Burland and Standing, 1996)

ドリルで土を除く？

# ピサの斜塔 (5)



(Burland and Standing, 1996)

ドリルで土を除く？

# ピサの斜塔(6)

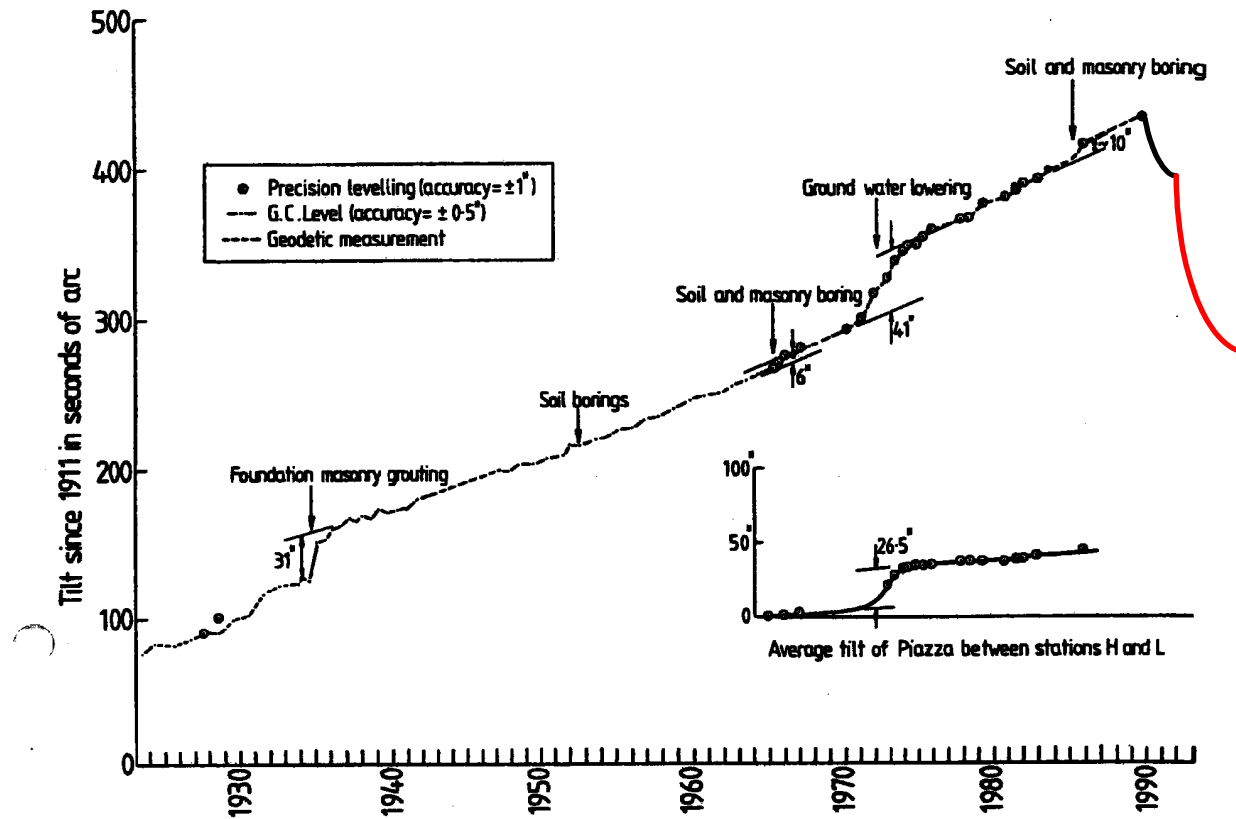
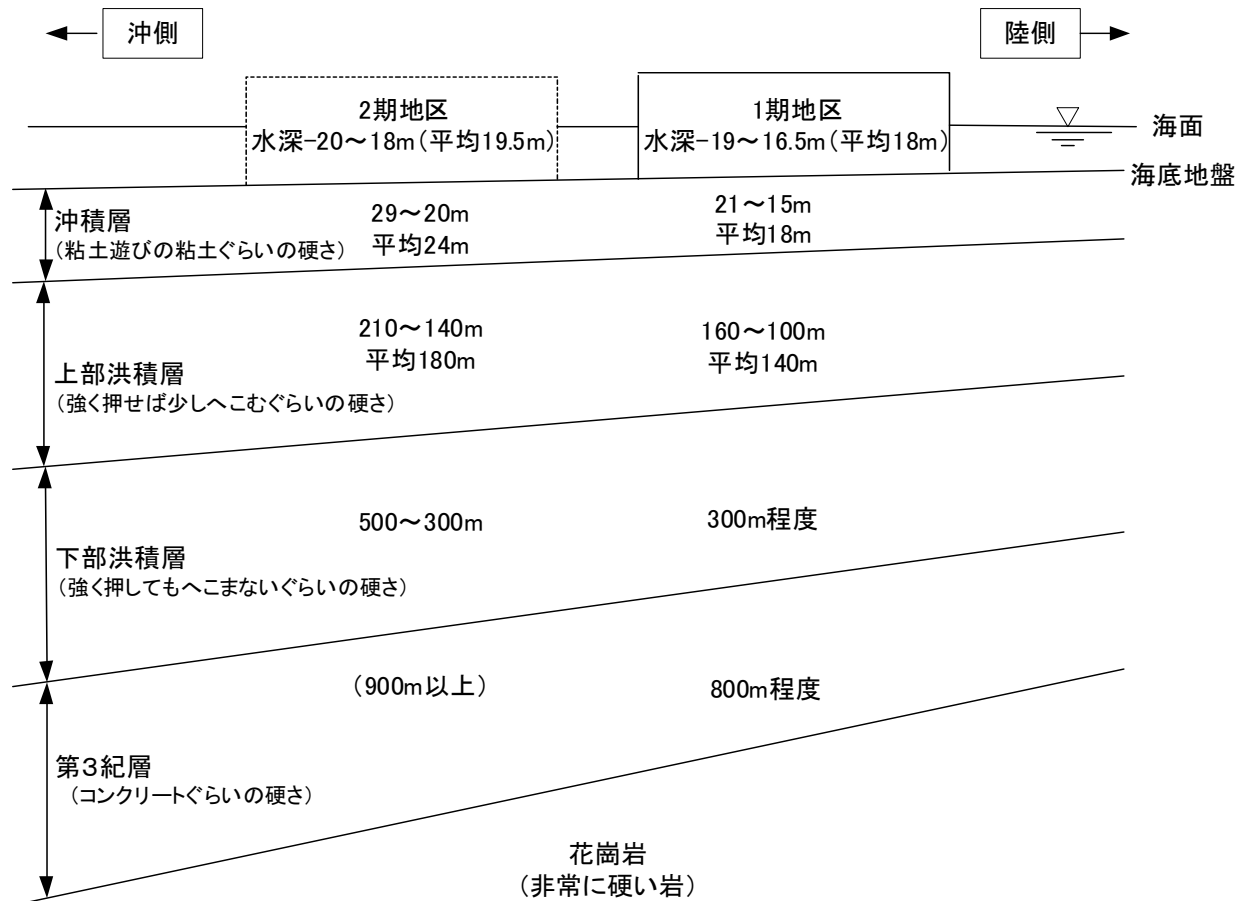


