

2014年1月31日

横浜環状南線事業評価における地震・地震動と被災の予測について

立石雅昭（新潟大学名誉教授）

専門：地質学

1995年（平成7年）1月17日の兵庫県南部地震の後、日本列島は地震の活動期に入ったとされ、以降、各地で地震災害が多発しています。とりわけ、近代都市における震災は、社会的インフラの被災を含めて甚大な被害をもたらすことから、中央防災会議ならびに各都道府県は都市部を中心に地震防災・減災対策の高度化を進めています。

中央防災会議は甚大かつ広範な被害をもたらした東日本大震災の経験や教訓を踏まえて、国の防災基本計画を2011年（平成23年）12月に見直しました。神奈川県でもこれに習ってこれまでの地震災害対策を全面的に見直し、2012年（平成24年）4月に「地域防災計画～地震災害対策計画～」を修正しました。また、横浜市も2012年（平成24年）10月に、「地震被害想定調査報告書」を見直しました（横浜市、2012）。

地震防災の基本は、発生が予測される地震・地震動の規模とその影響について、最先端の手法を用いて解析するとともに、近年多発してきた地震による重要構造物の被災の教訓にもとづいた対策を施すことです。中央防災会議の防災基本計画では「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波を想定し、対策を推進する」ことを規定し、神奈川県や横浜市でも、新しい防災計画は基本的にこの視点を踏まえて改定されています。

そうした視点で見ると、2012年（平成24年）11月26日に開催された国交省事業評価監視委員会（平成24年度第5回）における一般国道468号首都圏中央連絡自動車道（金沢―戸塚）（横浜環状南線）に関する評価は、きわめて不十分です。地震調査研究推進本部の長期評価や、文部科学省の地震による被災軽減に関する最新の研究、さらには東北日本大震災の経験と教訓を踏まえた検討がなされていない、と言わざるを得ません。

まず、監視委員会では地震動ならびに液状化予測に関して、最新の解析手法で得られた想定結果に沿った検討が行われていません。

次に、近年相次いで発生した地震による重要構造物の被災の教訓についても何ら議論されていません。

全体として、上記監視委員会の審議は、地震と地盤災害、それによる構造物の被災に関して、希望的楽観論に貫かれ、中央防災会議（2013）や神奈川県防災会議（2012）による地震防災のあり方に関する基本的視点ともあいられないものとなっています。

参考文献：

矢的照夫・梅原俊夫・青木一二三・中村 晋・江 順一・末富岩雄（1996） 兵庫県

- 南部地震による神戸高速鉄道・大開駅の被害とその要因分析。土木学会論文集、No.537/I-35、303-320。
- 土木学会（2000） 土木構造物の耐震基準等に関する提言「第三次提言」とその解説。87p. 土木学会。
- 国土交通省（2002） 土木・建築にかかる設計の基本。31p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004） 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価。31p.
- 文部科学省（2007） 大都市大震災軽減化特別プロジェクト総括成果報告書。352p.
- 神奈川県地震被害想定調査委員会（2009） 神奈川県地震被害想定調査報告書。
- 土木研究所（2006） 山岳トンネルの耐震対策技術に関する研究。8p。
<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/pdf/report-seika/2009-28.pdf>
- 神奈川県防災会議（2010） 神奈川県防災戦略。32p. 神奈川県。
- 中央防災会議（2011） 防災基本計画新旧対照表。 <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/21/pdf/shiryo01.pdf>。
- 神奈川県防災会議（2012） 神奈川県地域防災計画～地震災害対策計画～。
- 横浜市（2012） 横浜市地震被害想定調査報告書。136p.
- 文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所（2012） 神縄・国府津－松田断層帯における重点的な調査観測 平成 21～23 年度成果報告書。
- 国土交通省関東地方整備局（2012） 事業評価監視委員会（平成 24 年度第 5 回）議事録。19p.
- 国土交通省関東地方整備局（2012） 事業評価監視委員会（平成 24 年度第 5 回）資料 4-3-③。27p.
- 中央防災会議 首都圏直下地震対策検討ワーキンググループ（2013） 「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）53p.」および「～首都直下の M7 クラスの地震および相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等に関する図表集～ 31p.」。中央防災会議。

