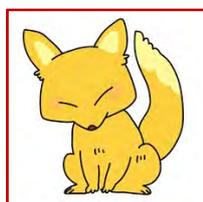


地盤判定士会 神奈川支部 第1回研修会 話題提供

既存宅地の液状化対策の一考察

2018.11.2

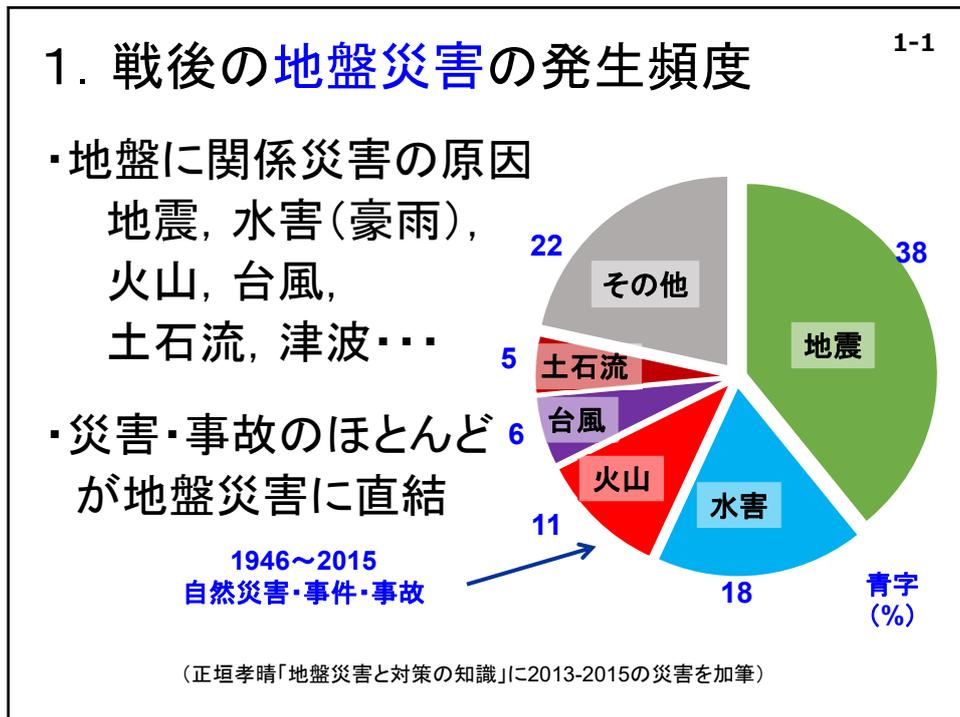


会員 岸田 隆夫

話題提供の進め方



1. 戦後の地盤災害の発生頻度(近年, 増加傾向)
 2. 既存宅地の安全性と課題
 3. 液状化評価及び対策に関する私見
 4. 地盤技術者の役割と倫理
- 意見交換



- ### 2016年以降 最近3年間の地盤災害 1-2
- | | | |
|------------------|----------------|-----|
| (1) 2018.9.6 | 平成30年北海道胆振東部地震 | 地震 |
| (2) 2018.8.28~ | 平成30年台風21号 | 台風 |
| (3) 2018.7.5~ | 西日本豪雨災害 | 水害 |
| (4) 2018.7.21~ | 記録的な高温災害 | その他 |
| (5) 2018.6.18~ | 大阪北部地震 | 地震 |
| (6) 2017.10.16~ | 平成29年台風21号 | 台風 |
| (7) 2017.7.5~ | 平成29年7月九州北部豪雨 | 水害 |
| (8) 2016.11.28 | 博多駅前道路陥没事故 | その他 |
| (9) 2016.4.14,16 | 平成28年熊本地震 | 地震 |

1-3

北海道で初めて震度Ⅶを記録 死者41人(9/18時点)

「平成30年北海道胆振東部地震」(2018.9.6)



地震動で火山灰斜面が地滑り(厚真町)
<https://search.yahoo.co.jp/image/search?p>



https://search.yahoo.co.jp/image/search_yit=A2RCMZE_Padbxk8AUAWU3uV7?



被災した厚真町の浄水場施設(厚真町)
https://search.yahoo.co.jp/image/search_yit=A2RCK.4tO6dtGyoAgCKU3uV7?



液状化を伴う地盤沈下(札幌市清田区)
https://search.yahoo.co.jp/image/search_yit=A2RCMZE_Padbxk8AUAWU3uV7?

5

1-4

平成28年熊本地震 死者47人 による液状化被害

(2016/4/14, 16)
震度Ⅶを2回!

湾岸部の干拓地、旧河道跡、低湿地
阿蘇山麓 **再液状化現象**



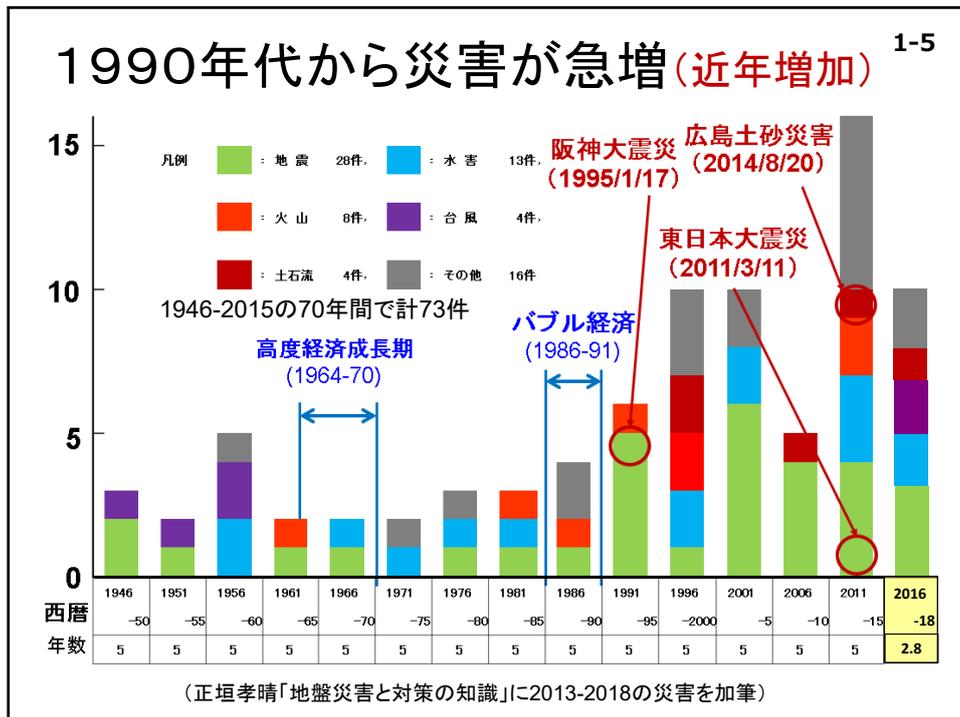
家屋が大きく傾いた上益城地域の住宅
<https://mainichi.jp/univ/articles/20160524/org/00m/100/022000c>



熊本地震で液状化が確認された地点
<https://www.hazardlab.jp/know/topics/detail/1/5/15815.html>



益城町役場付近低地部の家屋被害状況
<https://www.re-port.net/article/news/0000047232/>



2. 既存宅地の安全性と課題 2-1

- ①1980年に造成完了した浦安市を始め埋立地の宅地利用が増加
- ②1990年以降、地震が増加、特に近年台風・水害の被害が顕著
- ③温暖化による潮位上昇・降雨量増加⇒平野部の地下水位上昇
- ④埋立地や河川跡地・後背湿地の宅地の液状化危険度が上昇
- ⑤既存宅地の液状化対策の必要性が増大
- ⑥宅地の対策には経済面・施工環境・住民合意などに大きな制約



東日本大震災 (2011.3.11)
死者 18,440人(主に津波)
26,914棟が液状化被災



平成30年台風21号
(2018.8.28~9.5)

(浸水した関西空港)
<https://mainichi.jp/articles/20180905/ddm/001/040/161000c>

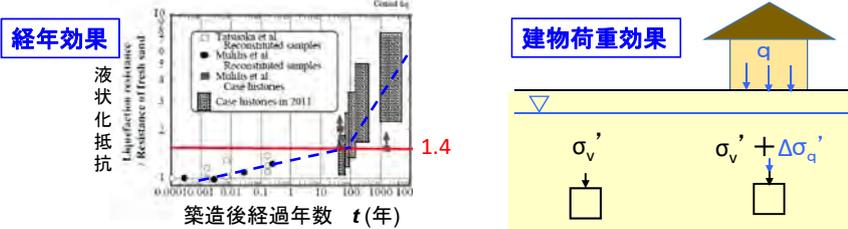


西日本豪雨災害 (2018.7.5~8)
(岡山県真備町真備記念病院)
<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RE=1531198572/RH=b3jklLnlhaG9vLmNvLmpw>

3-1

3. 液状化評価及び対策に関する私見

- (1) 宅地の液状化抵抗を合理的な範囲で楽観的(max)評価
 ・ N 値, F_c 値に加えて、築造後の経年及び建物荷重効果を取入れ
 (ただし、**地表面下5~10m**の液状化抵抗は考慮)



