

『地盤情報を活用した気候変動が地盤災害リスクに与える影響の研究委員会』での取り組み

中央開発株式会社
王寺秀介

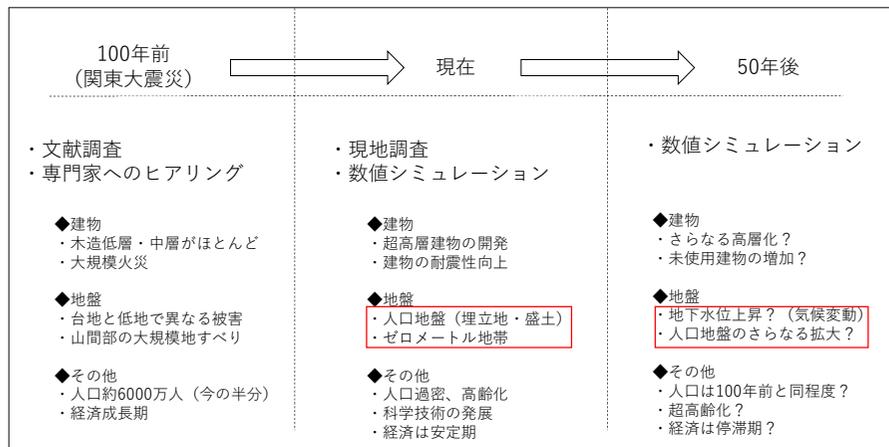
目的

- 地盤工学会 関東支部では、**地盤情報を対象とした委員会**を継続的に実施。
- 地盤情報データベースの構築、地盤モデルの構築、各種ハザードマップの高精度化に向けた活動を実施してきた。
- 今回は、新たに「**気候変動を考慮した長期的視点での地盤災害**」に着目
- 発生から100年を迎える**大正関東地震**を対象とし、大正関東地震で発生した地盤災害を改めてレビューした上で、**①100年前、②現在、③気候変動の影響を受けた50年後**を想定し、関東地震が発生した場合の地盤災害を定量的に評価する

対象時期	主な地盤災害	検討方法
100年前 (関東大震災)	自然地盤 を中心とした被害 (斜面崩壊、液状化)	文献調査、現地調査
現在	人工地盤 (宅地、大規模造成地、盛土・埋土など)の被害が拡大	文献調査、現地調査、 数値シミュレーション
50年後	気候変動 (海面上昇、降雨強度の増加など)に伴う地盤災害が発生?	数値シミュレーション

委員会メンバー構成

No	会務	氏名	所属
1	委員長	王寺 秀介	中央開発株式会社
2	幹事	落合 努	神奈川大学
3	顧問委員	安田 進	東京電機大学
4	顧問委員	安原 一哉	茨城大学
5	顧問委員	若松 加寿江	関東学院大学
6	委員	石川 敬祐	東京電機大学
7	委員	大井 昌弘	国立研究開発法人 防災科学技術研究所
8	委員	岡田 直人	中央開発株式会社
9	委員	加茂 由紀彦	八千代エンジニアリング株式会社
10	委員	蔡 飛	群馬大学大学院
11	委員	佐々木 修平	住友林業
12	委員	清木 隆文	宇都宮大学
13	委員	関口 徹	千葉大学
14	委員	丹羽 廣海	株式会社フジタ
15	委員	巖元 幸雄	基礎地盤コンサルタンツ株式会社
16	委員	劉 国軍	株式会社竹中工務店
17	委員	和田 里絵	応用地質株式会社
18	委員	吉澤 睦博	株式会社竹中工務店

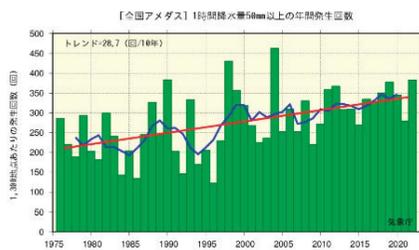


解決したい課題

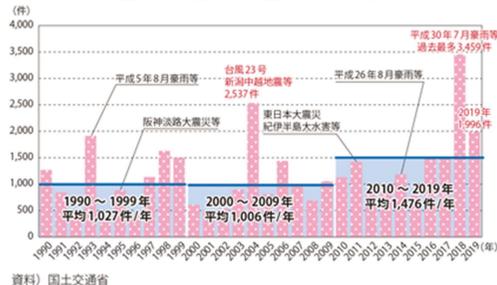
- 近年地盤に関する災害が増加、特に、**豪雨時における盛土造成地の災害**や**自然斜面の崩壊**といった地盤災害が増加している。
- 地盤災害の増加の主な原因は、**気候変動により豪雨時の降雨強度**が増しているためであり、将来は益々増加することが予測される。