以下、上記参考資料を参考に、横浜環状南線の立地検討にあたって事業評価監視委員会で十分に検討すべき課題を具体的に指摘します。

I. 求められる震度予測への基本的対応

神奈川県地震被害想定調査委員会（2009）は、神奈川県における地震被害を想定する上で、従来対象としていた、東海地震、南関東地震、神奈川県西部地震、神奈川県東部地震、神縄・国府津－松田断層帯地震の 5 地震に加え、新たに、中央防災会議で検討された東京湾北部地震と三浦半島断層群による地震を対象とし、計 7 地震について地震動を検討して

います。あわせて、文科省研究プロジェクト（略称大大特）」の成果を踏まえ、参考地震として南関東地震と神縄・国府津－松田断層帯の連動地震についても調査対象として追加しています。

文部科学省が「首都圏や京阪神など大都市圏において大地震が発生した際の、人的・物的被害を軽減するための科学・技術基盤の確立」を目的として、2002年（平成14年）度から2006年（平成18年）度の5カ年計画で取り組んだ「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の成果は2007年（平成19年）3月にとりまとめられています。このプロジェクト研究は、Ⅰ 大都市圏地殻構造調査研究、Ⅱ 震動台活用による耐震性向上研究、Ⅲ 災害対応戦略研究、Ⅳ 耐震研究の地震防災対策への反映、の4つのプログラムで構成され、理学・工学・社会科学などの幅広い分野から、多くの研究機関・研究者の参加のもとに推進されました。このプロジェクト研究の特筆すべき成果として、神奈川県、とりわけ、横浜市域に甚大な影響を与える相模湾で沈み込むフィリピン海プレートの上面が従来の想定よりも顕著に浅いこと（添付資料図1・図3）、地震発生確率が高いと予測されていた国府津－松田断層帯の深部延長がプレート境界の断層に合流する（図2）ことなどがあげられます。大大特プロジェクト総括成果報告書では、足柄平野と大磯丘陵の境界部に位置する日本の内陸部の活断層の中でも最大級の変位速度を示す国府津－松田断層は、添付資料図2の反射法地震探査断面において、反射面の不連続な傾斜の変換によって認識でき、沈み込むフィリピン海プレートの上面の反射面に地下6kmで収束するとしました。そして、国府津－松田断層はプレート境界の巨大断層からの分岐断層であり、プレート境界の巨大地震に伴って活動するものと推測しました。

神奈川県および横浜市の地震被害想定調査委員会ではこの成果を積極的に取り入れて、地震防災に生かす努力を進めています。

神奈川県地震被害想定調査報告書（2011）では、対象とする地震ごとに、各市町村別の最大・最小震度が（表2.4-2）にとりまとめられています。また、各地震による各地点の震度分布もまとめられています（添付資料図4・5）。それによれば、環状道路の建設予定地の栄区内の最小震度は東海地震と神奈川県西部地震で震度4とされていますが、残りの6つの地震ではいずれも震度5弱あるいは5強です。新しい被害想定では当該予定路線に沿って震度7にいたる最大震度の地点はありませんが、いずれも最大震度は6強となっていて、地震防災の基本に立てば、全域的に震度6強ないし5強を想定した対策が求められることは明らかです。さらに、神奈川県地震被害想定調査報告書（2011）は、地震によるやや長周期の地震動について、ハイブリッド法による速度応答値を東海地震と南関東地震（添付資料図7）について示しています。構造物の耐震安全性を検討する際に、震度と共に、こうした速度応答値や加速度応答値の検討は欠かせません。

事業評価監視委員会（平成24年度第5回）で検討された地震動予測に関する資料4-3-③は横浜市の2012年（平成24年）10月作成のHPからの資料とされています。その中で、横浜市が2005年（平成17年）に作成した南関東地震の震度分布予測図も示されています。