「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説(案)」(2013.2)

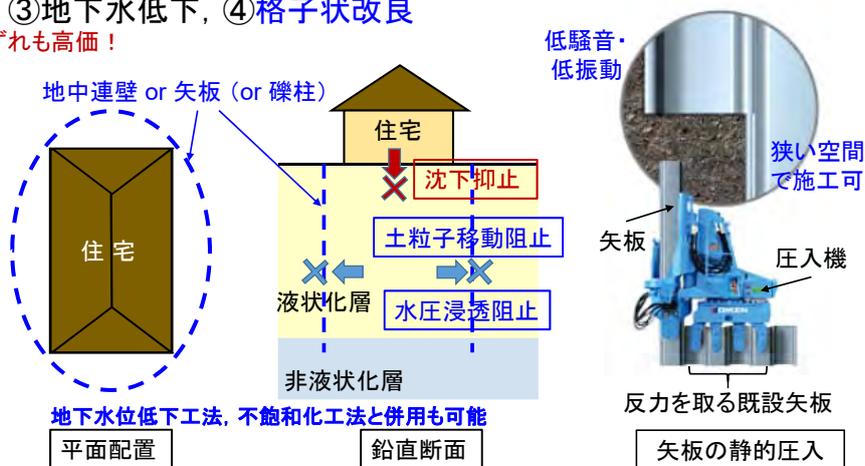
- ・ F_L 値が1未満の深度があっても、次の3指標を総合的に勘案
 ①非液状化層厚 H_1 , ②液状化指標値 P_L 値, ③地表変位量 D_{cy}
 ⇒ それらの評価結果が液状化を示せば**対策が必要**

3-2

(2) 格子状改良の遮水効果と拘束効果に注目

- ・既存宅地への対策工法: ①静的締固め(CPG), ②薬液注入,
 ③地下水低下, ④格子状改良

いずれも高価!



地下水位低下工法, 不飽和化工法と併用も可能

平面配置

鉛直断面

国土省が格子状改良の評価シートを公表(2013.4)

3-3

液状化対策(地盤改良)の効果

①

排水マット
液状化層
非液状化層または支持層
排水礫柱または人工排水管

(DEEP工法協会資料)

行った場合の効果

東日本大震災(2011)の仙台塩釜港の状況:
奥が耐震岸壁, 手前が通常の岸壁

未実施の場合

阪神大震災(1995)での神戸港
岸壁の崩壊

② 新潟地震(1964)
新潟市役所は「基礎下の砂が逃げないように」
矢板を埋め殺して被害を免れた(内藤多仲設計)

<http://yoshimi-yoshiaki.la.coocan.jp/niigata1.htm>

3-4

(3)被災住宅のジャッキアップ修復時に改良

・復旧時: ①水平排水層(グラベルマット), ②盛土 (共通D・Box)

間隙水圧消散
噴砂防止

住宅
礫材入りD・Box
トラスバンド
吊り紐
ポリプロピレン布
マジックテープ
D・Box(大型土嚢)

鉛直断面

盛土効果
非液状化層 H_1 の増加

$F_L=1.0$, 10片振り目で液状化

継続時間 5 sec

$\Delta u/\sigma'_{vo}$

圧密係数 $c_v=0.1$ (m²/s)
排水層厚 $H=5$ m
 $z=0.5$ m:
 $\Delta u/\sigma'_{vo}=0.40$

経過時間 t (sec)

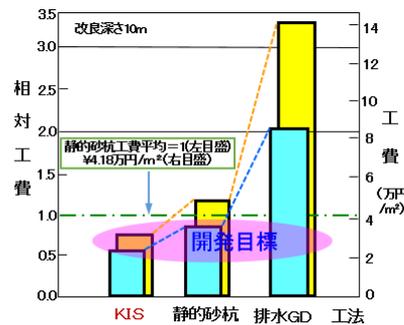
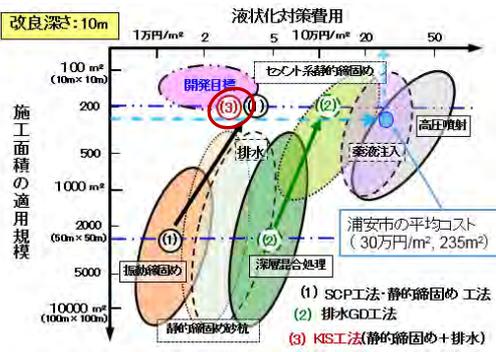
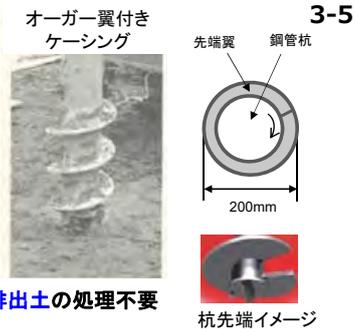
過剰間隙水圧の消散

(4) 複数改良原理の相乗効果

KIS工法の内容(建替えて更地を想定)

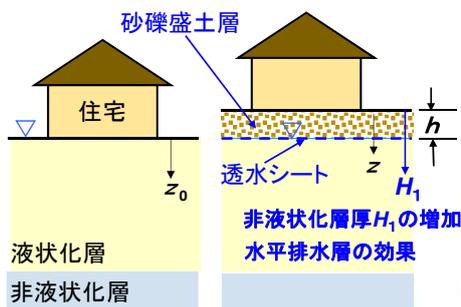
- ①少ないオーガ翼でケーシングを地盤に回転挿入(地表面に排土せずに、地盤を静的に締固める)
- ②ケーシングに礫材を投入、地盤内に礫柱造成
- ③締固め効果と排水効果の複合効果で液状化防止

特徴 ①騒音・振動が低い ②小型施工機で施工可能 ③排出土の処理不要



(5) 建替え時は盛土工法が効果的①

・50cmの盛土でも効果!
(地下水位上昇は逆で危険に)

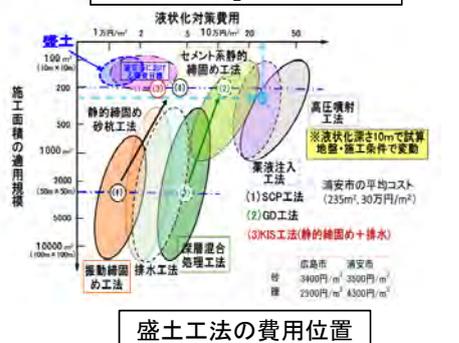
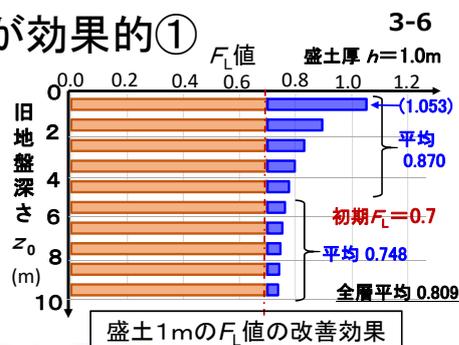


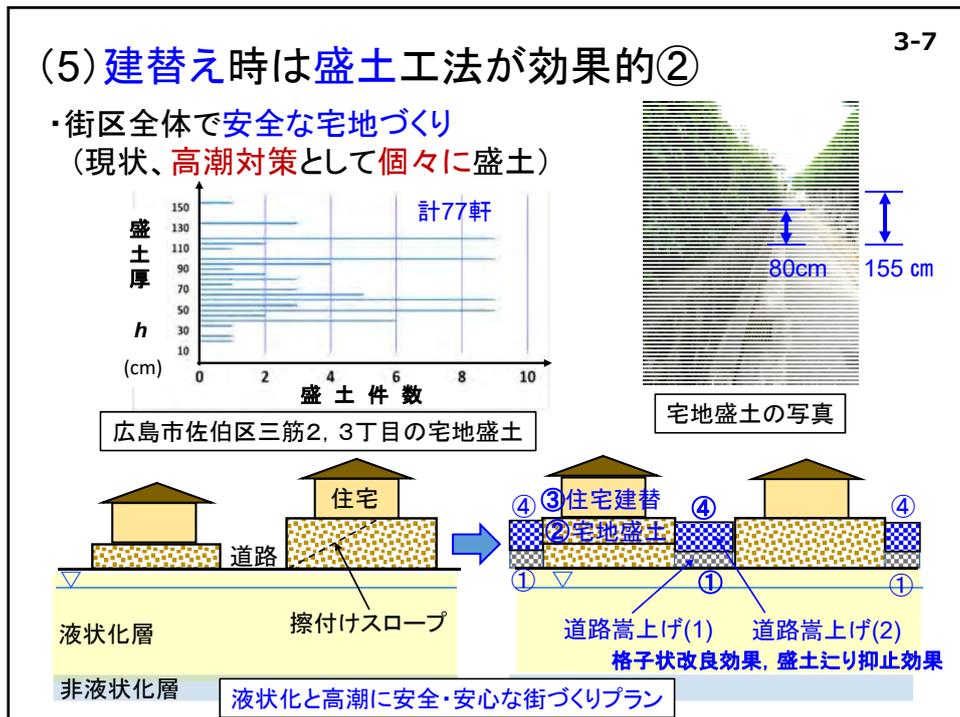
$F_L = R / L$ R : 動的せん断強度比 L : 地震時せん断応力比

