

2017年3月 関西大学審査学位論文

**地震に伴う広域地盤変動を考慮した氾濫リスクに関する基礎的研究**

Research on flooding risk reflecting a ground deformation around wide-area  
due to an inland fault zone earthquake

**関西大学大学院 社会安全研究科 防災・減災専攻**

**水防災研究・社会減災政策研究専修**

Graduate school of Societal Safety Science, Kansai University

**江原 竜二**

EHARA Ryuji

# 論文要旨

論文題名 地震に伴う広域地盤変動を考慮した氾濫リスクに関する基礎的研究

氏名 江原 竜二

地震に伴う広域地盤変動が、治水計画の構想・計画段階において考慮すべき地震ハザードであることを示すことを、本研究の目的としている。研究の過程で、大阪府の過去の治水投資を、現状の治水機能を新たに築き上げるために必要となる、時間と経費の指標としてまとめた上で、科学的根拠に基づいて断層帯の活動に伴う地表面の変動量を把握し、河川の氾濫リスクが惹起される可能性を明らかにした。

本研究は、内陸断層帯の活動に伴う地殻変動に起因するハザードを中心に、広域的な地表面の標高の変化を広域地盤変動と定義し、地震ハザードとして取り上げた。広域地盤変動の現象は、プレート境界を震源域とする海溝型地震において顕著である。海溝型地震は津波を伴うため、海域沿岸の地盤変動量の予測は、津波の高さを想定することに加え、防災対策を検討する上で非常に重要な項目となっている。しかし、内陸断層帯を震源とする地震に伴う広域地盤変動は、陸域の公共用水域の代表である河川からの氾濫リスクを惹起する、地震発生後の防災上の検討課題としては取り上げられていない。内陸断層帯の同じ箇所でも複数回発生している地震や地震被害に関する記録は、ほとんどが地盤情報に頼っており、歴史記録が極めて少ない。そのためこのハザードは、自然科学的な分野からのアプローチによって地盤変動を再現し、その結果の妥当性を示すことが不可欠となる。

本論文は、5章から構成される。

第1章の序論では、地震に伴う広域地盤変動に関する我が国の最近の事例と、大阪平野周辺の事例を挙げ、これらの現象を分析する中で、大阪湾周辺を対象とすれば、海溝型地震より内陸断層帯地震の方が大きな地盤変動を引き起こすことになることを示した。その上で、内陸断層帯地震は、同じ断層帯を震源とする過去の地震記録や被災がない場合が多く、地震に伴う広域的な地盤変動を防災上考慮できていないことを、現状の課題として提起した。

第2章では、地震に伴う広域地盤変動によって、治水機能が著しく損なわれることを念頭に、現在の治水機能を新たに築き上げるために必要とする時間と経費が、国および大阪府の財政力の中で耐え得る水準がどの程度なのか、1950年代（昭和30年代）以降の我が国の治水投資にかかる統計資料から把握した。その中で、大阪府が事業主体として実施した大阪高潮対策事業および寝屋川総合治水対策事業を事例に、現在の治水機能を新たに築き上げるために必要とする、時間と経費の指標を明らかにした。

第3章では、地震による治水機能への影響を論じる上で、堤防の耐震性能を評価するため、大阪府域全体で多岐にわたる土木構造物の耐震性能の評価の公平さを期すことに焦点をあて、地震応答解析時の工学的基盤面の設定深度の妥当性を検証した。大阪平野の沖積地盤は、沖積層の下層に、堅固とされる

$V_s$  が 300m/s 程度以上の洪積砂礫層とそれ以下の洪積粘土層が互層を形成していることから、大阪平野の沖積地盤を代表していると考えられるいくつかの地点を選定し、それぞれの地点で1次元非線形地震応答解析を実施した。このとき、既往の研究において工学的基盤として示されている洪積砂礫層 (Dg2層) の上端と併せ、その下層の  $V_s$  が 300m/s 程度以下の洪積粘土層の下端の基盤面にそれぞれ地震波を入力して、地表面の最大加速度や最大せん断ひずみの深度分布等がどうなるのかを検証し、土木建造物の耐震性能を検討する上で、大阪平野の沖積地盤における、適切な工学的基盤面の設定深度を示した。その上で、この工学的基盤面設定の考え方を適用した、大阪府による東部大阪の堤防を対象にした地震応答解析の結果を取り上げ、ひとつの断面を対象にした基礎地盤を含めた堤防沈下の状況を確認した。さらに、液状化の分布状況から、堤防沈下によって治水機能が確保できなくなる箇所が流域全体に及ぶ可能性を示した。

第4章では、内陸断層帯として上町断層帯を取り上げ、この断層帯を震源とする地震によって発生する広域地盤変動が、東部大阪の寝屋川流域の氾濫リスクにつながるハザードとなることを示した。まず、地盤を均質な半無限弾性媒質と仮定し、既往の調査・研究成果から矩形断層モデルと断層パラメータを設定した上で、Okadaの式 (ディスロケーションモデル) に基づき、媒質中の矩形断層のくいちがいによって生じる地表面の鉛直方向の変動量を、数値シミュレーションによって求めた。上町断層帯の1回の活動に伴う東部大阪の地盤変動の傾向は、大阪平野を構成する洪積粘土層である、Ma12層とMa10層の堆積状況に着目し、同地層が堆積し始めた年代以降の断層帯の推定活動回数に基づいて、地盤変動量を算定した。その結果、東部大阪において両地層の堆積年代間の傾動速度がシミュレーションと相関することがわかった。その上で、上町断層帯の1回の活動に伴う広域地盤変動によって、東部大阪の河川が逆勾配となり、第3章で確認した基礎地盤を含む堤防の沈下も加味して、流域の氾濫リスクにつながることを示した。さらには、観測水位を指標にした施設操作を行うことで洪水防御している寝屋川流域では、広域地盤変動は、地震発生後の施設操作ルールのチェックが不可避となるハザードとなることを明らかにした。加えて、断層活動の不確実性を示す例を挙げ、より深刻な被災につながる将来的な地震発生の傾向を把握することの重要性を示した。

第5章では、結論として、以上の各章の結果をとりまとめた。その上で、国土の至るところに活断層帯が存在する我が国において、治水計画の構想・計画の段階で、広域地盤変動への備えの検討が必須項目となるべきである、との観点に立ち、①治水計画立案にあたって考慮すべきこと、②すぐにでも対応すべきこと、③広域地盤変動の定量化に向けて取り組むべきこと、以上の3点について、今後に向けた提案をまとめた。

## ABSTRACT

Title            Research on flooding risk reflecting a ground deformation around wide-area due to an inland fault zone earthquake

Author         EHARA Ryuji

The purpose of this research is to show that a ground deformation around wide-area due to an earthquake is an earthquake hazard to be considered at the planning stage of the flood management plan. In the course of this research, the Author summarized that Osaka Prefecture's past investment on flood control as indicator of time and expense required to build up the current flood control function, grasped deformation amount of ground surface associated with activity of a fault zone, and cleared revealed the possibility of causing river flooding risk.

In this research, focusing on hazards caused by crustal deformation associated with activity of an inland fault zone, wide-area ground deformation that defined as a displacement in the altitude of the earth surface are taken up as the earthquake hazard. Wide-area ground deformation is noticeable in trench type earthquakes with the plate boundary as the focal region. Because trench type earthquakes are accompanied by the Tsunami, in addition to estimating height of the Tsunami, prediction of ground deformation at coastal area is very important item in considering disaster prevention measures. But wide-area ground deformation caused by inland fault zone earthquakes are not taken up as issues after earthquake to be considered for disaster prevention that causes flooding risk from rivers, which are representatives of terrestrial public waters. Most records of earthquakes disaster and earthquakes occurring multiple times in the same focal region of inland fault zone are depend on geology and geotechnical information and very few history records. So it is necessary that such hazards to reproduce the ground deformation by approach from natural science field and showing the validity of the result.

This paper consists of 5 chapters.

Introduction in this paper showed that ground deformation is larger in the inland fault zone earthquake than in the trench type earthquake in the area around the Osaka bay in analyzing recent cases of Japan and around the Osaka plain about wide-area ground deformation accompanying earthquake. Then the Author raised the current issue that wide-area ground deformation due to earthquakes is not considered for disaster prevention, because most records of earthquakes disaster and earthquakes occurring multiple times in the same focal region of inland fault zone.

In next of this paper, keeping in mind that the flood control function will be severely impaired by wide-area ground deformation due to earthquake, it was grasped the level that is required for the time and expense to build up the current flood control facility newly in the financial power of the national and Osaka pref. by using statistical data on investment in Japan's flood control since the 1950s. In the process of analyzing statistical data, it have revealed that time and cost indicators required to build a new flood control facility by analyzing example case that

the Osaka storm surge countermeasure project and the Neyagawa River Basin total flood countermeasure and management project by Osaka pref.

In Chap.3 of this paper, to evaluate the seismic performance of embankment in discussing on the flood control function due to earthquake, the Author focused on fairness of evaluation of seismic performance at many public infrastructures, and verified the validity of the depth of the engineering base surface for seismic response analysis. It was selected some verification points that is the representative of alluvial ground of the Osaka plain that is formed deposition of successive alternated of gravel layer ( $V_s \geq 300\text{m/s}$ ) and clay layer ( $V_s \leq 300\text{m/s}$ ) under the alluvial layer. And each site was applied one-dimension non-linear seismic response analysis, verified maximum acceleration and shear strain at ground surface by seismic wave input to each of the upper of the Pleistocene gravel layer (Dg2-layer) shown as the engineering base surface in previous studies and lower of clay layer ( $V_s \leq 300\text{m/s}$ ) under Dg2-layer, and showed appropriate depth of engineering base surface in order to examine the seismic performance of public infrastructures. Moreover, the Author took up a result of seismic response analysis by Osaka pref. applying this concept of setting engineering base surface in the east area of the Osaka plain, as a result, it was confirmed a situation of subsidence at one section of embankment and ground foundation in this area. Further, it was shown possibility to cover throughout the basin that flood prevention function cannot be ensured by subsidence of embankment assumed from the distribution situation of liquefaction.

In Chap.4 of this paper, the Author adopted the Uemachi fault zone as a case, and showed that ground deformation around wide area caused by this active fault zone earthquake can become a hazard to lead to a flood risk at the Neyagawa River Basin in the east area of the Osaka plain. First, the ground is assumed a homogeneous semi-infinite elastic medium, the fault parameters are set based on results of study and research of the past, and vertical displacement of earth's surface caused by dislocation of a rectangular fault in this medium was analyzed by numerical simulation based on the Okada's formula (the Okada's Dislocation Model). Next, it was grasped that a trend of ground deformation in the east area of the Osaka plain due to one event in the Uemachi fault zone, and paid attention to sedimentation situation of Ma12 and Ma10 layer which is diluvial clay formation make up the Osaka plain, and analyzed this situation and numerical simulation results with deformation based on the estimated number of activity times after formation of these layers started. As a result, about tilting rate of strata in these periods, it was found that numerical simulation results are correlated well with analysis results of geologic strata by geotechnical data in the east area of the Osaka plain. And, it was showed that wide-area ground deformation in this area due to one event in the Uemachi fault zone can become a hazard to lead to a flood risk because this ground deformation would cause reverse gradient of some rivers and subsidence of embankment and ground foundation that was verified at Chap.3. Moreover, the Author cleared this hazard was inevitable to check the facility operation rules after earthquake on the Neyagawa River Basin that controls floods by conducting facility operations with observation water level as an indicator. Furthermore, the Author showed some example of indicating uncertainty of fault activity, and it was point out the importance of grasping future trend of earthquake occurrence that is leading to more serious damage.

Final as conclusion it summarized the results of each chapter. In Japan where there are active fault zones throughout the country, so the Author's viewpoint is that study of preparation for wide-area ground deformation should be an indispensable item at the planning of the flood management plan. Moreover, the Author proposed three point, first is item to consider at planning the flood management plan, second is item to respond immediately, and third is item to tackle for quantifying wide-area amount of ground deformation.

# 目 次

## 第 1 章 序 論

1.1 地震に伴う広域地盤変動 .....	p.1
1.2 大阪平野周辺における主な記録 .....	p.4
1.2.1 昭和東南海・南海地震 .....	p.4
1.2.2 兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災) .....	p.7
1.3 氾濫リスクへの影響 .....	p.8

## 第 2 章 昭和 30 年代以降の我が国の治水投資

2.1 我が国の予算規模と治水投資 .....	p.11
2.1.1 国の予算規模と治水投資の推移 .....	p.11
2.1.2 地方自治体の予算規模と治水投資の推移(大阪府の例) .....	p.13
2.2 大阪府における主な治水事業 .....	p.14
2.2.1 大阪高潮対策事業 .....	p.16
2.2.2 寝屋川総合治水対策事業 .....	p.18
2.2.3 地震に伴う災害復旧(阪神・淡路大震災における堤防等の復旧) .....	p.20
2.3 治水事業の完成に要する時間と費用 .....	p.22

## 第 3 章 地震による治水機能への影響

3.1 堤防の耐震性能の評価 —地震応答解析に適用する工学的基盤面の設定— .....	p.25
3.2 検証地点および入力地震波の選定 .....	p.27
3.2.1 大阪平野の沖積地盤の特徴 .....	p.27
3.2.2 検証地点の選定 .....	p.28
3.2.3 入力地震波の選定 .....	p.30
3.3 地震応答解析の実施 .....	p.33
3.3.1 解析手法および解析モデル .....	p.33
3.3.2 解析結果 .....	p.36
3.4 地震動の入力深さについて —工学的基盤面の設定— .....	p.41
3.5 治水機能への影響 —東部大阪における堤防沈下に関する考察— .....	p.42

3.5.1	工学的基盤面の設定例	p.42
3.5.2	東部大阪における堤防沈下の検討例	p.44
3.5.3	液状化による堤防沈下と流域全体への影響	p.47
<b>第4章</b>	<b>地震に伴う新たな氾濫リスク－東部大阪をフィールドとした考察－</b>	
4.1	大阪平野と上町断層帯	p.49
4.2	上町断層帯の断層モデルと断層パラメータの設定	p.50
4.2.1	断層モデルとセグメントの設定	p.50
4.2.2	断層上端の深さ $d$ について	p.52
4.3	地盤変動シミュレーションとその妥当性の検証	p.54
4.3.1	地層の分布状況と断層活動から推定される累積地盤変動の傾向	p.55
4.3.2	断層活動による累積地層傾斜状況と地盤変動シミュレーションの相関性	p.57
4.3.3	上町断層帯1回の活動に伴う広域地盤変動について	p.60
4.4	地震ハザードとしての広域地盤変動の治水機能への影響	p.61
4.4.1	河床勾配の変動	p.62
4.4.2	高水位と堤防高に及ぼす影響	p.64
4.4.3	流域の洪水防御施設群の操作に及ぼす影響	p.64
4.5	断層活動の不確実性に関する考察	p.65
4.5.1	断層パラメータの不確実性について	p.65
4.5.2	近傍の断層活動の不確実性について	p.66
<b>第5章</b>	<b>結 論</b>	p.71
5.1	治水計画立案にあたって考慮すべき広域地盤変動	p.72
5.2	すぐに対応すべき備え－地盤標高及び水位観測体制の地盤変動への順応－	p.73
5.3	広域地盤変動の定量化に向けた取り組み	p.76
5.4	むすび	p.78
参考文献		p.79
謝 辞		p.85
巻末資料		p.87

# 第1章 序論

## 1.1 地震に伴う広域地盤変動

巨大地震は顕著な地盤変動を伴う。地盤変動と見なされる現象は、地震の発生に伴う地表面の地形の変形あるいは標高の変化を指す。地盤変動は、その原因および発生機構によって、大きく2つに分類することができる。すなわち、「地震の揺れに伴うもの」および「地殻変動に伴うもの」である。前者は、地震の揺れに伴って発生する、液状化等に起因する地盤の変形、斜面崩壊、などがある。後者は、地震断層に伴う地表面に生じるズレ、断層活動に伴う地殻変動に起因する広域的な地表面の標高の変化、などがある。いずれも地震に起因して、単独あるいは複合的に発生して災害へつながる、地震ハザードである。本研究では“断層活動に伴う地殻変動”に起因するハザードを中心に、“断層規模相応の範囲にわたって発生する広域的な地表面の標高の変化”を広域地盤変動と定義し、これを地震ハザードとして取り上げ、大阪平野の東部大阪をフィールドに、広域地盤変動に伴う河川の流域が被る治水機能の影響、すなわち氾濫リスクについて論じる。

断層活動に伴う地殻変動に起因する標高の変化については、海域沿岸であれば、日々の潮位との比較により、ある程度は認識できる一方、陸上では視覚的に認識することは難しい。海域沿岸が沈降すれば、日々の潮位変動による浸水リスクはもちろん、高潮や津波などによる氾濫リスクはより増大する。国土地理院では、被災状況の把握や応急活動に必要な情報のひとつとして、電子基準点の変動結果や、人工衛星や航空機を用いた測量等を駆使して、地盤の水平及び上下移動の状況を把握し、速やかに公表している。図1.1に、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の水平成分と上下成分の変動量<sup>1)</sup>を、代表例として示す。この情報は地震発生2日後に報道提供されている。

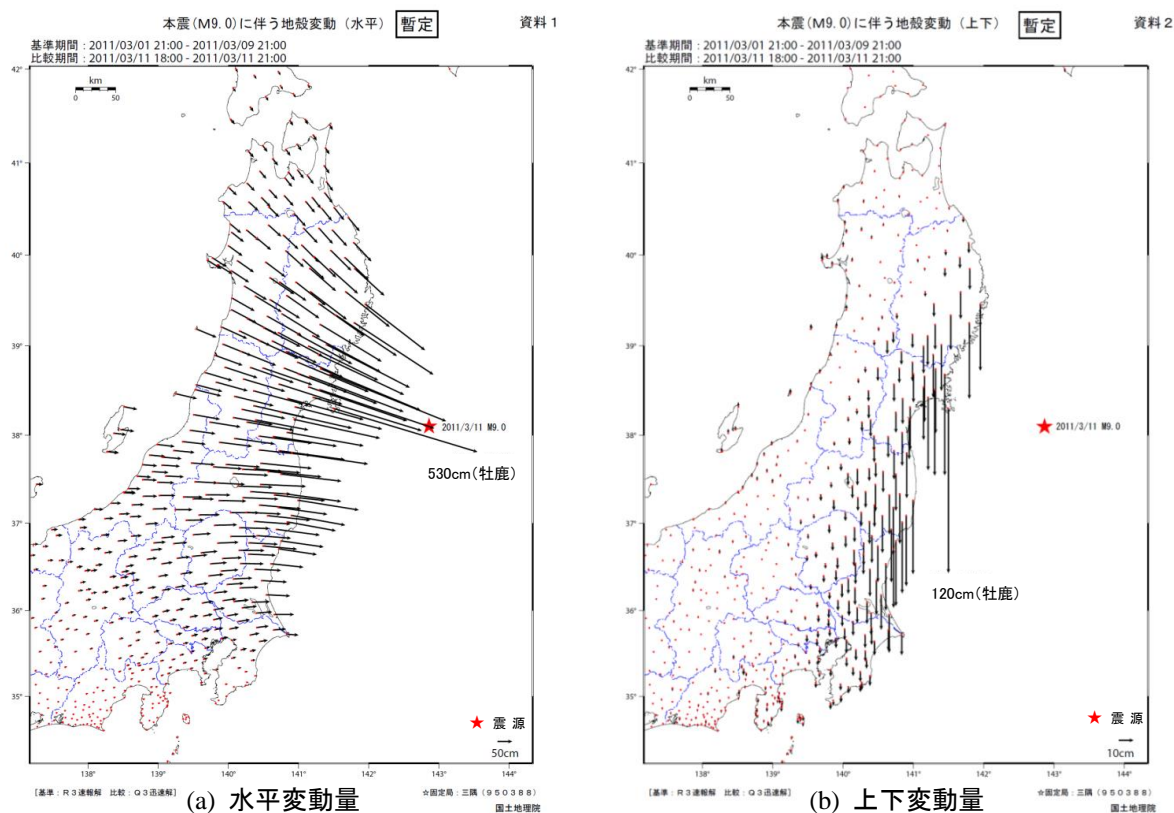


図 1.1 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量（発生直後）  
（2011年3月13日国土地理院発表報道提供資料<sup>1)</sup>より）



図1.1に示す、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）に伴う東北地方太平洋沿岸や、1946年12月21日に発生した昭和南海地震に伴う高知県や和歌山県沿岸の地盤変動は、津波を伴うプレート境界を震源とする海溝型地震に伴って発生した例である。このような海溝型地震に備えた、公共用水域からのリスク対策、特に海域沿岸地域の防災対策を検討する上で、津波高さを想定することに加えて、地殻変動に伴う地盤変動量の予測は非常に重要な要素である。

このような広域地盤変動は、内陸断層帯を震源とする地震においても、当然ながら発生する。近年の代表例として、2014年11月22日に発生した長野県北部を震源とする地震や、2016年4月14日と16日にかけて発生した平成28年熊本地震などがある。それぞれ、翌日には地盤変動量が公表されている。ところで、内陸断層帯地震で発生している広域地盤変動は、地震発生後の防災上の検討課題、特に公共用水域からのリスクについて、海溝型地震ほどは大きく取り上げられていない。

近年の発生した例として、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震ののち、翌年に国土交通省が河川の測量を実施したところ、一級河川信濃川及び支川の魚野川の一部区間で隆起が確認されている<sup>2)</sup>。図1.2に示すとおり、このときの河床の上昇量は、魚野川の信濃川合流点付近で約90cm、平均な上昇量は約30cmであったが、河床勾配の変化は極めてわずかで、地震発生前の1/500~1/400程度から1万数千分の1程度小さくなっただけであり、洪水時の水位と堤防高の関係は基本的に変わっておらず、防災上ただちに危険となるものではなかった。

なお、歴史記録を見ると、1854年7月9日（新暦）に発生した安政伊賀地震は、伊賀盆地に地盤変動が発生し、河川が氾濫しやすくなったとの記録がある<sup>3)4)</sup>。このように、地盤変動に起因する氾濫は起こり得るもので、前述の信濃川や魚野川では、幸いにして防災上ただちに危険とならなかったに過ぎない。

海外に目を向けるとより詳しい事例が報告されている<sup>5)</sup>。図1.3に示すアメリカ合衆国のミシシッピ川中流部で、1811年11月から1812年2月にかけて発生したニューマドリッド地震は、マグニチュード7以上（最大8.0）の本震が数回にわたって発生した。その激しい揺れによって大規模かつ広範囲に地盤

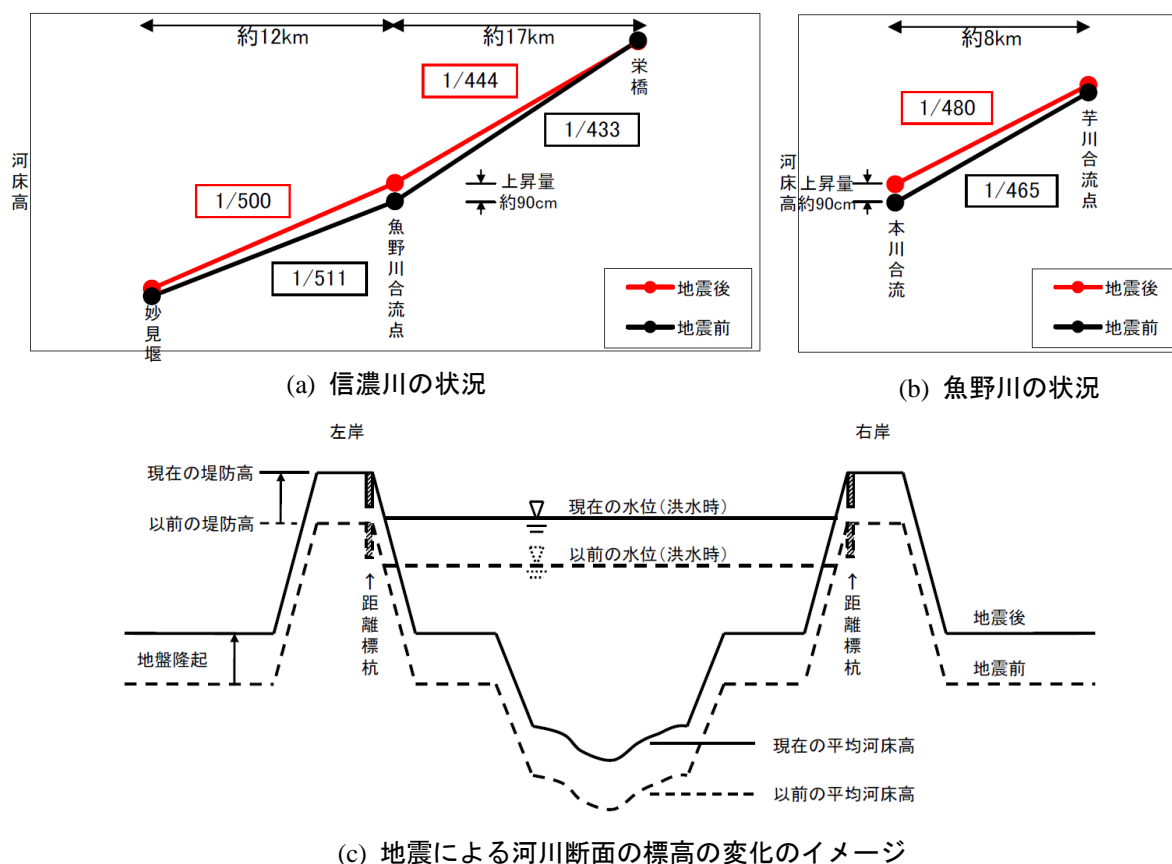


図1.2 新潟県中越地震に伴う河床勾配の変化  
(2006年11月1日北陸地方整備局信濃川河川事務所報道提供資料<sup>2)</sup>より)