この予測図では、計画路線に沿って一部地域で震度 7 が想定されています。2012 年（平成 24 年）の元禄型関東地震の震度予測分布に比して、震度が大きく想定されていた部分がありますが、震度の予測方法の違いによるもの（横浜市、2012）とされています。こうした震度予測をもとに、防災対策を検討する際の基本的視点は、最大クラスを想定して対策を考えることが基本です。本来であれば、震度算定方法自体にも踏み込んで議論するべきですが、少なくとも、震度予測の大きな方への対策を検討しなければ、地震動対策を怠っていると云わざるを得ません。計画路線全線に沿って、少なくとも震度 6 強ないし 5 強への対策が求められます。

なお、神奈川県「e-かなマップ」では、各対象地震毎に 250m メッシュでの震度分布（図 6）が公表されています。

国土交通省関東地方整備局（2012）の事業評価監視委員会の議事録を見る限り、神奈川県を襲うことが危惧されるこうした地震動に対する備えについて、外部からの委員の見解を聞き置いただけで、実質的に検討した形跡がまったく伺えないのは大きな問題です。

II 液状化への対策の不備について

添付資料図 8 と図 9 に、神奈川県（2009）の南関東地震による液状化予測図と横浜市（2012）の元禄型関東地震による液状化危険度予測を示します。又、添付資料図 10 に神奈川県「e-かなマップ」による横浜環状南線沿線付近の液状化予測図を示します。県による予測と市による予測に若干の違いが見て取れます。推定に用いた入力される地震動や推定手法の違いを反映しています。しかし、南関東地震、あるいは元禄型関東地震に対応する構造物の建設を評価するには、計画路線に沿った各地点での液状化の可能性を検討しなければなりません。

神奈川県や横浜市の地震被害想定調査報告書では、液状化危険度を岩崎ほか（1980）にそって、判定（ P_L 値によるランク判定）しています。それによると、液状化危険度が低いとされる地点でも、特に重要な構造物に対しては、より詳細な調査が必要とされている（神奈川県地震被害想定調査報告書）ものです。従って、計画路線に沿って液状化の可能性とそれへの対策について、詳細な調査・検討が求められます。事業評価監視委員会（平成 24 年度第 5 回）では横浜市の被害想定調査委員会による液状化危険度分布が資料 4-3-③に示されています。これについて、事業評価監視委員会（平成 24 年度第 5 回）議事録を見る限り、液状化による影響の検討は庄戸地区の盛り土に関する外部委員の意見聴取だけで済まされているのは、きわめて問題です。計画路線全線に沿って検討すべきです。とりわけ、液状化の危険性が指摘される沖積低地の橋脚部分の検討がおざなりです。後述しますが、大大特プロジェクトでの成果にも学んで、盛り土を含めた、より深掘りした検討が必要です。

III 重要構造物の被災、とりわけ構造物の基礎地盤の破壊について

1995年の兵庫県南部地震は高速道路の倒壊、鉄道高架橋の落下（添付資料図 11-1）、地下鉄トンネルの崩落（添付資料図 11-2）を引き起こし、世界に誇ってきた日本の土木構造物設計・施行技術に対する信頼が大きく揺らぎました。土木構造物のこうした地震被災を受け、社団法人土木学会をはじめ、関連学会では被災の実態調査と要因分析を進め、対策を含めた耐震基準などの提言（土木学会、2000;「第三次提言」など）を行い、国土交通省でも、2002年に「土木・建築にかかる設計の基本」を策定しています。こうした動きも受けながら、大都市圏における大地震による被害を軽減するための科学的・技術基盤を確立することを目的とした文科省大大特プロジェクトでは、プログラムとして「II 震動台活用による構造物の耐震性向上」が取り組まれ、その中で研究課題の一つとして地盤・基礎が取り上げられました。この E-ディフェンスによる実大土層を用いた実験では、水平な剪断土層（非液化化状態：乾燥砂）中に杭基礎を埋め込んで、兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された地震波実記録（最大加速度約 600 ガル）で加振され、杭基礎の破壊実験も行われています。その結果、杭基礎の破壊が再現され、地震時のどの時点でどのような力が作用したかの貴重なデータが取得されています。