Fig. 3 Change in inclination of the foundations since 1911

(Burland and Standing, 1996)

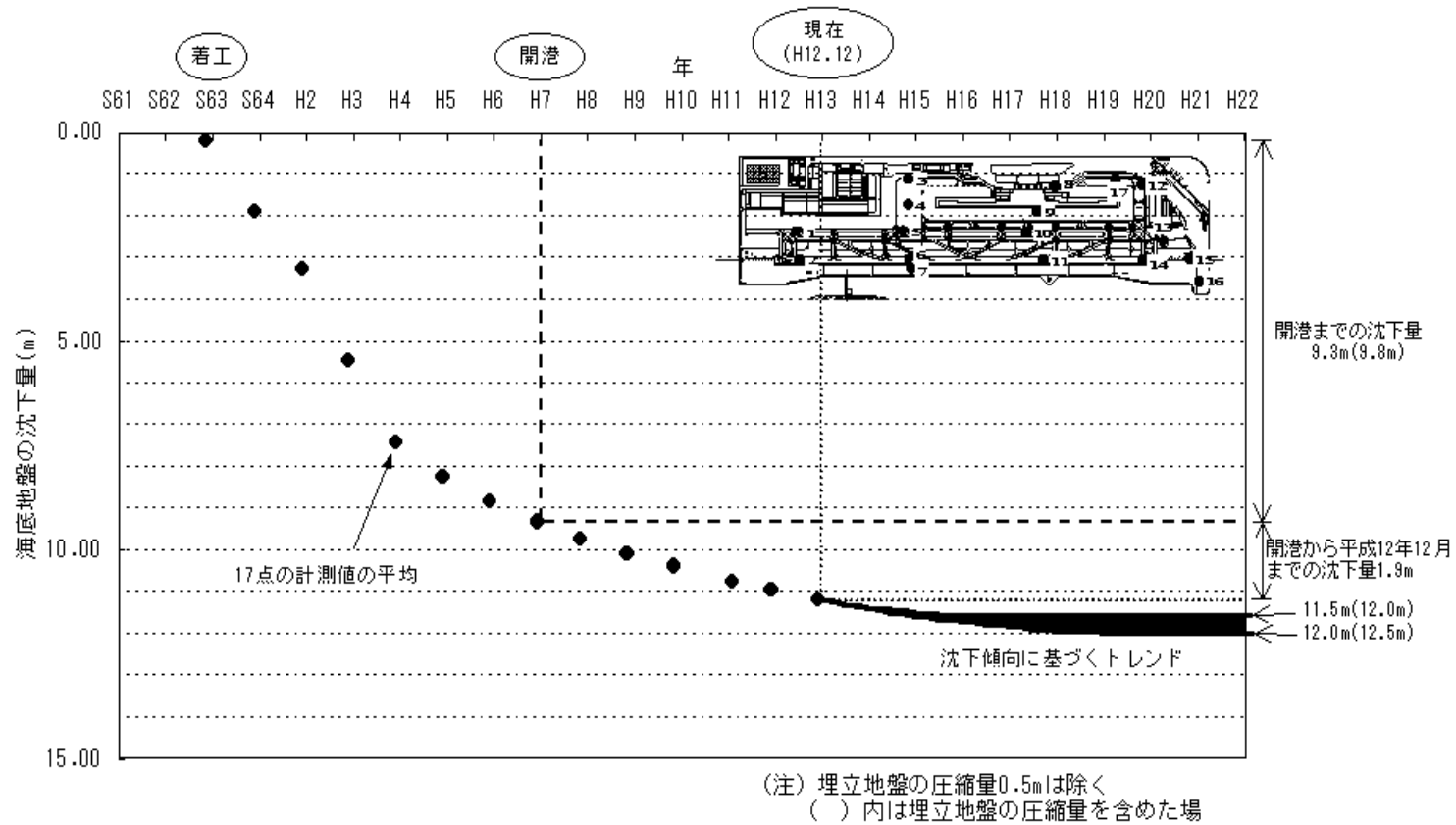
ピサの斜塔の傾きの変化

# 関西新国際空港(1)



関西新国際空港の海底地盤

# 関西新国際空港(2)

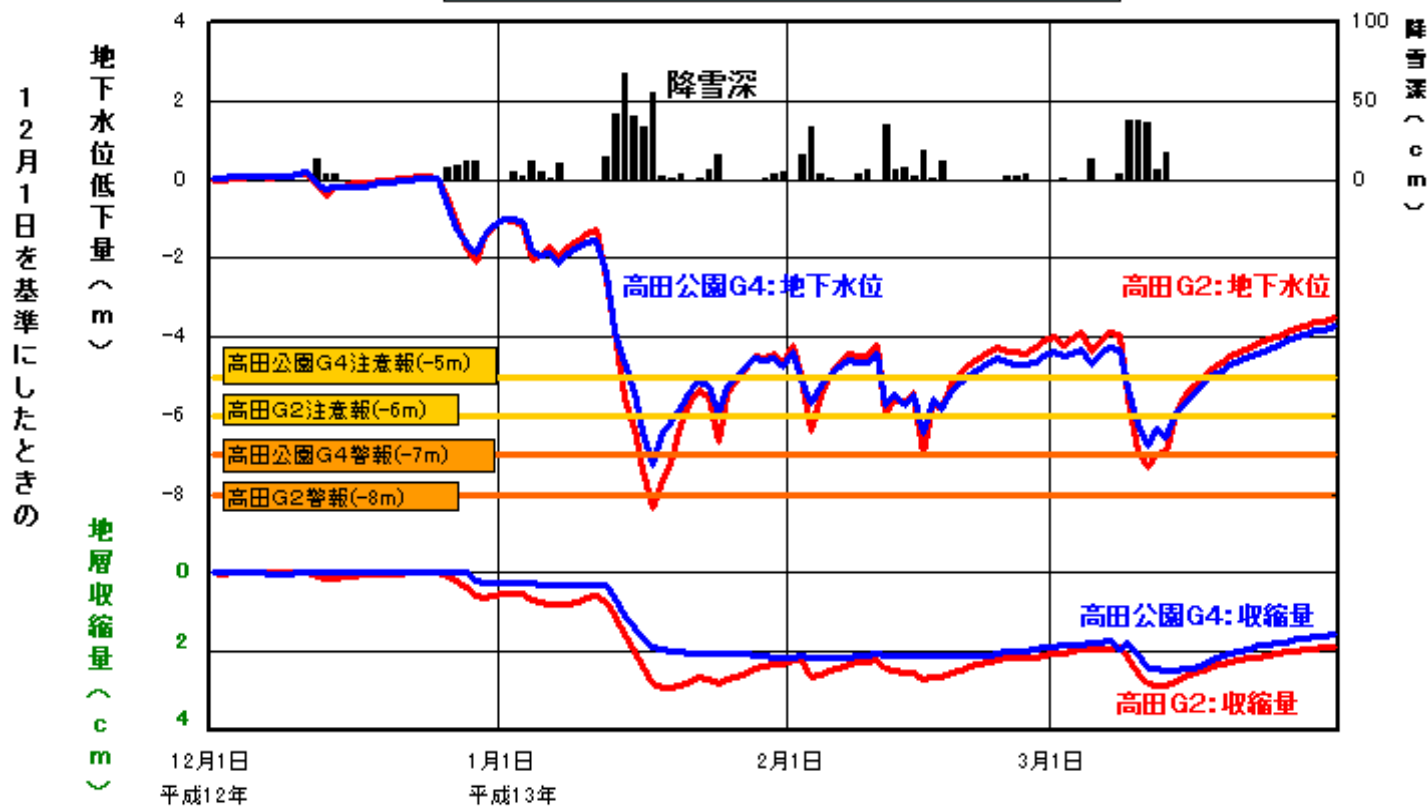


(<http://www.kansai-airport.or.jp/introduction/mecha/index.htm>)

## 関西新国際空港の沈下

# 地下水汲み上げ

平成12年度上越地域緊急時モニタリング  
(上越市高田市街地の地下水位と地層の収縮量)



(<http://www.pref.niigata.jp/hokanken/jiban/takada.html>)