→近い将来に南海トラフ地震や首都直下地震の発生が想定されている中、気候変動を考慮した**長期的視点での地盤災害に関するマルチハザード**の研究は急務と考える。

1時間降水量50mm以上の年間発生回数（日数）

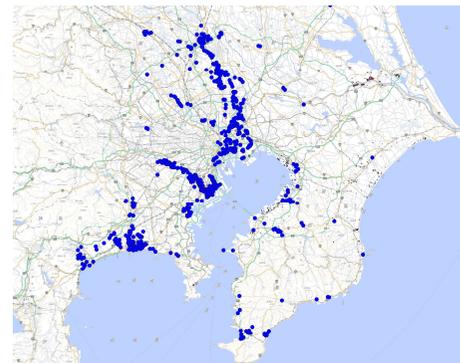


土砂災害の発生件数の推移



WG①：大正関東地震で発生した地盤災害に関する文献調査

- 東京湾岸部の干拓地や埋め立て地、相模川、荒川、古利根川などの**河川沿いの低地においては地盤の液状化**が起こり、地盤の陥没や地割れ、建物の沈下、傾斜、地下水や砂の噴出などの現象が起こった。
- 関東南部、特に神奈川県西部及び千葉県房総地域においては、地震や**その直前直後の大雨**により、崩壊や地すべり、土石流などによる土砂災害が多数発生し、特に今の小田原市根府川では土石流により埋没64戸、死者406人という被害が発生した。



関東地震による液状化履歴地点
(出典：日本の液状化履歴マップ)



関東地震による林野被害区域
(出典：関東地震(1923)時の震災地応急測図原因と土砂災害)

WG①：大正関東地震で発生した地盤災害に関する文献調査

関東地域を対象にして、100年前に発生していた地盤災害と現在発生している全ての地盤災害を整理した上で、50年後の地盤災害の定性的な評価を行う。

◆文献調査

市町村や自治体が持っている**語り部の冊子(地方の郷土資料)**に記載のある、**実際の被害に関する体験談**等をアーカイブ化して地盤工学会で情報共有。

- ・調査先の選定（市の図書館等）
- ・アーカイブ化する整理方針の決定
- ・現地への情報収集

◆関東地震の専門家からの情報収集

専門家による**講演 (GeoKanto2023) もしくはヒアリング**

- ・液状化関係（若松先生（関東学院大）、安田先生（東京電機大））
- ・斜面災害（井上先生（砂防フロンティア機構））
- ・関東地震（武村先生（名古屋大））



関東大震災100年：痕跡を訪ねる 神奈川・茅ヶ崎 旧相模川橋脚 液状化で水田に出現
(東京 | 毎日新聞)



国有鉄道 熱海線根府川駅にて山崩のため海岸に墜落する下り旅客第111列車の一部

WG②：海面変動に伴う地下水位上昇による市街地の液状化被害の増加

- 地下水位上昇による影響が最も深刻と考えられる**東京湾岸の低地**を対象とする。
- 海面上昇が地下水位に及ぼす影響は、**2次元地下水流動解析**で評価した上で、**地下水位上昇に伴う液状化発生範囲の拡大**、市街地の**戸建て住宅や道路・ライプラインの被害の増加**などについて、定量的なシミュレーションを行う。

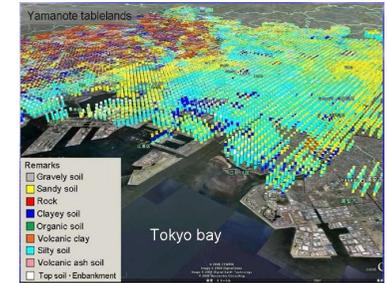
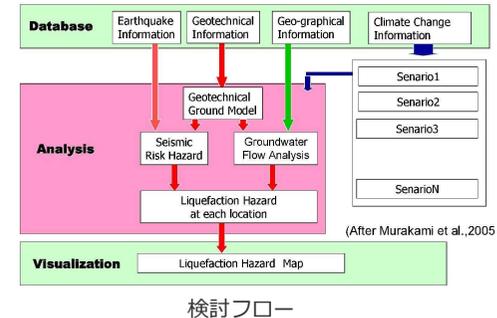
既往研究事例①