こうした関係者のたゆまぬ努力の中で、土木構造物の耐震安全性に関する知識や技術は確実に進歩しています。一方で、2004年の中越地震で、従来比較的安全だとされていた地山を掘削して作られた「山岳トンネル」の安全性に疑問を呈する事態が発生したり（添付資料図 12）、2011年の東北地方太平洋沖地震で耐震補強されていない橋梁などの土木構造物に被災が発生しました。それらの被災事象に対しても、関連する学会や関連機関はその被災の教訓を生かすべく、調査・解析に努めておられます。

要は、土木構造物の設計・建造にあたって、最新の知見や技術を生かした耐震安全設計にどう取り組むかであり、安全性を確保するにはどれだけの費用がかかるのか、その投資に見合う効果が期待されるのかどうか、事業評価監視委員会で厳しく議論が交わされることが求められます。

事業評価監視委員会での審議が安易に進められれば、国民の安全・安心を求める思いや声はとどめることはできません。横浜環状南線に関する事業評価監視委員会（平成 24 年度第 5 回）の議事録と、資料を見る限り、事業継続を判断した評価は再検討されるべきです。

添付資料 図1～図3 相模トラフ沿いの震源断層に関する新たな調査成果



図 1

図 1. 首都圏の制御震源による地殻構造探索測線図。TZ: 丹沢ブロック(伊豆-小笠原弧由来の島弧地殻)、IZ: 伊豆ブロック、AC: 主に新第三紀の付加体、HpN: 先新第三系。1703 年元禄地震(黒い星印) と 1923 年関東地震の震源(赤い星印)。赤実線: 稠密発震による反射法地震探査測線、青実線: 低重合のみによる反射法地震探査測線。

文部科学省「大大特プロジェクト研究成果報告書」(2007)

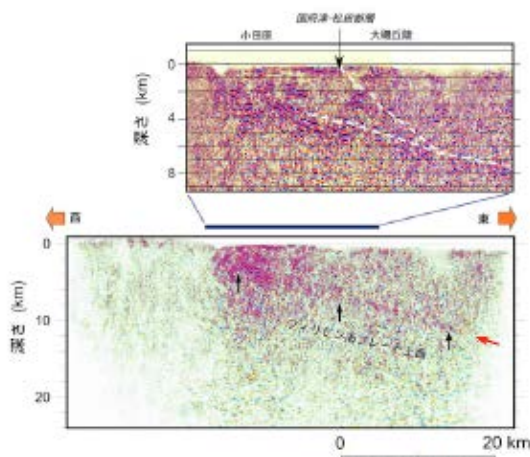


図 2

図 4 相模湾測線における反射法地震探査断面。(上)国府津-松田断層の地下形状。(下)測線全区間の断面。東に傾斜した反射面は、1923 年関東地震の震源断層に相当するフィリピン海プレートの上面。

文部科学省「大大特プロジェクト研究成果報告書」(2007)