の液状化が発生し、断層活動に伴う地盤変動の結果の一つとして、ニューマドリッド付近においてミシシッピ川の河床が1mから数m上昇し、大波と逆流の発生が記録されている。そして、河川の流れが突き上がった断層の壁に阻まれるようにして、リールフット湖が形成された。

地盤変動を惹起した断層のひとつであるリールフット断層は、図 1.4 および図 1.5 に示すとおり、長さ約 32km の逆断層である。我が国でも存在する断層規模であり、19 世紀初頭にアメリカ合衆国で発生した地震現象は、我が国の沖積平野でも想定し得るものである。しかし、内陸断層帯を震源とする地震では、広域地盤変動が防災上着目されることはあまりなく、断層近傍のズレや変形を除いて、地盤変動が地震ハザードとして取り上げられることは極めて少ない。



図 1.3 ニューマドリッド地震の発生箇所（文献 5 を基に作成）

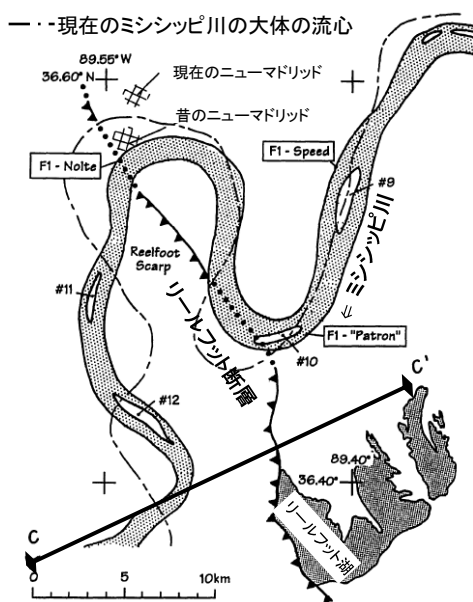


図 1.4 震源断層（リールフット断層）  
（文献 5 の Fig.2 (b) に加筆）

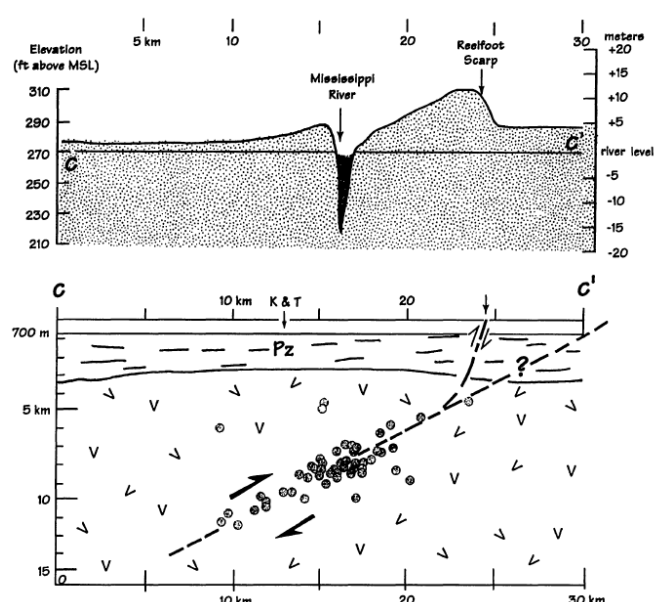


図 1.5 震源断層（リールフット断層）の模式図  
（図 1.4 の c-c' 断面（文献 5 の Fig.6 (a)））

## 1.2 大阪平野周辺における主な記録

本研究で対象とする大阪平野において、地震に伴ってどのような広域地盤変動が発生しているのか、その記録を追って既存文献等を調査した。まず、気象庁から公開されている情報で、1923年1月1日以降に発生した地震の記録<sup>6)</sup> から、最大震度が5以上、かつ、大阪府域で震度4以上が観測されている地震を検索すると、プレート境界付近を震源とする地震が5回、陸域及び海域の断層帯を震源とする地震が8回、それぞれ発生している。ここでは、前者の記録として、1944年12月7日発生三重県南東沖を震源とする昭和東南海地震および1946年12月21日発生和歌山県南方沖を震源とする昭和南海地震を、後者の記録として、1995年1月17日発生大阪湾を震源とする兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）を、それぞれ事例として挙げる。

### 1.2.1 昭和東南海地震・昭和南海地震

1944年（昭和19年）12月7日午後1時に発生した昭和東南海地震は、三重県南東沖を震源、南海トラフと駿河トラフ沿いを震源域とする、マグニチュード7.9の地震である。日本が敗戦の色を濃くしていた時代であり、地震の発生そのものが秘密扱いであったため、この地震に関する資料が少ない<sup>7)</sup>。特に地盤変動に関する資料は皆無に近い。数少ない文献のひとつとして、1948年頃に東海地方や紀伊半島にかけて実施された一等水準測量の結果と、名古屋港における潮位変化の資料、そして掛川市付近で地震発生の直前、直後で実施された水準測量結果をまとめて作成された上下変動図が、後年の論文<sup>8)</sup> に掲載されている。ここでは、東海地方の地盤の上下変動のみで、大阪平野周辺の状況は記されていない。

2年後の1946年12月21日午前4時に発生した昭和南海地震は、和歌山県南方沖を震源、紀伊半島沖から四国沖の南海トラフ沿いを震源域とする、マグニチュード8.0の地震である。この地震については、前述の気象庁の情報<sup>9)</sup> に加え、種々資料が存在している。その中で、地盤変動に関しては、1948年8月に作成された海上保安庁水路局による水路要報<sup>9)</sup> に、紀伊半島から四国の太平洋沿岸の地盤の昇降状況が記載されている。ここに示されている数値は、海水面を基準として地震発生前後の変化量を測量したものである。ここでも、大阪湾周辺では、紀淡海峡の加太や淡路島の洲本でその地盤変動量が記されているのみで、大阪湾岸の記録はない。

沿岸地域の昇降記録だけでなく、陸域の水準測量の結果から、地震前後の地盤変動量を把握した事例がある。Sagiyaらは、南海トラフを震源とする地震の地殻変動シミュレーションモデルの比較対象データとするため、昭和東南海地震（1944年）以前と昭和南海地震（1946年）以降の、一等水準測量の結果に着目し、その変動量を算出している<sup>10)</sup>。図1.6、図1.7に、その一部を示す。

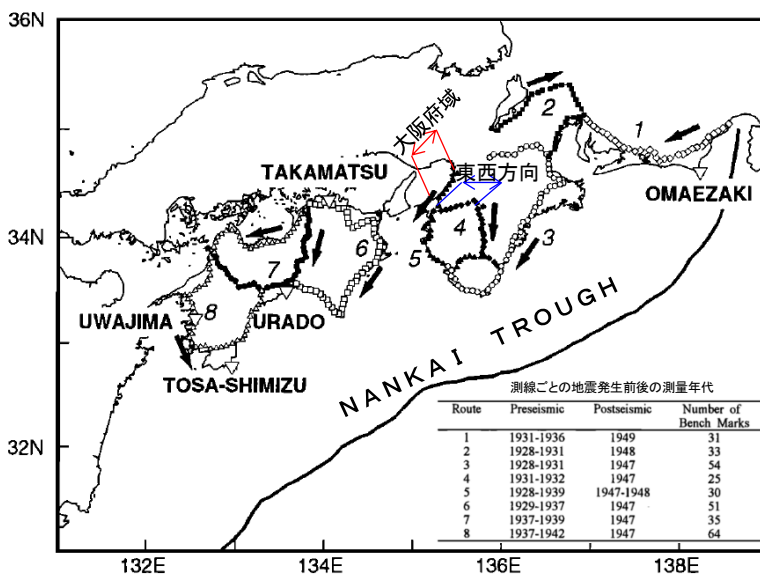


図1.6 一等水準点の測線（大阪平野は測線5の一部）  
（文献10のFigure 4., Table 1b. に加筆）

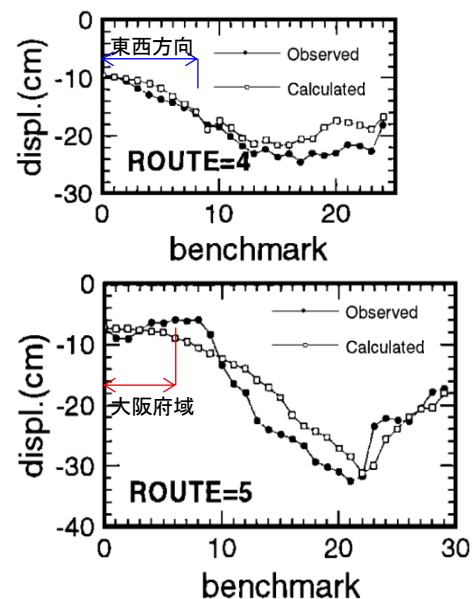


図1.7 一等水準点の変動量  
（文献10のFigure 5. に加筆）

図 1.7 からは、2つの地震それぞれの発生前後の地盤変動量はわからないものの、2つの地震を連続したひとつの地震と見なした場合、その発生前後の地盤変動の傾向が把握できる。図 1.6 の表で、Route=5 の測量時期は、地震発生前が 1928~1939 年、発生後が 1947~1948 年で、その期間は 8~20 年間であり、やや期間が長く、厳密な変動量ではないが、大阪府域で 5~10cm 程度の沈下が認められる。ところで、大阪平野、特に大阪市域では、地下水のくみ上げで軟弱粘土層の圧密が主因で、1930 年代初めには地盤沈下が進行していたが<sup>11)12)</sup>、Sagiya らが算出した地盤変動量は、この地盤沈下は考慮しておらず、南海トラフの影響によるものとしている。そこで、改めて一等水準測量の結果を分析することにより、昭和東南海地震および昭和南海地震の両地震の発生前後の地盤変動量を算出する。

図 1.8 は、国土地理院の大阪平野における一等水準点網<sup>13)</sup>のうち、大阪湾岸に沿った方向と、大阪平野の東西に沿った方向で、1944 年以前から 1946 年以降にかけて測量記録が存在している測点を示している。この測点は、比高データ<sup>14)</sup>と水準測量の結果<sup>15)</sup>を分析し、途中で位置が変更されて変更前後の水準の関係が不明となっている水準点は除いている。また選定にあたっては、南海トラフの地盤沈下の影響が少ないと考えられる、大阪城西側の上町台地上の測点を基本に、大阪湾岸および大阪平野の東西方向の連続性を考慮した。

測線 1 は、大阪市の淀川左岸付近の交点 229 を起点に、上町台地、泉州地域を経て、和歌山市紀ノ川左岸に至る経路である。測線 2 は、測線 1 上の堺市の交点 246 を起点に、大和川左岸をほぼ東西に奈良県に至る経路である。この 2 つの測線の水準点の標高の変化を、1944 年以前および 1946 年以降の数値を比較し、昭和東南海地震および昭和南海地震の 2 つの地震による地盤変動量の把握を試みる。

大阪湾岸に沿った測線 1 の地盤変動量を、図 1.9 に示す。1897 年から 1928 年までの、およそ 30 年間の地盤変動の傾向は、北側（大阪市側）が沈下、南側（和歌山市側）が隆起しているが、2 つの地震をはさむ 1928 年から 1948 年までの 20 年間では、全体的に沈下しており、特に南側（和歌山側）は、変動傾向が隆起から沈下に転じている。1928 年から 1948 年までの変動量は、すべてが地震に起因するものではないが、その沈下量は、一部の特異な値を除き、10cm 以内である。

測線 1 の大阪市内の区間は、水準測量のインターバルを短くしており、大阪市が観測している大阪市内の水準測量の成果<sup>16)</sup>と併せて、2つの地震による地盤変動の傾向を、さらに詳しく分析する。図 1.10 は、測線 1 のうち、大阪市内（一部、堺・泉北地域を含む）の区間の水準点の標高の変化を示している。ここで、交点 233 と交点 234 は、洪積台地である上町台地上にあり、地下水のくみ上げによる地盤沈下の影響が少ないと考えられる。

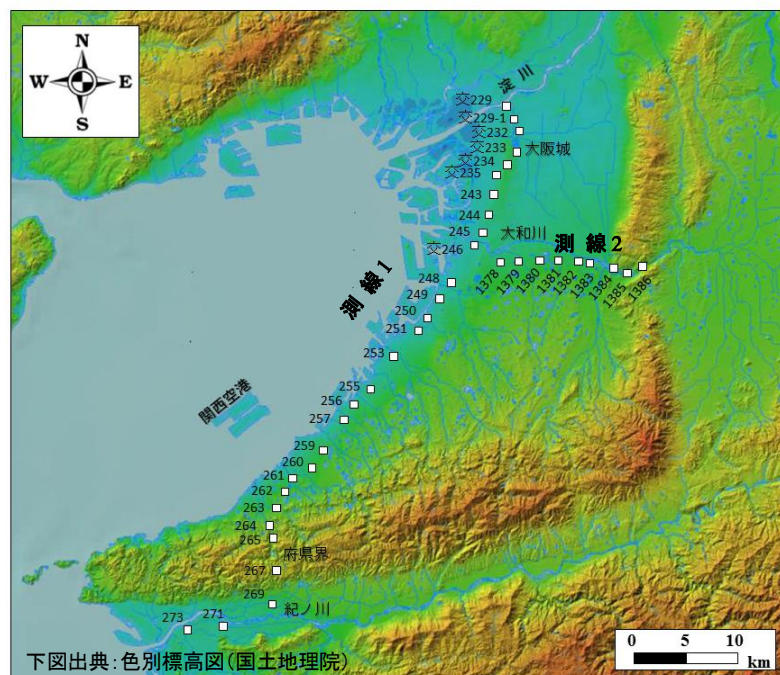


図 1.8 大阪平野周辺の一等水準点の測線（大阪市～和歌山市、堺市～奈良県界）<sup>13)</sup>

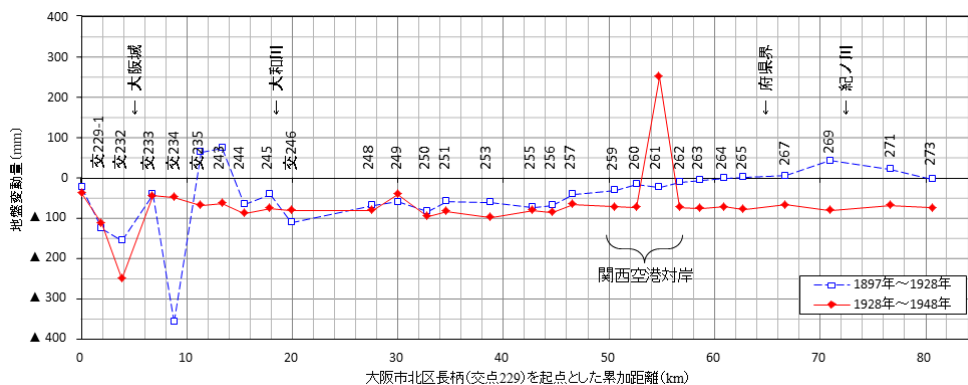


図 1.9 測線 1 (大阪市～和歌山市) の地盤変動量<sup>13) 14) 15)</sup>

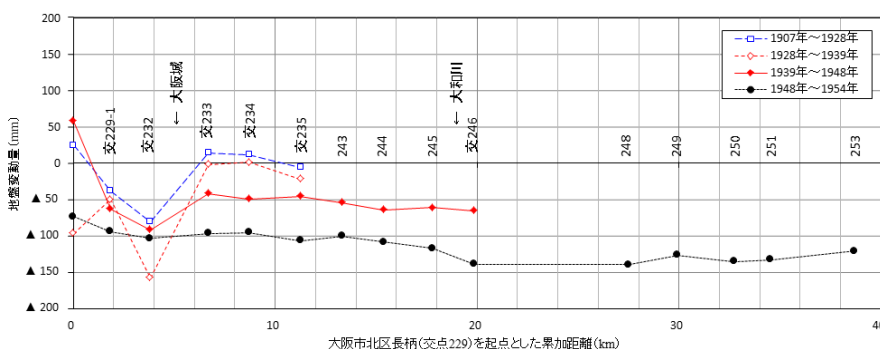


図 1.10 測線 1 (大阪市～堺・泉北地域) の地盤変動量<sup>13) 14) 15)</sup>

図 1.10 において、交点 229-1 から交点 235 の地盤変動の傾向を見ると、1907 年から 1928 年までの 21 年間と、1928 年から 1939 年までの 11 年間は、ほぼ同じである。すなわち、大阪城北側 (交点 229-1、交点 232) は沈下、南側 (交点 233～交点 235) は概ね変化なしとなっている。ところが、1939 年から 1948 年までの 9 年間は、北側の沈下量が少なくなっているのに、南側では全体的に沈下している。1934 年から大阪市によって進められた大阪市内水準測量の成果によると、1939 年から昭和東南海地震発生前の 1943 年までの 4 年間の地盤沈下量は、表 1.1 のとおりである。

大阪市による水準測量成果は、交点 229 付近にある毛馬元標を不動起点としたものである。この毛馬元標は、1939 年から 1949 年までの 10 年間で 47.6mm 沈下しているが、年間の沈下量は不明である。そのため表 1.1 と図 1.10 は同じ精度ではないが、上町台地上の交点 233 と交点 234 の沈下量が 2～3mm 程度で、他の測点と比較して、変動量が小さいことを考慮すると、毛馬元標は、少なくとも 1943 年までは大幅な沈下をしていないと考えられる。

これらのことから、昭和東南海地震と昭和南海地震の 2 つの地震が発生する前後の、大阪市内の地盤変動量は、図 1.10 から表 1.1 を差し引いた値で、その概数を把握することができる。その変動量は 5cm 前後で、2 つの地震の発生により、大阪平野の南北方向の沈下量の分布は、ほぼ同じである。

表 1.1 測線 1 (大阪市～堺・泉北地域) の地盤変動量<sup>16)</sup>

	水準測量成果 (標高: O.P. m)							
	交点 229-1	交点 232	交点 233	交点 234	交点 235	交点 243	交点 244	交点 245
1939 年	7.4377	観測値 なし	14.0588	22.9407	3.6864	3.9079	4.4032	3.6353
1942 年	7.4275		14.0561	22.9431	3.6738	3.8981	4.3908	3.6262
1943 年	-		14.0560	22.9429	3.6730	-	-	-
変動量	-10.2mm		-2.80mm	-2.20mm	-13.4mm	-9.8mm	-12.4mm	-9.1mm

注) 毛馬元標 (1907 年建設) を O.P.+4.6970 m の不動起点として測定

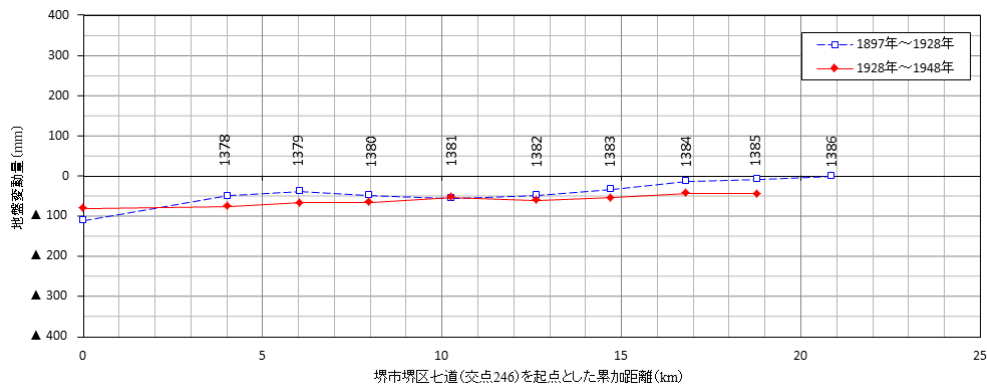


図 1.11 測線 2 (堺市～奈良県界) の地盤変動量<sup>13) 14) 15)</sup>

大阪平野の東西方向の測線 2 の地盤変動量を図 1.11 に示す。地震発生以前の 1897 年から 1928 年までのおよそ 30 年間の地盤変動の傾向は、西側 (堺市側) が沈下、東側 (奈良県界側) は特に変動は認められない。図 1.7 の ROUTE=4 の東西方向の区間では、東側の沈下量が大きくなっており、正反対の結果である。地震発生をはさむ 1928 年から 1948 年までの 20 年間では、西側 (大阪湾岸) がやや大きい、全体的に同じと考えられる。その沈下量は 5～8cm である。

図 1.9 および図 1.10 に示す、大阪湾岸の沿った測線 1 と、図 1.11 に示す大阪平野の東西方向の測線 2 の、2 つの測線の地盤変動量から、昭和東南海地震および昭和南海地震の 2 つの地震によって、大阪平野で生じた地盤変動は、大阪湾と同緯度の地域は全体的に沈下していたことがわかった。その沈下量は、南北方向ではほぼ同じであり、また東西方向では西側がやや大きく、その地盤変動の傾向は、紀伊半島の山間部と正反対となっていることがわかった。

### 1.2.2 兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)

1995 年 (平成 7 年) 1 月 17 日午前 5 時 46 分に発生した兵庫県南部地震は、明石海峡付近を震源とするマグニチュード 7.3 の地震である。神戸市を中心とする阪神地方および淡路島を激しい震動が襲い、これが原因で阪神高速道路の高架橋が倒壊し、新幹線をはじめとする鉄道や駅舎、住宅・ビル等の建造物も多数倒壊した。道路や河川堤防等の公共土木施設も広範囲に被災した。阪神・淡路大震災である。国土地理院では、GPS を駆使した広域地殻変動の解析に加え、その年の 1 月から 3 月にかけて、兵庫県高砂市から、大阪府吹田市に至る水準測量を実施し、地震に伴う地盤変動を記録している<sup>17)</sup>。図 1.12 および図 1.13 に、水準点の路線図と変動図を示す。図 1.13 から、神戸市を境に西側が隆起、東側が沈下しているのがわかる。

震源断層は淡路島の野島断層と六甲断層系で、右横ずれを伴う。上下変動量は、兵庫県域、特に神戸市域では、隆起、沈下ともに、最大 20cm 以上であった。水平変動量は、地表に現れた淡路島北端の野島断層付近で約 1m であった<sup>17)</sup>。



図 1.12 一等水準点路線図 (高砂市～吹田市)  
(文献 17 の図-10 に加筆)

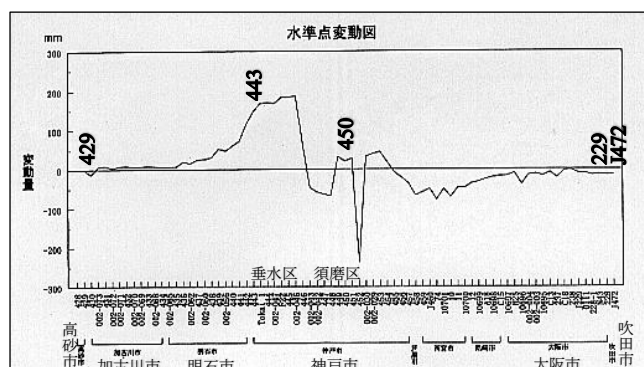


図 1.13 一等水準点変動図 (高砂市～吹田市)  
(文献 17 の図-11 に加筆)