全応力 ↓ 有効応力

・ $L = r_d \cdot K_{hgL} \cdot \sigma_v' / \sigma_v$

・ 深さ方向低減係数 $r_d = 1 - 0.015 z$





4-1

4. 地盤技術者の役割と倫理

地盤技術者に求められる資質(医師との類似性)

<p>【地盤技術者】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地踏査, 新・旧地形情報 ・地盤調査 ・サウンディング・音波探査 ・土質試験 ・地質学, 地理学, 地盤工学, 構造工学, 建設工学 等 	<p>【医師】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・患者の表情, 訴え, 病歴 ・聴診器の音情報 ・レントゲン, CT, MRI等の映像 ・血圧, 血液検査等の数値情報 ・生物学, 病理学, 医学, 医療工学, 薬理学, 心理学 等
--	--



見えない状態を推測
幅広い知見と経験が必要
高い倫理観 説明責任 予防が大切



心で見ないと、ものごとはよく見えない。

4-2

肝心なことは、目に見えない。



サン・テグジュペリ作, 小島俊明訳: 新訳 星の王子さま, 中央公論新社, p.86より, (2005.6)

4-3

まとめ

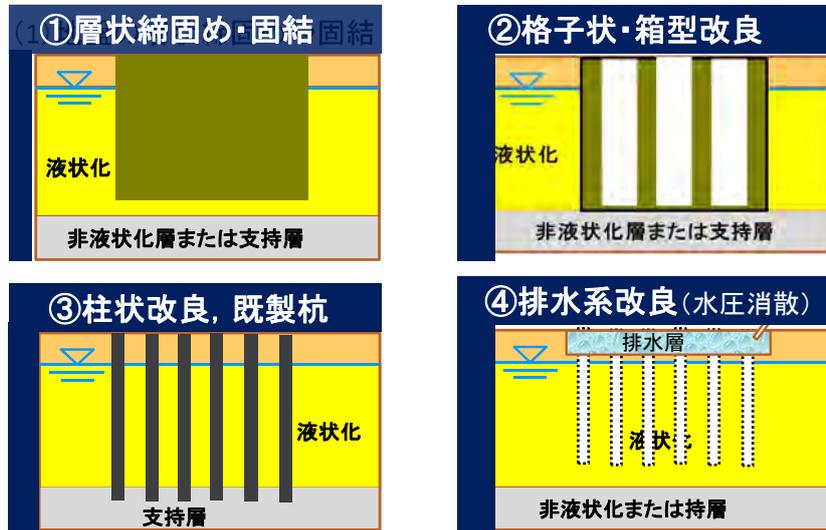
1. 近年、地震・台風・豪雨による地盤災害が多発
2. 地球温暖化で宅地の液状化危険度が増大
既存宅地の安全性は重要かつ喫緊の課題
(しかし、経済的・環境面での制約)
3. 液状化対策への取組み方
(1)楽観的評価、(2)格子状改良、(3)地表排水、
(4)排水+締固めの相乗効果、(5)盛土
4. 地盤技術者の役割と倫理

肝心なことは、
目に見えない!

ご清聴, ありがとうございました!

地盤改良した地盤は被害を免れた！！

代表的な液状化対策方法

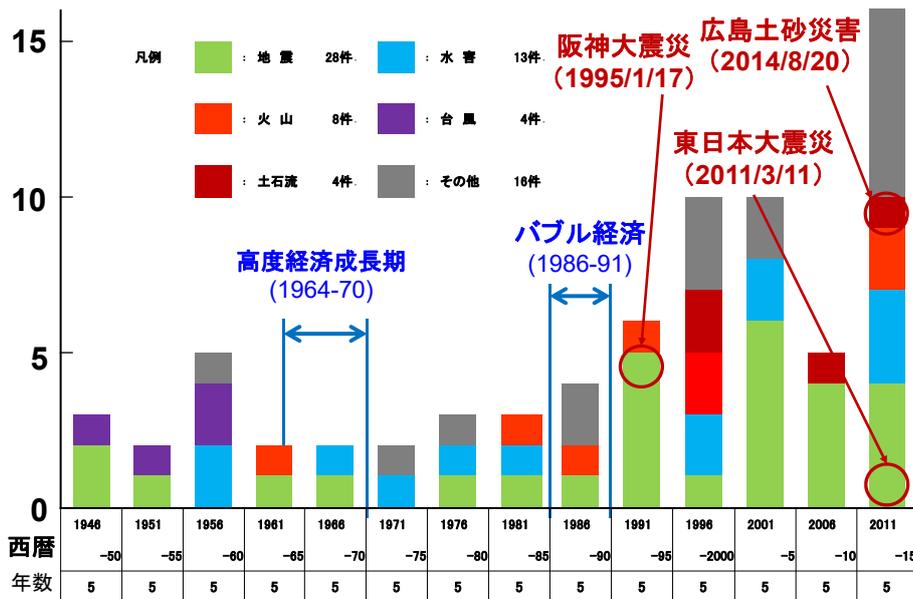


(地盤工学会資料)

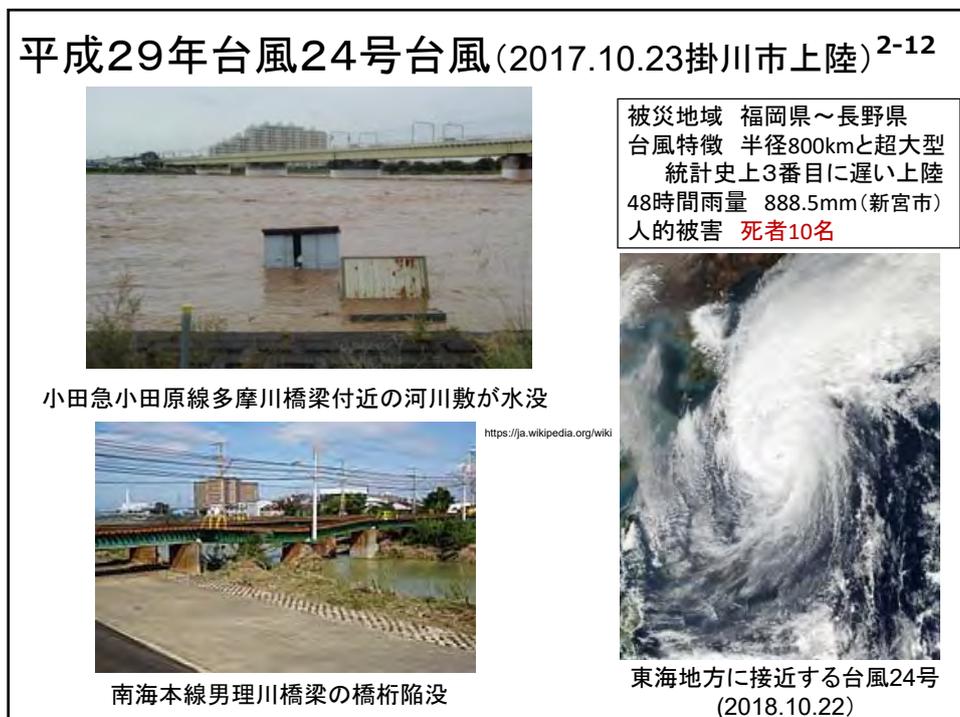
21

1990年代から災害が急増

2-6



(正垣孝晴「地盤災害と対策の知識」に2013-2015の災害を加筆)



記録的暴風と高潮，関西孤立，大停電¹⁻⁴

平成30年台風21号(2018.8.28~9.5)

死者13人(9/14時点)



A滑走路が浸水した関西空港

<https://mainichi.jp/articles/20180905/ddm/001/040/161000c>

大潮で冠水した神戸六甲アイランド

<http://yodokikaku.sakura.ne.jp/?p=24281&page=4>



電柱が倒壊して道を塞ぐ(泉南市)

<https://www.sankei.com/west/news/180910/wst1809100049-n1.html>

- ・最大瞬間風速: 58.1m/s(関西空港島)
- ・最高潮位: 329cm(大阪港)
- ・空港島孤立者: 約8000人
- ・鉄道(新幹線, JR在来線, 私鉄): 不通
- ・空路, 海路, 本四架橋: 不通
- ・関西電力約224万7000戸, 中部電力約69万5320戸: 停電

25

記録的な大雨による広域の被害¹⁻⁵

西日本豪雨災害「平成30年7月豪雨」(2018.7.5~8) 死者220人(8/2時点)



広島で繰り返される土石流災害
(広島県熊野町)

https://mainichi.jp/articles/20180709/k00/00c/040/149000c#cxrecs_s



避難場所まで行けない洪水災害
(岡山県真備町真備記念病院)

<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RE=1531198572/RH=b3jkLnlhaG9vLmNvLmNpw>