## 地下水汲み上げと地盤沈下

# ロンドン地下鉄拡張(1)



重要な構造物が建ち並ぶ Westminster 地区



# ロンドン地下鉄拡張(2)

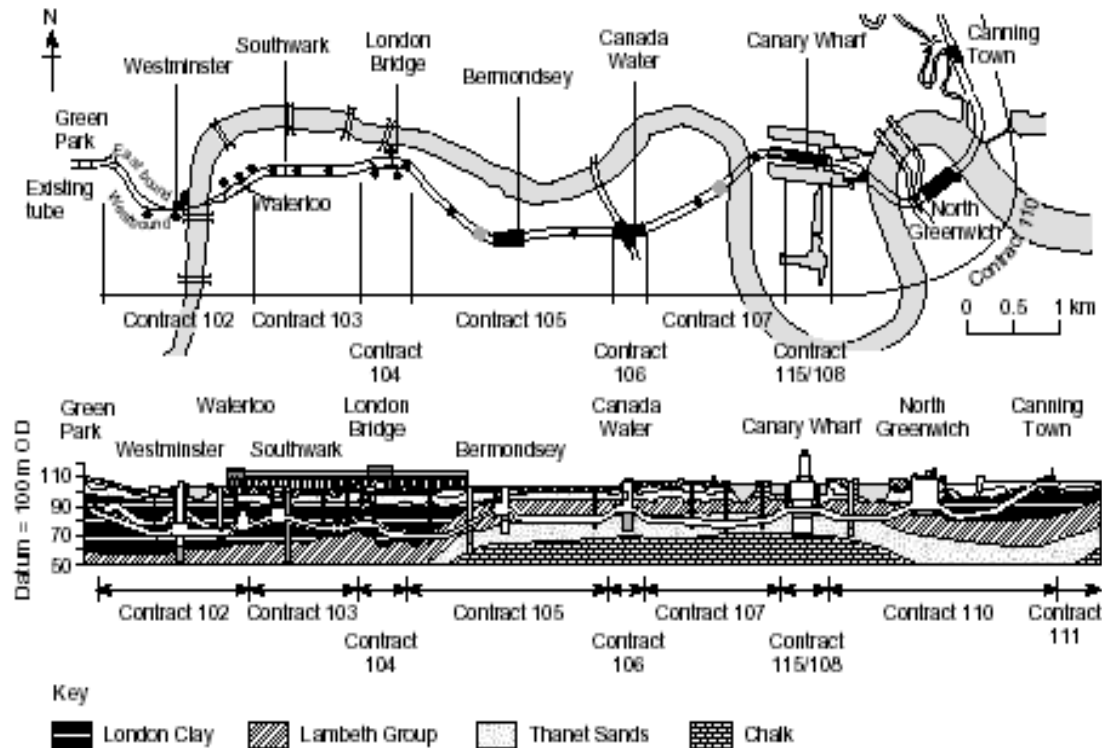


Figure 17.1 Location of research area where tunnelling was in the Lambeth Group and Thanet Sands

(Building response to tunnelling, Thomas Telford)

ロンドン地下鉄拡張路線図 (Jubilee ライン)



# ロンドン地下鉄拡張(3)

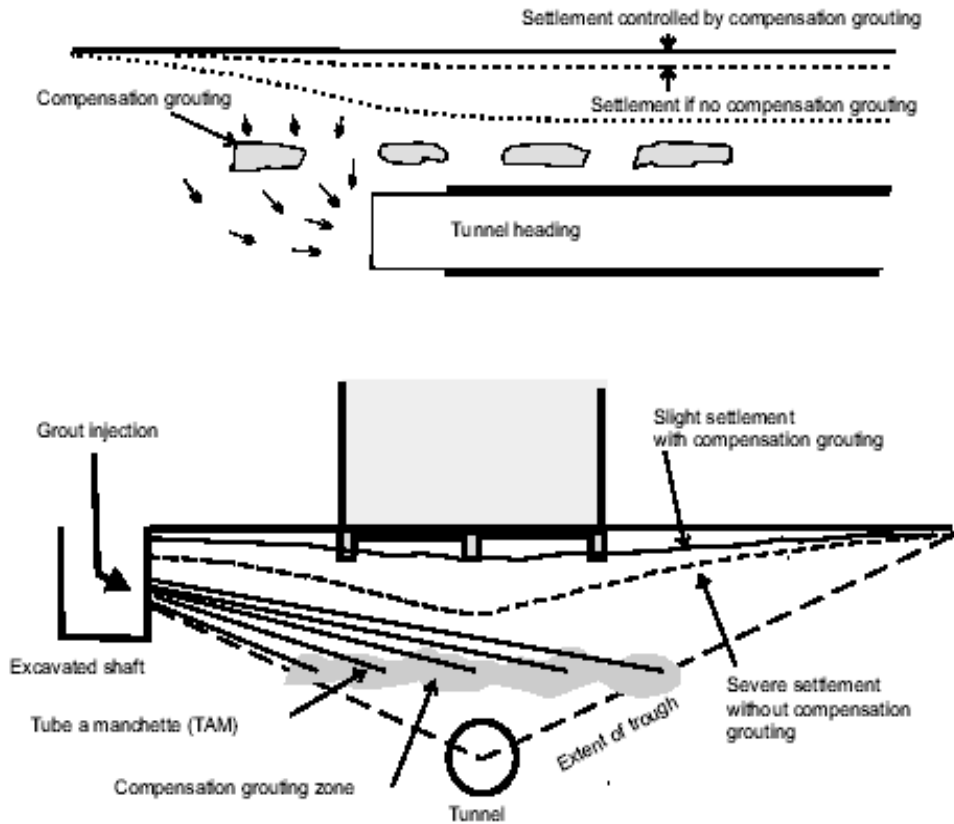


Figure 11.3 Principle of compensation grouting

(Building response to tunnelling, Thomas Telford)