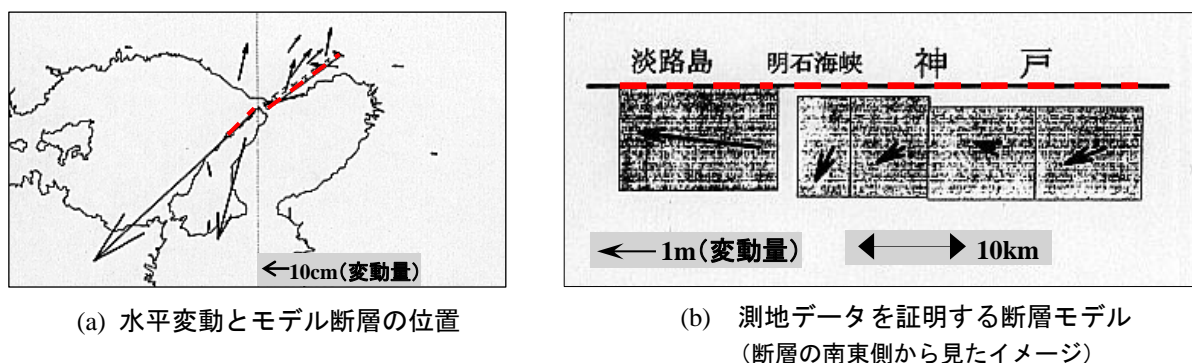


図 1.14 震源断層のモデル（文献 18 の図-9、図-10 に加筆）

断層の傾斜角は、南西から 85°（南東に傾斜）、75°、75°、80°、80°（西北に傾斜）である。(b)の矢印は、南東側（図の手前側の食い違い変位を示す）。

震源域である兵庫県域においては、明石市から神戸市垂水区の塩屋町にかけて地殻が隆起し、隆起量は約20cmに達した。その一方で、須磨浦海岸の西端（須磨区一ノ谷町）では約30cm沈下した。この隆起から沈降に変わった水準点No. 446からNo. 447にかけて、鉄道のレールが海側（南）に凸になるような変形をしている箇所が見られた。また、淡路島北部で発見された野島断層付近の三角点は、約1m南西方向へ変動したほか、神戸側では、六甲山系の三角点が北東方向へおよそ20~30cm、神戸沿岸の三角点が約10cm西方向へ移動しており、地震による断層の右横ずれ運動を表している<sup>17)</sup>。

### 1.3 氾濫リスクへの影響

前節において、大阪平野周辺で発生した、地震に伴う広域地盤変動の主な記録を挙げた。ひとつはプレート境界付近を震源とする地震（海溝型地震）、もうひとつは陸域の断層帯を震源とする地震（内陸断層帯地震）である。前者の例である1944年から1946年に続けて発生した昭和東南海地震および昭和南海地震では、大阪市内の地盤変動は5cm程度の沈下量を示しており、大阪湾と同じ緯度における地盤変動も、ほぼ同じ沈下量を示すことがわかった。

なお、昭和東南海地震および昭和南海地震における津波記録を基に、震源域のすべり分布をモデル化した既往研究<sup>19)</sup>のパラメータを用いた、マグニチュード8クラスの想定地震の地盤変動シミュレーションの結果は、大阪湾奥の地盤変動量は5cm以下（脚注<sup>1)</sup>）である。南海トラフを震源とする地震で、歴史記録上でマグニチュードが最も大きいとされる、1707年の宝永タイプの震源モデルでシミュレーションした既往研究<sup>20)</sup>では、大阪湾奥の地盤変動量は10cm以下である。なお、昭和南海地震の記録では、太平洋沿岸の広い範囲で地盤沈下が発生し、高知市では70cm前後（地震発生直後はさらに大きかった）であったことが、海上保安庁が1948年にまとめた水路要報（前述）<sup>9)</sup>に記載されているが、大阪平野ではそのオーダーが数cmで、昭和20年代から30年代にかけて発生した、地下水のくみ上げによる地盤沈下（年間最大20cm以上）と比較してもはるかに小さい。

後者の例は、1995年に発生した兵庫県南部地震である。この地震で、兵庫県域では水平方向で約1m、上下方向で約50cmの地盤変動が生じ、野島断層という地震断層も現れた。なお大阪府域では最大沈下量は5cm程度であったが、内陸断層帯地震では震源域付近で大きな地盤変動が生じることが、兵庫県南部地震の記録から見ても明らかである。すなわち、大阪湾周辺を対象とすれば、海溝型地震より直下にある内陸断層帯を震源とする地震の方が、大きな地盤変動を引き起こすことになる。

先に述べた、新潟県中越地震が発生したときの信濃川や魚野川の事例は、新潟県の長岡地域から魚沼地域にまたがる、河川が山間部から平野部へ移行する、河床勾配が数百分の1程度の区間におけるものであるが、大阪平野の東部地域は古代には入江だった地域で、現在も河床勾配が数千分の1から1万数

脚注<sup>1)</sup> 文献19の著者が、本文献に基づき地盤変動シミュレーションした結果である。

千分の1の緩勾配であり、大阪湾の潮位の影響も受けている。このような流域に都市化が進んでおり、繰返し水害に見舞われながら、比較的長い年月と、相当の経費を投入して、今日の治水機能を確保している。我が国においては、地震に伴う広域的な地盤変動によって、流域の治水機能が低下したという、定量的な記録は見当たらない。海溝型地震と異なり、内陸断層帯地震は同じ断層帯を震源とする過去の地震記録や被災記録がない場合が多く、いつ発生するかは予測できず、地震に伴う広域的な地盤変動を、防災上考慮できていないのが現状である。

一度の地震で、構造物の損傷の程度に関わらず、これまで築き上げてきた治水機能が著しく低下することは、これまでの治水投資のストックが流域全体で喪失することである。これに備えるため、今後地震の発生する可能性が高いと言われる活断層帯を対象に、地震に伴う広域地盤変動に起因する河川の氾濫リスクがどのように惹起されるのか、定量的な検討が必要である。これを行うことにより、現在の治水機能が、広域地盤変動に対して許容し得るか否かが判断できる。また、新たに治水計画を立案する場合に考慮すべき事項を、明らかにすることができる。



## 第2章 昭和30年代以降の我が国の治水投資

### 2.1 我が国の予算規模と治水投資

地震に伴う広域地盤変動によって河川の氾濫リスクがどのように惹起されるのか、定量的な検討を進めるに先立ち、我が国の公共投資額と治水投資額の推移を既存資料に基づき整理する。治水投資を扱った既往研究<sup>21)</sup>では、我が国の治水投資のシェアをGDPや政府建設投資全体の中で整理している。ただ、治水投資は、そのほとんどを国や地方自治体が担うものであり、地方自治体の会計も含め、その財源は国の会計に左右される。また公共投資の力点が、時代の要請によってどのように変遷しているのかについても考慮する必要がある。そのため本章では、治水投資の規模を、国や地方自治体の毎年度の会計に基づいて整理する。言い換えれば、一定の水準の治水機能を確保するために必要となる投資額が、国や地方自治体の予算規模の中で、どの程度のシェアとなっているのか、また、過去の治水事業を完成させるために要した時間と投資額がどれ程なのかを把握する。その上でこれらの事業規模を現在価値化することにより、現在の治水機能を新たに築き上げるために必要とする、時間と経費の指標とする。

#### 2.1.1 国の予算規模と治水投資の推移

図2.1は、国の一般会計における公共投資のシェアについて、1960年度（昭和35年度）から2009年度（平成21年度）まで50年間の推移を示したものである。この図から次のことがわかる。すなわち、国の一般会計における公共投資の中で、治水部門はほぼ毎年同じシェアで推移している。一方で、公共投資のシェアは、一時的な増加（列島改造、バブル期後の景気対策）を除き、1965年以降は下がる傾向である。

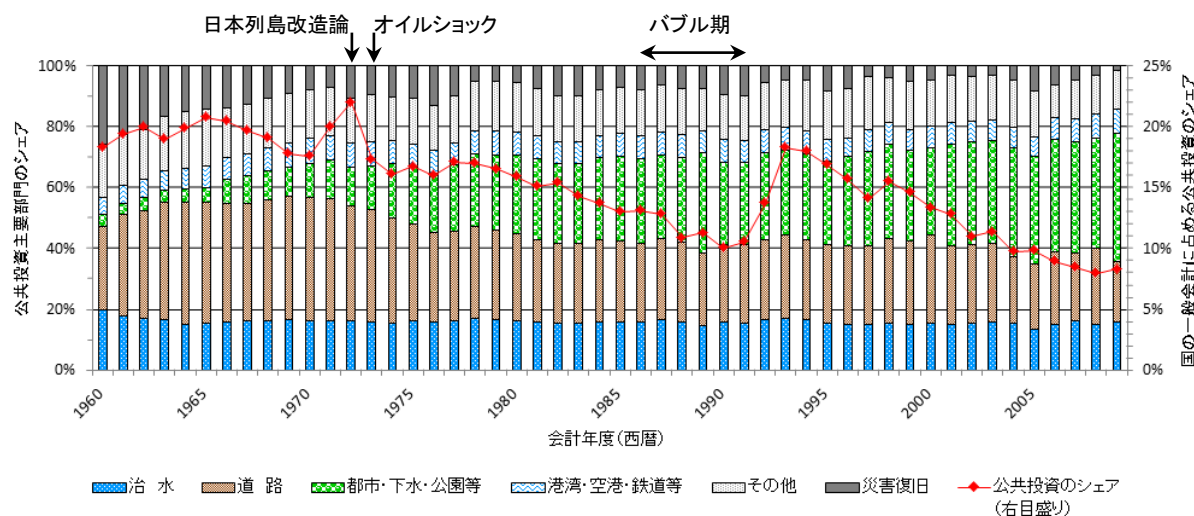


図 2.1 国の一般会計における公共投資のシェアの推移

※図のデータの出典

総務省統計局：日本の長期統計系列、第5章 財政<sup>22)</sup>

5-1 一般会計及び特別会計決算純計

5-2-b 一般会計—主要経費別決算額

財務省統計表一覧<sup>23)</sup>

第16表 昭和62年度以降一般会計及び特別会計決算純計

第20表 昭和42年度以降主要経費別分類による一般会計歳出予算現額及び決算額

国の会計は、一般会計の他に特別会計がある。特別会計は、すべてが特定財源で成り立っているわけではなく、一部あるいはその大部分が一般会計からの繰入金金を財源としている。一般会計と特別会計の合計から、一般会計からの繰入金等の重複する額を除いたものが国の会計全体となる。国の治水投資額

は、1960年度（昭和35年度）以降については、同年に設置された治水特別会計に計上されている額が、これに該当する。社会資本整備にかかる特別会計は、他に道路整備（1958年設置）、港湾整備（1961年設置）、空港整備（1970年制定）および都市開発資金融通（1966年制定）がある。2008年度にはこれらの5つの特別会計を統合し、新たに社会資本整備特別会計が設置され、引き続き社会資本整備投資を担っている。

図2.2は、国の会計全体における治水投資のシェアについて、1960年度（昭和35年度）から2009年度（平成21年度）まで50年間の推移を示したもので、比較のために、道路投資のシェアの推移も併せて示している。また、投資額は、建設工事費デフレーター<sup>24</sup>を用いて、2005年基準の現在価値化した数値として示している。この図から次のことがわかる。すなわち、国の会計全体に占める治水投資のシェアは、図2.1に示す、一般会計に占める公共投資のシェアと同じ傾向を示している。図2.2に示す実質値ベースの治水投資額については、オイルショックの一時期を除き、1990年代前半までは同じ水準を保っている。バブル期後の景気対策で一時的に増加した後もそれ以前より高い水準で推移し、2000年代以降は減少傾向である。それでも、1970年代後半から1980年代前半の水準の投資レベルを保っている。

道路投資を見ると、一般会計では1970年代以降に公共投資に占めるシェアが減少し続け、2009年では、そのシェア治水投資とほぼ同じレベルとなっているが、国の会計全体では実質値ベースの投資額は常に治水投資額の2倍以上を保っている。道路整備特別会計は一般会計からの繰入金以外の収入が大きいためである。治水投資は一般会計からの繰入金に負うところが大きく、公共投資においては一定のシェアを保っているが、国の一般会計に占める公共投資のシェアは減少傾向で、治水投資額についても一般会計に左右されやすいと言える。

すなわち、国家予算が伸びないと治水投資額の増加は期待できず、これまでに進めてきた治水能力のレベルアップのスピードは鈍化せざるを得ず、これまで確保してきた治水能力が低下しても、それを元の水準に戻すには、当初に進めてきた以上に時間を要することが十分に想定される。このことから、治水計画立案にあたっては、その初期段階において、地震に伴って発生が想定される広域地盤変動という地震ハザードによる治水能力への影響を考慮して、治水計画が地震ハザードに対して柔軟さを有することが必要となる。

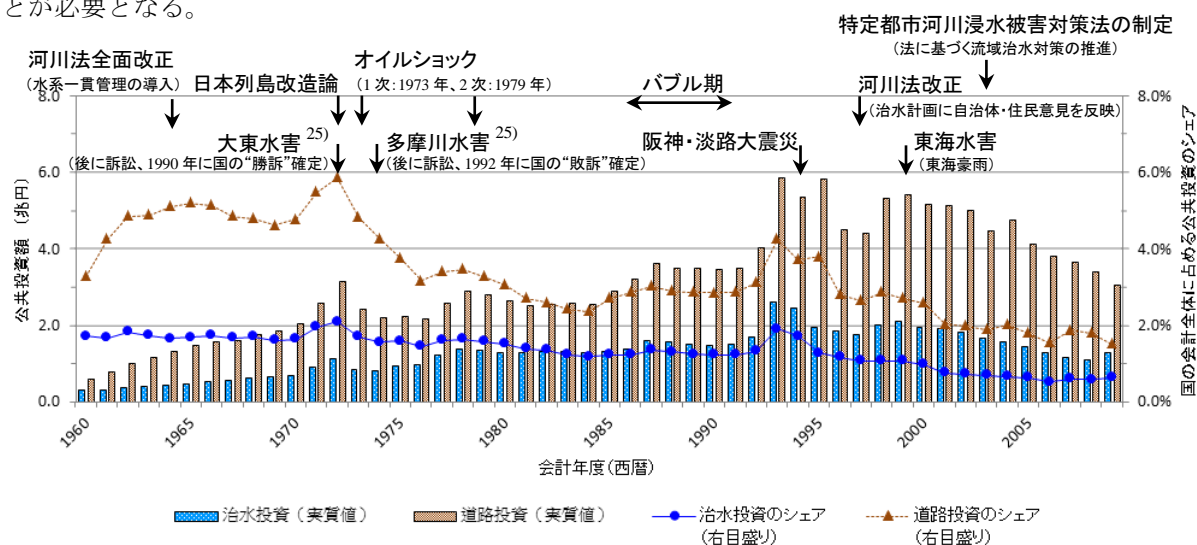


図 2.2 国の一般会計および特別会計における治水投資のシェアの推移

※図のデータの出典

総務省統計局：日本の長期統計系列、第5章 財政<sup>22)</sup>

5-1 一般会計及び特別会計決算純計

5-3 特別会計歳入歳出決算額

財務省統計表一覧<sup>23)</sup>

第8表 明治23年度以降特別会計別歳入歳出決算

第16表 昭和62年度以降一般会計及び特別会計決算純計

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列（年度別） 土木総合 公共事業

2.1.2 地方自治体の予算規模と治水投資の推移（大阪府の例）

地方自治体の会計では、公共投資、とりわけ治水投資が予算規模に対してどのように推移しているのか、大阪府の会計を事例として分析する。

図2.3は、大阪府の普通会計における公共投資のシェアについて、前項同様、1960年度（昭和35年度）から2009年度（平成21年度）まで50年間の推移を示したものである。国の一般会計を対象とした図2.1と比較すると次のことがわかる。すなわち、大阪府普通会計に占める公共投資のシェアは1960年代に飛躍的に伸び、大阪万博開催の前年度の1969年度でピークを迎え、オイルショック後には1960年度の水準以下となった。その後、緩やかにシェアは上昇したが、1995年の阪神・淡路大震災以降に再び減少に転じている。その中で治水部門は、国の会計よりは変動が大きいものの、公共投資主要部門の中で比較的安定したシェアで推移しており、その割合は国の会計よりも大きい。特に、オイルショック後の公共投資のシェアが落ち込んだのに治水部門のシェアは上昇しており、大阪府が治水投資に力を注いでいることが伺える。

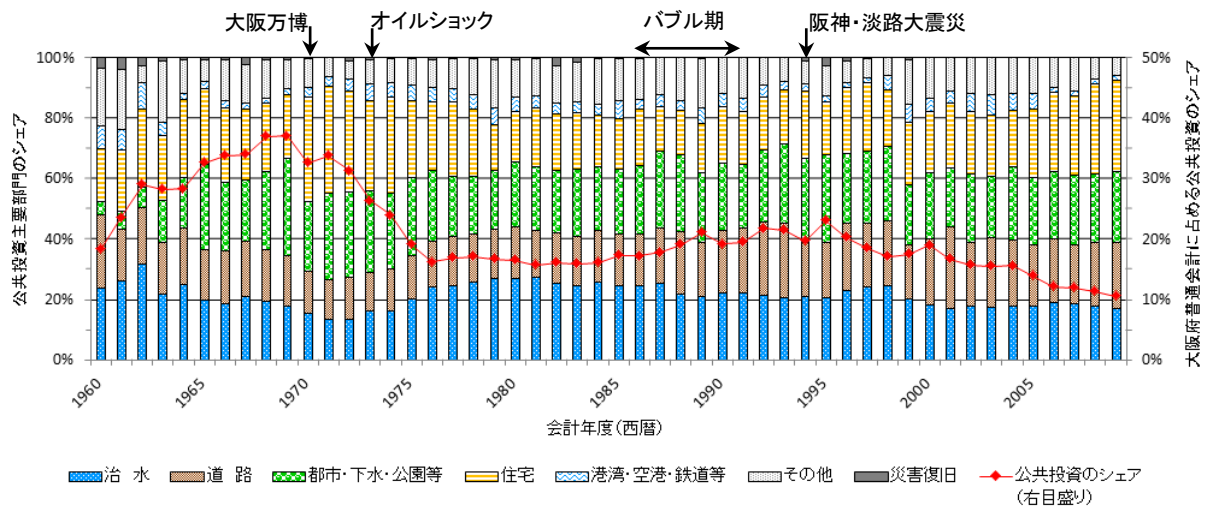


図 2.3 大阪府の普通会計における公共投資のシェアの推移

※図のデータの出典

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別（目的別）決算額

次に、治水投資額と治水投資の大阪府普通会計に占めるシェアに着目する。図2.4は、大阪府普通会計における治水投資のシェアについて、1960年度（昭和35年度）から2009年度（平成21年度）まで50年間の推移を示したものである。図2.2同様、比較のために道路投資のシェアの推移も併せて示している。また、投資額は建設工事費デフレーター<sup>24)</sup>を用いて2005年基準の現在価値化した数値としている。

この図から次のことがわかる。すなわち、大阪府普通会計に占める治水投資のシェアは、図2.3に示す普通会計に占める公共投資のシェアと同じ傾向を示している。図2.4において1962年度（昭和37年度）が突出しているのは、1961年9月に発生した第二室戸台風を受けて翌年度から進められた高潮対策事業緊急3箇年計画の初年度にあたり、併せて前年度から始まった地盤沈下対策が計上されているためである。1973年度のオイルショック後は、1995年1月（1994年度）発生 of 阪神・淡路大震災まではほぼ同じ水準のシェアを保っている。

実質ベースの治水投資額については、1980年代半ばからバブル期を経て阪神・淡路大震災まで伸び続けているが、この時期の治水投資のシェアは同じ水準で推移しており、大阪府の予算規模の増加に合わせてシェアを維持したまま治水投資額が伸びたものである。阪神・淡路大震災以降はシェアも投資額も減少に転じているが、国の治水投資のシェアとは異なり、1990年代および2000年代の一時期を除き、治水投資のシェアが道路投資を上回っている。図2.4には大阪府域で発生した主な災害を記載しているが、大阪府が如何に水害に見舞われ、治水投資に力を注いでいるかが、この図からも伺える。

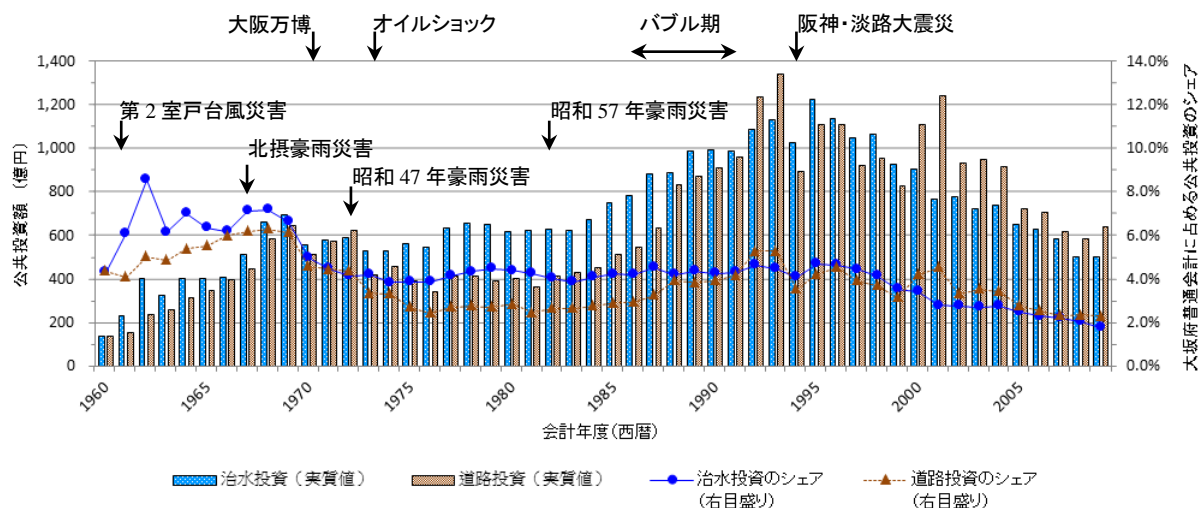


図 2.4 大阪府の普通会計における治水投資のシェアの推移

※図のデータの出典

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別（目的別）決算額

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列（年度別）土木総合 公共事業

## 2.2 大阪府における主な治水事業

前節において、国および大阪府の予算規模と治水投資の推移を分析した。その結果、大阪府では予算規模に占める治水投資シェアが、国よりも高い水準で実施しているのがわかった。本節では、高い投資水準の大阪府の治水事業の中で特に力を注いできてきた、大阪高潮対策事業（脚注<sup>1</sup>）と寝屋川総合治水対策事業（脚注<sup>2</sup>）を挙げ、その事業期間と投資水準の推移から、ひとつの治水事業の完成にどれだけの事業費と期間を要するのかについて分析する。

図 2.5 は、大阪府の治水投資の主な内訳の推移を、1960 年度（昭和 35 年度）から 2009 年度（平成 21 年度）まで示したものである。大きなシェアを有している事業として、1960 年代は大阪高潮対策事業、その後 1980 年代までは寝屋川総合治水対策事業となっている。両事業は対象区域・流域が上下流の関係にあり、一方では海域からの氾濫対策、もう一方は陸域の洪水防御が目的である。何れも人口が集積している地域における氾濫・浸水対策の事業である。大阪府の治水投資に占める両事業を合わせたシェアは 1960 年代では 50% を超え、第 2 室戸台風災害に見舞われた 1961 年代前半は、高潮対策事業だけでも 40% 以上のシェアとなっていた。

現在の治水投資の主力は、大阪高潮対策事業は、同地域のこれまでに築造してきた防潮堤の耐震対策事業へ移行し、質的向上に努めている。一方、寝屋川総合治水対策事業は、1988 年（昭和 63 年）策定の同流域第 3 次計画<sup>28)</sup>（2,700m<sup>3</sup>/s 計画）に盛り込まれた地下河川事業や地下調節池事業へ移行し、より規模の大きな出水に対応するべく、治水能力の向上に努めている。両事業の治水事業に占めるシェアは減少しているが、現在においても、大阪府の治水投資で 20% 以上となっている。

脚注<sup>1</sup> 大阪市域の高潮対策事業が本格的に実施されるようになったのは、1950 年（昭和 25 年）9 月 3 日のジェーン台風による災害以降であるが<sup>27)</sup>、本論文中の「大阪高潮対策事業」は、主に 1961 年（昭和 36 年）9 月 16 日の第二室戸台風による災害を契機に実施した、緊急 3 ヶ年計画<sup>27)</sup>、新 5 ヶ年計画<sup>27)</sup>、そして 1967 年（昭和 42 年）に策定された大阪港高潮恒久計画<sup>12)</sup>以降に、大阪府が主体で実施した事業を扱う。

脚注<sup>2</sup> 寝屋川流域の治水計画に、「総合治水対策」という名称が正式に使われたのは、正式には 1988 年（昭和 63 年）策定の第 3 次計画<sup>28)</sup>からであるが、本研究では、主に 1972 年（昭和 47 年）の水害（大東水害）を契機に、1976 年（昭和 51 年）に策定された第 2 次計画<sup>28)29)</sup>に基づいて、大阪府が主体で実施した事業を扱う。