26

2-3

ブロック塀の倒崩とインフラの重要性

大阪北部地震 (2018.6.18) 死者4人



<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RU=aHR>

高槻市立寿栄小学校のブロック塀の倒壊



<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RE=1529813379/>

新淀川大橋を歩く帰宅難民



<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RE=1529813804/>



<http://ord.yahoo.co.jp/o/image/RV=1/RE=1529814272/>

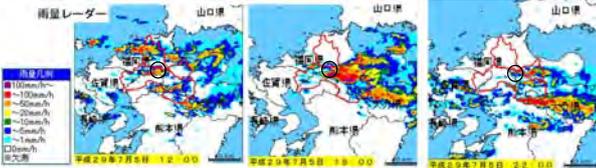
27

平成29年7月九州北部豪雨 (2017.7.5-6) 2-12



あかたに
赤谷川が氾濫し流木と泥に埋もれた福岡県朝倉市 (2017/7/7)
<https://ja.wikipedia.org/wiki/>

被災地域 福岡県, 大分県
 気象要因 台風3号, 梅雨前線
 最多雨量 586.0mm (朝倉市)
 時間雨量 129.5mm/h (朝倉市)
 人的被害 **死者36名**



http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai_joho/H29hokubugouu.htm



**北川流域の土手の崩壊
福岡県朝倉市 (2017/7/7)**

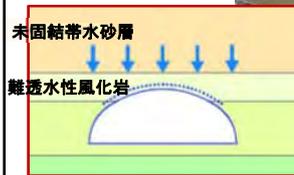


**おおひ
大肥川流域の土砂崩れ
とうぼう
福岡県朝倉郡東峰村 (2017/7/8)**

博多駅前道路陥没事故 (2016.11.28)

2-11

七隈線延伸工事 (NATM工法)
 幅27m, 長さ30m, 深さ15m
 (陥没土量 12,150m³)
 原因 風化岩強度小, 厚不均一
 高い地下水圧, 緩い砂層
 死者0名, 早期復旧 (流動化処理土)



NATMトンネル断面

http://subway.city.fukuoka.lg.jp/subway_webapp/app/webroot/files/uploads/kekka.p

7日で都市機能の復旧回復

<http://www.asahi.com/articles/ASJC82Q11JC8TIPE002.html>

熊本城の石垣, 櫓, 城壁が崩落

1-6

平成28年熊本地震 (2016.4.14, 16)



2016.4.16撮影

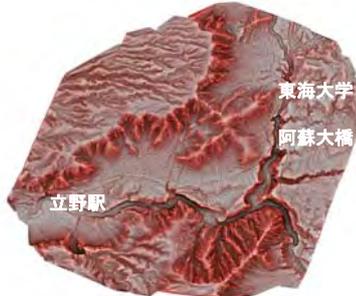
死者47人
 (2016.4.20現在)



<http://matome.naver.jp/odai/2146063916738228601> (2016.4.20)

30

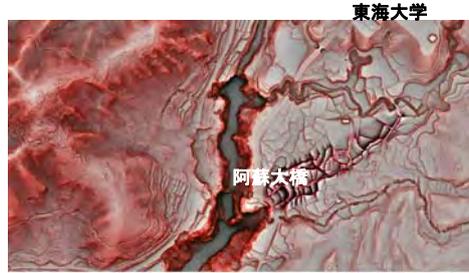
平成28年熊本地震による阿蘇大橋の崩落① 2-4 (2016/4/16)



http://www.ajiko.co.jp/saigai/kumamoto2016_04/rim1m_s.jpg



http://www.asahicom.jp/articles/images/AS20160416000517_commL.jpg



http://www.ajiko.co.jp/saigai/kumamoto2016_04/danso.jpg

平成28年熊本地震による阿蘇大橋の崩落② 2-5

http://www.asahicom.jp/articles/images/AS20160416000607_commL.jpg



http://sharetube.jp/assets/img/article/image/image_9512.png

<http://www.sankei.com/photo/story/news/160416/sty1604160013-n1.html>
(2016.4.20)

常総市鬼怒川水害 (2015.9.10-11) 死者7人 2-9



<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E5%B8%B8%E7%B7%8F%E5%B8%82%E9%AC%BC%E6%80%92%E5%B7%9D%E6%B0%B4%E5%AE%B3&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=2&b=21>

4-6



鬼怒川プラザホテル露天風呂崩壊



利根川河口部漂着物

<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E9%AC%BC%E6%80%92%E5%B7%9D%E3%83%97%E3%83%A9%E3%82%B6%E3%83%9B%E3%83%86%E3%83%AB&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=3&b=41>

常総市鬼怒川水害①(2015.9.10-11)

常総市鬼怒川水害災害土砂量(2,433万t)

4-7

被災面積22.1km², 平均堆積量1.10 t/m²

阪神大震災2,000万t, 東日本大震災2,974万t



常総市鬼怒川水害②(2015.9.10-11)

<http://image.search.yahoo.co.jp/search?rkf=2&ei=UTF-8&p=%E5%B8%B8%E7%B7%8F%E5%B8%82%E9%AC%BC%E6%80%92%E5%B7%9D%E6%B0%B4%E5%AE%B3>

御嶽山の噴火(2014.9.27) 戦後最悪の火山災害

2-8



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Mount_Ontake_from_Kurakake_Pass.JPG



<http://image.search.yahoo.co.jp/search?rkf=2&ei=UTF-8&p=%E5%BE%A1%E5%B6%BD%E5%B1+%E5%99%B4%E7%81%AB>



<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E5%BE%A1%E5%B6%BD%E5%B1%B1+%E5%99%B4%E7%81%AB&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=7&b=121>

死者47人



(御嶽山1979年噴火)

<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E5%BE%A1%E5%B6%BD%E5%B1%B1+%E5%99%B4%E7%81%AB&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=6&b=101>

広島土砂災害 (2014.8.20) 死者74人

2-7



http://kobe-fudosan.com/blog/assets_c/2014/08/Z20140820GZ0JPG002319001000-thumb-300x200-89.jpg



<http://image.search.yahoo.co.jp/search?rkf=2&ei=UTF-8&p=%E5%BA%83%E5%B3%B6%E5%9C%9F%E7%A0%82%E7%81%BD%E5%AE%B3>



<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E5%BA%83%E5%B3%B6%E5%9C%9F%E7%A0%82%E7%81%BD%E5%AE%B3&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=10&b=181>



丘陵地の造成宅地の土石流被害と対策

4-14



<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B3%B6%E5%9C%9F%E7%A0%82%E7%81%BD%E5%AE%B3>

丘陵地の宅地が土石流の被害



<http://www.sankei.com/west/photos/150819/wst1508190102-p1.html>

安佐北区可部町の砂防ダム

8・20広島土砂災害(2014)



沢筋との位置関係、及び、切土・盛土の高さ関係で、土石流の被害に差

ハード: 砂防堤を建設!



死者74人

広島土砂災害
(2014/8/20)

東日本大震災(2011)
死者・行方不明者 18,440人
(2017.8.17現在)

建物の耐震性向上に比べて
津波対策は大規模, 総合的
防波堤・岸壁・護岸・海岸・
避難タワー・沖合波高計・・

3-1



<http://matome.naver.jp/odai/2137536185716666201/2137589431145195403>

<http://matome.naver.jp/odai/2137536185716666201/2137589431145195503>

<http://matome.naver.jp/odai/2137536185716666201/2137589431145195603>

東日本大震災が提起したこと

3-2

埋立地 ⇒ 地盤の液状化

丘陵地 ⇒ 盛土・擁壁の崩壊



千葉市美浜区磯辺



仙台市折立5丁目

	土木構造物 & 大規模な建築物	宅地・戸建て住宅
所有者	公的機関 & 大きな民間組織	一般の市民
被害	皆無ないし軽微	地盤の液状化 盛土・擁壁の崩壊(斜面崩壊)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最新の技術基準類を整備 ◆ 情報の整備 ◆ 適切に耐震診断及び耐震補強 ◆ 組織内の地盤技術者の存在 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 災害を防ぐ仕組みの欠如 ◆ 情報の未整備 ◆ 地盤技術者のサポートの欠如

(地盤工学会:東日本大震災の教訓と提言(第二次), 2012)

東日本大震災 (2011.3.11) 死者 18,440人(主に津波)

4-1

液状化の被害: 若年埋立地の戸建住宅



26,914棟が被災

空洞化に伴う沈下

沈下に伴う傾斜

多量の噴砂

突き上げ

千葉県浦安市

液状化による民間施設の被害

4-2

- 石油タンクの被害 ⇒ ①地盤の液状化
 ②施設の固有周期に近い長周期波卓越
 ③燃料のスロッシング(揺動)
 ④施設の部材間の摩擦・火花



爆発炎上する千葉の製油所施設 (2011. 3. 11 東日本大震災)