気候変動による液状化危険度への影響と液状化による経済損失の評価

村上哲(福岡大学)

液状化による地盤災害を対象とした気候変動影響評価を実施した事例

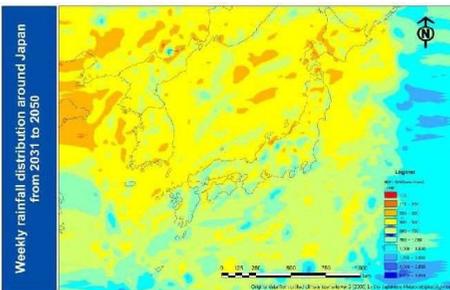
- ①気候モデルによる**将来の降水量予測値**
- ②地盤モデルを用いた地下水流動解析による**将来地下水位の予測**
- ③**液状化危険度の変化**
- ④液状化による**経済損失の試算**



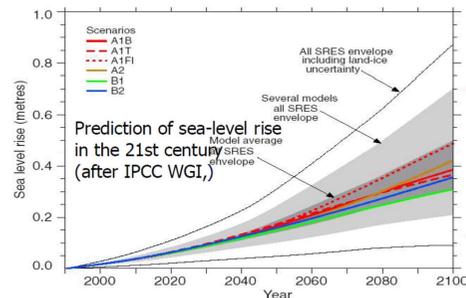
地盤モデル(対象：東京下町)

想定したシナリオ

- シナリオⅠ：現状
- シナリオⅡ：2100年の海面上昇(0.59m)を考慮 IPCC報告書
- シナリオⅢ：2081年から2100年までの降雨を考慮
- シナリオⅣ：2081年から2100年までのSLRと降雨の両方を考慮。

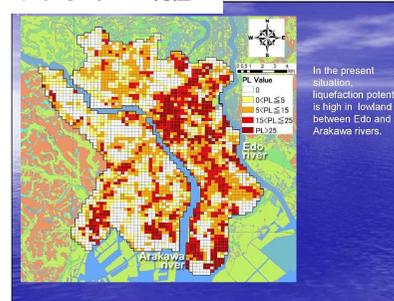


本研究における降雨シナリオは、気象庁の「統一気候シナリオ第2版(2004)」によるシミュレーション結果を使用

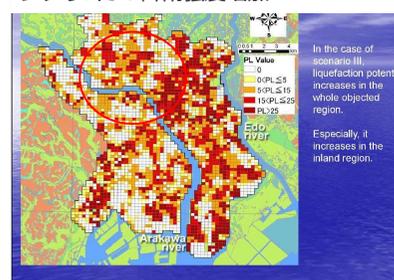


解析地域周辺の境界条件は、海面だけでなく、0.59mのSLRの影響を受ける河川水位も考慮して決定

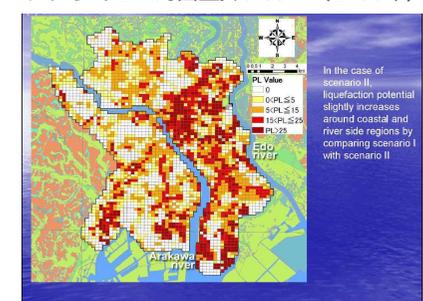
シナリオ 1：現在



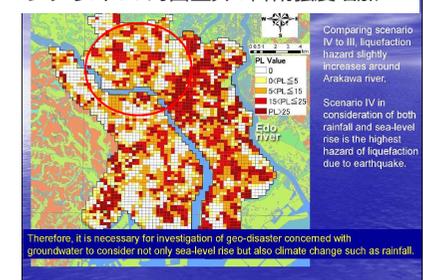
シナリオ 3：降雨強度増加



シナリオ 2：海面上昇0.59m (2100年)



