

大規模盛土の対策技術 に関する考察

2018年11月2日

鹿島建設(株)
地盤品質判定士 山田岳峰

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

内 容

- 東日本大震災の大規模造成宅地の被害と復旧
- モニタリング・FBの提案と関連技術の紹介
- 狭隘部、構造物直下の地盤改良技術の例

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

2

- 東日本大震災の大規模造成宅地の被害と復旧

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

3

緑ヶ丘3丁目



地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

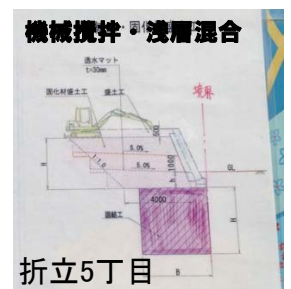
4

緑ヶ丘4丁目



地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

復旧技術の概要

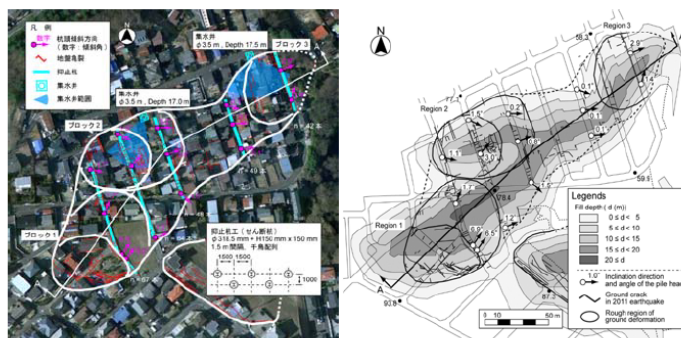


地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

群馬大学・若井教授らのご指摘

(3) 戸建住宅の被害と宅地表層の変位量

・・・個々の宅地の地表面傾斜と家屋被害の関係

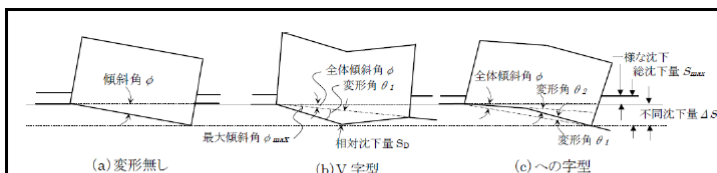


斜面が止まることと、家が助かることの違い：「許容変形レベル」の違い

出典) 若井明彦、森友宏、佐藤真吾：被害メカニズムの分析

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

群馬大学・若井教授らのご指摘



傾斜角	障害程度	区分	変形角	損傷程度	区分
3/1000 以下	品種法技術的基準レベル-1 相当	1	2/1000 以下	損傷が明らかでない範囲	1
4/1000	不具合が見られる	2	2~3/1000	建柱と内外壁の損傷が5割を超え損傷発生が目立つ。内外壁の損傷は0.5mm程度、建柱隙間3mm程度、木工仕口隙間2mm以下	2
5/1000	不同沈下を要する		3	3~4/1000	損傷程度が著しくなる。基礎亀裂の拡大傾向が見られ、無筋基礎、内外壁の損傷が0.5mm程度、建柱隙間5mm程度、木工仕口隙間が2mmを超え、
6/1000	品種法技術的基準レベル-2 相当。不同沈下を強く感出し申し立てが急増する。	3	5~8/1000	多くの損傷発生が顕著な顕著。若筋基礎でも、多くの建柱で0.5mmを超える亀裂、内外壁の損傷は1mm、建柱隙間は10mmを超え、木工仕口隙間4mm程度以上となる。	4
7/1000	建具が自然に動くが顕著に見られる		4	8~12/1000	損傷程度はさらに著しくなるが損傷発生率は顕著な特性的傾向を示す。有筋基礎でも1mm程度の亀裂、内外壁の損傷2mm程度、建柱隙間15mm程度、木工仕口隙間5mm程度程度となる。
8/1000	殆どの建柱で建具が自然に動く	4			
10/1000	配水管の逆勾配				
17/1000	生理的限界値	5			