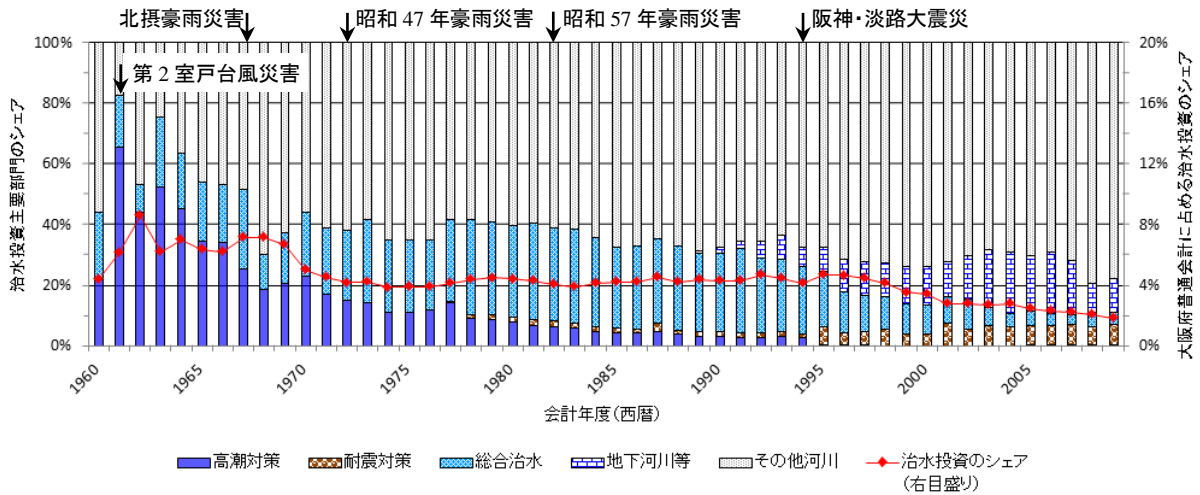


図 2.5 大阪府の治水投資における高潮対策事業と総合治水対策事業のシェアの推移

※図のデータの出典

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

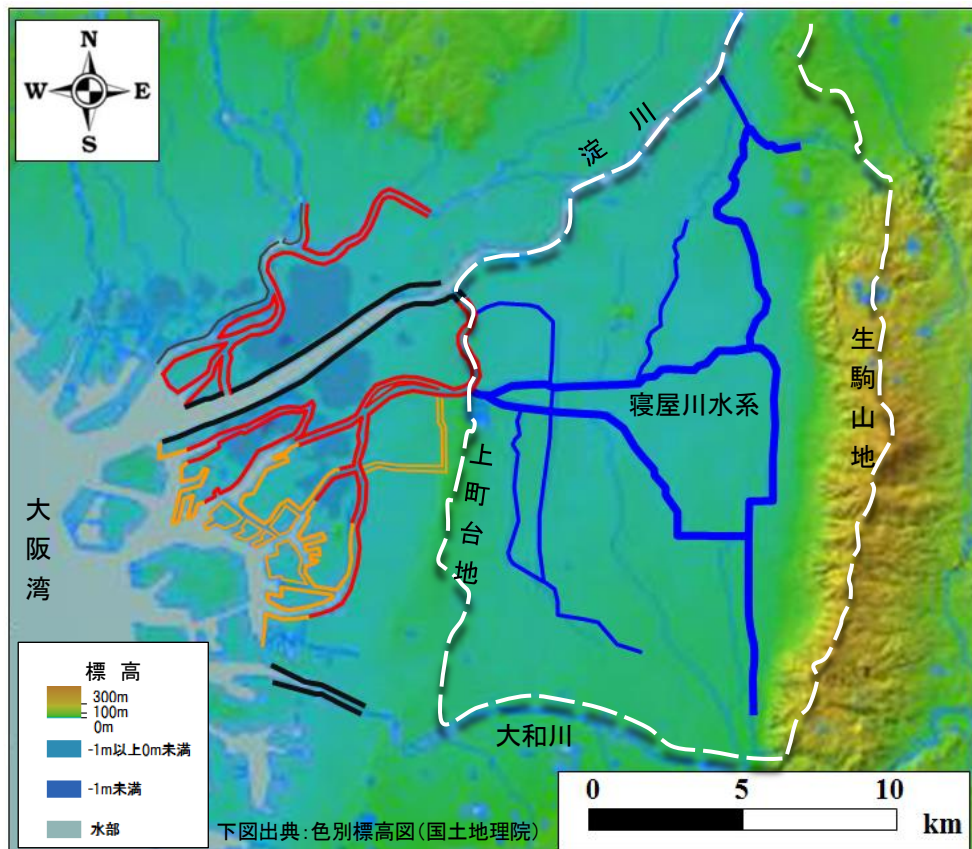
各年度の財政の章 普通会計科目別(目的別)決算額

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列(年度別) 土木総合 公共事業

大阪府河川室：大阪府建設事業評価(平成20年度下期) 根拠資料-費用便益算定に関する資料<sup>30)</sup>

高潮・大阪地区(旧淀川筋、神崎川筋)、耐震・西大阪地区、総合治水・寝屋川流域総合治水対策  
(神崎川筋の事業費は、1994年度以前は高潮対策、1995年度以降は耐震対策として計上している)



防潮堤区間 — 大阪府管理(約105km)、— 大阪市管理(約70km)、— 国管理(約25km)、— 兵庫県管理

寝屋川流域 — 寝屋川水系主要河川(幹線流路延長約87km)

図 2.6 大阪平野中央部の高潮対策区間と寝屋川流域<sup>12) 31)</sup>

図 2.6 は、大阪平野中央部の地盤高の分布に、河川の高潮対策区間と寝屋川流域を重ね合わせて示したものである。大阪平野中央部は、南から北に向けて連なる上町台地が位置しており、その周辺に低平な沖積平野が広がっている。このように地形に起因して、大阪府域では大きな水害に幾度となく見舞われてきた。1960年代までは台風に伴う高潮災害が特に顕著であった。1934年（昭和9年）9月21日に来襲の室戸台風、1950年（昭和25年）9月3日に来襲のジェーン台風、そして1961年（昭和36年）9月16日に来襲の第2室戸台風は、大阪府域に甚大な被害をもたらし、「大阪の三大台風」と呼ばれている。1960年代後半からは大きな台風・高潮災害は発生しなくなった一方、陸域における氾濫災害が顕著になってきた。これは、高度経済成長期の急激な都市化の進展に伴う保水・遊水機能の低下や、下水道整備の普及に伴う河川への排水量の増大などによって、浸水被害が頻繁に起こるようになったものである。

次項以降において、このような状況に対応するために、大阪高潮対策事業と寝屋川総合治水対策事業に、大阪府がどれだけの時間と費用を投入してきたを分析する。

### 2.2.1 大阪高潮対策事業<sup>12) 27) 32) 33)</sup>

上町台地西側（大阪湾側）の西大阪地域全域が高潮対策区間である（埋立地は除く）。1930年代以降、工業の発展に伴い工業用水に多量の地下水が使用されたため、地盤沈下が著しく、最大で200cm以上の累積沈下量を記録した。1980年代後半にはほぼ収束したが、図 2.6 に示すように海拔ゼロメートル以下の地域が広がっている。この地域を、国、大阪府および大阪市がそれぞれ管理する総延長約200kmにおよぶ防潮堤が、高潮や津波といった海域からの脅威を防御している。

大阪市域において高潮対策が本格的に実施されるようになったのは、1950年（昭和25年）9月来襲のジェーン台風で被災してからである。以後、地盤沈下と相争う形で整備を進め、1959年（昭和34年）に全地域に対して一応の防潮堤および盛土かさ上げを完成させたが、完成時には既に当初の計画高より0.4~0.8m沈下していた。この復旧を計るため、同年度から大阪地区地盤沈下対策事業に着手したが、1961年（昭和36年）9月に第2室戸台風が来襲、地盤沈下で機能低下した防潮堤を高潮が溢水、浸水域が31km<sup>2</sup>におよび、港湾施設も人家も大被害を受けた。

第2室戸台風による被災を機に、特に沈下の著しい緊急施工を要する防潮施設を、1964年度（昭和39年度）までに完成することとした緊急3ヵ年計画を経て、我が国に来襲した台風で最大級と考えられた伊勢湾台風を計画目標とした大阪高潮対策新5ヵ年計画が立案された。

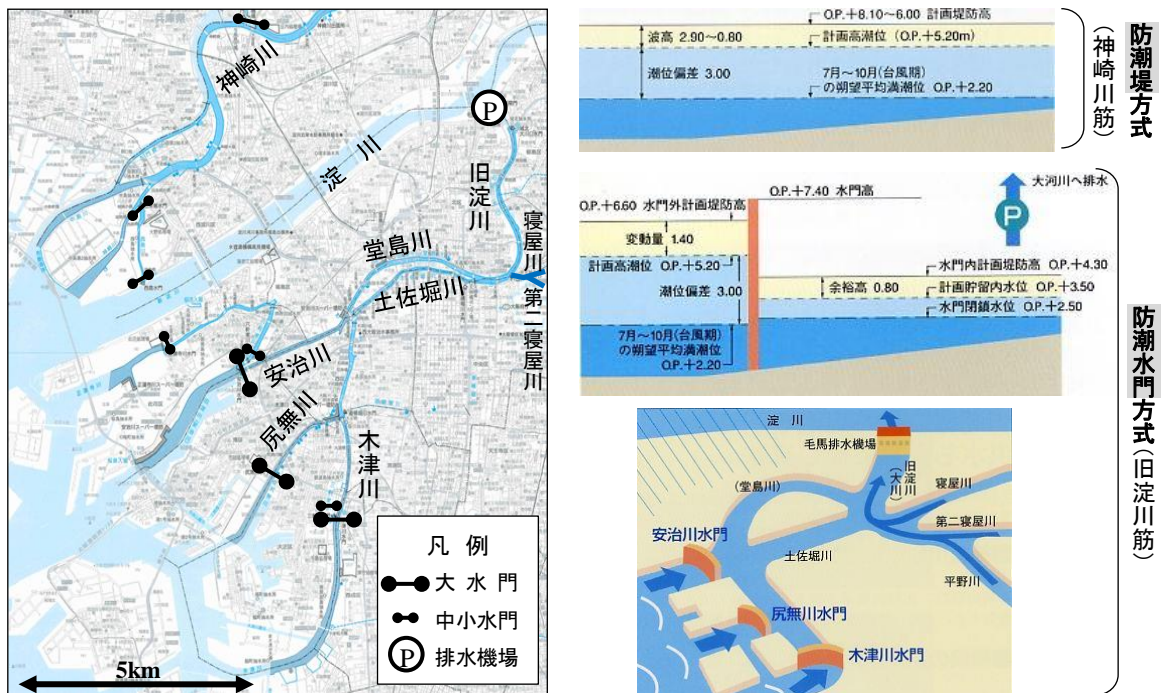


図 2.7 大阪高潮対策事業における防潮方式の概念図（防潮堤方式と防潮水門方式）  
（大阪府西大阪治水事務所 HP<sup>34)</sup>より引用、加筆）

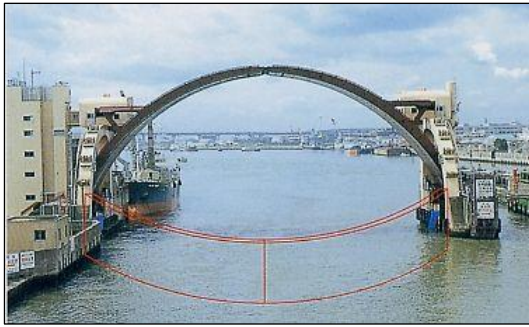


写真 2.1 アーチ型大水門（上流からみた安治川水門）  
※赤線は閉鎖時の状況  
（大阪府西大阪治水事務所 HP <sup>34</sup>）より引用



写真 2.2 毛馬排水機場の全景  
（大阪府西大阪治水事務所 HP <sup>34</sup>）より引用

この計画は、防潮方式を、従来の河川筋の防潮堤のみに頼る「防潮堤方式」だけではなく、本格的な防潮水門によって高潮の河川遡上を防止する「防潮水門方式」採用した。これによって、非常に困難と考えられていた都心部の多くの橋梁扛上を伴わずに済み、市街地整備上の課題も解決できるという利点も併せ持っていた。この思想は1967年（昭和42年）策定の大阪港高潮恒久計画に引き継がれ、現在に至っている。

図 2.7 に、大阪港高潮恒久計画に基づく防潮方式を示す。淀川以南においては、各河川の河口付近にアーチ型大水門を3基（安治川、尻無川、木津川）、中小水門を3基（正蓮寺川、六軒家川、三軒家）設置して、高潮を防御するというものである。水門閉鎖時の上流からの洪水を処理するため、排水機場を新設し、淀川へ排出することとした。なお、淀川本川及び以北の神崎川筋は橋梁数が少ないこともあり、従来どおりの防潮堤方式を採用することとした。写真 2.1 および 2.2 に、安治川水門と毛馬排水機場の全景を示す。

大阪港高潮恒久計画策定と前後して、淀川以南では、1966年度に安治川大水門、続いて1967年度に尻無川および木津川大水門を順次建設に着手し、それぞれ1969年度から1970年度にかけて完成した。この間、中小水門の三軒家、正蓮寺川および六軒家川水門も完成した。着手からわずか5年で防潮水門はすべて完成したことになる。並行して、防潮堤の整備や必要な橋梁の扛上を進めた。そして1972年度（昭和47年度）に毛馬排水機場に着手し、1980年度（昭和55年度）の完成によって、防潮水門方式による大阪高潮対策事業はその効果を100%発揮できる能力を備えることとなった。

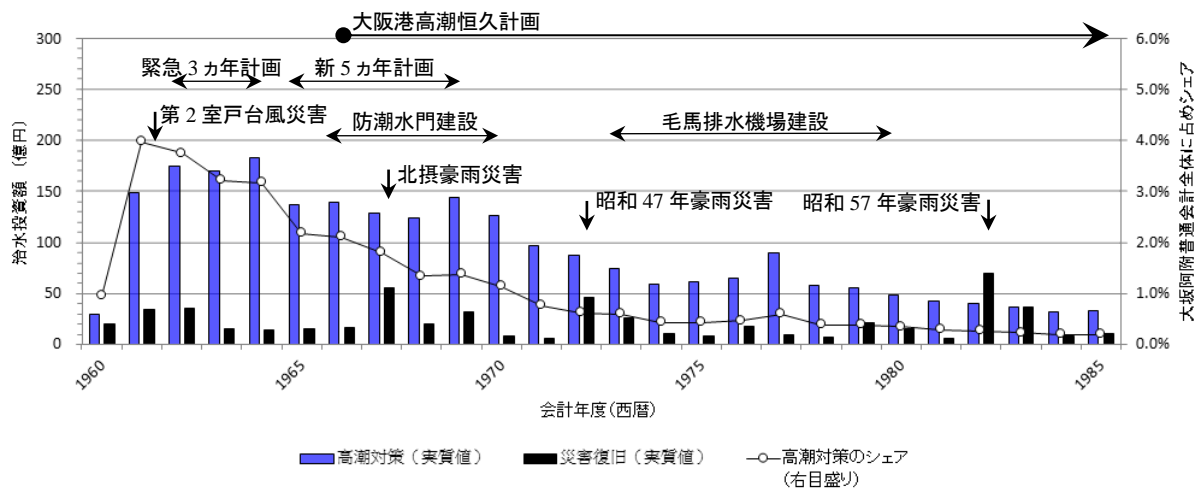


図 2.8 大阪高潮対策事業の事業費（実質値）の推移

※図のデータの出典（前出）

大阪府：大阪府統計年鑑 <sup>26)</sup>

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター <sup>24)</sup>

大阪府河川室：大阪府建設事業評価（平成20年度下期）根拠資料—費用便益算定に関する資料 <sup>30)</sup>

図2.8は、1960年度（昭和35年度）から1985年度（昭和50年度）までの、四半世紀にわたる大阪府による大阪高潮対策事業への投資額の推移を示したものである。なお、投資額は建設工事デフレーターを用いて2005年基準の現在価値化した数値としている。第2室戸台風が来襲した1961年度は、現在の価値に換算すると年間150億円におよぶ予算を、その後の緊急3ヵ年計画においてはそれを上回る年間170～180億円を、それぞれ高潮対策に投入したことになる。この時、大阪府普通会計に占める高潮対策への年間の投資のシェアは、最大4%に達している。さらに、防潮水門の完成までは年間120～140億円を投入したことになる。

### 2.2.2 寝屋川総合治水対策事業<sup>28)29)</sup>

上町台地東側の淀川、大和川および生駒山地で囲まれた東部大阪地域が寝屋川流域である。約7,000～6,000年前には生駒山麓までが入江となっており、その後、淀川や大和川の度重なる氾濫、そして生駒山地から運ばれる土砂の堆積により次第に現在の平野を形成し、16世紀後半の淀川左岸の堤防の修築や18世紀中頃の大和川の付替えて、現在の寝屋川流域が出来上がった。淀川や大和川からの堆積作用を失ったことから広い低平地が形成され、一部の地域は海拔ゼロメートル以下となっている。自然流下による流水の出口は京橋口1箇所のみで、河床勾配は1/12,500程度と非常に緩やかであるとともに、京橋口から約10km上流の恩智川合流点付近まで大阪湾潮位の影響を受ける、非常に複雑な流れとなっている。

河川改修計画は、1954年（昭和29年）策定の第1次計画（基本高水流量 $536\text{m}^3/\text{s}$ ）をはじめに、1976年（昭和51年）策定の第2次計画（同 $1,650\text{m}^3/\text{s}$ ）を経て、現在においては1988年（昭和63年）策定の第3次計画（流域基本高水流量 $2,700\text{m}^3/\text{s}$ ）に基づき、治水機能の向上を図っている。それぞれの計画における主な整備内容として、第1次計画では第二寝屋川および平野川分水路の新川開削を、第2次計画では、前計画の施設整備内容に加え、各河川の河床掘削や護岸整備、寝屋川導水路などの放流施設、貯留施設である治水緑地を、さらに第3次計画では地下河川や地下調節池を、それぞれ位置づけている。

寝屋川流域の治水計画が「総合治水対策」と称されるようになったのは第3次計画からであるが、ここでは、その基本となった第2次計画を対象とする。図2.9に、流域の主要河川および第2次計画の洪水処理計画を示す。

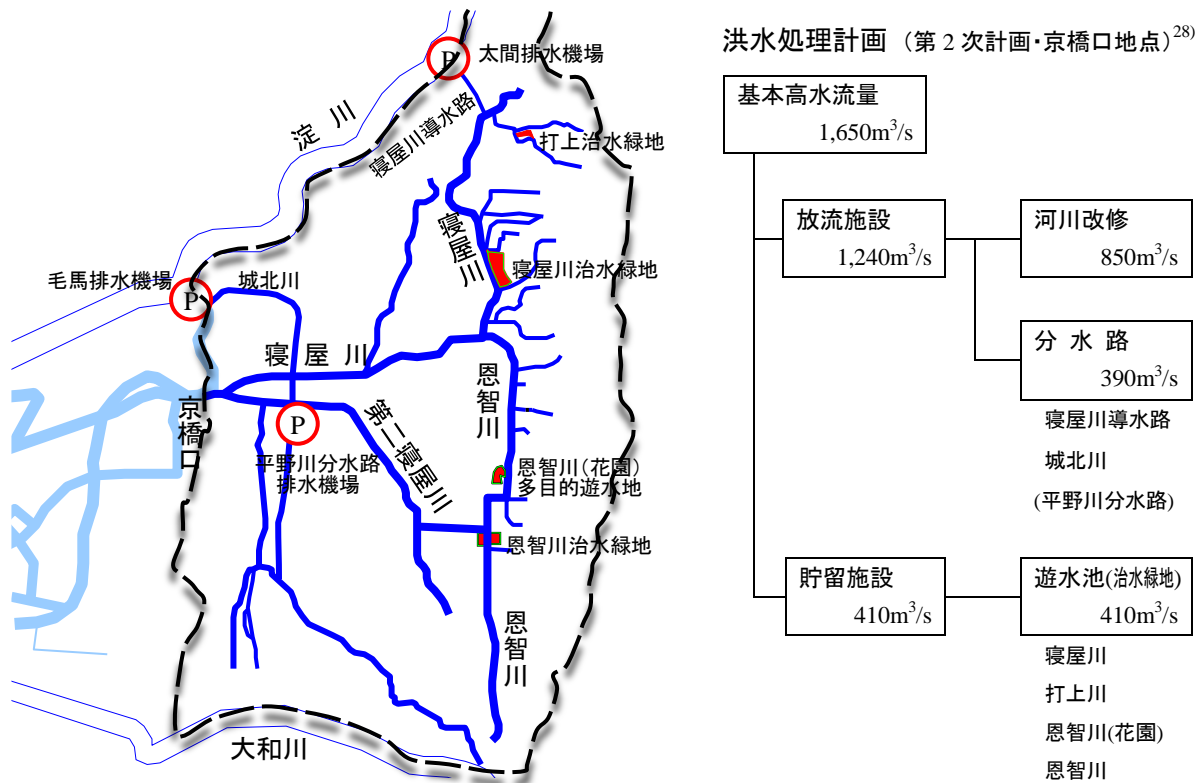


図2.9 寝屋川流域の主要河川および洪水処理計画





写真 2.3 寝屋川本川（遠景は生駒山地）



写真 2.4 寝屋川治水緑地の貯留状況

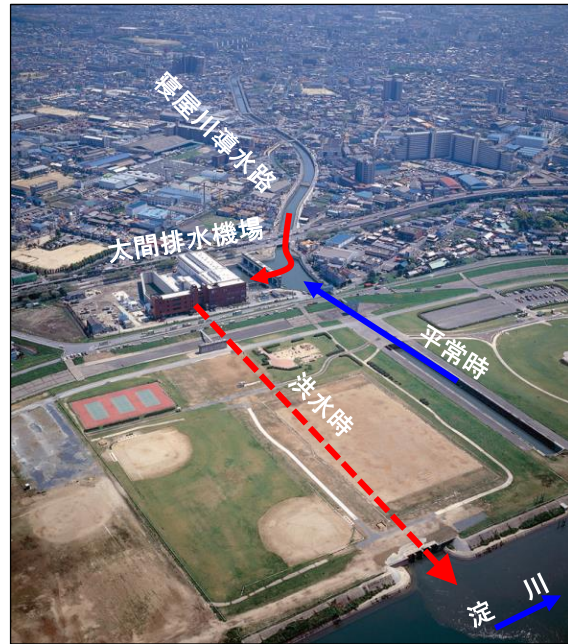


写真 2.5 寝屋川導水路と太間排水機場

第1次計画では、下流端の京橋口における基本高水流量を $536\text{m}^3/\text{s}$ と定めていた。この計画は、当時の既往最大降雨〔大阪管区気象台、1896年（明治29年）8月30日、最大時間雨量 $61.8\text{mm}$ 、24時間雨量 $175.6\text{mm}$ 〕を用いて策定されたもので、流域の農地での一時的な湛水を前提にしていた。しかし、1957年（昭和32年）に、計画を上回る降雨〔八尾観測所、1957年（昭和32年）6月26日、最大時間雨量 $62.9\text{mm}$ 、24時間雨量 $311.2\text{mm}$ 〕（八尾実績降雨）を記録し、東部大阪を中心に浸水家屋約11万戸に及び甚大な浸水被害が発生した。また、高度経済成長期の急激な都市化の進展に伴う保水・遊水機能の低下や、下水道整備の普及に伴う河川への排水量の増大などによる浸水被害が、頻繁に起こるようになった。

このような状況を踏まえ、基本高水流量を $1,650\text{m}^3/\text{s}$ とした第2次計画を策定した。沿川は既に市街化が高度に進んでおり、また、寝屋川は河床勾配が非常に緩く、下流の大阪市内河川の流下能力にも限界があり、基本高水流量のすべてを京橋口で処理することは非常に困難であった。そのため第2次計画では、流域の途中で遊水地（治水緑地）を設けて洪水を一時的に貯留するとともに、分水路を設けて洪水を淀川へ放流する手法を導入した。その結果、図2.9に示す洪水処理計画のとおり、京橋口で受け持つ流量（計画高水流量）を $850\text{m}^3/\text{s}$ とし、残りの $800\text{m}^3/\text{s}$ を分水路と遊水池で受け持つこととした。

流域の出水を一時的に貯留するとともに、分水路によって洪水処理するという手法を、地方自治体の治水計画に本格的に導入した例は、当時では治水ダムを除いて全国的に例はなく、第2次計画は画期的な治水手法であったといえる。写真2.3に寝屋川本川の改修後の状況を、写真2.4に最初の遊水池である寝屋川治水緑地の湛水状況を、そして写真2.5に分水路のひとつである寝屋川導水路と洪水排除用の太間排水機場の状況を、それぞれ示す（いずれも大阪府河川室提供）。