シナリオ 4：海面上昇+降雨強度増加

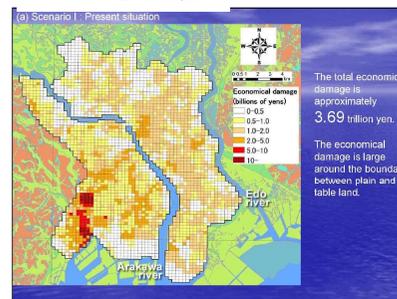


気候変動を考慮した地震による経済的被害評価手法

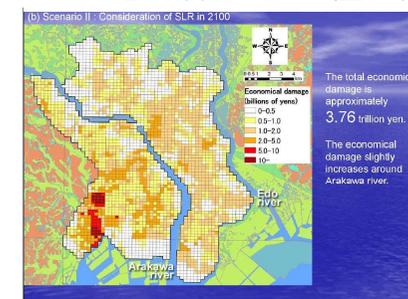
- 地震による経済的被害評価方法は、**谷口ら(1996)**が提案した方法を改良
- 谷口らの方法は、地震による経済的被害記録とその地域の統計指標である「**民力**」との関係によって確立
- 液状化ポテンシャルが地震による経済的被害の推定に与える影響を考慮するため、**液状化ポテンシャル P_L** に依存した**修正パラメータ**の値の変動を仮定

地球規模の気候変動を考慮した地震による経済的被害の評価手法

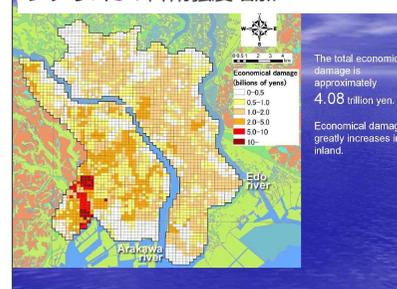
シナリオ1：現在



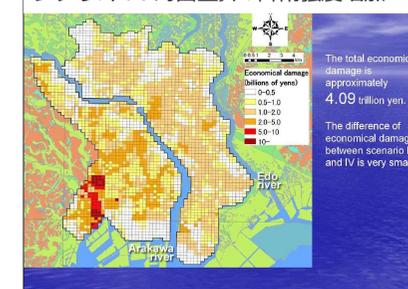
シナリオ2：海面上昇0.59m (2100年)



シナリオ3：降雨強度増加

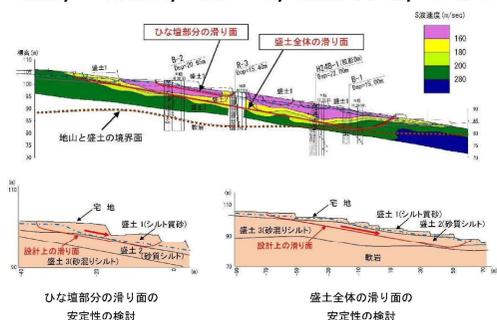


シナリオ4：海面上昇+降雨強度増加



WG③：降雨強度増加に伴う盛土造成地の盛土内水位の上昇とそれによる地震時の崩壊の危険性の増大

- 現在，国土交通省が全国で実施中の「**大規模盛土造成地滑動崩落防止事業**」の調査データを活用する。
 - 代表的な盛土を対象にして，降雨強度が増加した場合の盛土背後の集水地から地下水の流入や浸透を解析した上で，**地下水の流入・浸透による盛土内水位の上昇**を用いて，**豪雨時および地震時のすべり崩壊の発生しやすさの変化を定量的に解析**する。
 - 次に，関東の都県を対象にして，各都県で100年前に発生していた地盤災害と現在発生している全ての地盤災害を整理した上で，**50年後の地盤災害の定性的な評価**を行う。
- キーワード：代表的な盛土，降雨強度，地震外力，盛土内水位，浸透流解析（定常・非定常）



図参 6.8-① ひな壇部分および盛土内部における安定計算事例（仙台市の被災盛土造成地）
仙台市HP：仙台市宅地保全審議会技術専門委員会委員会資料。
http://www.city.sendai.jp/fuzoku/1208132_2699.html, 2012.

都県で公開されている大規模盛土造成地データを活用した検討

□ 解析モデルの作成案

- ① 「大規模盛土造成地滑動崩落防止事業」の調査データを収集し，各都県の**大規模盛土造成地の特徴（盛土高さ/厚さ，幅，長さ，原地盤の勾配，造成年代）**を整理する。
- ② 大規模盛土造成地の盛土層の特性を評価するために，既存の**ボーリングデータやSWSなどの地盤情報を収集整理**する。
- ③ ①と②を統合することで各都県の代表的な盛土を仮定する。