$1^\circ \approx 17.5/1000$

参考：家屋の被害と宅盤の傾斜量との関係
(「小規模建築物基礎設計指針」より)

出典) 若井明彦、森友宏、佐藤真吾：被害メカニズムの分析

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

東日本大震災の宅地被害の教訓

	1978年宮城沖地震			東日本大震災	
	被害の有無	事後対応		被害の有無	事後対応
緑ヶ丘 1丁目	有り	地すべり対策工（集水井、抑止杭、一部グラウンドアンカー工）	→	無し	必要無し
緑ヶ丘 3丁目	有り	地すべり対策工（集水井、抑止杭）	→	有り	地すべり対策工（網状鉄筋挿入工他）
緑ヶ丘 4丁目	有り	無し	→	有り （甚大）	集団移転（80戸） 仙台市が再造成し緑地化か
折立 5丁目	不明	不明	→	有り （甚大）	全戸建物撤去後、地すべり対策工（地盤固化、擁壁＋グラウンドアンカー工他）を行い、再建築

- 対策を行うことで、地震被害を軽減できる。
- 対策を実施しても、想定を超える地震が発生すれば被害が発生する。
- 個々の宅地・ひな壇のすべりの評価や対策の他に、地域の面的なすべりの評価や対策も、同様に重要である。
- 建物への影響に関しては、地盤の変形量に基づく評価が望まれる。

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

- モニタリング・FBの提案と関連技術の紹介

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

10

不確実性への対応

- 不確実性に確実性を押しつけると、歪みを生じさせることになる。
- 直近の数字作りのために、短期的な視点で意思決定することになる。
- 根本的な対立を解消するよりも目の前の目標値に合わせ、やりくりをし続けてしまう。
- 最適と考えた予測結果も一時的なモノで正確なものではない。

- 対応に要する時間、事象のばらつき、ビジネスニーズに基づき、戦略的にバッファを持つ。
- シグナルを読み取り、対応する時間をできるだけ短くする。
- 想定された結果との違いを分析する。