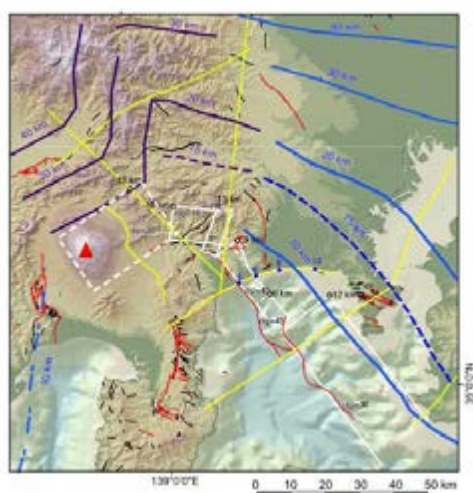


図 3 神縄・国府津-松田断層の 3 次元形状モデル。断層は白枠の矩形で平面の投影。これらの断層系はプレート境界断層からの分岐断層であるため、プレートの深さを佐藤ほか(2012)により等深度線で表現。青色の実線は、フィリピン海プレート上部地殻上面がプレート境界となっている領域。紫線は衝突・剥離により、フィリピン海プレート地殻中部がプレート上面となっている領域。青の一点破線は Nakajima et al. (2009) による等深度線。青丸と数値は、相模測線沿いのフィリピン海プレートまでの深度、黒丸と数値は、プレート境界と接する場所の深度。黄色線は検討対象とした反射法地震探査測線。赤線、活断層。白破線は、神縄断層の西方延長の断層。断層下端部の数値は曾根丘陵断層帯の深部延長との交線深度。

文科研究開発局・東大地震研 (2012)