造成斜面の崩壊

3-3

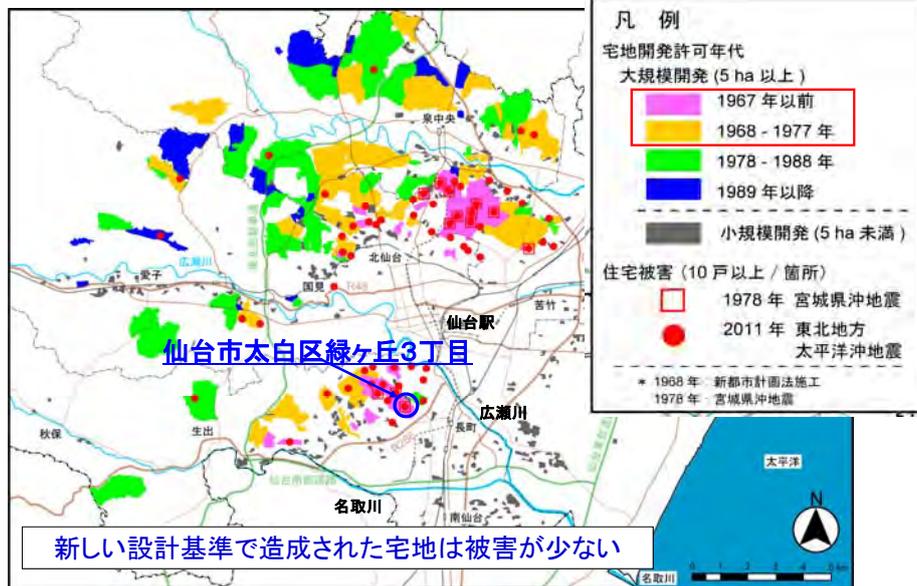
自分の敷地だけでは防げない



東日本大震災(2011.3)における宅地の斜面崩壊(諏訪増二氏提供)

仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害

3-4

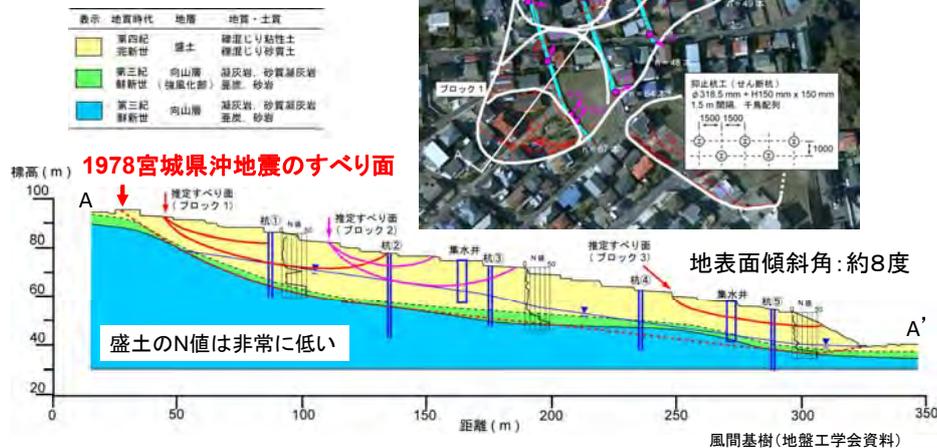


仙台市太白区緑ヶ丘 3丁目の地すべり

(1978年も被災)

地滑り抑止杭, 集水井が効果

3-5



3-8

豪雨被害と地震被害：対策が有効

大雨で崩壊



大雨で崩壊(2006年10月)

崩壊箇所を強化復旧



復旧後(2008年9月)

今回の地震で崩壊

無被害



地震後(2011年3月)

風間基樹(地盤工学会資料)

4-15

広島県ハザードマップ

ソフト：事前に知る！

土石流の発生状況



国土地理院空中写真判読図(2014.8.28-31)

阿武山頂上



<http://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal/map/keikai.aspx>

[指定済]

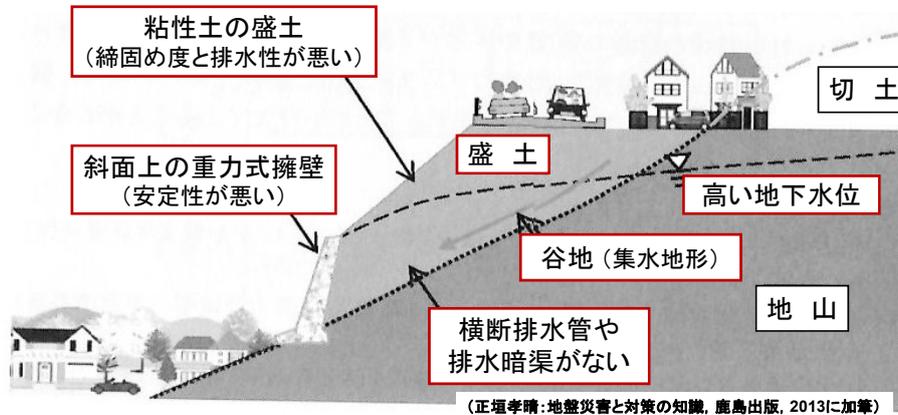
- 特別警戒区域
- 警戒区域

[指定前]

- 特別警戒区域
- 警戒区域

危険な盛土宅地 ⇒ 対策は条件を反対に

3-7



- ① 不良な盛土材料
- ② 締固めが不足した盛土
- ③ 地下水位が高い (排水管や暗渠の不設置)
- ④ 不安定な擁壁
- ⑤ 谷埋め盛土

阪神大震災 (1995/1/17)

死者 6,434人 (主に建物倒壊) 2-5



阪神高速深江本町付近



神戸市役所2号館



長田区の火災



兵庫区水木通1丁目

<http://image.search.yahoo.co.jp/>

3-9

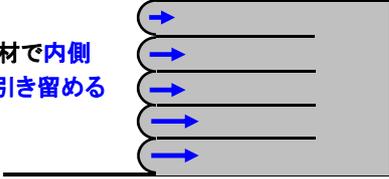
ジオテキスタイル 補強土擁壁の効果

阪神大震災(1995)の直後 →




阪神大震災の前(1992):
龍岡文夫(地盤工学会資料)

補強材で内側
から引き留める



地盤改良施工機の大きさ



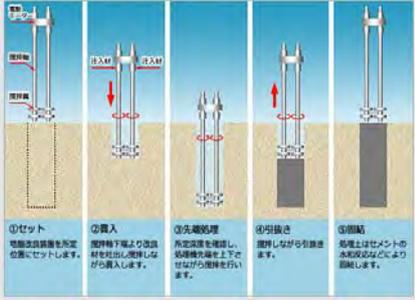
深層改良船デコム7号(1979建造)

長さ: 63m, 塔高: 73.3m
幅 : 30m, 吃水: 3.2m
改良深さ: 水面下 70m
海底面下 50m
重量: 6050tf
改良面積: 5.74m²



深層混合処理工法の小型施工機
パワーブレンダー

深層改良の施工手順



①セット
地盤改良装置を所定位置にセットします。

②挿入
地盤を下層より改良材を吐出し、地盤に挿入します。

③先端処理
所定深さを確認し、先端部を上下させながら攪拌を行います。

④引き上げ
攪拌しながら引き上げを行います。

⑤閉鎖
地盤上はセメントの水和反応などにより固結します。



噴射攪拌工法の超小型施工機
(株式会社 加藤建設 提供)

高さ: 1.2m
幅 : 0.55m
重量: 140kgf
改良面積: 3.14m²

http://www.cdm-gr.com/what/index.html

対策の例: 水道の蛇口(水栓)の変更

5-1

- ・現在, 水道の蛇口は, 上げると水が流れる『**上げ型タイプ**』に統合
- ・阪神大震災の前は, 『**下げ型**』が多数派
- ・阪神大震災で, 物や建物が落下して, 水が流れ出し, 水浸しになったり, 水道管内の圧力低下で消火活動に支障
- ・JISが見直され, 2000年3月末までに『**下げ型**』を**廃止**



建設技術者は地震に際して「下げ型」上記の**危険性を洞察**して, 発災前に「**上げ型**」に切り替えるよう, 社会や顧客に**働きかける**ことが必要。

まとめ

5-3

1. 基礎と地盤に対する認識の重要性
 - ・ **全ての建築物・インフラ施設は, 地盤が支持**
 - ・ **地盤災害**で, 市民生活や経済活動に**大影響**
 - ・ 地盤災害は概ね**予測**が可能
 - ・ **事前対策**で被害を免れることが可能
2. 建設技術者の役割
 - ・ 対象地盤・基礎は直接**目**にできない
 - ・ **地盤(建設)技術者**の仕事に**医者**と類似性
 - ・ 両者とも広い**知識・理解・経験, 倫理観**が重要

東京スカイツリーの基礎構造は？

1-1

⇒ 目に見えない！！



https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%82%B9%E3%82%AB%E3%82%A4%E3%83%84%E3%83%AA%E3%83%BC#/media/File:Tokyo_Sky_Tree_2012.JPG



最も複雑な建築基礎

4-5



<http://www.obayashi.co.jp/news/skytreedetail22>

↑ハイブリッド地下工法
(3工法同時施工)

ナックル・ウォール工法(突起)→

心柱構造

SRC節付地中連続壁

GL- 約 50m

RC地中連続壁

GL- 約 35m

場所打ち杭

GL- 約 35m



[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%82%B9%E3%82%A4%E3%83%84%E3%83%AA%E3%83%BC#/media/File:Tokyo_Sky_Tree_at_night_\(Iki\).JPG](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%82%B9%E3%82%A4%E3%83%84%E3%83%AA%E3%83%BC#/media/File:Tokyo_Sky_Tree_at_night_(Iki).JPG)