## グラウティング工法

# ロンドン地下鉄拡張(4)

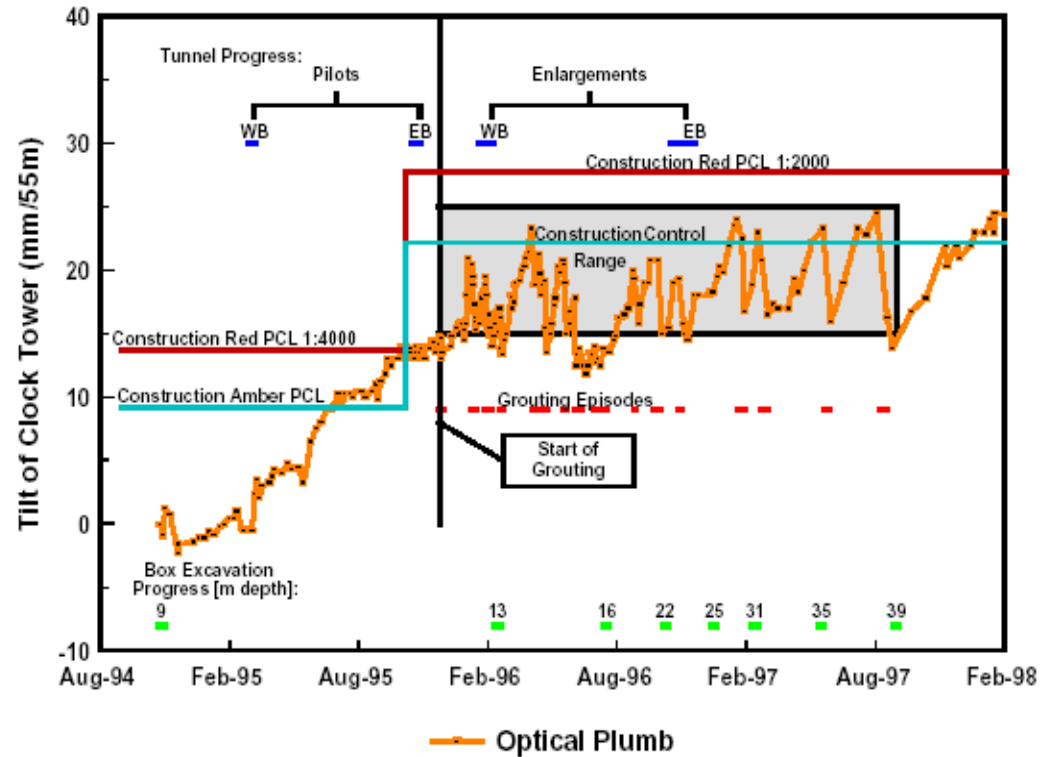


Figure 21.25 Tilt of the Clock Tower measured by the optical plumb and controlled by compensation grouting

(Building response to tunnelling, Thomas Telford)

ビッグ・ベンの傾き (グラウティング工法の効果)

# 兵庫県南部地震(1)

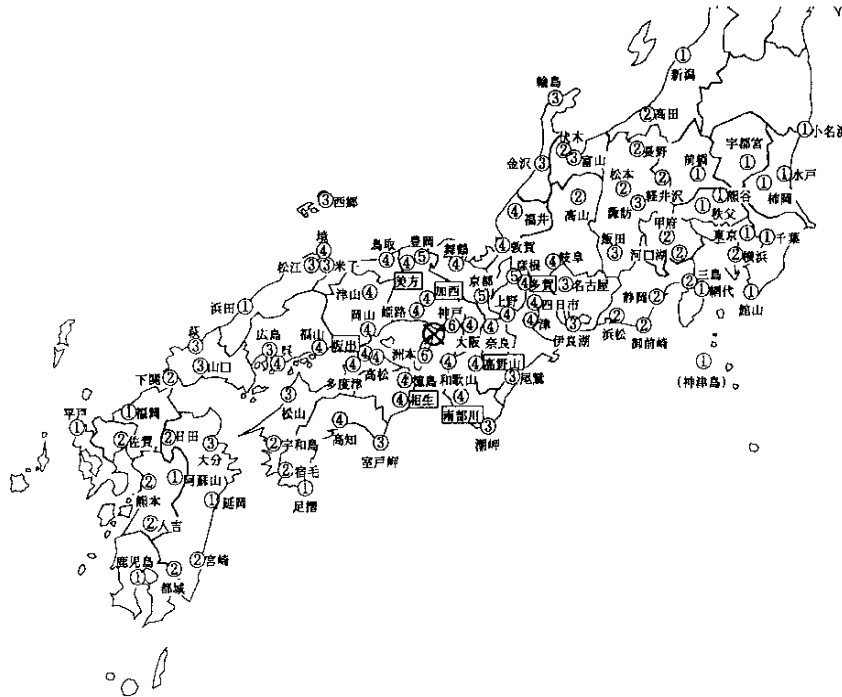


図-1.3 各地の震度<sup>1)</sup>

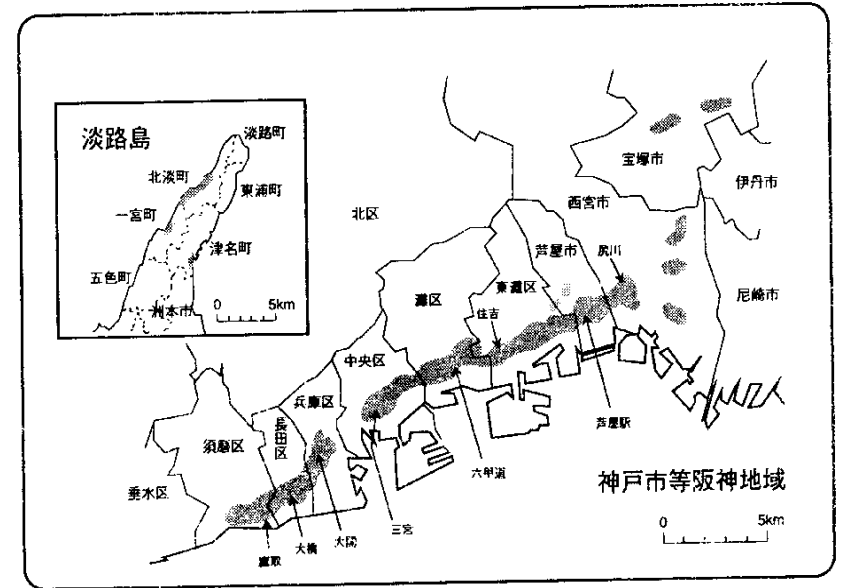


図-1.4 震度7の分布<sup>2)</sup>

(神戸市開発局, 報告書)

## 兵庫県南部地震概要

# 兵庫県南部地震(2)



沈下と噴砂 (神戸ポートアイランド)