図4 震度分布図：南関東地震 神奈川県地震被害想定調査委員会（2009）

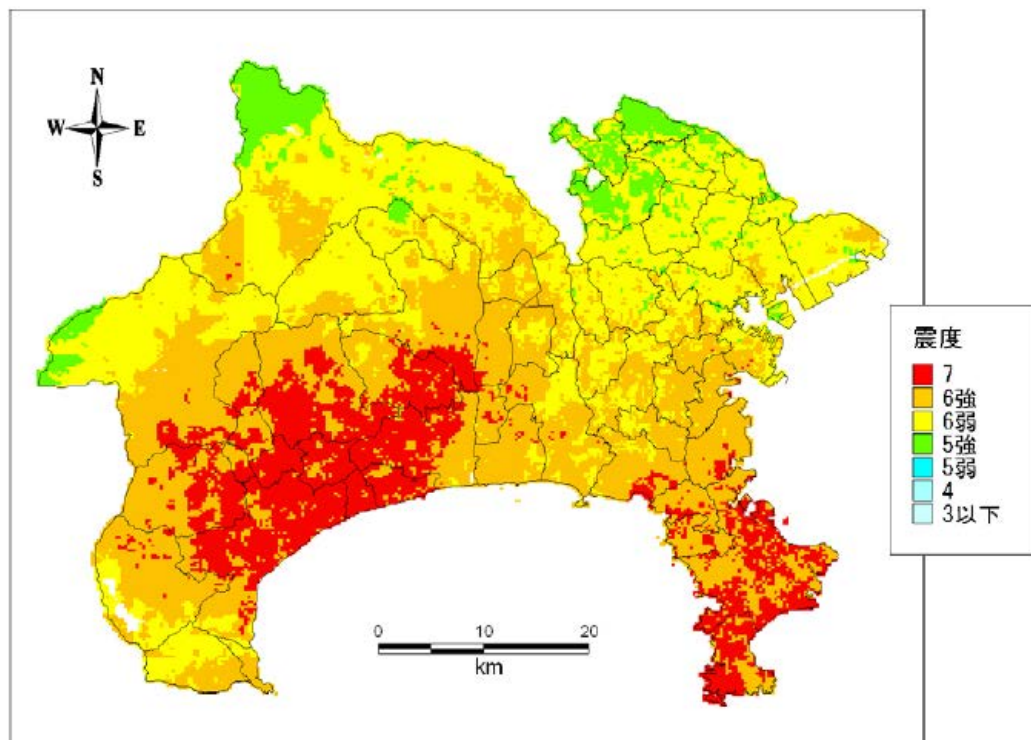


図5 震度分布図：南関東地震と神縄・国府津－松田断層帯の連動地震