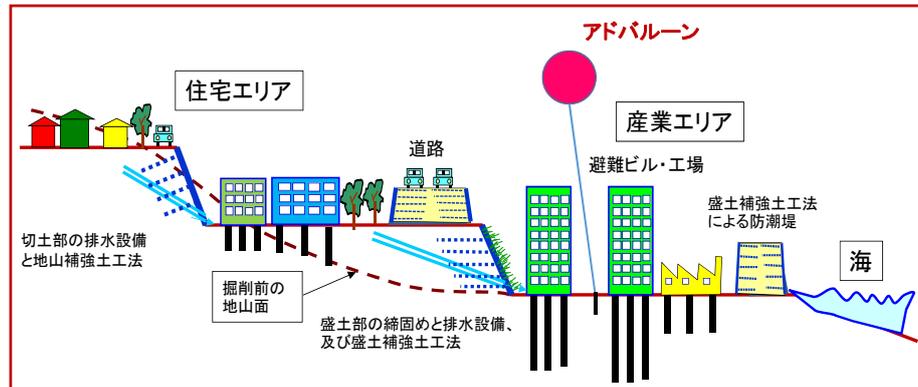


<http://www.obayashi.co.jp/news/skytreedetail22>

1-2

地盤に支えられていない構造物はあるか？

(力のやり取りをしていない)



龍岡文夫(地盤工学会資料)

1-3

私たちの生活は
「目には見えないもの」で支えられている！

- 風, 音, 空気, 熱, エネルギー
- 電流, 電磁波, 光
- 分子, 原子, 素粒子
- 宇宙, 地中, 水中
- インフラストラクチャー
- リスク, 安全, 信用
- 社会関係, 経済関係, 生産関係
- 愛情, 絆(人間関係)



湯川秀樹博士(1946)
講談社学術文庫94

1-5

心で見なくちゃ、ものごとはよく見えないってことさ。

かんじんなことは、**目に見えない**んだよ！

サン・テグジュペリ作、内藤濯 訳：愛蔵版 星の王子さま、岩波書店、p. 99より、(2000)



小惑星イトカワ
イトカワの大きさは540m × 270m × 210m

イトカワから約8kmの距離で「はやぶさ」が撮影
http://www.jaxa.jp/article/special/hayabusa_sp3/index_j.html



小惑星B612の王子さま

1-5

インフラストラクチャーとは

- **社会基盤**、**下部構造**などの意味を持つ英単語。「**インフラ**」はその略。
- **目に見えないか、意識しないと見えない！**
- 福祉と経済の発展に**必要な基盤**（**公共施設**）を指す（**生活の基盤**）。
- 具体的には、**道路**、**鉄道**、**橋梁**、**港湾**、**上・下水道**、**電気**、**ガス**、**電話**、**インターネット回線**、**工業用地**、**流通基地**、**学校**、**病院**など。

4-4

地盤災害からの教訓

- 宮城・広島県を中心に**造成宅地**で盛土すべりや擁壁崩壊
- 広域の**液状化**が、**埋立地**などの新しい地盤、**宅地**、過去に液状化(**再液状化**)した地盤に集中
- 液状化の安全率 F_L 値などが、ほぼ適切な予測結果
- 1964年新潟地震以来の被害報告からは、「**地震前に地盤改良等の対策で、液状化被害を免れる**」が読み取れる。
※阪神大震災(1995)、東日本大震災(2011)でも再確認されている。
- 公的な土木構造物や大規模な建築物は、被害が皆無いし軽微。**民間の産業施設、戸建住宅**などが被災

地盤工学会：地震時における地盤災害の課題と対策2011年東日本大震災の教訓と提言(第二次)、397p.. 2012

4-6

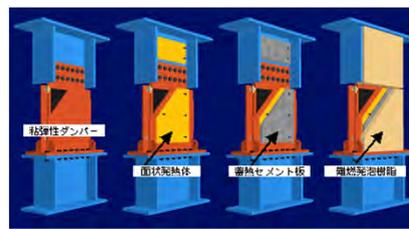
PC圧着関節工法＋免震工法の複合



制震装置



オイルダンパー



粘弾性ダンパー

<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E5%88%B6%E6%8C%AF%E8%A3%85%E7%BD%AE&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=3&b=41>

(東亜建設工業)資料

冷凍冷蔵倉庫への適用

4-7

PC圧着関節工法+免震工法の複合

3 株式会社マルハニチロ物流 川崎第三物流センター

省エネ
+
PC圧着関節工法
+
免震

- プレストレストコンクリート造
- 地上5階建
- 収容荷物量28,000トン

マルハニチロ物流 川崎第三物流センター
(+省エネ)
樋渡 健(東亜建設工業)資料

4 山手冷蔵株式会社 新川崎ロジスティックセンター

PC圧着関節工法
+
免震(冷蔵倉庫・事務所棟 一体免震)

- プレストレストコンクリート造
- 地上5階建
- 収容荷物量28,000トン

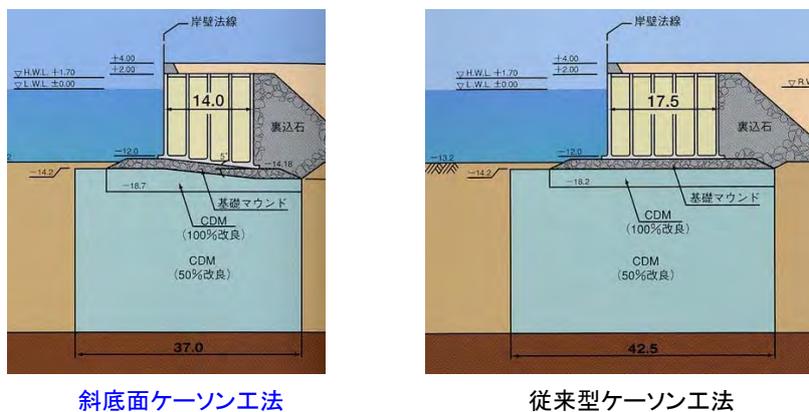
山手冷蔵 新川崎ロジスティックセンター
(+事務所棟一体免震)

12

耐震性向上策(斜底面ケーソン工法)

4-8

地震力を傾斜基礎マウンドで受ける
耐震性と経済性の向上を両立する



http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bst/taisin/research_jpn/research_jpn_2003/japanese_research_10.html

斜底面ケーソン工法の効果

4-9

http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bst/taisin/research_jpn/research_jpn_2003/japanese_research_10.html



斜底面ケーソンの吊込み

●実験内容

ケースモデル	実スケールケーソン堤体幅 [m]	底面傾斜角 [度]	設計震度 [Kh]	実験断面
斜底面ケーソン	15.0	5	0.25	
従来ケーソン	18.0	0	0.25	

(コスト削減額)

ケーソン幅: $15.0 / 18.0 = 0.833$ (-17%)

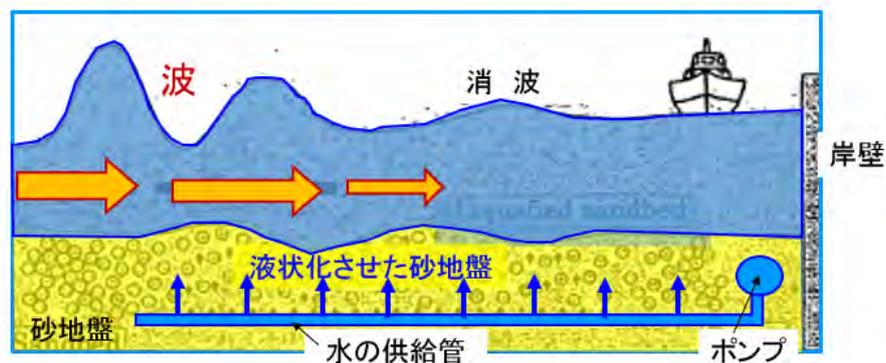
地盤改良幅: $37.0 / 42.5 = 0.871$ (-13%)

ケーソン底面と地盤の摩擦角を改善 ($\delta = 20^\circ \Rightarrow 25^\circ$) (-25%)

液状化消波システム

4-10

(海底の砂地盤を人工的に液状化させて波高を下げる)



港湾技術研究所報告Vol.38, No.3, p.33, 1999

液状化防止システム(漂砂のコントロール)

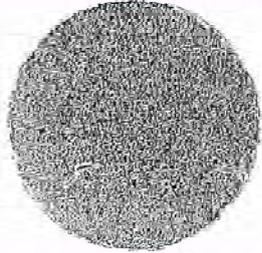
逆に、海底の砂地盤に埋設した管から負圧を掛けることで液状化を防止させる工法もある

軽量混合処理土 (SGM軽量土) 工法 4-11



気泡: シェーピング
クリーム状

+



固化処理土

1995年1月: 港湾技術研究所・民間23社の大型共同研究

気泡混合処理土の配合

気泡: 279ℓ	気泡: 196ℓ
セメント: 46ℓ	セメント: 46ℓ
調整した泥水: 675ℓ	調整した泥水: 758ℓ

気中用: 比重1.0

水中用: 比重1.2

気泡跡: 平均直径0.5mm

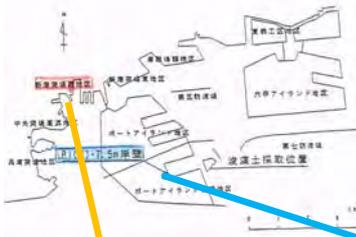


軽量混合処理土の利点:

- ・大幅に密度を低減
- ・液状化しない
- ・構造物への地震時土圧の低減
- ・不良土のリサイクル利用

(SGM工法協会資料)

神戸港での軽量混合処理土工法の初施工 4-12



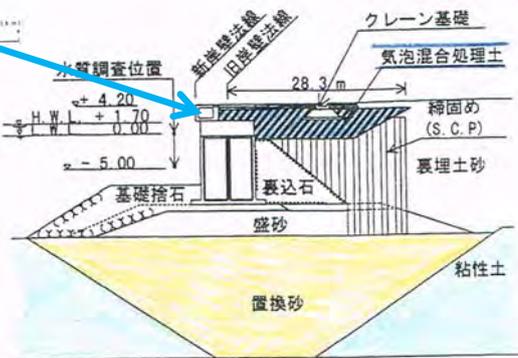
神戸メリケンパーク

<http://image.search.yahoo.co.jp/search?p=%E9%98%AA%E7%A5%9E%E5%A4%A7%E9%9C%B7%E7%81%BD+%E7%A5%9E%E6%88%B8%E6%B8%AF&rkf=2&ei=UTF-8&xargs=4&b=61>

阪神大震災(1995)

神戸ポートアイランド2期地区岸壁
(法線3.8m移動, 天端2.5m沈下)

軽量混合処理土を用いた嵩上げ復旧



新法線法線
旧法線法線

クレーン基礎
気泡混合処理土
稀固め (S.C.P.)
裏埋土砂
表込石
基礎捨石
盛砂
置換砂
粘性土

水深調査位置
+4.20
H.W.L. +1.70
0.00
-5.00

28.3m

4-13

羽田空港で軽量混合処理土の大規模利用

: A滑走路平行誘導路 (京急線上)

: D滑走路人工島 棧橋接続部裏



東京国際空港D滑走路建設外工事

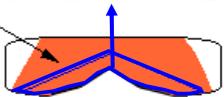




4-13

大型土のう(D・Box)を用いた 災害土砂処分場の建設

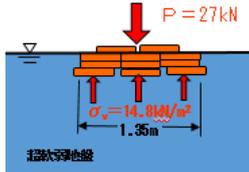
トラス構造により、ドーナツ状の内部部束




一本吊りで効率性良好

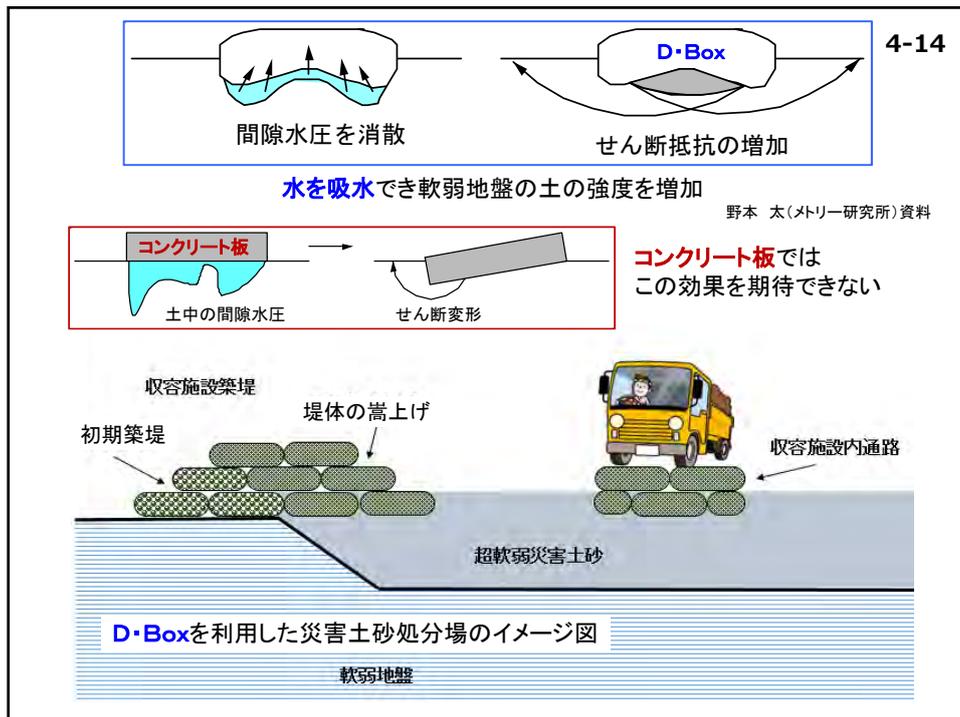


水を吸水でき軟弱地盤での施工性良好



超軟弱地盤

野本 太(メトリ-研究所)資料



日本最大の山留め事故(2/2)

4-4



事故の原因究明:崩壊影響範囲外で追加地盤調査。表土と砂質土が4m。
 その下の厚さ12mの粘土層:(元調査)N値=3~8, $q_u=5\sim6\text{ kN/m}^2$
 (追加調査)N値=0~2, $q_u=3.5\sim5.0\text{ kN/m}^2$
 結論:不適切な地盤調査結果を用いて,山留め計画を立案したため。
 対応:この建設会社では地盤調査会社を1社に絞って発注(現在も)。

地盤技術の展望(地盤工学会)

4-1

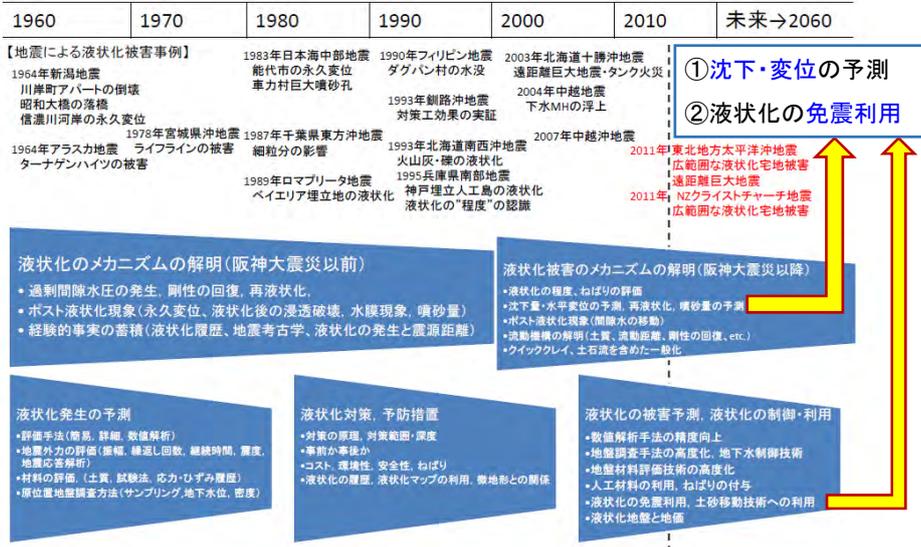
- ①基準 ②調査 ③実験
- ④数値解析 ⑤設計・施工 ⑥維持管理
- ⑦地盤防災 ⑧地盤環境 の8小委員会
- + 統括委員会

⑦地盤防災の分科会

- 7-1 液状化 7-2 地すべり 7-3 土石流
- 7-4 洪水 7-5 津波・高波

液状化技術の展望(7-1)①

4-15

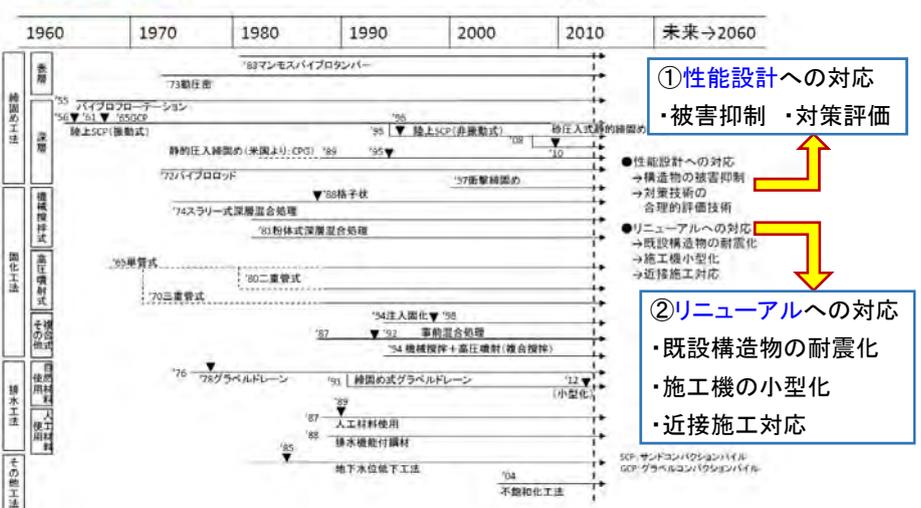


[https://www.jiban.or.jp/jgs_bbs/uploaded/7/7-1-20150119\(最終版\).pdf](https://www.jiban.or.jp/jgs_bbs/uploaded/7/7-1-20150119(最終版).pdf)