# 兵庫県南部地震(3)



基礎と沈下 (神戸ポートアイランド)



# 兵庫県南部地震(4)



側方流動 (神戸ポートアイランド)



# 兵庫県南部地震 (5)



橋脚周辺の地盤 (神戸大橋, 西宮大橋)

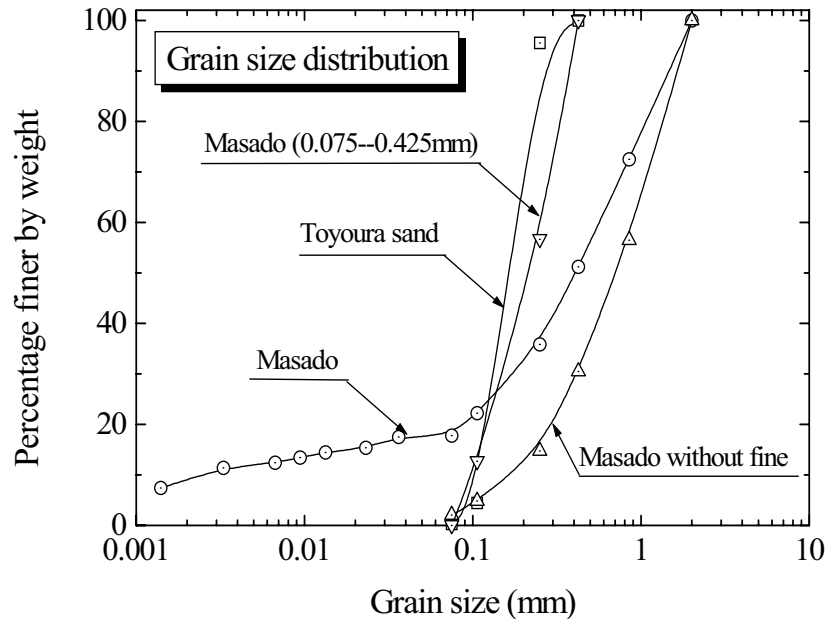
# 兵庫県南部地震(6)



構造物の被害 (三宮周辺)



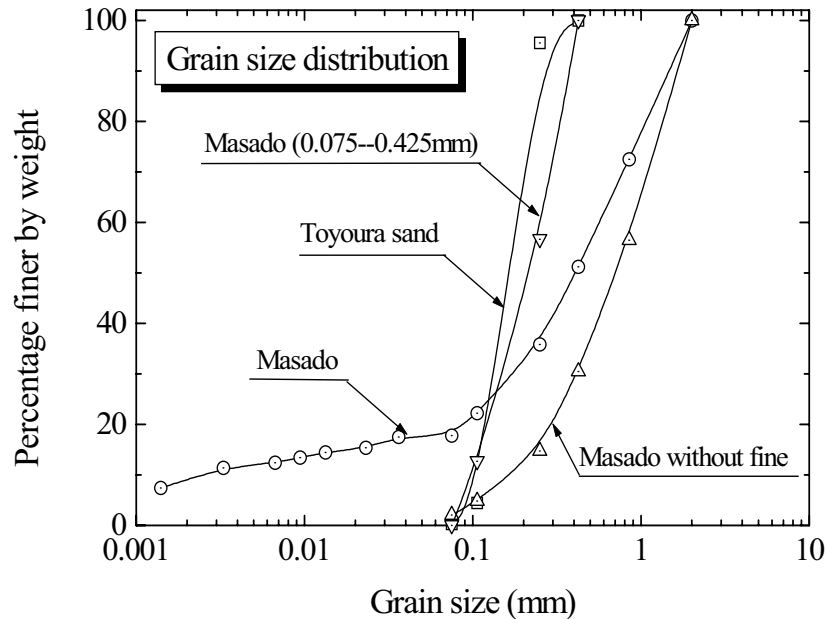
# まさ土の特殊性(1)



● 細粒分の影響

粒度調整したまさ土

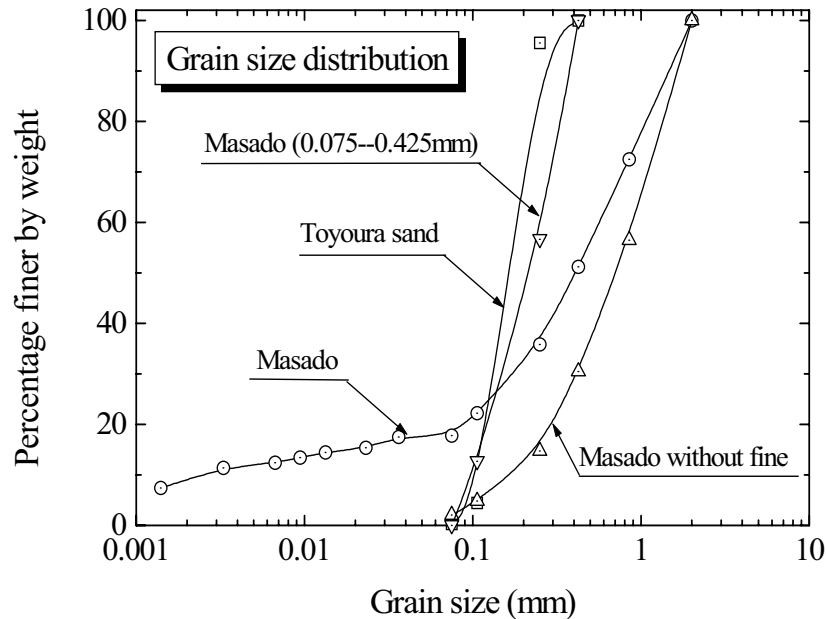
# まさ土の特殊性 (1)