神奈川県地震被害想定調査委員会（2009）

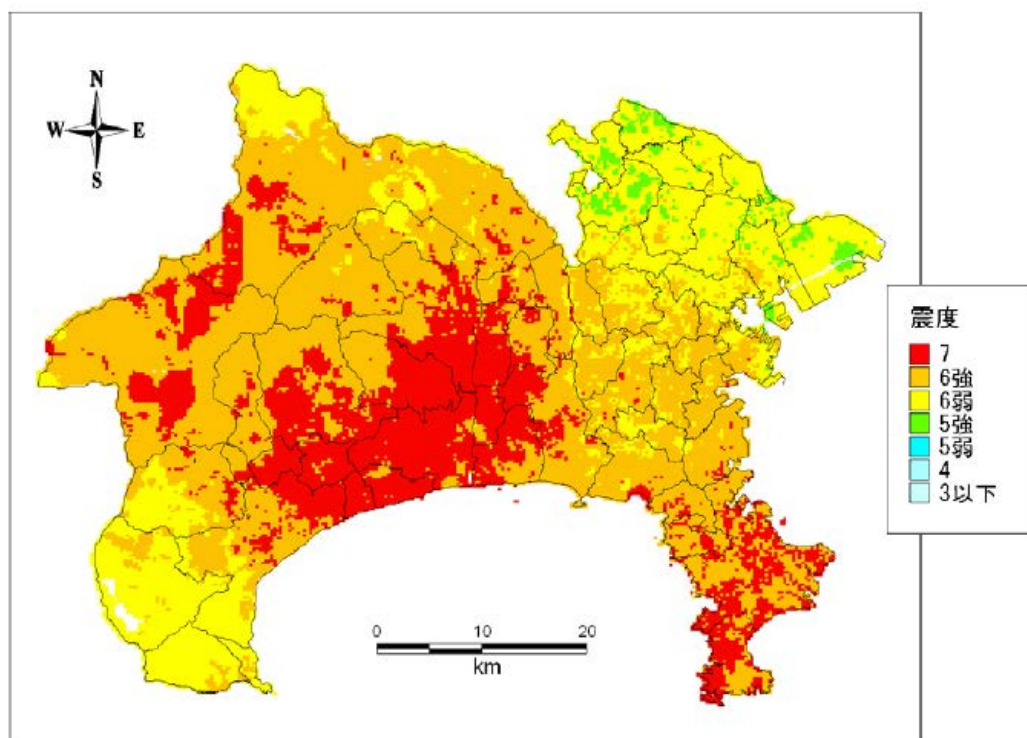
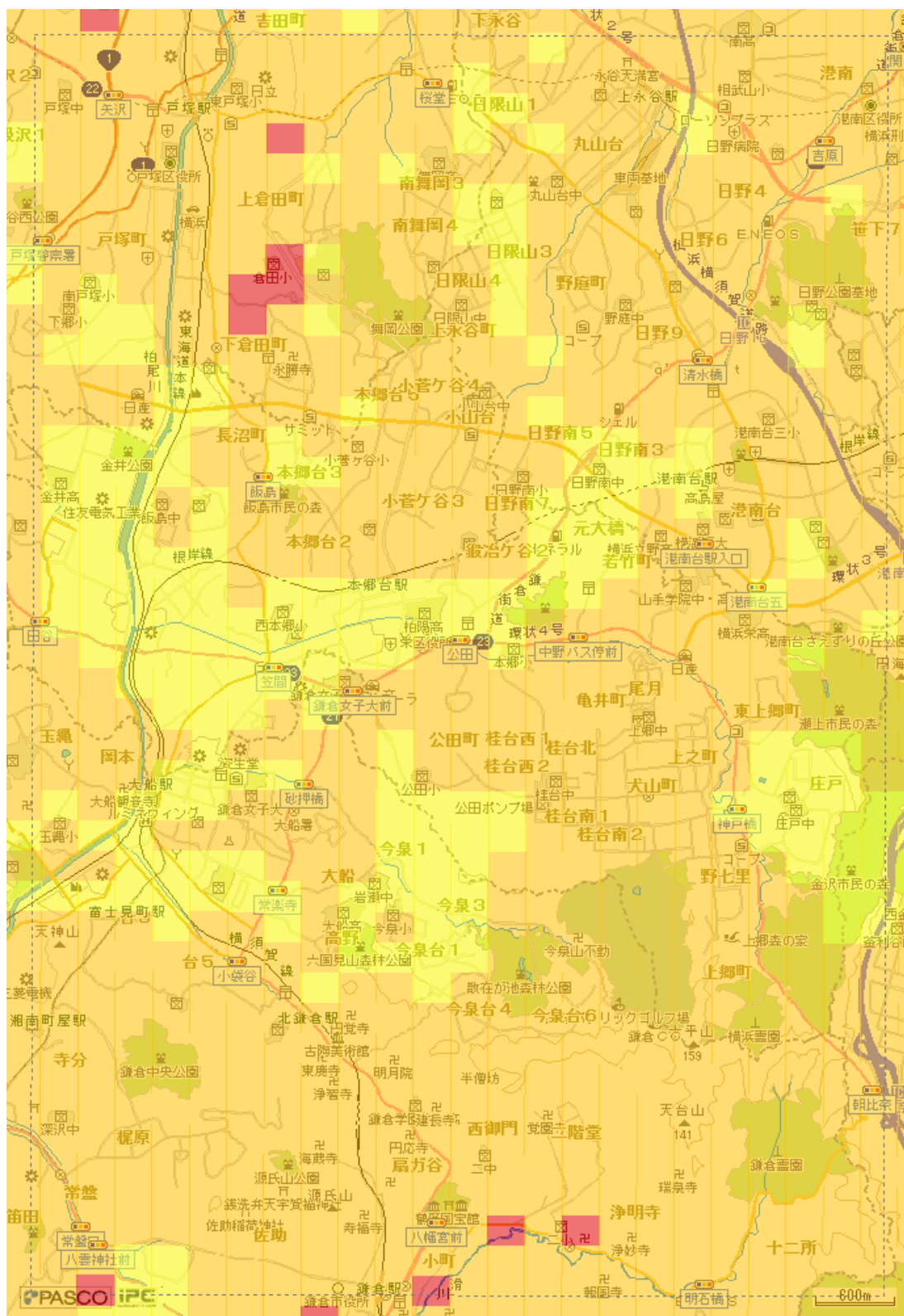