□ 盛土内水位の設定

気候変動を考慮した降雨強度を用いて，**浸透流解析による盛土内の浸潤線の推定**

□ 安定計算

円弧すべりと直線すべりを考慮する**複合すべり面**で**安定性を評価**する。

埼玉県鳩山町の事例

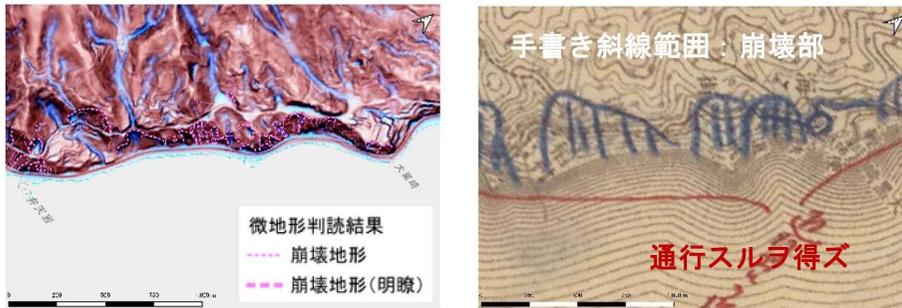
第二次スクリーニング計画の策定資料を収集。
造成年代，盛土および擁壁の変状と構造，変状，地下水，盛土下の不安定な土質

既往研究事例②

道路沿道斜面を対象とした地質地盤情報の整理・統合と3次元地震応答解析

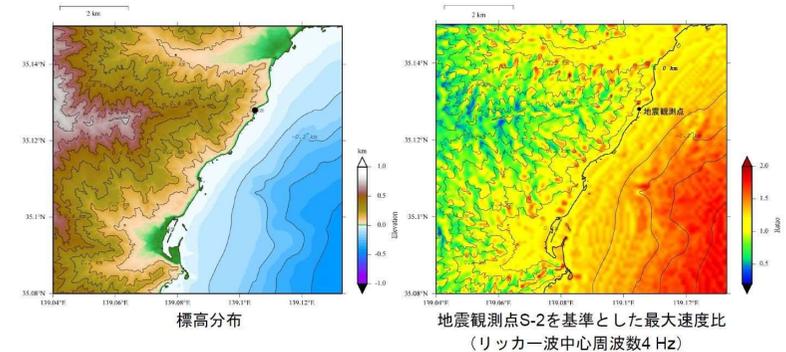
山田 岳峰, 笠松 健太郎, 王 林, 王寺 秀介 土木学会第78回年次学術講演会投稿論文

- 崩壊痕と関東大震災の被災記録を比較することで、被災範囲について検討
- 主要幹線道路を含む周辺地域の**3次元地震応答解析**を行い、急崖地において地震応答が大きくなる箇所の特徴を分析。



微地形判読結果と1923年関東大震災斜面崩壊部の記録（一部加筆）の比較

- 平面波入射による3次元地盤応答解析を行い、岩盤での揺れ易さの空間分布を評価
- 陸域は5mメッシュDEM、海域は日本水路協会の海域地形図を元に作成
- 計算領域:約8 km四方 格子間隔:水平20m、上下10mとした差分法
- +E加振とした**リッカー波**を、平面波として鉛直下方から入射。リッカー波の中心周波数は、既往地震観測点の振幅比(2E/2E)に卓越が見られた4Hzとした
- 地盤物性は、近隣のKiK-netを参考に、S波速度1820m/s、P波速度3530m/sの半無限一様媒質として与える。減衰は、 $Q=2*f$ (周波数4Hzで $Q=8$)を仮定。
- 4Hzの地震動振幅は**地形の影響を受けて大きく変動し、尾根部で大きく、谷小さくなる様子が明瞭。**



成果

- 研究成果は、報告書として取りまとめ、国、自治体、事業者、一般市民向けに**ウェブサイト**で公開する。
- また、気候変動を考慮した地盤災害マルチハザードに対する脆弱性を明らかにすることで、**関東の都県の防災対策の基礎資料**とする。

スクリー式簡易貫入試験 (SWS) による宅地の液状化に対する安全性検討方法 (案)

目的

- 地盤工学会関東支部「**地盤情報を活用した首都直下型地震に対する宅地防災検討委員会**」の活動
- 国土交通省から「**リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き**」を公開。
- この中の「**液状化危険度マップ**」は、**250mメッシュ**表示が標準、**地盤情報が存在しないメッシュは空白表示**としている。

→これでは**住民が本当に知りたい「自分が住んでいる場所」「今後住む予定の場所」の液状化危険度が分からない。**

- そこで、**簡易地盤調査**に着目し、住民が自ら液状化危険度を評価できる「**スクリー式簡易貫入試験 (SWS) による宅地の液状化に対する安全性検討方法 (案)**」を作成した。