寝屋川流域の第2次計画は第1次計画の残事業を引き継ぎ、その実施途上で第3次計画へ移行しているため、策定当時の事業内容の実施期間と完成時期を明確に示すことができない。そこで、図2.5を参考に、第2次計画策定のきっかけとなった昭和47年豪雨災害（1972年度）から、寝屋川導水路および太間排水機場が完成し、分水路による洪水処理体制を確立した1996年度（平成8年度）までの25年間を、第2次計画の実施期間とする。ここで、1980年度に完成した毛馬排水機場は城北川と旧淀川を通じて淀川に洪水を放流する役割を担っているが、大阪高潮対策事業によって実施しているため第2次計画には含めない。また、1988年度（昭和63年度）に着手した地下河川や地下調節池事業は第3次計画の内容であり、これを含めない。

図2.10は、1970年度（昭和45年度）から2000年度（平成12年度）までの、30年にわたる大阪府による寝屋川流域の治水対策事業への投資額の推移を示したものである。なお、投資額は建設工事デフレ

ーターを用いて2005年基準の現在価値化した数値としている。1970年度（昭和45年度）は防潮水門が完成した年度で、その後は、図2.5からわかるように、大阪府の治水投資に占める高潮対策のシェアは減少し、寝屋川総合治水対策のシェアが増加している。

図2.10から以下のことがわかる。すなわち、昭和47年豪雨災害（1972年）の翌年度の1973年度は、現在の価値に換算すると、年間150億円におよぶ予算を投入、その後は、1991年度の年間約270億円をピークに、阪神・淡路大震災発生直後の1995年度まで、年間200億円におよぶ投資を続けたことになる。この時、大阪府普通会計に占める寝屋川総合治水対策への年間の投資のシェアは、1967年度（昭和42年度）の1.9%をピークに、事業の終盤の1993年度まで1%以上であった。図2.10には示していないが、図2.5からわかるように、1996年度以降は地下河川や地下調節池事業に投資の力点を移し、引き続き、寝屋川流域の治水能力の向上を進めている。

なお寝屋川流域は、2006年1月に特定都市河川浸水被害対策法（脚注<sup>1</sup>）に基づく指定都市河川流域となった。2003年6月に同法律が整備、翌年5月に施行された後、我が国を代表する3つの都市河川流域のひとつに指定された（脚注<sup>2</sup>）。治水施設整備と並行して、これまで総合治水対策の一環の行政指導で取り組んできた流域対策を、法律に基づいてさらに強力に進めていくこととなり、現在に至っている。

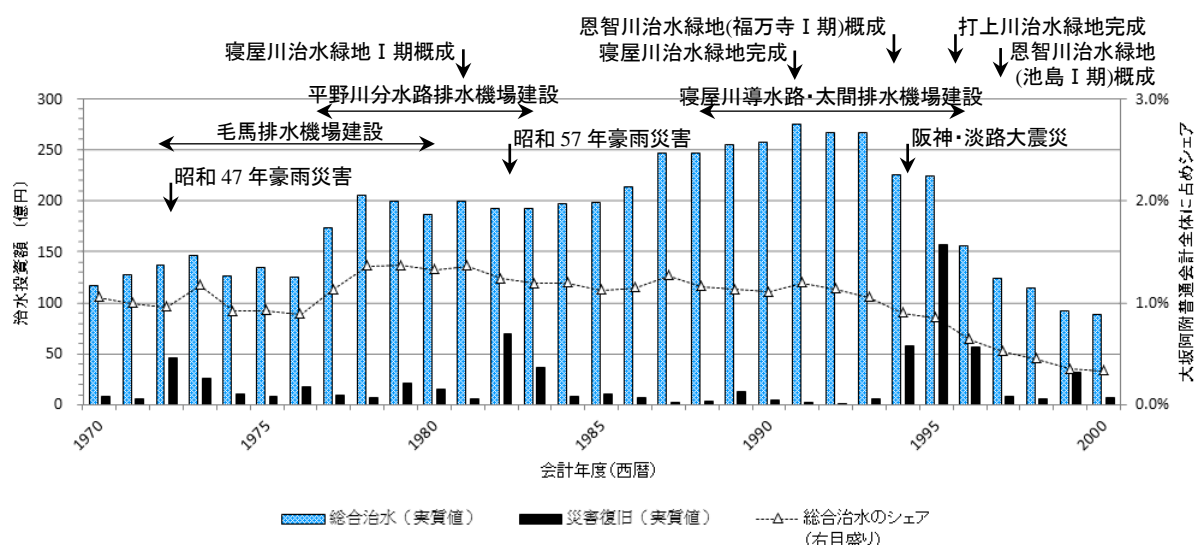


図 2.10 寝屋川総合治水対策事業の事業費（実質値）の推移

※図のデータの出典（前出）

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

大阪府河川室：大阪府建設事業評価（平成20年度下期）根拠資料—費用便益算定に関する資料<sup>30)</sup>

### 2.2.3 地震に伴う災害復旧（阪神・淡路大震災における堤防等の復旧）

1995年（平成7年）1月17日午前5時46分、兵庫県の淡路島を震源とするマグニチュード7.3の地震が発生した。震災名を「阪神・淡路大震災」と名付けられた「兵庫県南部地震」である。被害は、神戸市を中心とした京阪神地方の広いに範囲におよび、死者・行方不明者6,437名、負傷者43,792名、被災した家屋639,686棟を数えた。阪神高速道路の高架橋の倒壊や山陽新幹線の高架橋の落下をはじめとする橋梁被害が330箇所、堤防倒壊を含む河川被害が774箇所など、公共土木施設にも甚大な被害を及ぼした<sup>38)39)</sup>。

脚注<sup>1</sup> この法律は、1999年および2003年の福岡水害、2000年の東海水害（東海豪雨）など、都市部における浸水被害の頻発を受け、河道等の整備による浸水被害の防止が市街化の進展により困難な地域について、特定都市河川および特定都市河川流域として指定し、浸水被害対策の総合的な推進のため、河川管理者による雨水貯留浸透施設の整備、雨水の流出を抑制するための規制、都市洪水想定区域の指定等、浸水被害防止のための対策の推進を図ることを目的としたものであ<sup>35)</sup>。

脚注<sup>2</sup> 鶴見川（東京都、神奈川県、2005年4月指定）、新川（愛知県、2006年1月指定）および寝屋川（大阪府、2006年1月指定）の3河川流域である。2015年4月1日現在、5都府県8河川流域が指定されている<sup>36)37)</sup>。

大阪府域では、北西部の豊能地域や大阪市西北部での被害が著しかった<sup>40)</sup>。河川構造物に焦点を当てると、直轄河川では、大阪府域を含め3府県4河川32箇所<sup>41)</sup>に被害が発生した。中でも淀川の堤防は、左岸河口部の西島地区の約1.8km区間において、基礎地盤の液状化により天端が最大3mも沈下崩壊したのをはじめ、19箇所延べ延長約7km、そのうち大阪市域では16箇所延べ約6kmにわたり、沈下や亀裂等の被害を受けた<sup>41)</sup>。この結果、淀川河口部での台風期朔望平均満潮位がO.P+2.20mに対し、崩壊後の堤防高はO.P+3.5~4.5mとなり、堤防の機能が失われた状態となった<sup>42)</sup>。大阪府管理河川では、大阪市をはじめ3市10河川で被災した。中でも大阪市域の神崎川筋の4河川、旧淀川筋の2河川では、鋼矢板護岸の沈下や傾斜等の損傷およびそれに伴う背後地の沈下、堤防を被覆している張コンクリートの破壊など、25箇所延べ約9kmにわたって被災した(神崎川筋の2河川と輪中堤を構成している布屋海岸1箇所を含む)<sup>40)43)</sup>。図2.11に大阪市域の河川の主な被災箇所を、図2.12および写真2.6に淀川左岸西島地区の被災状況を<sup>44)</sup>、そして図2.13および写真2.7に神崎川右岸佃地区の被災状況を、それぞれ示す。

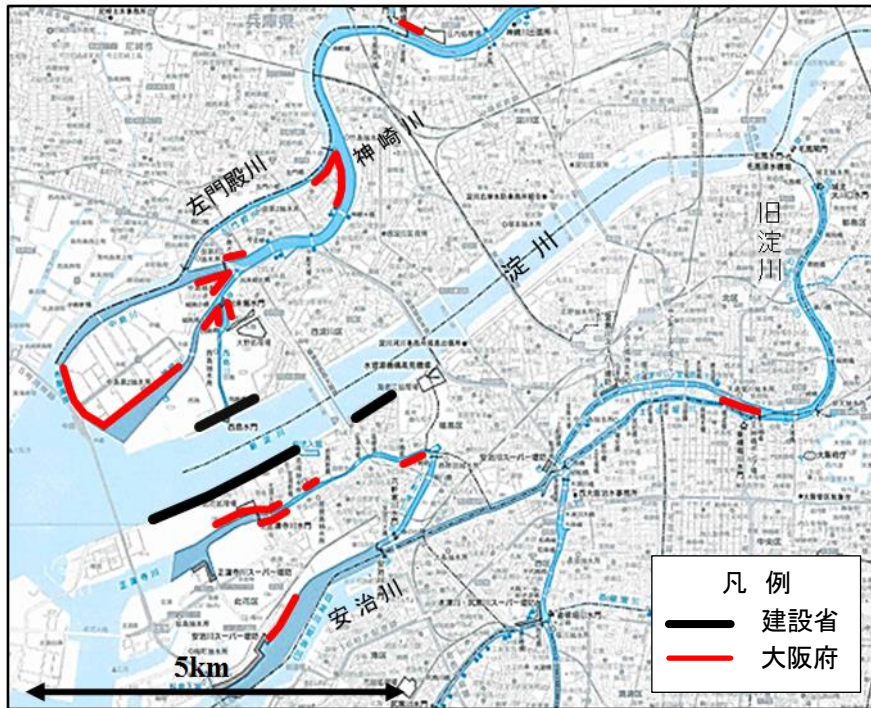


図 2.11 阪神・淡路大震災における大阪市域の河川堤防の被災箇所

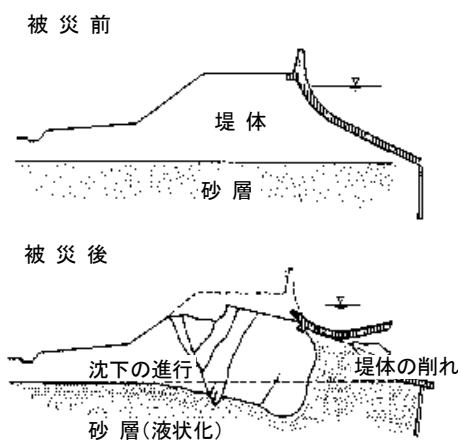


図 2.12 淀川左岸堤防(西島地区)の被災概要<sup>44)</sup> 写真 2.6 淀川左岸堤防(西島地区)の被災状況<sup>44)</sup>

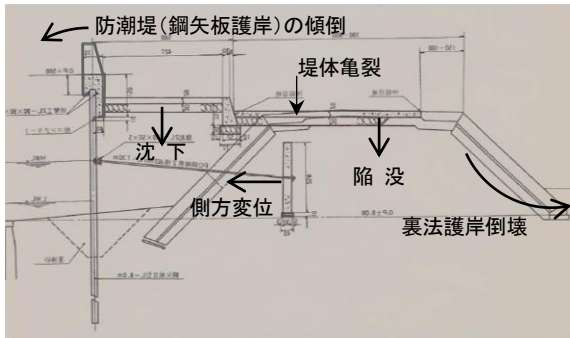


図 2.13 神崎川右岸堤防（佃地区）の被災概要  
（基図の典：文献 27）



写真 2.7 神崎川右岸堤防（佃地区）の被災状況  
（大阪府西大阪治水事務所提供）

大阪府が管理している神崎川筋や旧淀川筋の諸河川は鋼矢板や鋼管等を用いた特殊護岸であり、強震動により、護岸の安定を保っているタイロッドの破損や基礎地盤の脆弱化で護岸が傾斜したことによって、周辺の地盤の沈下は生じたものの、淀川堤防のように堤防の機能そのものが失われるという最悪の事態は免れている。但し、淀川堤防は崩壊原因が液状化に起因することとして、本格復旧時には当時の最新の知見を導入し、抜本的に基礎地盤の液状化対策を実施したが、大阪府は鋼矢板護岸の補強のみで対応した。基礎地盤の液状化対策の実施は、後年度の東日本大震災以降まで待つこととなる。

阪神・淡路大震災に伴う、大阪府が災害復旧事業として河川堤防を復旧するために投入した費用は、当時の価格では2年間で約63億円に上った（大阪府所管の公共土木施設災害全体では約73億円）<sup>40</sup>。大阪府普通会計の合計は、1995年度が2兆6,560億円、1996年度が2兆4,913億円とされており、災害復旧費のシェアは0.1%強である<sup>26</sup>。図2.5に示すとおり、この間の治水投資のシェアは4.6～4.7%で、耐震対策を含む大阪高潮対策事業のシェアは0.2～0.3%となっている。

当時は、地方自治体の災害復旧事業は法律に基づき財源の9割を国庫負担で賄っていたことから、国の会計に対する負担が大きくなるが、大阪府普通会計に対しては過度な負担とはなっていないと考えられる。しかし、本来の事業と平行して、年間事業費の3割から5割に相当する災害復旧事業を2年間継続したことは、大阪府という組織にとっては大きな負担であったと考えられる。

### 2.3 治水事業の完成に要する時間と費用

大阪高潮対策事業は、ジェーン台風来襲後の1950年度から進められ、現在も継続中であるが、プロジェクトとしての実施期間を、第2室戸台風が来襲した1961年度から、毛馬排水機場が完成して100%の効果を発揮できるようになった1980年度までの20年間とすると、この間に投入した事業費は、現在の価値にして試算すると約2,170億円、年平均約108億円となる。この20年間の大阪府普通会計の合計は約21兆1,860億円（現在価値化後）で、大阪府は高潮対策へ年間予算の1.0%の投資を20年間したこととなる。プロジェクト期間を、1961年度から防潮水門が完成した1970年度までの10年間で試算すると、事業費が約1,480億円、年平均約148億円、大阪府普通会計の合計が約7兆570億円で、高潮対策への年平均投資は、2倍の2.1%となる（巻末資料・図2.8および図2.10に関する集計表を参照）。

寝屋川総合治水対策事業は1954年度（昭和29年度）から進められ、現在も継続中であるが、第2次計画を中心としたプロジェクト期間を、前述のとおり、昭和47年豪雨災害の1972年度から、寝屋川導水路および太間排水機場が完成して、分水路による洪水処理体制を確立した1996年度（平成8年度）までの25年間とすると、この間に投入した事業費は、現在の価値にして試算すると約5,050億円、年平均約202億円となる。この25年間の大阪府普通会計の合計は約46兆2,600億円（現在価値化後）で、大阪府は寝屋川総合治水対策へ毎年予算の1.1%の投資を25年間したこととなる（巻末資料・図2.8および図2.10に関する集計表を参照）。

両事業とも、治水計画で示した治水能力を確実に発揮できるようにするための事業実施期間として、20年から25年を要している。現在価値化した投資額は、大阪高潮対策事業は総投資額約2,170億円、年平均約108億円であり、寝屋川総合治水対策事業は、総投資額約5,050億円年平均約202億円となって

いる。寝屋川総合治水対策事業は大阪高潮対策事業に比べて、総投資額では約 2.3 倍、年平均でも 1.9 倍の投資となっている。この間の大阪府普通会計の合計は、前者の 20 年間では約 21 兆円（年平均約 1.1 兆円）、後者の 25 年間では約 46 兆円（年平均約 1.9 兆円）で、前者に対する後者の比が、総投資額では約 2.2 倍、年平均では約 1.7 倍となっている。すなわち、財政規模と治水投資の増加がほぼ一致しており、言い換えれば、大阪府では普通会計に占める治水投資のシェアを、両事業に対しては一定水準で確保していたということである。なお、年平均の治水投資のシェアはいずれも 1%程度である。ピーク時は大阪高潮対策事業の 2%である。

以上の分析の結果、大阪高潮対策事業と寝屋川総合治水対策事業の事例から、地方自治体である大阪府が、複数の事業の一つとして、毎年の普通会計から治水プロジェクトに投資することが可能な予算のシェアとしては、年 1%程度、ピーク時でも 2%程度で、20～25 年程度の事業期間を要することが明らかになった。

なお、大阪府が 2010 年 6 月に策定した「今後の治水対策の進め方」<sup>45)</sup>では、河川の氾濫や浸水による「地先の危険度」を評価の上、目指すべき当面の治水目標（「地先の危険度」の低減目標）の期間を 20～30 年程度としている。この期間は、「府民が対策の効果を実感できる期間を概ね 10 年」として、「期間内での実現可能な対策及び実施後の河川氾濫・浸水の危険性を提示」した上で、「今後 20～30 年程度での地先の危険度の低減と合わせて、想定外の降雨に対しても流域全体の被害を軽減する」ことを主眼においたものである。結果として、本論文における大阪府における主要治水事業への投資に関する分析と合致していることがわかった。

### 第3章 地震による治水機能への影響<sup>46)</sup>

#### 3.1 堤防の耐震性能の評価 —地震応答解析に適用する工学的基盤面の設定—

第1章の冒頭で述べたが、巨大地震に伴う地盤変動と見なされる現象は、その原因および発生機構によって、「地震の揺れに伴うもの」と「地殻変動に伴うもの」に大きく分類される。本章では、前者のうち、広域地盤変動に伴う河川の流域が被る治水機能の影響の中で、地震の揺れに伴って発生する液状化等に起因する地盤の変形を取り上げ、大阪府域の堤防の耐震性能の評価について論じる。

基礎地盤を含む堤防を対象として、地震の揺れに伴って発生する液状化等に起因する変形を再現し、耐震性能を評価するには、非線形地震応答解析の実施が不可欠であり、これまでに多くの解析コードが開発されている。ところで、これを実施するには、解析対象地点における、①入力地震波、②地震波を入力する工学的基盤面の深さ、③地震波入力地点の工学的基盤面から地表面までの地盤データ、以上3つの基本情報が必要となる。

南海トラフを震源とする地震は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）を契機に、中央防災会議が設置した「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において、科学的知見に基づいて最大クラスの地震の設定が検討され、2011年8月に公表された第二次報告で、図3.1に示す震度分布図が示され<sup>47)</sup>、その後、このときに用いた地震波が公表されている<sup>48)</sup>。内陸断層帯地震は、大阪府が2007年10月に、大阪平野の内陸断層帯（上町、生駒、有馬高槻、中央構造線）を震源とする地震に関する地震動予測<sup>49)</sup>を公表している。大阪市内を震源とする上町断層帯地震の震度分布を、代表例として図3.2に示す。2008年3月には、これらの4つ断層帯を震源とする想定地震の地震波を用いて、大阪府域をいくつかのゾーンに分け、ゾーンごとにそれぞれの想定標準地震動を作成している<sup>50)</sup>。

このように、大阪府域においては、構造物や基礎地盤の耐震性能を評価するための想定入力地震波は充実していると言える。しかしこれらの地震波を用いるにあたり、工学的基盤面のS波速度は示されているものの、基盤面標高とそれより上層の地盤情報が明示されていない（図3.3参照）。

断層震源モデルによる強震動予測でよく用いられる工学的基盤は、S波速度 $V_s=500\sim 550\text{m/s}$ に相当する層である<sup>51)</sup>。一方、構造物の地震応答解析にあたっては、設計指針類ごとに工学的基盤を数値（S波速度）で定義しているのが一般的であり<sup>52)</sup>、構造物の基礎として堅固な地盤とされる、 $V_s=300\sim 700\text{m/s}$ 程度に相当する層に設定する人が多い。PS検層や推定式によって算定した $V_s$ の他、最も浅い支持層に設定するといった簡便的な手法に拠っている場合もある。大阪平野の沖積地盤における多くの土木構造物は、第1洪積砂礫層（Dg1層）を支持層や地震応答解析の工学的基盤として扱っている<sup>53) 54)</sup>。

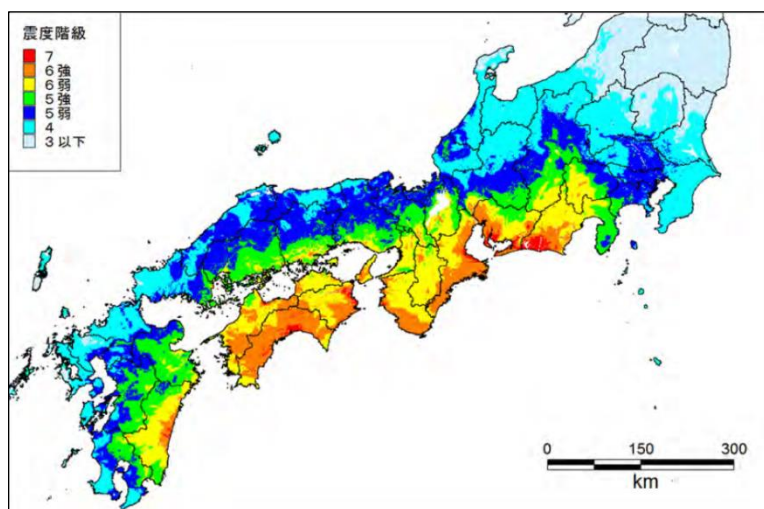


図 3.1 南海トラフの巨大地震の震度分布<sup>47)</sup>  
(強震動生成域が陸側に近いケース)

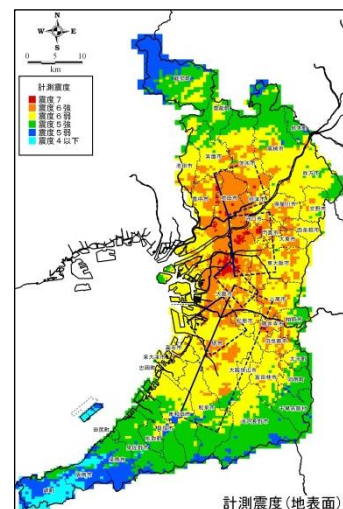


図 3.2 上町断層帯地震による大阪府域の震度分布<sup>49)</sup>

一般的には図3.4の左図に示すとおり、このような層より下層では、同程度の層厚を有するVsが300m/s程度を下回る地層は連続して分布していないことが前提となっている。ところが大阪平野の沖積地盤では、図3.4の右図に示すように、Dg1層より深部でVsが300m/s程度以下の洪積粘土層（Ma12層、Ma11層、……）と、それ以上の洪積砂礫層が互層を形成している。既往の研究では、図3.5の左図のようにDg2層以深をモデル化した例<sup>51)</sup>はあるが、工学的基盤をVsが500m/s程度の地盤として、Ma12層下面（Dg2層上面）との間のVsを直線的に補完しており、地震波がVs $\geq$ 3,000m/s程度の地震基盤からあるVsの地層に設定した工学的基盤を経て地表面に達する、強震動の予測を念頭に置いたものである。深度方向に地層の構成や力学的変化が大きい浅い地盤中に工学的基盤を設定する、土木構造物の地震応答解析を念頭においたものではない。また図3.5の右図に示すように、Ma12層の下層の第2洪積砂礫層（Dg2層）を工学的基盤として、それより浅い地盤を砂礫層と粘土層ごとに単純モデル化した例があるが<sup>55)</sup>、Dg2層以深のVsが300m/s程度以下となる地層（Ma11層以深の洪積粘土層）の影響を評価していない。

本章では、多岐にわたる土木構造物の耐震性能の評価の公平さを期すことに焦点をあて、浅層地盤情報は構造物の設計に用いた地盤データ他、関西圏地盤情報ネットワークの地盤情報データベース（脚注<sup>1</sup>参照。以下「関西圏DB」という。）を活用する。その中で、大阪平野中央部の上町台地周辺の沖積地盤を取り上げ、このエリアの工学的基盤面は、既往研究（例えば、前述の文献51、文献55、新関西地盤(2007)<sup>53)</sup>の第I編第7章）や、設計検討（例えば、大阪港夢洲トンネルの耐震検討(2007)<sup>56)</sup>）等で示されている、Ma12層下端（Dg2層上端）とすることを基本に、設定深度の妥当性を検証する。