図6 南関東地震と神縄一国府津・松田断層の連動地震による横浜市栄区の震度分布
(e-かなマップ)



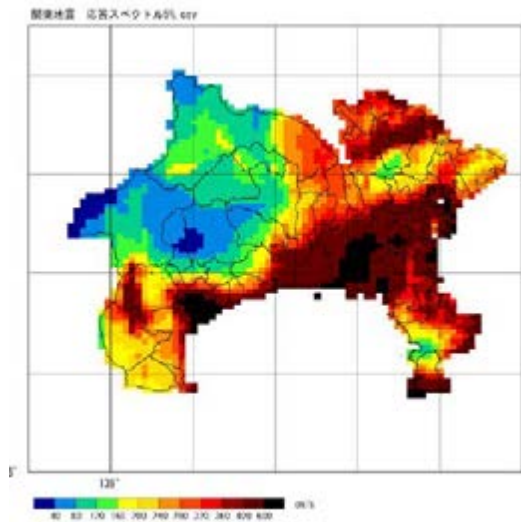


図7 ハイブリッド法による速度応答値：南関東地震（周期5秒、減衰5%）
（神奈川県地震被害想定調査報告書：2009）

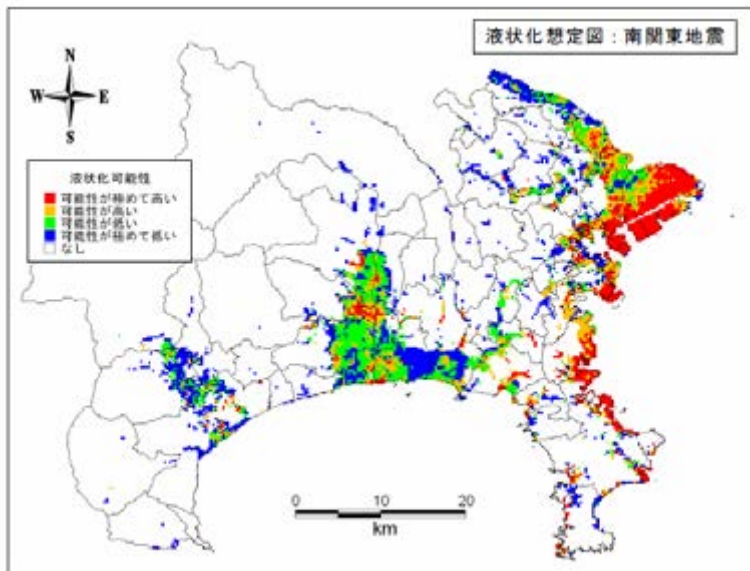
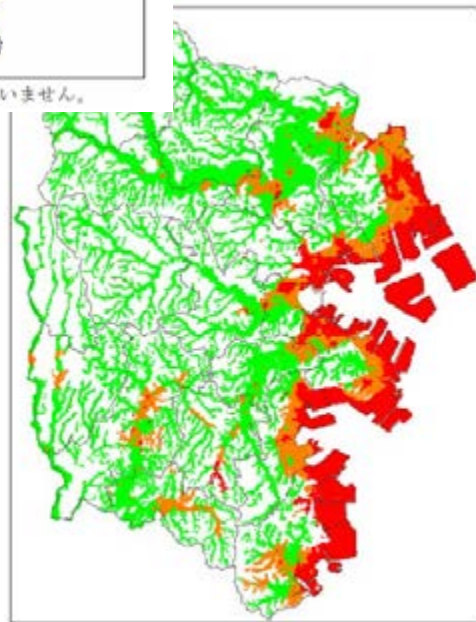


図8 液状化予測図：南関東地震（神奈川県地震被害想定調査委員会、2009：「報告書」）

※ 土地所有者等が実施した地盤改良等の液状化対策は考慮していません。

図9： 液状化危険度予測図（横浜市、2012：横浜市地震被害想定調査報告書）



(a) 元禄型関東地震

図 1 1 - 1 兵庫県南部地震による土木構造物の被災状況 (国土交通省:平成 7 年度白書)

1 - 1 - 4 図 鉄道施設被災写真 (山陽新幹線:西宮市)



図 1 1 - 2 兵庫県南部地震による神戸高速鉄道トンネルの被災状況 (日経 BP 社)

120mにわたって駅舎が崩壊した神戸高速鉄道の大開駅(神戸市兵庫区)。土かぶり4.8mの地下にあった躯体の中柱35本がせん断破壊したために天井スラブが崩落した

●神戸高速鉄道・大開駅の標準断面図

▽ GL 大開通り(国道28号)

(注)コンコース階があるのは、駅の東端約15m

図 12 中越地震による土木構造物の被災例（木沢トンネル：土木研究所、2009）

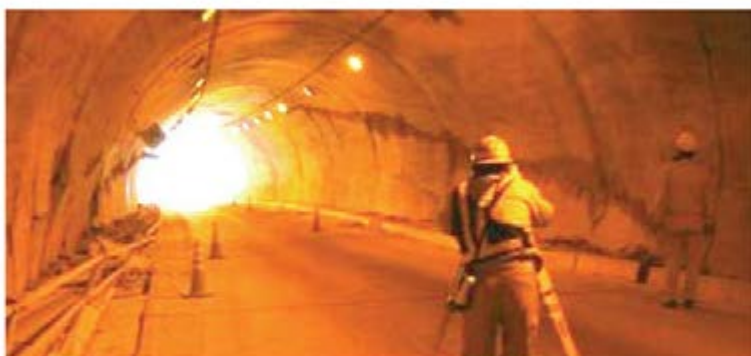


写真-1 木沢トンネルの地震被害



図 13 中越地震によって、十日町市街地で、ほくほく線開削トンネル直上の家屋が傾いた。埋め戻し土が揺すり沈下を起こしたとされる。