参考文献) ラミ・ゴールドラット:「不確実性をどう取り扱うか」

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

モニタリング・FBの提案

✓ これまでの対策

【事前の予測】

ハザードマップ、リスクの周知:避難勧告・指示

【被災した箇所を対象とした対応】

設計 ➡ 一度に最終形の対策を施工

✓ 将来の対応: モニタリングを併用した土砂災害対応

診断結果、GISデータ ➡ 予測モデル + モニタリング

➡ 危険箇所を対象とした(減災)対策 + モニタリング

➡ 評価・検証とフィードバックと必要に応じて追加の対策

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

12

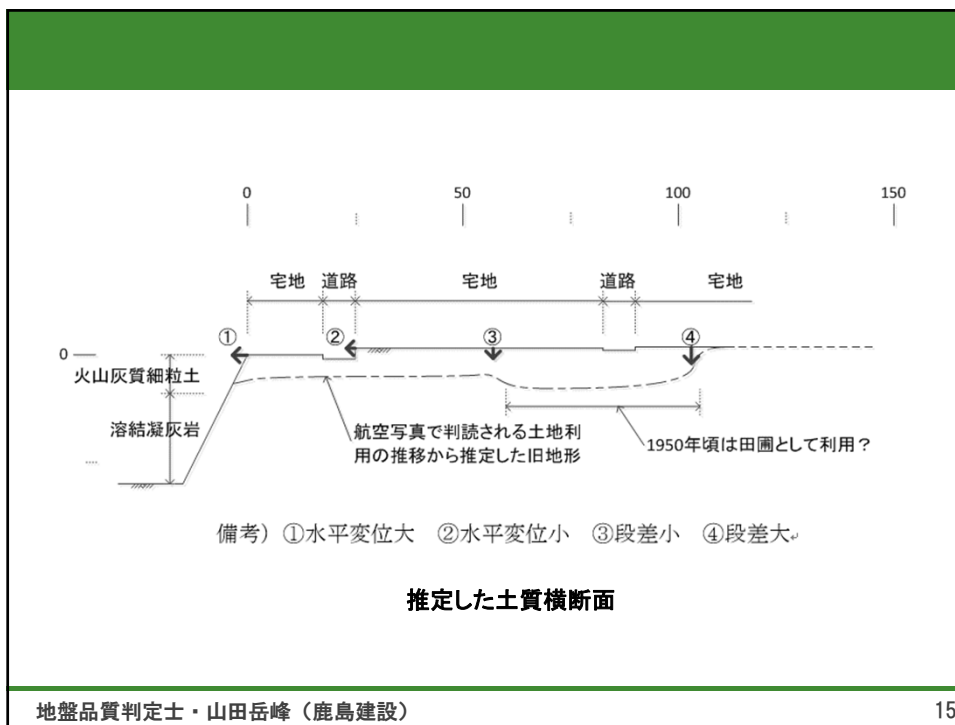
熊本地震における大規模盛土の地震被害の例



地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）



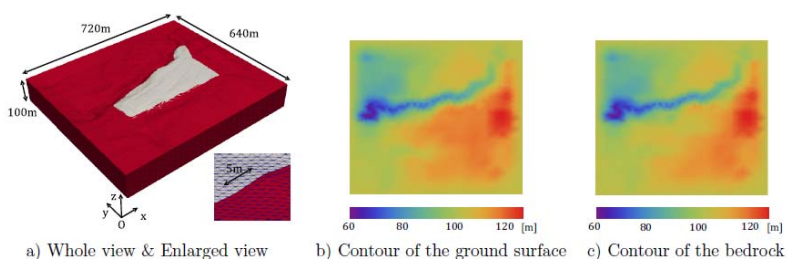
地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）



地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

15

大規模3D弾塑性解析による解析例



Layer	V_p [m/s]	V_s [m/s]	ρ [kg/m ³]	h_{max}
Soft layer	90	48	1330	0.23
Bedrock	2000	500	2000	0.01

e) Ground property

M	D	A	ν	n_E	m	σ_{vy} [kPa]	σ_{v0} [kPa]	K_1	K_0	R^*	a	b	c
0.98	0.064	0.873	0.3	1.2	10.0	65.0	195.0	0.92	0.58	1.0	1.0	1.0	1.0

f) Elasto-plastic property of soft layer

図-2.13 Aso model & Ground property.

出典) Yoshiyuki, A., Fujita, K., Ichimura, T., Hori & M., Wijerathne, L. 2018. Development of Scalable Three-Dimensional Elasto-Plastic Nonlinear Wave Propagation Analysis Method for Earthquake Damage Estimation of Soft Grounds, Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 10861).

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

大規模 3D 弾塑性解析による解析例

<ul style="list-style-type: none"> · Subloading surface · Consistency condition · Associated flow rule · Elasto-plastic decomposition for strain · Nonlinear elastic constitutive equation · Evolution law for subloading surface · Evolution law for superloading surface 	$f(\sigma', \epsilon_v^p) = MD \ln \frac{p'}{p_0'} + \frac{MD}{n_E} \left(\frac{\eta^*}{M} \right)^{n_E} - \epsilon_v^p - MD \ln R + MD \ln R^* = 0$ <p style="text-align: center;">Here, $\eta^* = \sqrt{\frac{3}{2}} \left\ \frac{s}{p'} - \frac{s_0}{p_0'} \right\$, $p' = \frac{1}{3} \sigma' : 1$, $s = \sigma' - p'1$, $q = \sqrt{\frac{3}{2}} s : s$</p> $f = \frac{\partial f}{\partial \sigma'} : \dot{\sigma}' + \frac{\partial f}{\partial \epsilon_v^p} \dot{\epsilon}_v^p + \frac{\partial f}{\partial R} \dot{R} + \frac{\partial f}{\partial R^*} \dot{R}^* = 0$ $\epsilon^p = \gamma \frac{\partial f}{\partial \sigma'}$ $\epsilon = \epsilon^e + \epsilon^p$ $\sigma' = C^e : \epsilon^e$ $\dot{R} = -\frac{m}{D} (\ln R) \ \dot{\epsilon}^p\ $ $\dot{R}^* = a (R^*)^b (1 - R^*)^c \ \dot{\epsilon}^p\ $
---	---