- 細粒分の影響
- 粒子破碎の影響

粒度調整したまさ土

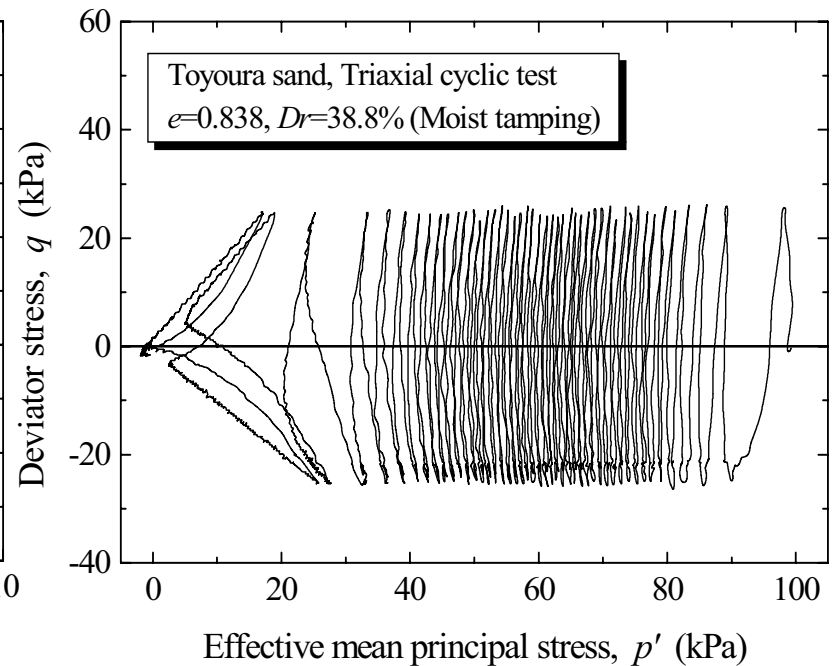
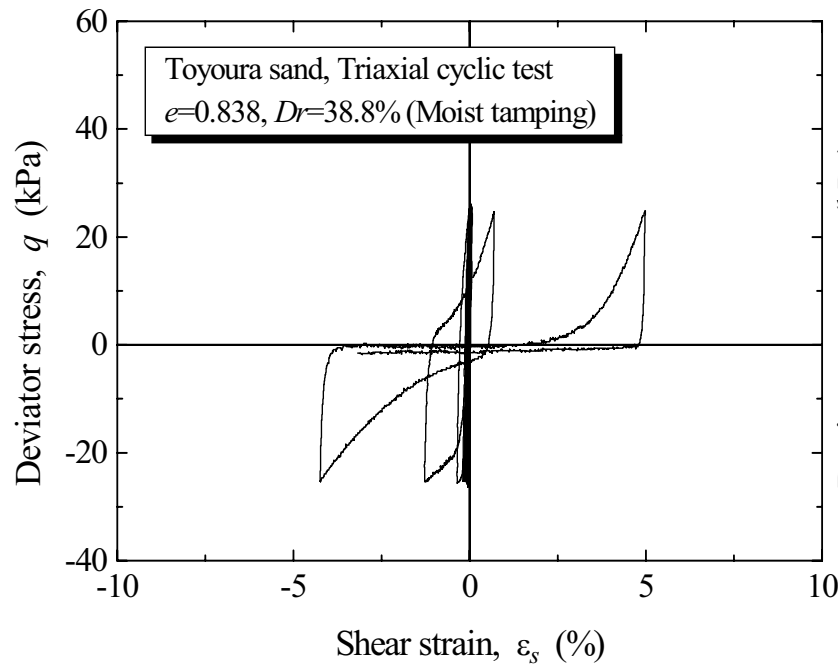
# まさ土の特殊性 (1)



粒度調整したまさ土

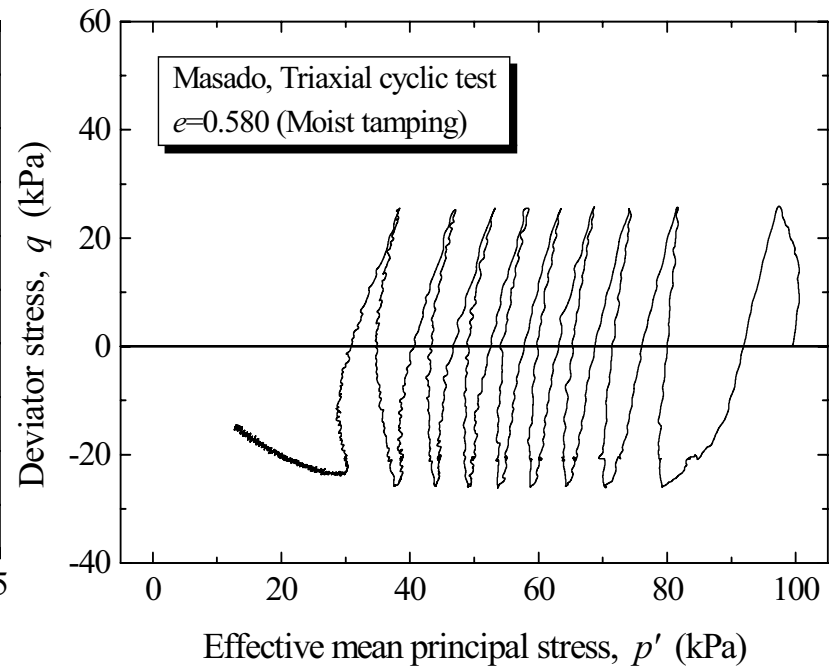
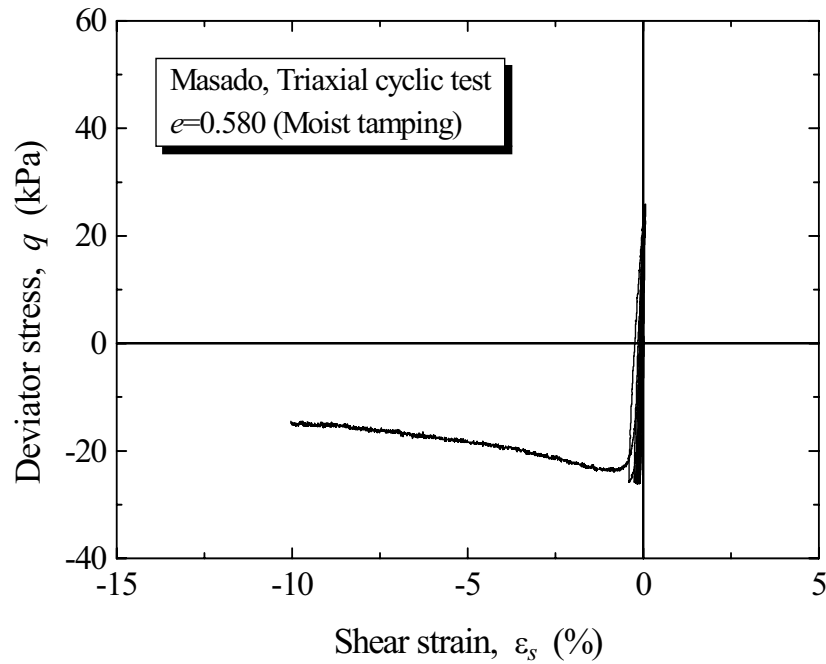
- 細粒分の影響
- 粒子破碎の影響
- 粒度分布の影響