委員会メンバー構成

No	会務	氏名	所属
1	委員長	清水 隆文	宇都宮大学
2	顧問委員	龍岡 文夫	東京理科大学
3	幹事	王寺 秀介	中央開発株式会社
4	委員	穴太 聖哉	東京ガス株式会社
5	委員	石川 敬祐	東京電機大学
6	委員	大井 昌弘	国立研究開発法人 防災科学技術研究所
7	委員	落合 努	神奈川大学
8	委員	木村 克己	公益財団法人 深田地質研究所
9	委員	小荒井 衛	茨城大学
10	委員	後藤 聡	山梨大学
11	委員	佐々木 修平	住友林業株式会社
12	委員	末松 孝朗	独立行政法人都市再生機構
13	委員	末政 直晃	東京都市大学
14	委員	鈴木 一成	株式会社ダイヤコンサルタント
15	委員	鈴木比呂子	千葉工業大学
16	委員	関口 徹	千葉大学
17	委員	武田 啓司	独立行政法人都市再生機構
18	委員	塚本 良道	東京理科大学
19	委員	辻 浩平	ジャパンホームシールド株式会社
20	委員	中尾 健人	ベースロードパワージャパン株式会社
21	委員	丸山 昌則	基礎地盤コンサルタント株式会社
22	委員	三上 武子	基礎地盤コンサルタント株式会社
23	委員	安田 進	東京電機大学
24	委員	山口 恵美	関東学院大学
25	委員	吉澤 睦博	株式会社竹中工務店
26	委員	渡邊 康志	ジャパンホームシールド株式会社
27	委員	和田 里絵	応用地質株式会社
	委員	司 貴文	独立行政法人都市再生機構
28	オブザーバー	名兒耶 薫	東京都
29		西 喜士	川崎市港湾局

21

対象者：住民、自治体の防災担当者、住宅業者を対象

戸建て住宅を**新築**する場合、もしくは**耐震補強**をする場合に適用

①液状化の検討を行う必要性の検討

- ・自治体の液状化ハザードマップから、液状化の危険度を概略評価
- ・液状化ハザードマップがPL値のみで作成されている場合は、注意が必要

②人工地形と液状化履歴の調査

- ・宅地造成前の地形図や航空写真を調べて、液状化が発生しやすい人工地形に該当しないか否か検討。
- ・過去の液状化履歴を、文献をもとに調査

③近隣の土質断面図や既往ボーリングデータの収集

- ・自治体作成の土層断面図や近隣のボーリングデータを収集し、対象宅地付近の土層構成を把握
- ・把握した土層構成をもとに簡易地盤調査の箇所や調査深度を設定

④簡易地盤調査の実施

- ・SWS, SDS試験の調査方法、地下水位測定方法、試料採取深度の選定方法、簡易な粒度試験方法等を記載

⑤簡易地盤調査結果を用いた液状化の判定

- ・簡易地盤調査から「道路橋示方書・同解説」または「建築基礎構造設計指針」の方法により液状化に対する安全率（FL値）、液状化指数（PL値）や地表変位量（Dcy）
- ・表層の非液状化層厚H1を求め、宅地の液状化被害の判定を実施。

⑥戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の推定

- ・FL値の深度分布と建物の荷重などを用いて、国土交通省の手引きに従って戸建て住宅のめり込み沈下量および傾斜角を推定

⑦液状化による被害ランクの判定および対策実施の判断

- ・「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」に従い、被害ランクを判定

⑧液状化に対する対策工法の選定

- ・液状化の発生を防止する工法と液状化しても被害を受け難いようにする工法に大別

22

地盤工学会 関東支部 ホームページで公開

https://jibankantou.jp/group/jibandb3_sws.html

【地盤情報を活用した首都直下型地震に対する宅地防災検討委員会】

「スクリーウエイト貫入試験（SWS）による宅地の液状化に対する安全性検討方法（案）」PDF版を公開しました。



「スクリーウエイト貫入試験（SWS）による宅地の液状化に対する安全性検討方法（案）要約版」PDF版を公開しました。



「液状化判定プログラムCKC-Liq(中央開発製)」は、下記サイトよりダウンロード可能です。

<http://g-cube.ckcnet.co.jp/ckcliq.html>

「めり込み沈下量と傾斜角の計算Excelファイル(復建調査設計株式会社作成)」を公開しました。

→ 詳細はこちら

23

ご清聴ありがとうございました

24