出典) Yoshiyuki, A., Fujita, K., Ichimura, T., Hori & M., Wijerathne, L. 2018. Development of Scalable Three-Dimensional Elasto-Plastic Nonlinear Wave Propagation Analysis Method for Earthquake Damage Estimation of Soft Grounds, Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 10861).

大規模 3D 弾塑性解析による解析例

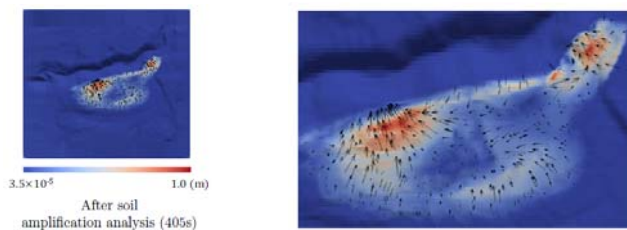
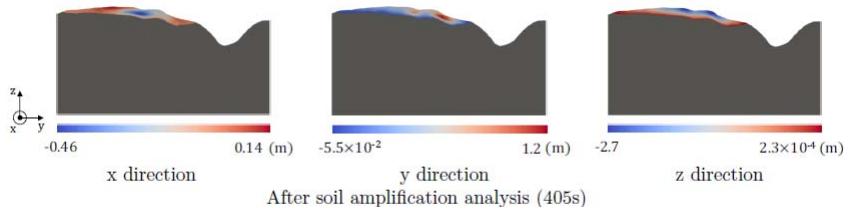


図-2.15 Displacement on ground surface of Aso model. Black arrow indicates the displacement direction in x and y direction.



出典) Yoshiyuki, A., Fujita, K., Ichimura, T., Hori & M., Wijerathne, L. 2018. Development of Scalable Three-Dimensional Elasto-Plastic Nonlinear Wave Propagation Analysis Method for Earthquake Damage Estimation of Soft Grounds, Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 10861).

狭隘部、構造物直下の地盤改良技術の例

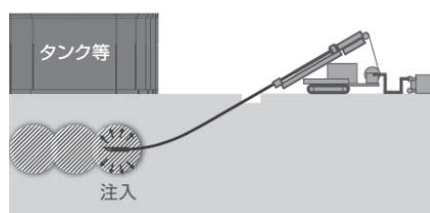
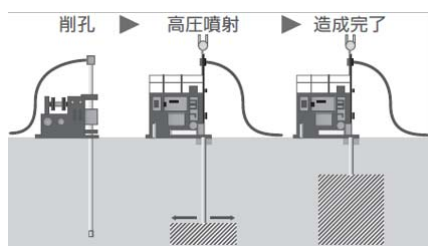
地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

19

狭隘部、構造物直下の地盤改良技術の例

高圧噴射攪拌工法

曲がりボーリングを用いた薬液注入工法



→ ジェットクリート工法[©]

→ カーベックス工法[©]

ケミカルグラウト社の技術の例

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

20

ジェットクリート工法[®]

ケミカルグラウト(株) [鹿島グループ]



出来形の例 (直径5.0m)