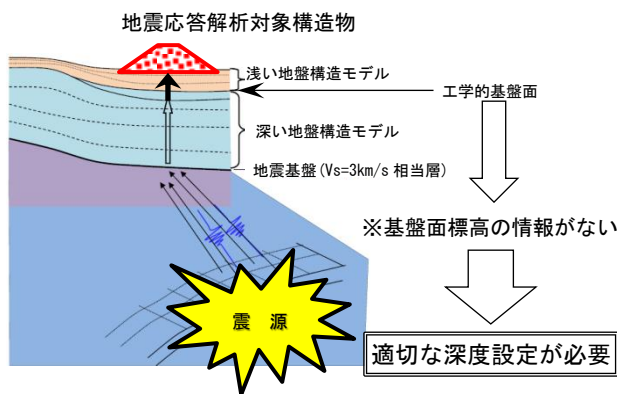


図 3.3 工学的基盤面における強震動波形計算の概念（中央防災会議・二次報告<sup>47)</sup>より引用、加筆）

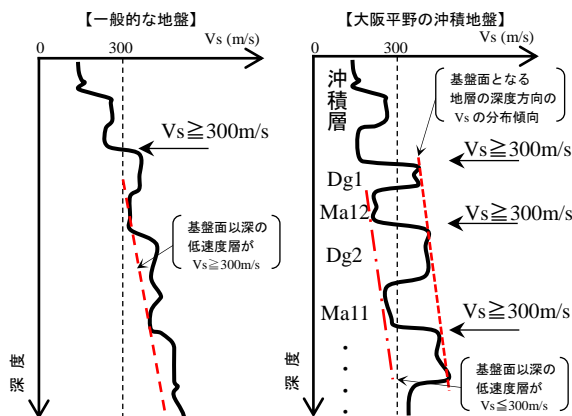


図 3.4 沖積地盤の工学的基盤面の位置（Vs $\geq$ 300m/s となる地層）

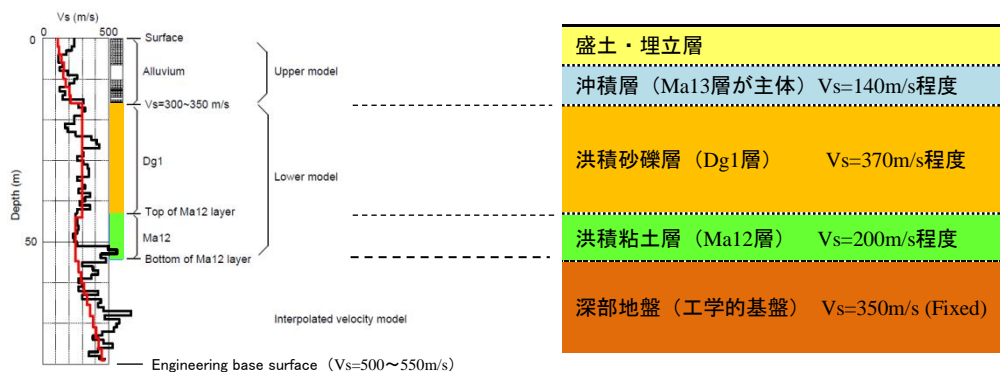


図 3.5 浅い地盤のS波速度モデルの例（左；吉田ほか<sup>51)</sup>、右；長ほか<sup>55)</sup>）

脚注<sup>1</sup> 大阪平野周辺の約6万本のボーリング孔のデータが集められており（2015年12月時点）、地質柱状図、N値の他、孔によってはPS検層その他の調査データが記載されている。

また、Dg2層上端だけでなく、その下層のVsの低速度層の下端も検証の対象として、工学的基盤面の設定深度の妥当性を評価する。さらに、これまで実務上で採用されているDg1層上端についても、併せて検証する。

### 3.2 検証地点および入力地震波の選定

#### 3.2.1 大阪平野の沖積地盤の特徴

図3.6は大阪湾周辺の表層地質の分布を示したものである。図中の上町台地は、大阪平野の中央部に南北に分布する洪積台地である。上町台地の北部、東部及び西部に広がる沖積地盤では、沖積層より深い層で、N値 $\geq 50$ の洪積砂礫層と、N値 $< 25$ の洪積粘土層が互層を形成している。

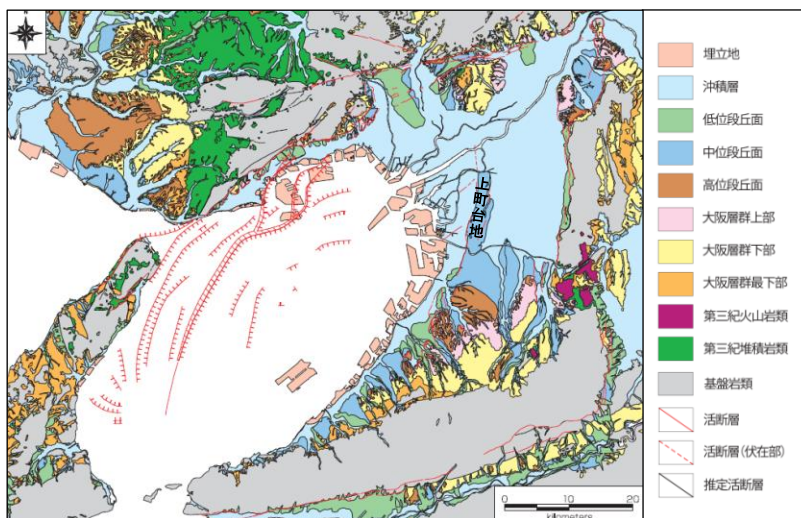


図 3.6 大阪湾周辺の表層地質の分布状況  
(「新関西地盤—大阪平野から大阪湾—2007」口絵<sup>53</sup>)より引用・加筆)

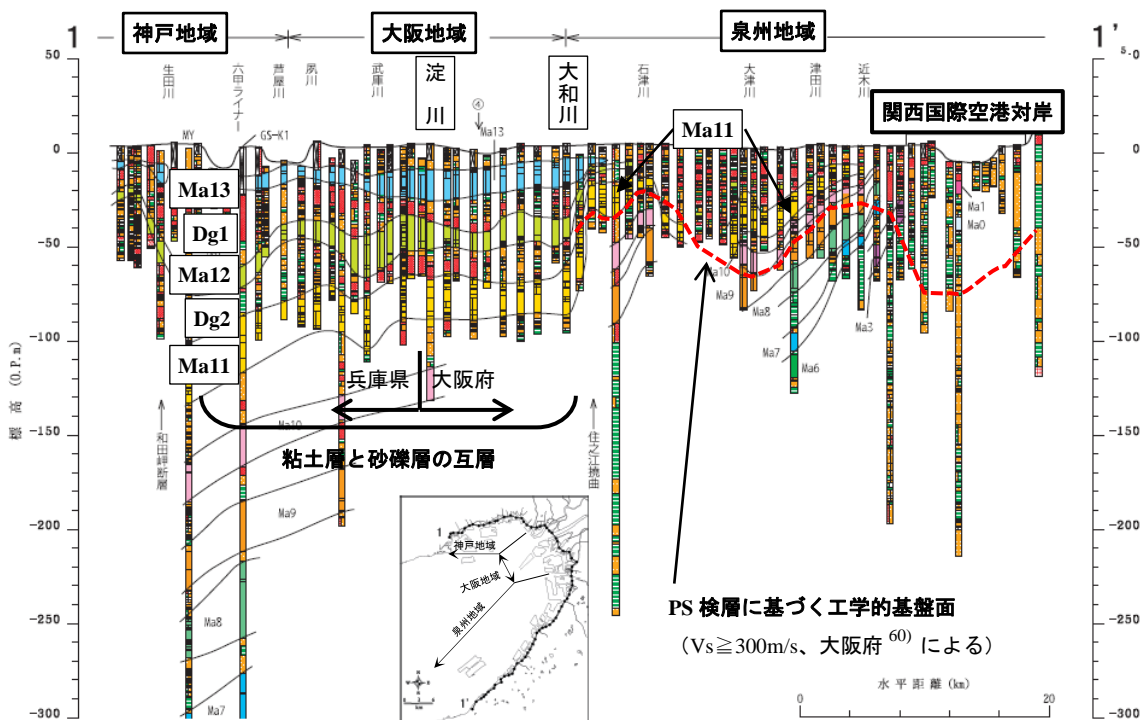


図 3.7 大阪湾岸の浅層地盤構造 (「新関西地盤—大阪平野から大阪湾—2007」口絵<sup>53</sup>)より引用・加筆)



図3.7に示すとおり、地層構成は、表層直下から順に、Ma13層（沖積層）、Dg1層（第1洪積砂礫層）、Ma12層（洪積粘土層）、Dg2層（第2洪積砂礫層）、Ma11層、…、などの記号が付されている（Maは海成粘土層の略）<sup>53)</sup>。このような堆積状況は、大阪湾岸では、神戸地域から大阪地域にかけては、Ma11層以浅の成層状況が顕著に見られるが、大和川以南の泉州地域では不明瞭である。

土木構造物の地震応答解析にあたって、地盤モデルと工学的基盤面は構造物の現位置の地盤情報に基づいて設定されるもので、各種設計基準類にその設定の目安が示されている。道路橋示方書を例にあげると、解析対象地点に共通する広がりをもつ、Vsが300m/s程度以上であるとしている<sup>57)</sup>。また、土質ごとにN値からVsを推定する式を示しており、砂質土ではN値が50以上、粘性土では25以上がこれにあたる<sup>52)</sup>。この他、港湾施設では、砂質土はN値が50以上、粘性土は一軸圧縮強度が650kN/m<sup>2</sup>以上とVsは300m/s以上のいずれか<sup>58)</sup>、鉄道構造物では、Vsが400m/s以上で、地盤調査がこれを満たす地盤まで到達していなければ、砂質土はN値が50以上、粘性土はN値30以上としている<sup>59)</sup>。

大阪府域の沖積地盤で工学的基盤を広い範囲に設定した事例として、2005年から2007年にかけて実施された「大阪府海岸防潮堤・水門耐震検討委員会」<sup>60)</sup>の結果がある。大阪湾岸の堺泉北港以南（図3.7の泉州地域）では、同港周辺の一部を除きMa11層以浅の洪積砂礫層が薄く、それ以深にN値が25未満の洪積粘土層が厚く堆積しており、N値のみでは連続した工学的基盤面の設定が困難である。このため、およそ100～500m間隔のボーリングによる地盤情報から得られた地層の連続性に加え、複数のボーリング位置で実施したPS検層に基づき<sup>61)</sup>、Vsが概ね300m/s以上となる地層を特定し、工学的基盤面としている（図3.7の赤破線、図3.8の堺旧港-P1及び岸和田-1を参照）。

一方、上町台地周辺ではVs $\geq$ 300m/sとなる地層が明瞭であり、Dg2層上端（Ma12層下層）を工学的基盤面としている（Dg1層上端としている例もある）。しかし、Dg1層下層のMa12層はもちろん、Dg2層下層のMa11層もN値が25未満である。さらに下層のMa10層以深の洪積粘土層は、圧密によって硬質な粘土であることが確認されている箇所もあるとされているが<sup>53)</sup>、Ma11層以深の粘土層は、N値は25未満の箇所や、図3.8の中之島KN3に示すように、Vsが300m/sを下回っている箇所が随所に見られる<sup>62)</sup>。

以上のような大阪平野の沖積地盤の特徴を踏まえ、次項で検証地点を選定する。

### 3.2.2 検証地点の選定

地震波が地表面へ伝播する過程における、工学的基盤面としているDg2層より下層のVsの低速度層の影響について検証するために、複数の検証地点を選定した。選定にあたっては、①前節に記述した大阪平野の沖積地盤の特徴を呈しており、かつ、②地表面付近からMa11層の下層までの地盤データがほぼ1箇所存在し、さらには、③Ma11層の層厚の違いによる地表面への影響の検証が可能となる、といった指標で選定した。また選定にあたっては、後述する、南海トラフ巨大地震の入力地震波の加速度レベルの地点間による差異をできるだけ少なくするために、それぞれの地点の緯度をできるだけ同程度とすることも考慮した。

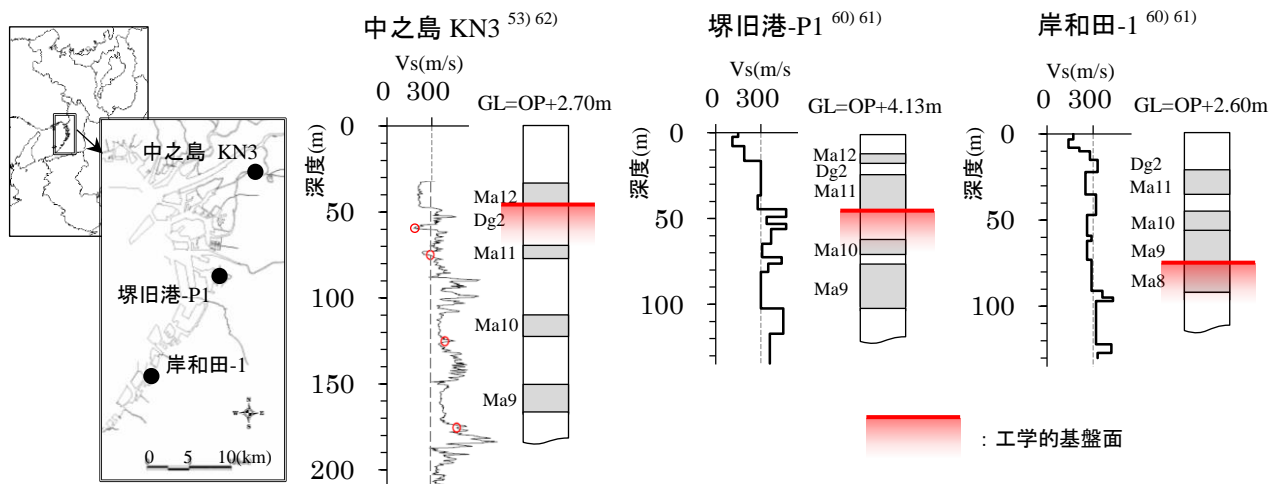


図 3.8 大阪平野の洪積粘土層の S 波速度（Ma9 層付近まで、文献 53, 60, 61, 62 を基に作成）

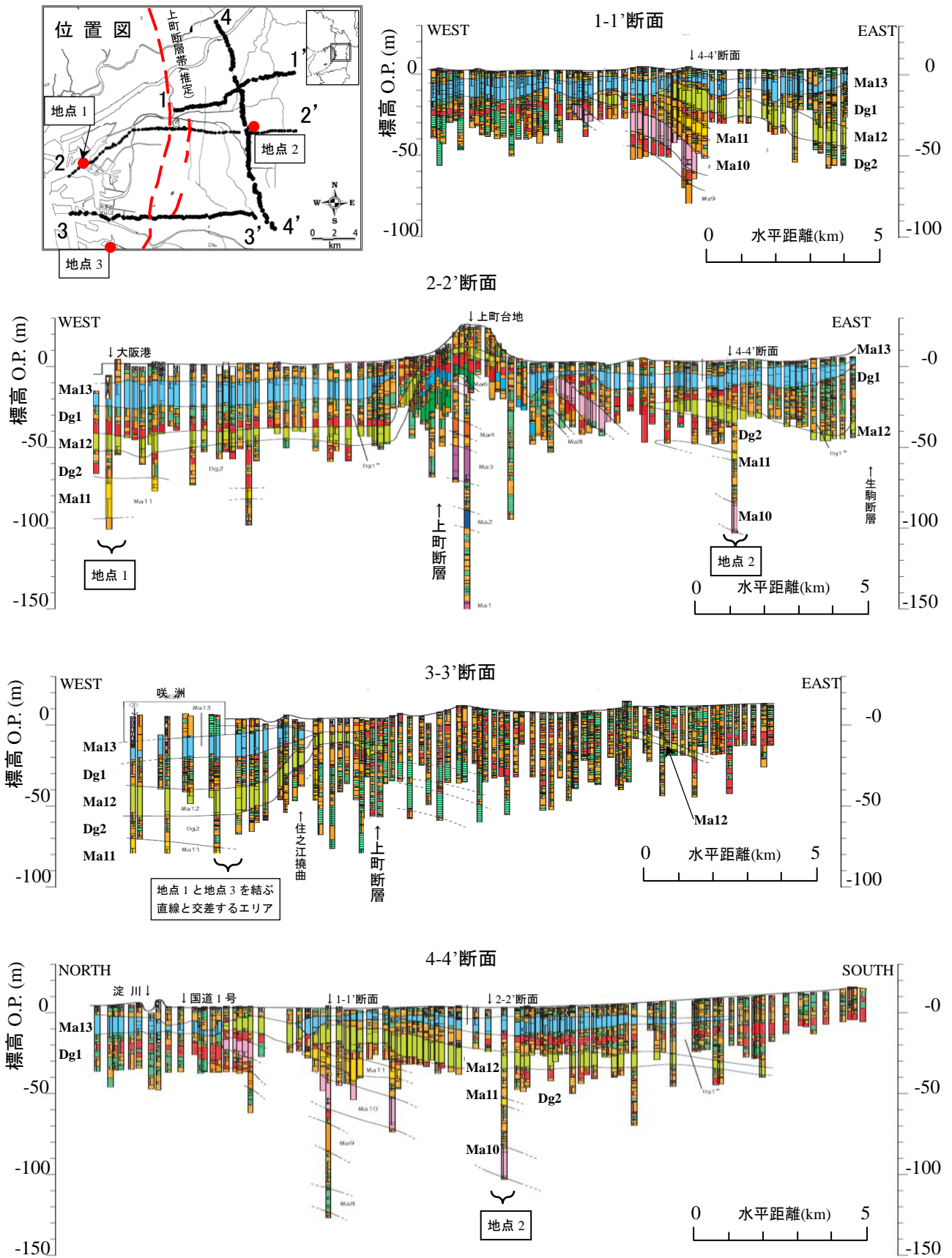


図 3.9 大阪平野中央部周辺の地層の分布状況  
 (「新関西地盤—大阪平野から大阪湾—2007」<sup>53)</sup> 口絵より引用、加筆)

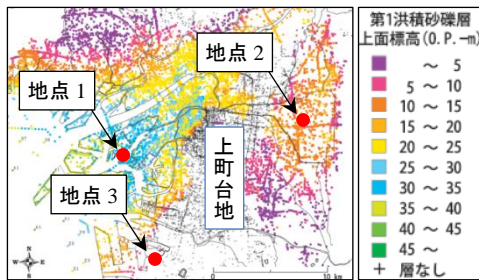


図 3.10 Dg1 層の下面標高分布  
(新関西地盤(前述)<sup>53)</sup>より引用・加筆)

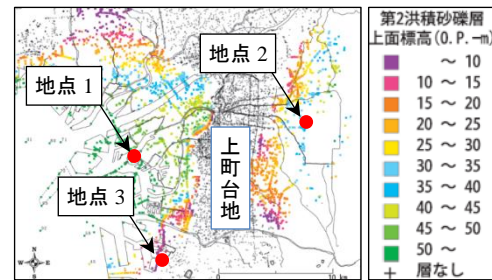


図 3.11 Dg2 層の下面標高分布  
(新関西地盤(前述)<sup>53)</sup>より引用・加筆)

図3.9に示す地点1（大阪港）と地点2（荒本）の地盤情報は、Ma11層を貫き、かつMa11層の層厚が異なり、その上層が同様の堆積状況を示していることから、陸域にあるいくつかの地盤情報の中で、大阪平野の沖積地盤、特に上町台地周辺の地盤を代表している2地点として選定した。また、比較のために、泉州地域の沖積地盤を代表する地点として、前節で触れた「大阪府海岸防潮堤・水門耐震検討委員会」の報告書に記載されている地盤情報の中で上記2地点に最も近い（最も北側に位置する）地点3（堺旧港）を選定した。

図3.9は、関西圏DBを用いて大阪平野中央部の複数の地層断面図を示したもので、2-2'断面は大阪平野中央部を東部の生駒山麓から大阪湾までほぼ東西に切った状況を示している。泉州地域の地層の状況は図3.7および図3.8に示すとおりである。Ma11層を下端まで貫く地盤情報は極めて少ない。一方、Dg2層上端、その上層のMa12層、Dg1層およびMa13層は、何れも大阪平野の沖積地盤の上層部を構成する地層で、上端や下端の標高も含め、その分布状況は比較的明らかになっている。図3.10および図3.11に示すこれらの地層の平面的な分布状況から見ても、地点1から地点3は大阪平野中央部の沖積地盤を代表していると言える。

### 3.2.3 入力地震波の選定

地震応答解析で使用する地震波（以下「入力地震波」という）は、海溝型地震は中央防災会議・二次報告で使用した工学的基盤面における地震波<sup>48)</sup>を、内陸断層帯地震は大阪府が作成した想定標準地震動の工学的基盤面の地震波<sup>50)</sup>を、それぞれ用いた。海溝型地震波の地盤のゾーン分類は、図4に示す表層地質の分布状況に加え、図3.12に示す大阪湾周辺の基盤形状<sup>53) 63)</sup>や、図3.13に示す大阪平野周辺の基盤岩標高分布<sup>53) 64)</sup>を考慮し、図3.14に示すとおり設定した<sup>50) 65) 66)</sup>。内陸断層帯地震波については、図3.15に示すとおり設定した<sup>50)</sup>。これは、大阪平野の内陸断層帯の強震動予測<sup>49)</sup>から想定標準地震動を作成する際に、図3.6、図3.12および図3.13に加え、どの断層帯の、どのような破壊シナリオのケースの影響を最も大きく受けるか、大阪府域の場所ごとに整理してゾーニングしたものである。

海溝型地震の入力地震波は、概ね5kmメッシュごと（標準地域メッシュの第2次地域区画<sup>67)</sup>）を4分割）に1組（NS成分、EW成分）で、地震波算定位置は、5kmメッシュの中央部の概ね1km四方の3次メッシュ（第3次地域区画<sup>67)</sup>）である（図3.16参照）。内陸断層帯地震は、ゾーンごとに1組（NS成分、EW成分）となっている。検証地点ごとに、以下に示す考え方で入力地震波を選定した。なお、大阪府耐震部会においても、この考え方を適用している。

#### (1)海溝型地震

- ① 検証地点を含んでいる5kmメッシュをカバーする入力地震波を選択。
- ② 検証地点の基盤形状や基盤岩標高等が、①と隣接メッシュをカバーする入力地震波のそれぞれの位置と比較して、より類似している方を選択。
- ③ 選択した入力地震波の位置が、検証地点と異なるゾーンであれば、隣接メッシュをカバーする入力地震波のうち、同じゾーンのものを選択。

#### (2)内陸断層帯地震

- ① 検証地点を含んでいるゾーンの入力地震波を選択。

上記の方法で選定した、検証地点ごとの入力地震波は次とおりである。また、選定した海溝型地震の入力地震波の位置は、図3.17に示すとおりである。

- ・地点1 (大阪港) ⇒海溝型地震；AT2ゾーン・5135-7377、内陸断層帯地震；A8ゾーン  
 ※この地点をカバーする海溝型地震の入力地震波の位置5136-7372は、基盤岩標高が著しく深くなっていることから (図11参照)、隣接メッシュで地点1に最も基盤岩標高に近い5135-7377を選定。
- ・地点2 (荒 本) ⇒海溝型地震；AT2ゾーン・5235-0427、内陸断層帯地震；A7ゾーン
- ・地点3 (堺旧港) ⇒海溝型地震；AT2Aゾーン・5135-7327、内陸断層帯地震；A9ゾーン  
 ※この地点をカバーする、海溝型地震の入力地震波の位置 5135-6377 は洪積地盤のゾーン (DT2 ゾーン、図 3.14 参照) なので、沖積地盤ゾーンで最も近い5135-7327 (AT2 と AT2A の両ゾーン) を選定。

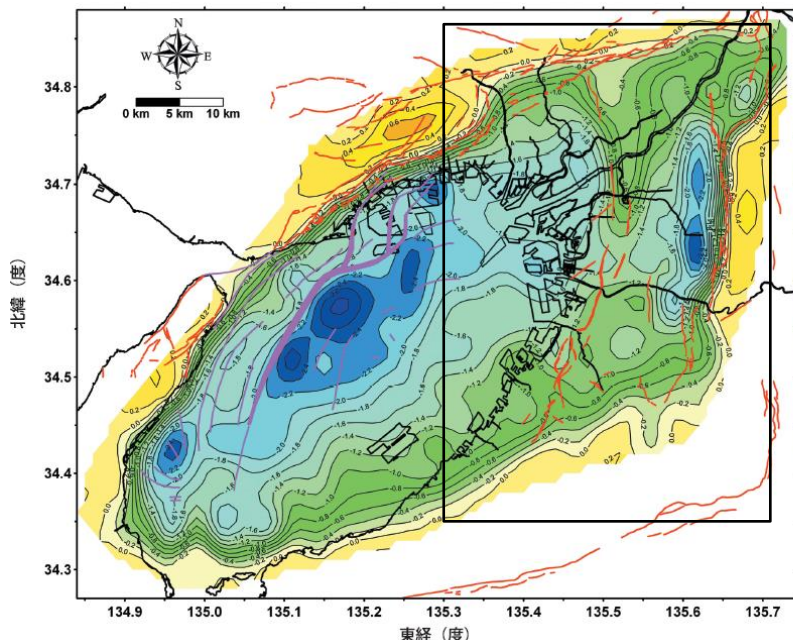


図 3.12 大阪湾周辺の基盤形状<sup>53) 63)</sup> (枠内は図 3.13 の範囲)