液状化技術の展望②

4-16

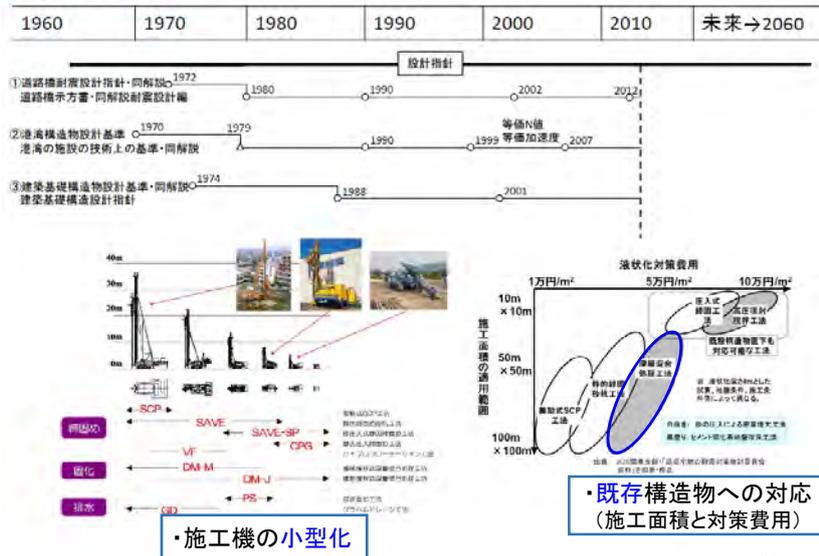
液状化対策 1



液状化技術の展望③

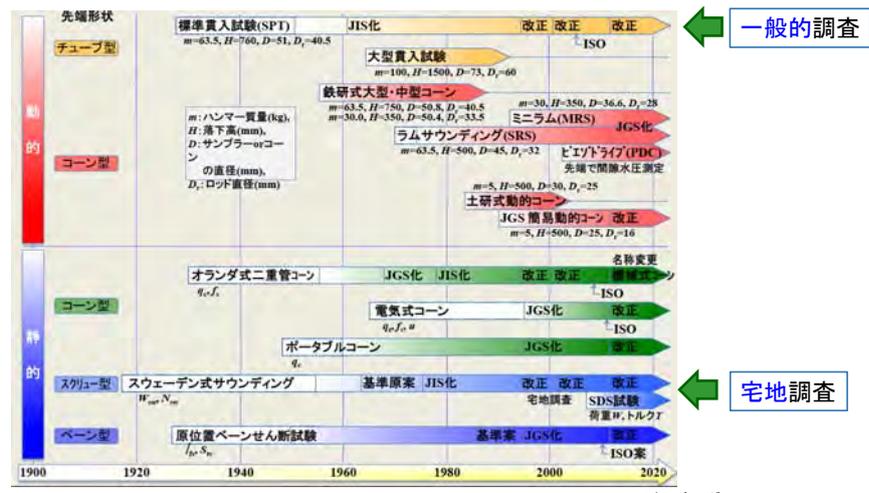
4-17

液状化対策 2



地盤調査(サウンディング)技術の展望

地盤調査と倫理観 4-1



地盤調査技術の進歩も重要であるが、建設技術者が地盤と基礎構造及び地盤調査の重要性を認識することが更に大切である。

4-2

代表的な地盤調査(サウンディング)方法



<http://www.netbeet.ne.jp/~base/a4.jpg>

<http://www.narajuki.jp/images/ss01.jpg>



a) 手動式

(b) 自動・自走式

標準貫入試験

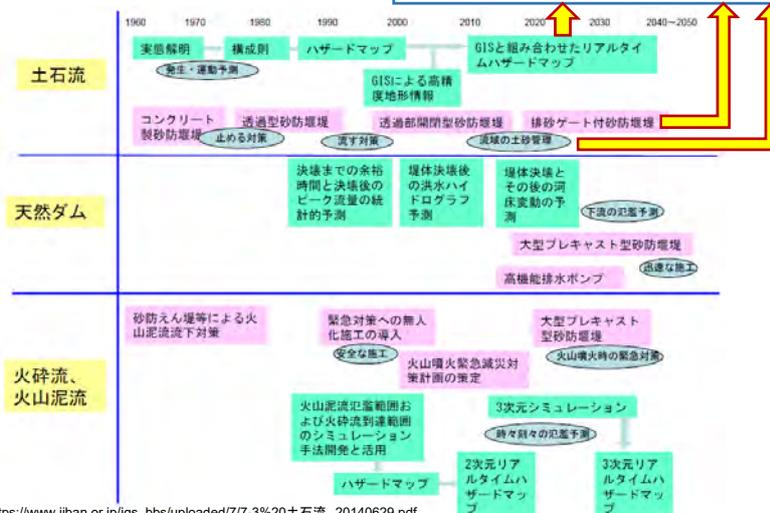
スウェーデン式サウンディング試験

79

4-8

土石流の展望 (7-3)

- ① GISリアルタイムハザードマップ
- ② 流域の土砂管理
- ③ 排砂ゲート付砂防堰堤



https://www.jiban.or.jp/jgs_bbs/uploaded/7/7-3%20土石流_20140629.pdf

4-12

GISを用いた 谷地形の比較

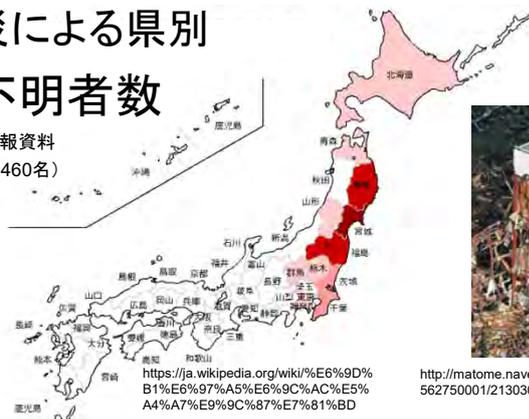
- ・土石流があった谷
- ・ なかった谷



土石流で移動した巨礫

東日本大震災による県別 死者・行方不明者数

警視庁緊急災害警備本部公報資料
(2015.11.10現在 18,460名)



<http://matome.naver.jp/odai/2130141960562750001/2130301400082327903>

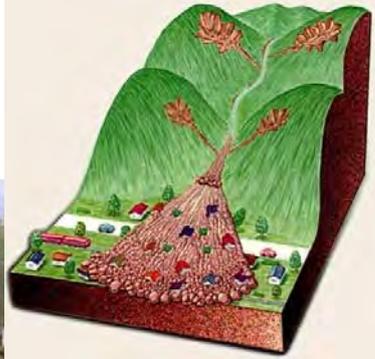


<http://matome.naver.jp/odai/2130141960562750001/2130301399782327303>



土石流の先端部

時速20~40kmの速さ

**鹿児島県桜島・野尻川
に発生した土石流
(1985.7.2-3)**

https://www.pref.kagoshima.jp/ah09/infra/port/minato/marineport/susumekata/documents/041129marin2.pdf#search=%E6%A1%9C%E5%B3%B6%E3%83%BB%E9%87%8E%E5%B0%BB%E5%B7%9D%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81

洪水・堤防の展望 (暫定版) (7-4)

過去
現時点
未来

災害 事例	・1950 小貝川 ・1981小貝川(堤管架) ・2000新川(堤管架) ・1976長良川 ・1986小貝川(堤管架)	
対策	量的整備 → 質的整備: 点検→対策	①堤防・河道の点検 ②浸透機能の評価 ・破堤の危険性 ・縦断方向
法令・技術基準	1873 1896 河川法(改修計画→工事実施基本計画→整備計画) 1976 1997 河川管理施設等構造令 (安全性照査法の導入) 1958 2000 河川砂防技術基準 (安全性照査法の導入) 1998 2002 河川堤防設計指針, 河川堤防の構造検討の手引き 2012 堤防等河川管理施設及び河道の点検要領	↑ ↑
研究・開発	調査法 高度化, 簡便化, 実用化(物理探査含む) 解析法 飽和不飽和非定常 高度化(土・水・空気, 大変形, ...) すべり・パイピング 発生条件 発生条件の高度化, 進行性 対策工 ドレーン工, 逆水工 堤内基盤排水工法 モニタリング・管理 水位等の観測 LP, MMS等	・浸透機能の評価 (破堤にどの程度近づいているか, 縦断方向)

https://www.jiban.or.jp/jgs_bbs/uploaded/7/7-4堤防ロードマップ(暫定)140714.pdf

1-3

石油プラットフォーム [リグ]の形式

① **固定式プラットフォーム**



② **半潜水式プラットフォーム**



③ **緊張係留式プラットフォーム**



85

1-4

石油プラットフォームを支える形式

[http://en.wikipedia.org/wiki/Petronius_\(oil_platform\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Petronius_(oil_platform))



固定式 (~520m)



半潜水式 (180~1800m)

緊張係留式 (~2000m) [~12000m]

← 2005年7月に完成した「ちきゅう」は、世界最高の掘削能力（海底下7,000m）を持つ地球深部探査船。この船の完成で、マントルや 巨大地震発生帯への掘削が可能に。

86

1-5

固定式プラットフォームの最大深さの変遷