# まさ土の特殊性 (2)



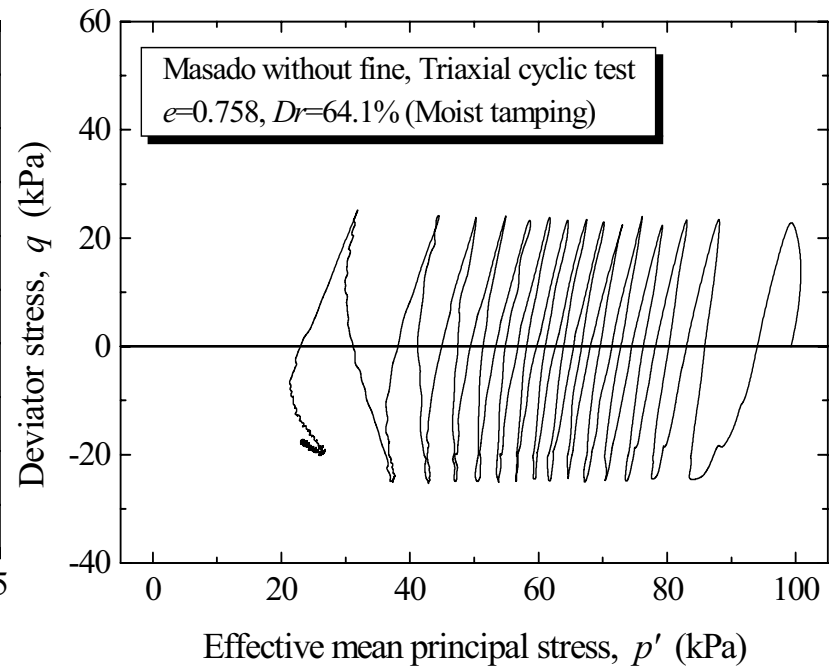
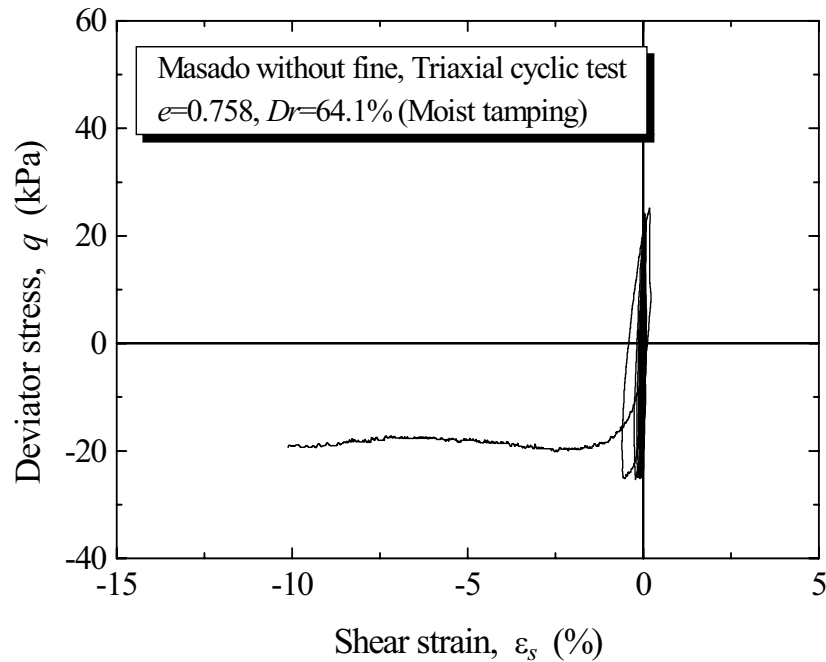
豊浦砂の非排水繰返しせん断試験