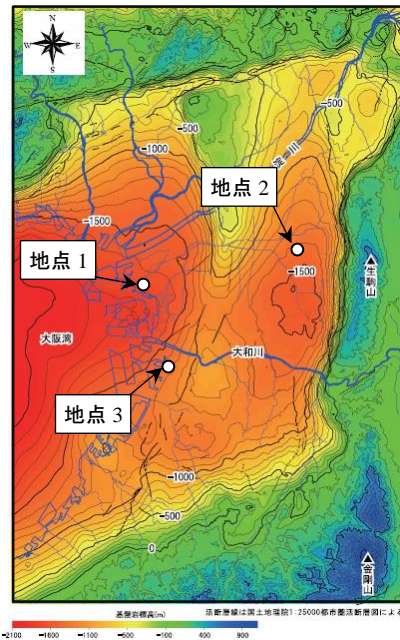


図 3.13 大阪平野周辺の基盤岩標高<sup>53) 64)</sup>

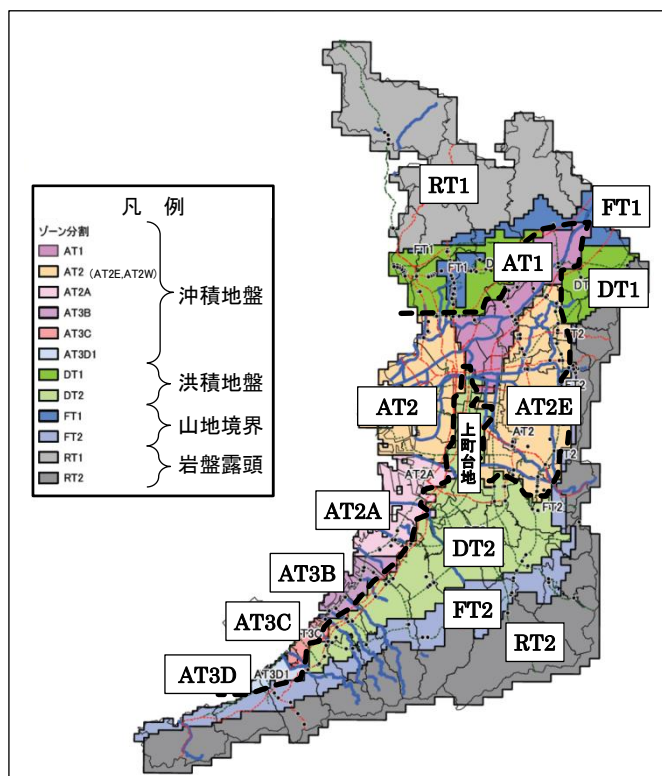


図 3.14 地盤のゾーン分類 (海溝型地震)  
 (大阪府報告書<sup>50) 65) 66)</sup> より引用、加筆)

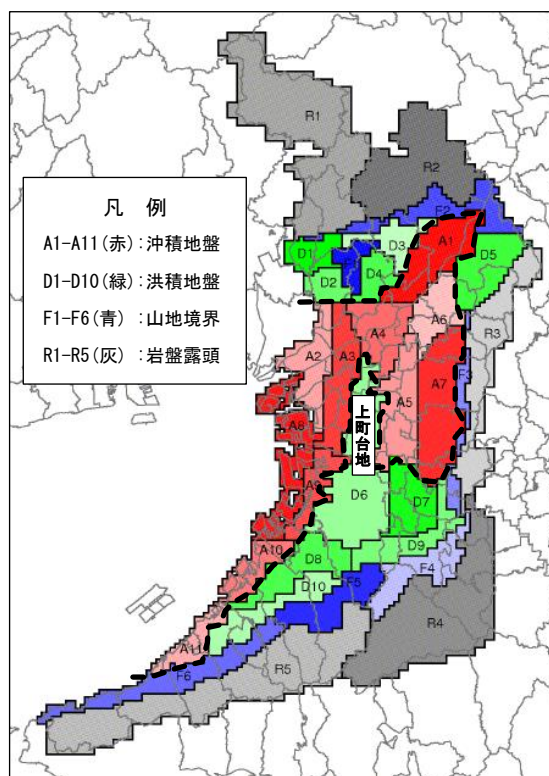


図 3.15 地盤のゾーン分類 (内陸断層帯地震)  
 (大阪府報告書<sup>50)</sup> より引用、加筆)

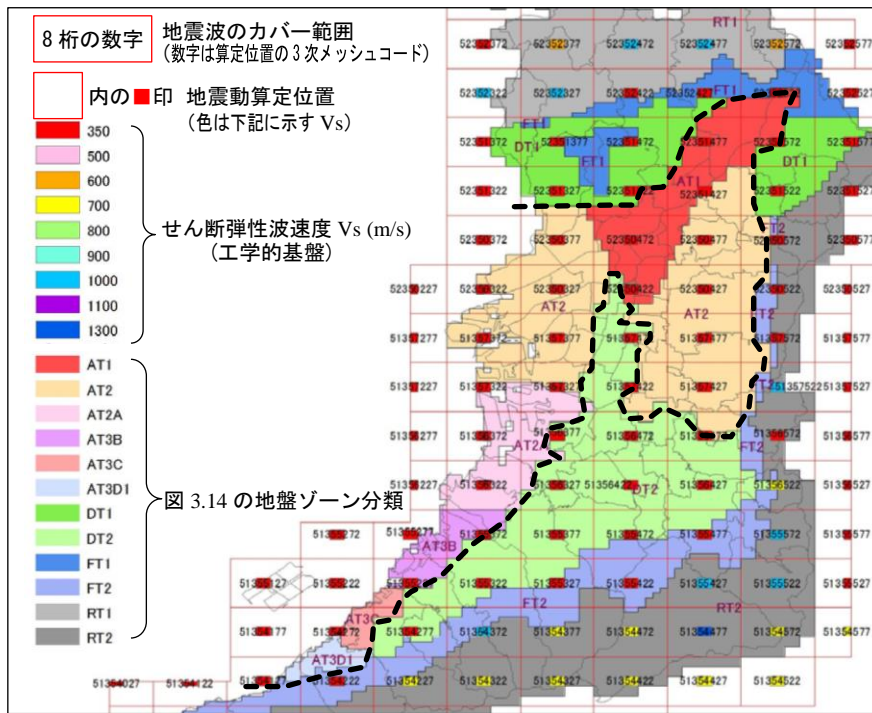
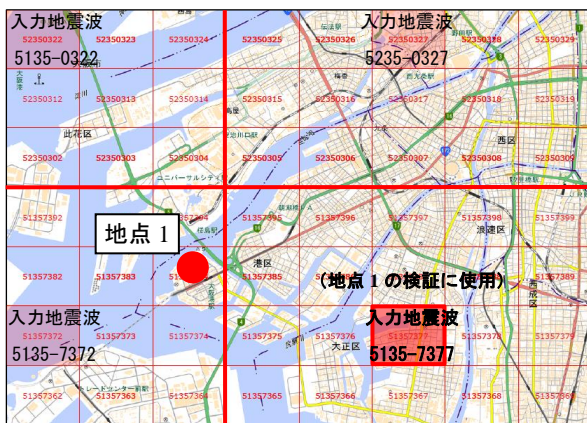


図 3.16 地震動算定位置における工学的基盤のせん断弾性波速度（内閣府提供資料<sup>48)</sup> に加筆）



(a) 地点 1 (大阪港)



(b) 地点 2 (荒本)



(c) 地点 3 (堺旧港)

- 凡例
- : 入力地震波の位置
  - : 8桁数字
  - : 入力地震波のカバー範囲（概ね 5km メッシュ）  
（2次メッシュの4分割）

※特記事項

- ・地点 1 をカバーする入力地震波 5136-7372 は、基盤岩標高が著しく深くなっていることから（図 3.13 参照）、隣接メッシュで地点 1 に最も基盤岩標高に近い 5135-7377 を選定
- ・地点 3 をカバーする入力地震波 5135-6377 は洪積地盤ゾーンなので（図 3.16 参照）、沖積地盤ゾーンで最も近い 5135-7322 を選定

図 3.17 検証地点ごとの入力地震波（海溝型地震）選定の考え方（基図は地理院地図（電子国土 Web）から引用）



周波数  $f$  を用いて、 $d_{\max} = V_s / 5f$  で示される ( $V_s = V_{s0} (G/G_0)^{0.5}$ )<sup>69)</sup>。ここで、FLIP 解析のデフォルトでは剛性低下率  $G/G_0$  は 0.1 とし、 $f$  は  $d_{\max}$  が小さくなり過ぎないように 5Hz としている (入力地震波は、海溝型は 25Hz、内陸断層帯は 50Hz まで保障されている)。解析にあたっての境界条件は、初期自重解析時は、底面は鉛直・水平方向ともに固定、側面は鉛直ローラー・同一深度節点等変位拘束とした。また、地震応答解析時は、底面は基盤層の  $\gamma_r$ 、 $V_s$  および  $V_p$  ( $V_s$  から算定) で設定される粘性境界、側面は拘束なし、とした。

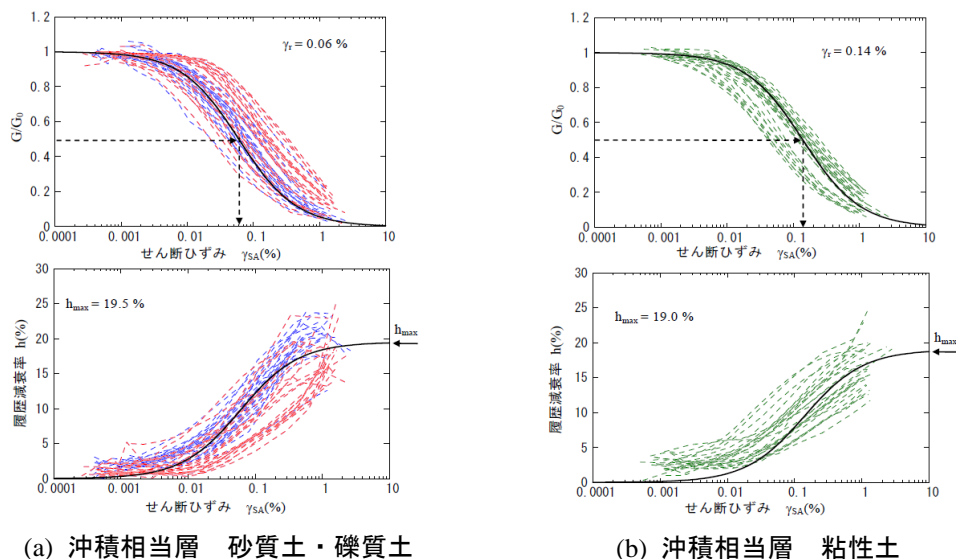


図 3.18 西大阪ならびに東大阪地域の土質の中空ねじりせん断による動的変形試験結果<sup>53) 71)</sup>

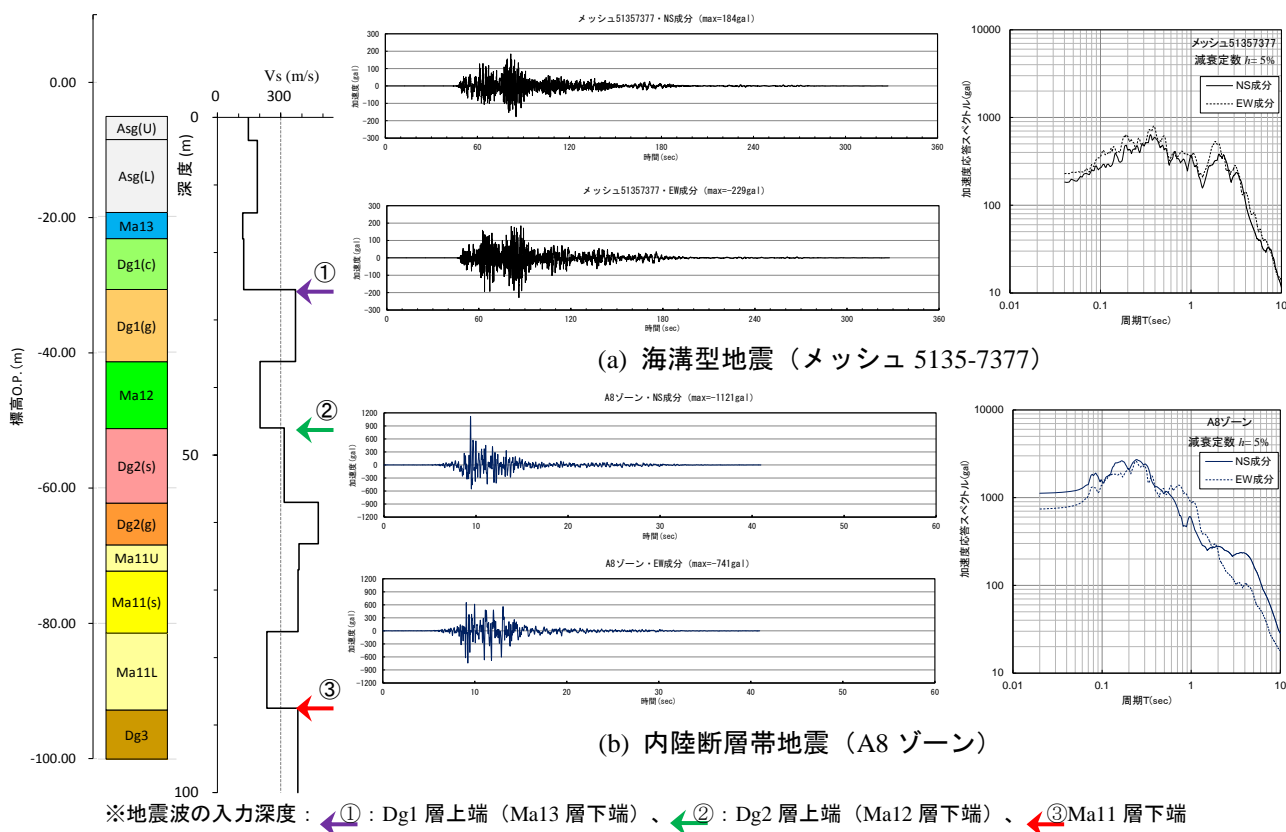
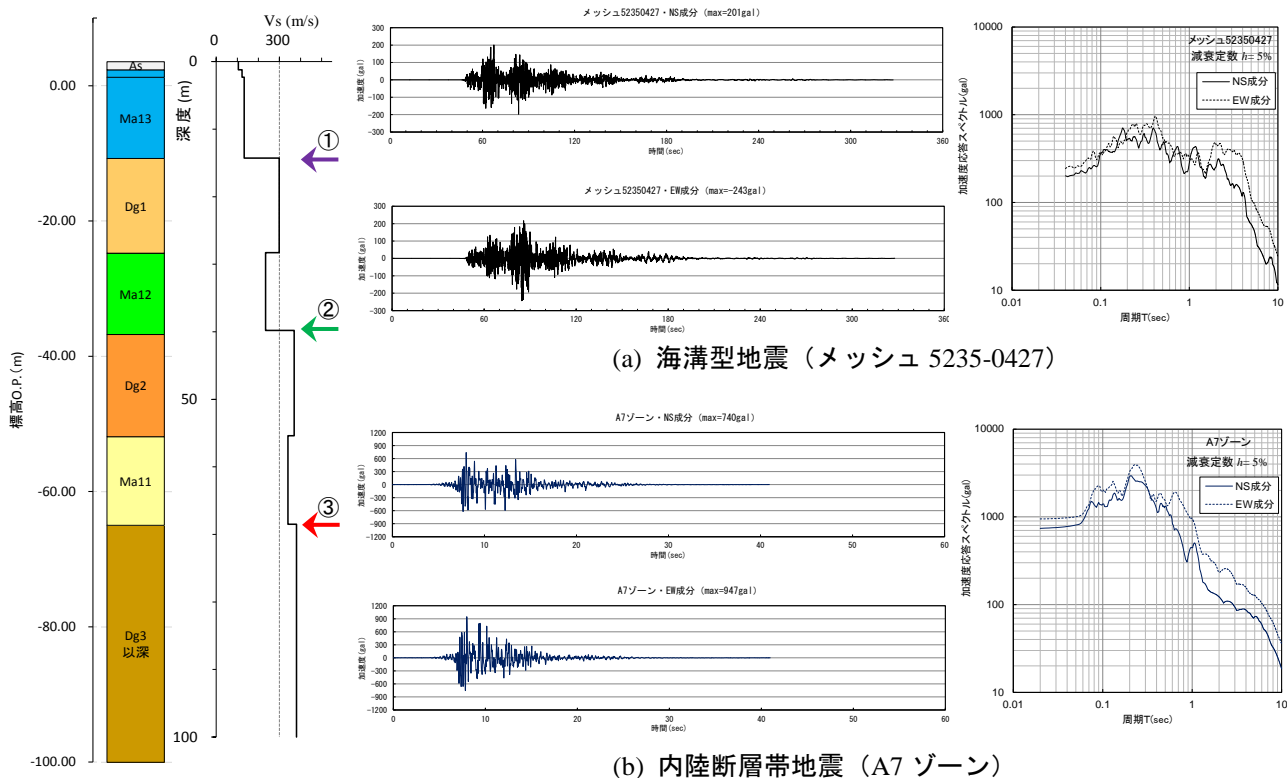
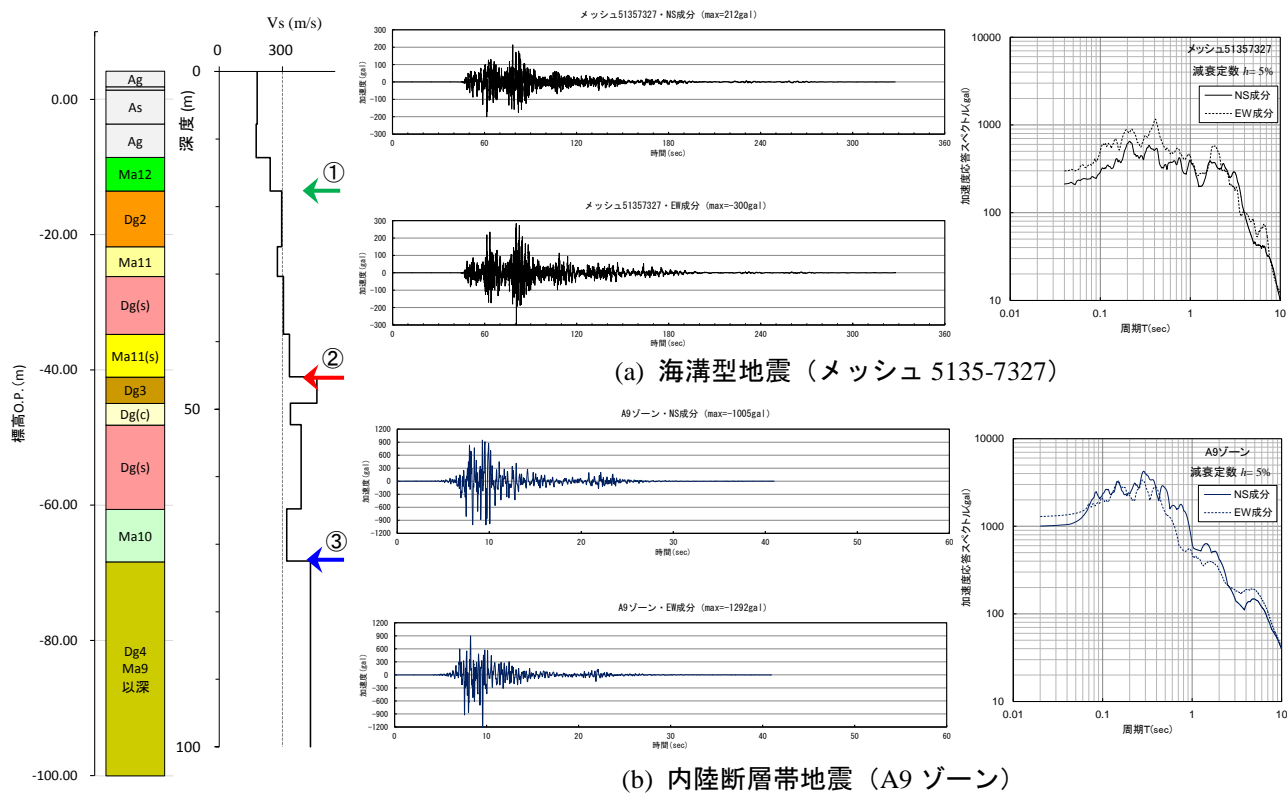


図 3.19 検証地点の地盤モデルおよび入力地震波 (地点 1・大阪港)



※地震波の入力深度：① : Dg1 層上端 (Ma13 層下端)、② : Dg2 層上端 (Ma12 層下端)、③ : Ma11 層下端

図 3.20 検証地点の地盤モデルおよび入力地震波 (地点 2・荒本)



※地震波の入力深度：① : Dg2 層上端 (Ma12 層下端)、② : Ma11 層下端、③ : Ma10 層下端

図 3.21 検証地点の地盤モデルおよび入力地震波 (地点 3・堺旧港)



### 3.3.2 解析結果

地震応答解析は、検証地点が3地点、入力地震波が2種類（海溝型と内陸型）かつ2成分（NSとEW）、地震波入力基盤が3深度、合計36ケースについて、1次元非線形全応力解析を実施し、その差異を比較した。地震波入力深度は、上町台地周辺の地点1と地点2では、①Dg1層上端、②Dg2層上端、③Ma11層下端の3つとした。泉州地域の地点3では、図3.7、図3.8および表3.1に示すように上町台地周辺に比べて地層全体が隆起しており、Dg1層が確認されないため、①Dg2層上端、②Ma11層下端、③Ma10層下端の3つとした。図3.22から図3.24に、地点1から地点3の最大加速度の深度分布、最大せん断ひずみの深度分布、加速度応答スペクトル及び伝達関数（フーリエスペクトルの増幅率）を、それぞれ示す。

本章では、既往の研究成果等を踏まえ、工学的基盤面をDg2層上端とすることを基本に、その下層のMa11層（Vsの低速度層）の下端について検証するため、地点1と地点2では、Dg2層上端とMa11層下端の解析結果の検証を中心に据える。地点3では、既往の成果<sup>60)</sup>に基づいて工学的基盤面としているMa11層下端に加え、その下層のMa10層下端について検証する。

一方、Dg1層上端について、この深さは、地点1と地点2を含む上町台地周辺の沖積層基底で、洪積層以深の浅層地盤構造を簡略化した基盤波では、実際の地震波のS波増幅特性を満足に再現できない場合もあることが、大阪平野を対象にした既往の研究で明らかになっている<sup>51)</sup>。このことから、Dg1層上端は、地表面地震動を再現するには、Vsが300m/s程度の工学的基盤としてはふさわしくないと考えられる。しかし、これまでに実務上で採用されていることから、この位置で地震波を入力した結果が過小なもの（構造物にとって危険側）となっていないを確認するため、Dg1層上端の解析結果を検証する。Dg1層が確認されない地点3では、沖積層直下の基盤層であるDg2層上端の解析結果を検証する。

#### 3.3.2.(1) 上町台地周辺の沖積地盤（地点1・地点2）

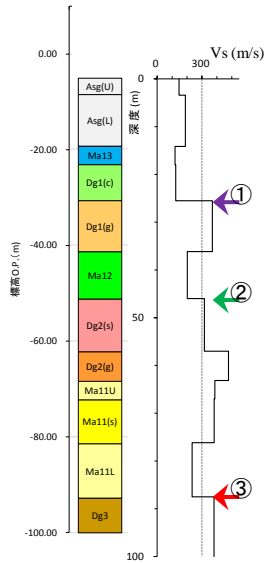
上町台地の西側および東側に位置している地点1と地点2では、地表面付近の最大加速度分布は地震波の入力深度がDg2層上端（←印）とMa11層下端（←印）でほぼ同じである。海溝型地震では、Ma13層より浅い地層でMa11層に入力した場合が若干大きくなるが、地表に近づくにつれて、ほぼ同程度に収束していく。最大せん断ひずみの深度分布は、Ma13層からDg1層上端にかけて大きくなっている。地震波の入力深度（工学的基盤面）の最大せん断ひずみは、図3.16の動的変形試験結果で示される1%程度以内で、地点ごとでは4%程度以内であるが、地点1の内陸型では、工学的基盤面で1%を、最大で4%を超えている。地点1の内陸型を除き、最大せん断ひずみのレベルや深度分布の状況は、地点や入力地震波で数値の違いはあるものの、同じ傾向を示している。大阪湾岸における既往の研究<sup>72)</sup>によると、1次元非線形全応力解析の最大せん断ひずみは3%程度、地震波の入力深度でのひずみは1%以下となっており、地点1の内陸型を除けば、ほぼ同程度である。