特長：オーダーメイドジェットシステム

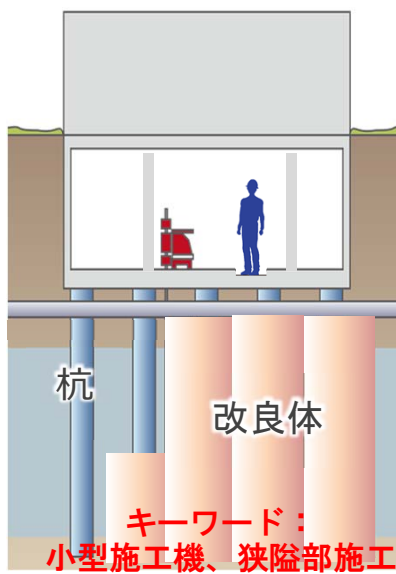
- ・改良体の径と強度を自在にコントロール
- ・従来工法に比べて総汚泥（産業廃棄物）量が減少
- ・高性能・効率化により工期短縮が可能

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

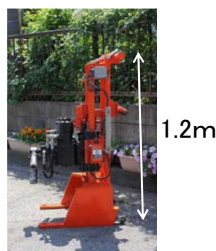
21

ジェットクリート工法[®]

ケミカルグラウト(株) [鹿島グループ]



車上プラント (4トン車)



超小型施工機



狭隘部の施工

地盤品質判定士・山田岳峰（鹿島建設）

22

カーベックス工法[®] 曲がりボーリングを用いた薬液注入工法

ケミカルグラウト(株) [鹿島グループ]

NETIS登録No. KT-020053

港湾施設の耐震液状化対策



掘り出した注入固結体

キーワード：複数回曲げられる、高精度の削孔、遠隔地からの施工
⇒ 遠隔地から水平ドレーンを設置する技術としても期待できる

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

23

凍結工法の例

ケミカルグラウト(株) [鹿島グループ]

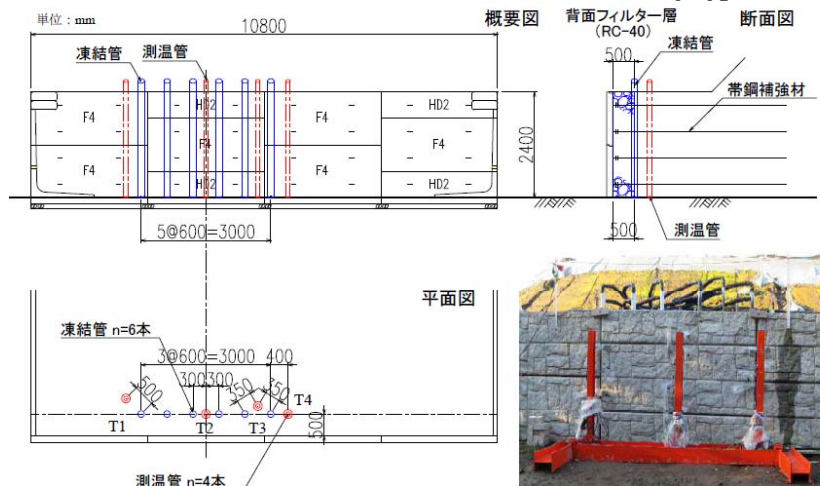


図1 壁面、凍結管、測温管の配置概要と設置状況
 出典)長田友里恵他:凍結工法を用いた帯鋼補強土壁の補修(凍結)、
 第52回地盤工研究発表会、pp.1475-1476、2017年7月

地盤品質判定士・山田岳峰 (鹿島建設)

24

凍結工法の例

ケミカルグラウト(株)[鹿島グループ]



写真-3 壁面の取り外し状況

写真-4 取り外し後の状況

写真-6 結合治具設置後

出典)市川智史:凍結工法を用いた帯鋼補強土壁の補修(壁面交換)、
第52回地盤工研究発表会、pp.1473-1474、2017年7月

⇒ 安定性が低い擁壁等の強化工事にも活用できる可能性がある

地盤品質判定士・山田岳峰(鹿島建設)

25