# まさ土の特殊性 (3)



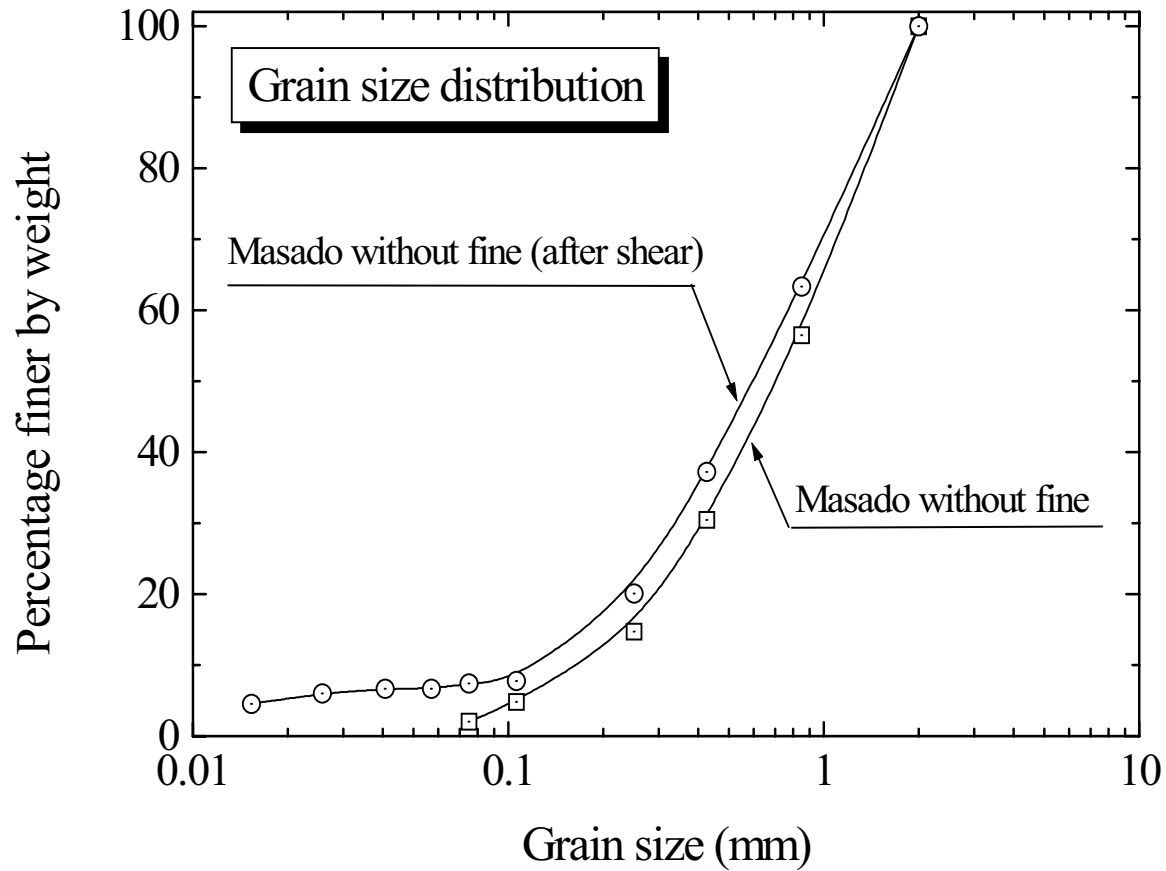
まさ土の非排水繰返しせん断試験

# まさ土の特殊性 (4)



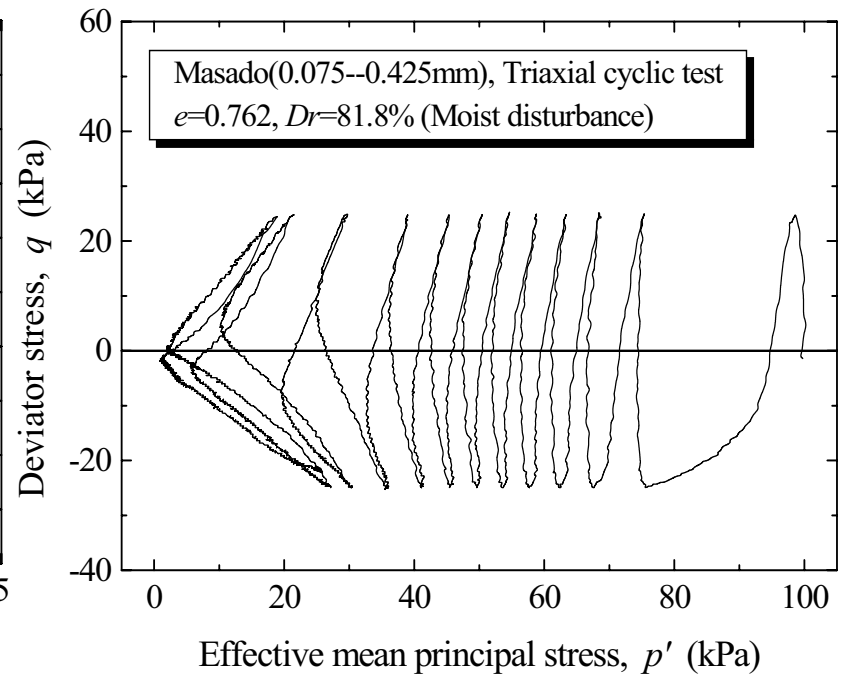
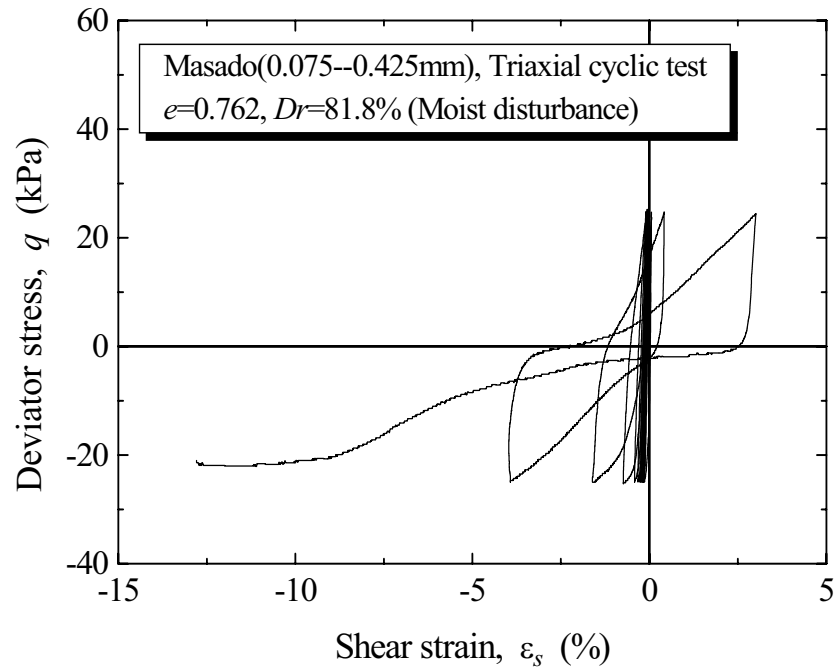
細粒分なしまさ土の非排水繰返しせん断試験

# まさ土の特殊性 (5)



実験後のまさ土の粒径加積曲線

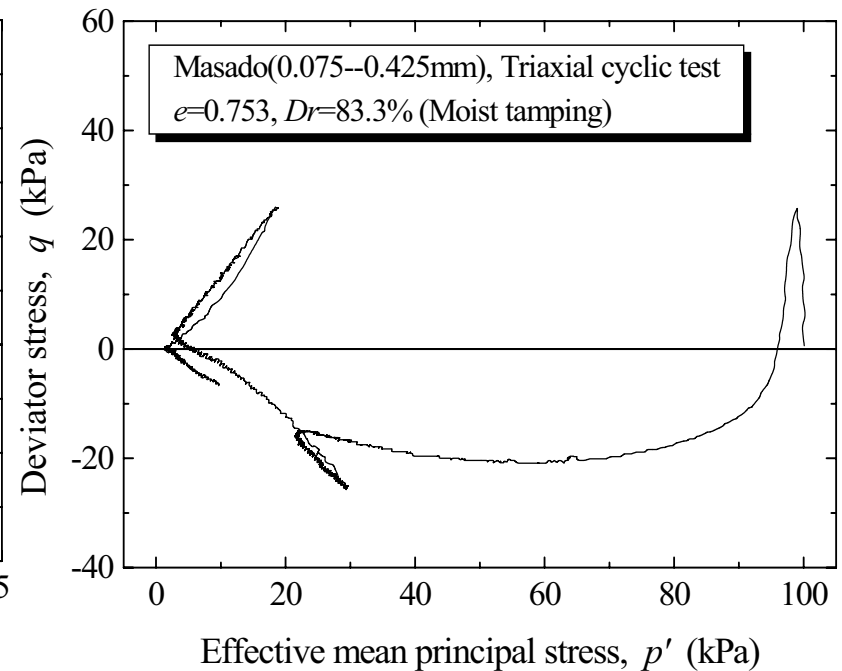
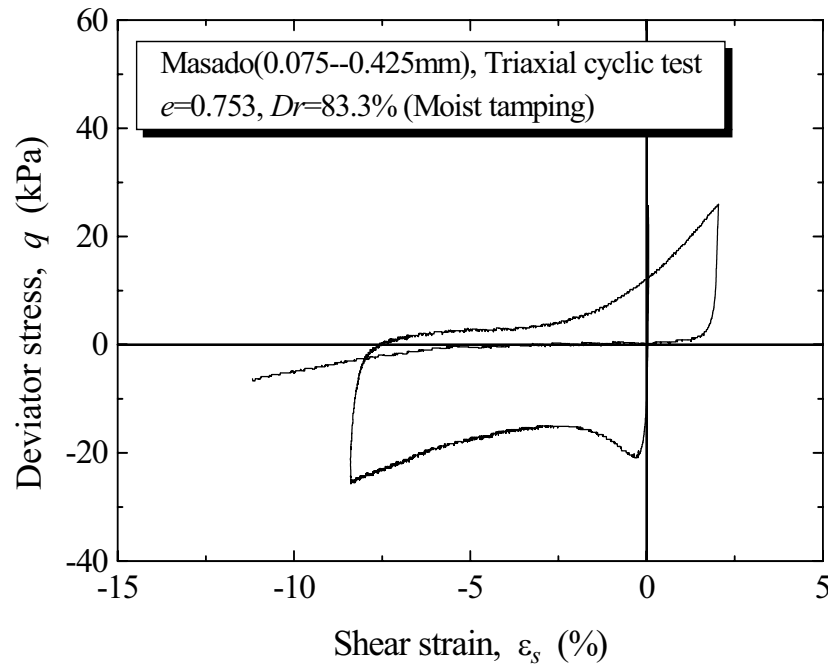
# まさ土の特殊性 (6)



均等粒径まさ土の非排水繰返しせん断試験



# まさ土の特殊性 (7)



均等粒径まさ土の固有異方性

終わり

*The end*