加速度応答スペクトルを見ると、地点や地震波の種類（海溝型or内陸型）で多少差はあるが、地震波と成分の組み合わせごとに、ある周期帯より短周期側では減衰、長周期側では増幅となる傾向がある。このことは、地震波と成分の組み合わせごとに、どの入力深度でも増幅率が1以上となる周期帯がほぼ同じとなっていることからでもわかる。地表面の加速度が卓越する周期帯は、ほとんどが1sec以下であるが、地点1では、海溝型の地震波では、入力深度に関わらず2sec前後になり、Ma11層下端入力（深い位置）が最も大きくなる。地点2では、0.4sec程度から0.9sec程度の周期帯で、加速度応答スペクトルは2つの入力深度でほぼ同じレベルであるが、増幅率のピークのずれにより、Ma11層下端入力がDg2層上端入力より増幅率が大きくなる部分がある。

増幅率の大きさは、短周期側ではDg2層上端入力が大きくなり、0.8～1.0secを境に、これより長周期側ではMa11層下端入力が大きくなる。また増幅率のピークは、Ma11層下端入力の方が長周期側で発生している。これは長周期の方が減衰しにくいことに起因するものと考えられる。ここで、地点1の内陸型では、増幅率の最大値のピークが現れず、周期とともに増大している。このケースのみ、地震波入力深度がどの位置でも、工学的基盤面の最大ひずみが1%を超えている。

以上のことから、地点1と地点2では次のことが言える。すなわち、地表面の最大加速度はDg2層上端入力とMa11層下端入力で大きな差はない。一方、周期が1sec程度以上では、Ma11層下端入力の増幅率が大きくなり、かつピークが長周期側となる。特に地点1の海溝型では、周期が2sec付近が最も加速度応答が卓越しており、かつMa11層下端入力が最も大きくなる。

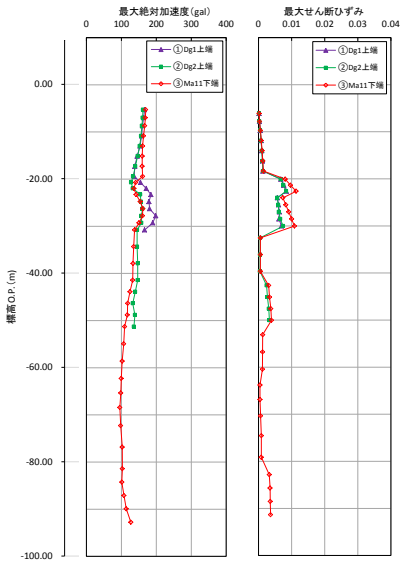
地点1の地盤モデル



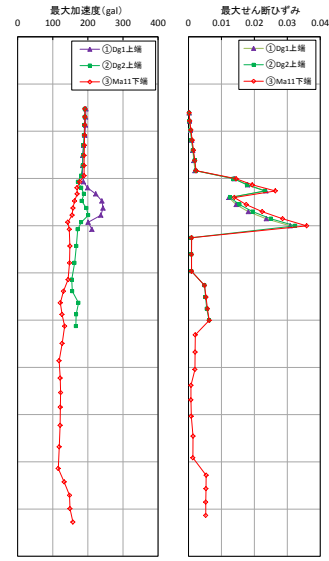
※地震波の入力深度：

- ① : Dg1 層上端 (Ma13 層下端)
- ② : Dg2 層上端 (Ma12 層下端)
- ③ : Ma11 層下端

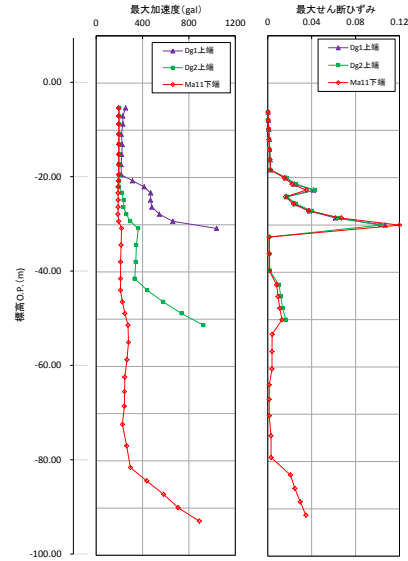
海溝型地震 (NS 成分)



海溝型地震 (EW 成分)



内陸断層帯地震 (NS 成分)



内陸断層帯地震 (EW 成分)

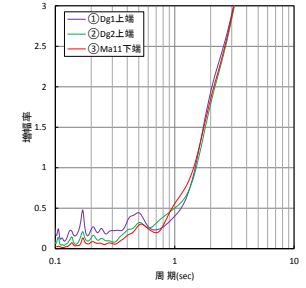
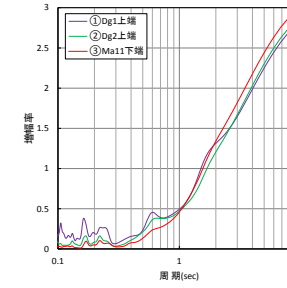
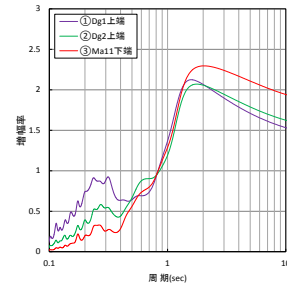
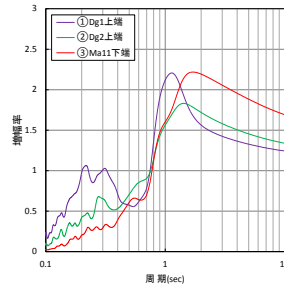
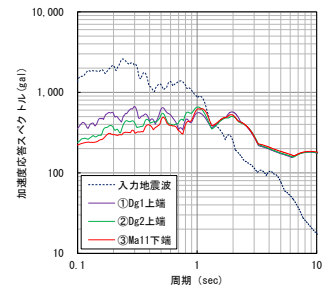
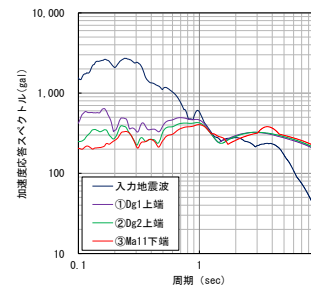
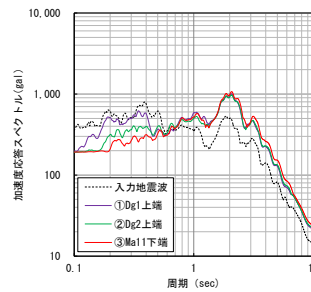
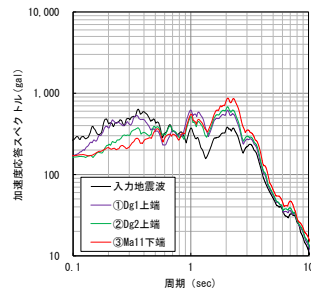
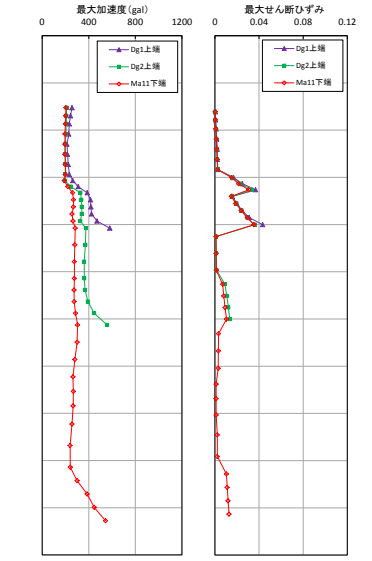
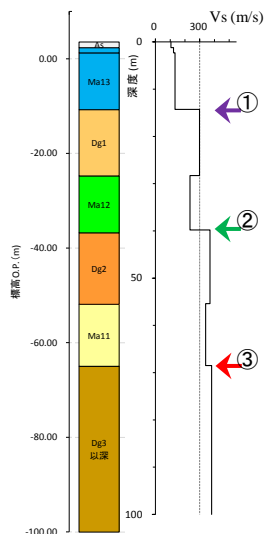
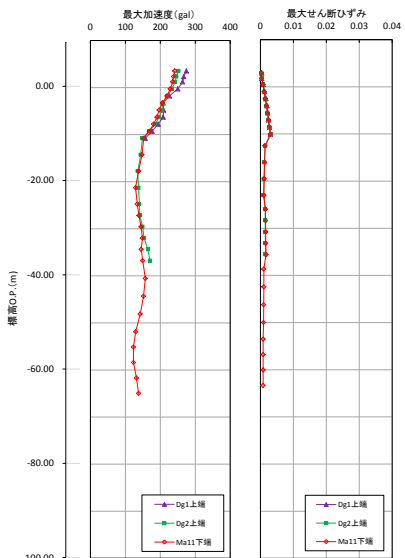


図 3.22 検証地点における最大加速度とせん断ひずみの深度分布・加速度応答スペクトル・増幅率 (地点1・大阪港)

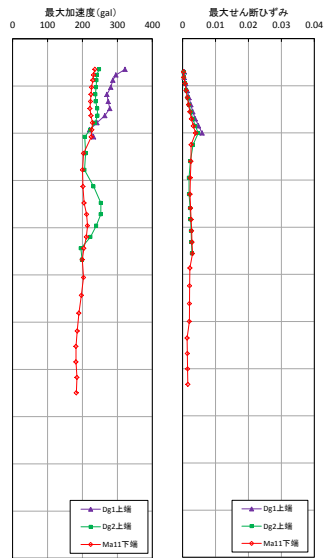
地点 2 の地盤モデル



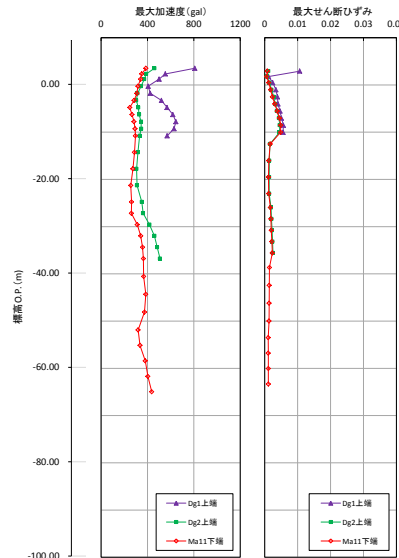
海溝型地震 (NS 成分)



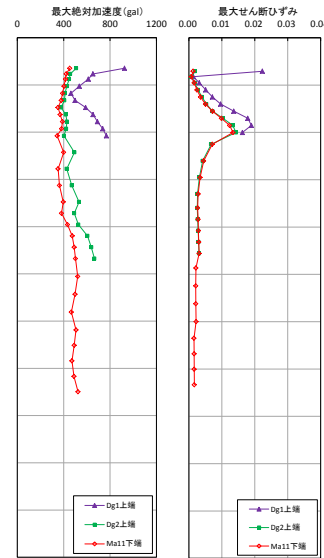
海溝型地震 (EW 成分)



内陸断層帯地震 (NS 成分)



内陸断層帯地震 (EW 成分)



※地震波の入力深度:

- ① : Dg1 層上端 (Ma13 層下端)
- ② : Dg2 層上端 (Ma12 層下端)
- ③ : Ma11 層下端

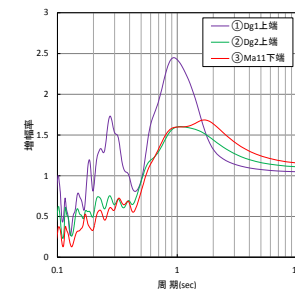
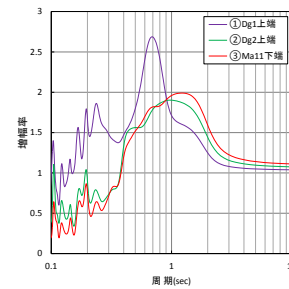
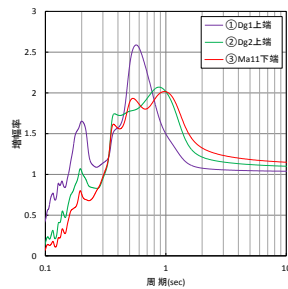
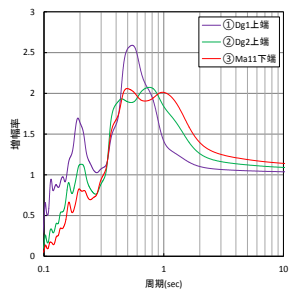
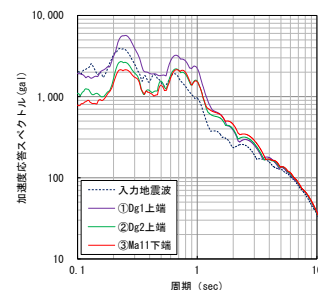
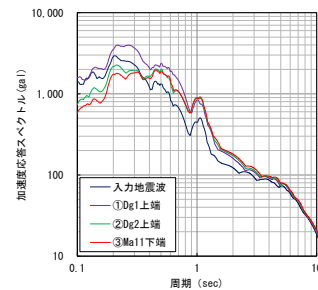
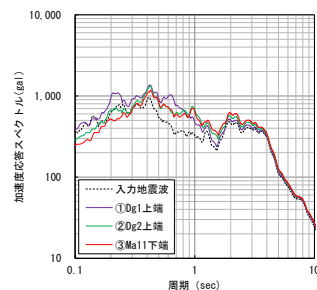
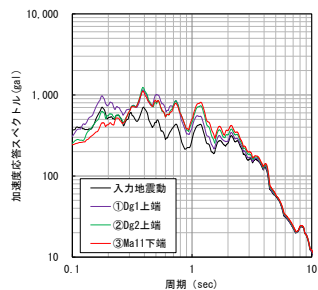
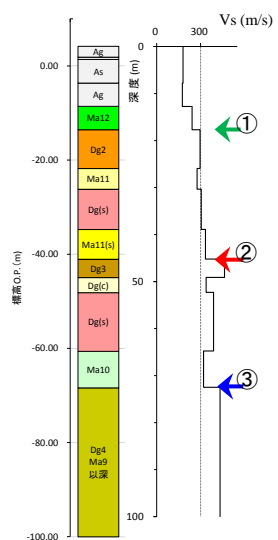
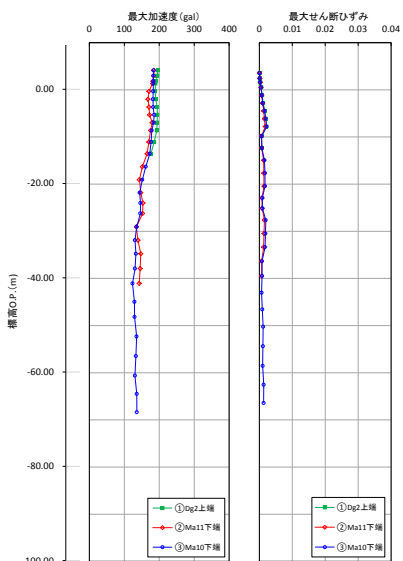


図 3.23 検証地点における最大加速度とせん断ひずみの深度分布・加速度応答スペクトル・増幅率 (地点 2・荒 本)

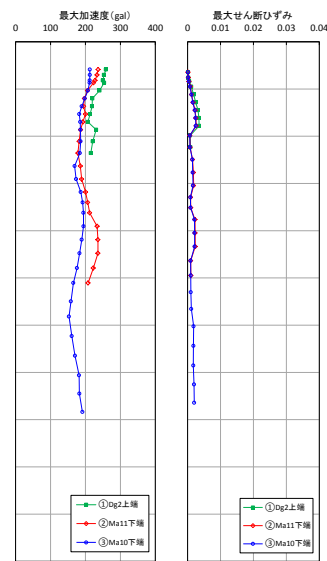
地点 3 の地盤モデル



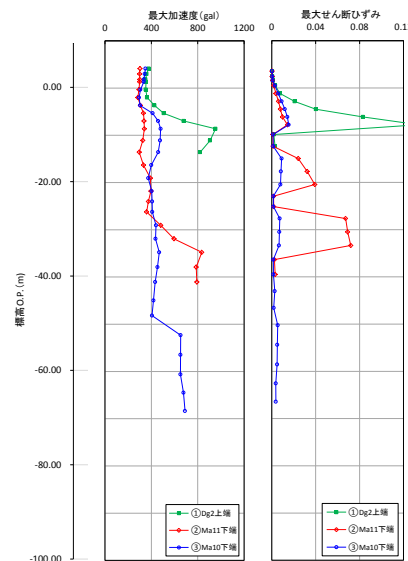
海溝型地震 (NS 成分)



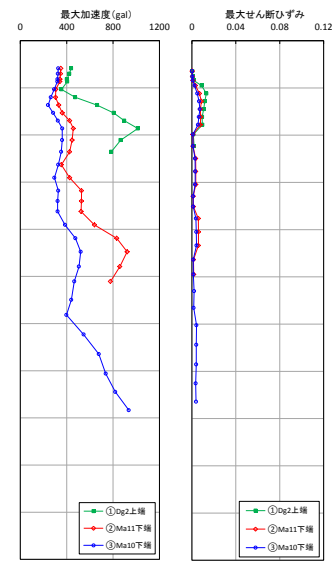
海溝型地震 (EW 成分)



内陸断層帯地震 (NS 成分)



内陸断層帯地震 (EW 成分)



※地震波の入力深度：

- ① : Dg2 層上端 (Ma12 層下端)
- ② : Ma11 層下端
- ③ : Ma10 層下端

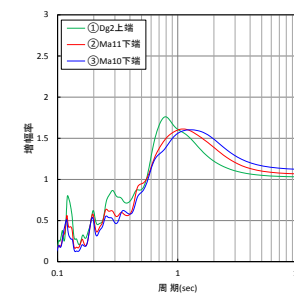
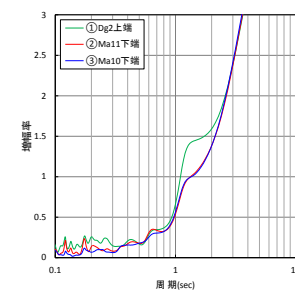
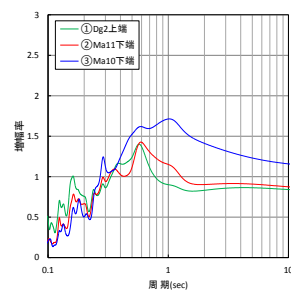
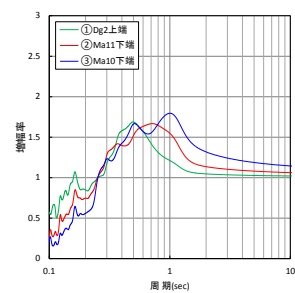
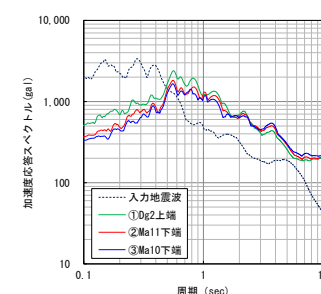
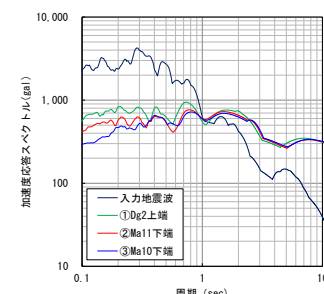
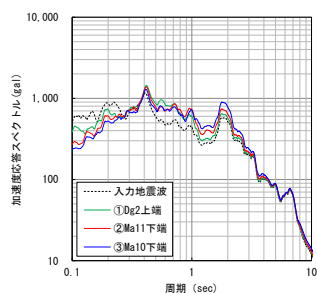
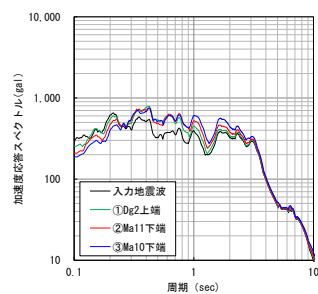


図 3.24 検証地点における最大加速度とせん断ひずみの深度分布・加速度応答スペクトル・増幅率 (地点 3・堺旧港)

## 3.3.2.(2) 泉州地域の沖積地盤（地点3）

地点3は、上町台地の西側に位置している沖積地盤であるが、図3.7、図3.8および表3.1に示すとおり、地点1や地点2と比較して同じ地層の標高が高く、Dg1層が確認されない。また、この地域はVsの差が明瞭な基盤層が卓越しておらず、3.2.1で触れたように、複数のボーリング位置で実施したPS検層に基づき、Vsが概ね300m/s以上となる地層を特定して、工学的基盤面としている。その層はMa11層下端で、標高は地点1及び地点2のDg2層上端（Ma12層下端）に相当する。また、地点3のMa10層下端の標高は地点2のMa11層下端に相当する。このため、地点3では、Ma11層下端を工学的基盤面とすることを基本的に、その下層のMa10層の影響を検証する。

地表面付近の最大加速度分布は、地震波の入力位置がMa11層下端（←印）とMa10層下端（←印）でほぼ同じであるが、海溝型のEW成分では、Ma11層下端入力の方が大きくなり、内陸型のNS成分では、Ma10層下端入力の方が大きくなる。最大せん断ひずみの深度分布は、各地点、各成分で同じ傾向を示しているが、内陸型のNS成分では、Ma11層下端入力の場合に4%を超える大きなせん断ひずみが発生している。地震波の入力深度（工学的基盤面）の最大せん断ひずみは1%程度以内である。最大せん断ひずみの深度分布の傾向は、地震波や入力深度で数値の違いはあるものの、同じ深度でひずみが卓越している。

加速度応答スペクトルを見ると、地点1や地点2と同様に、地点や地震波の種類（海溝型or内陸型）で多少差はあるが、地震波と成分の組み合わせケースごとに、ある周期帯より短周期側では減衰、長周期側では増幅となる傾向がある。ただ、海溝型のEW成分では、周期が0.3sec付近で増幅率のひとつのピークが見られ、Ma10層下端入力の増幅率が、この付近で1を超えており、他のケースと少し異なった状況を呈している。なお、地表面の加速度応答が卓越する周期帯は1sec以下である。

増幅率の大きさは、ある周期帯より短周期側でMa11層下端入力が大きくなっており、これより長周期側ではMa10層下端入力が大きくなる。この傾向は地点1や地点2と同様であるが、境となる周期帯は地震波の種類や成分によってばらつきがある。増幅率のピークは、Ma10層下端入力の方が長周期側で発生している。これは地点1や地点2と同様、長周期の方が減衰しにくいことに起因するものと考えられる。ここで、内陸型のNS成分では、地点1の内陸型で見られたように増幅率の最大値のピークが現れない。このときの工学的基盤面の最大せん断ひずみは、他のケースと同様に1%程度以下であるが、深度分布では4%を超える箇所が現れている。

以上のことから、地点3では次のことが言える。すなわち、地表面の最大加速度は、Ma11層下端入力とMa10層下端入力では大きな差はないものの、地震波や成分によって、最大加速度を呈する地震波の入力深度が、Ma11層下端の場合も、Ma10層下端の場合もある。

## 3.3.2.(3) 最も浅い洪積砂礫層を工学的基盤とした場合

地点1と地点2のDg1層および地点3のDg2層は、その下層にVsの低速度層があるものの、Vsが300m/s程度以上の連続してまとまった層厚を有する地層である。特にDg1層については、図3.12に示すとおり、上町台地周辺で面的に多くの地盤情報があり、この上端を工学的基盤面としている設計例が見受けられる。大阪平野の沖積地盤で地表面地震動を再現するためには、この深さは工学的基盤面としてふさわしくないと考えられることは先に述べたとおりであるが、どのような点で不具合が生じるのか検証する。

各地点での地表面の最大加速度は、いずれもこの層（地点1と地点2はDg1層、地点3はDg2層）の上端への入力、他と同程度あるいは最も大きくなっている。最大せん断ひずみの深度分布も、各深度への入力と同じ傾向であり、ほとんどが最も大きくなっている。これだけ見ると、過小な結果にはなっておらず、構造物としてはより安全な設計となっている。しかし周期が1sec以下をみると、地点、入力地震波や成分によって若干の差異はあるものの、0.3~0.8secで下層の基盤面（地点1と地点2はDg2層上端、地点3はMa11層下端）へ入力した場合と比べて、増幅率が小さくなっている。例えば、地点2の海溝型では、どの入力深度でも周期0.4sec付近の加速度応答が最も卓越しているが、入力深度がDg1層上端より、Dg2層下端の方が、加速度応答や増幅率が大きくなっている。

すなわち、最も浅い工学的基盤層への地震波入力が、最も大きな地表面の最大加速度を呈しているも、検討対象の構造物の固有周期によっては、必ず安全であるとは言い切れない結果となっている。

## 3.3.2.(4) 解析結果の妥当性

それぞれの地点での解析結果の妥当性を、最大せん断ひずみから検証する。図3.22から図3.24の最大せん断ひずみを見ると、深度が浅い粘土層で大きな値を示している。過半数が0.01（1%）程度以下であるが、0.02～0.04（2～4%）程度の大ひずみを示している例も多く、0.1（10%）を超えるケースもある。図3.18(b)の上の図（繰返しせん断特性）を見ると、せん断ひずみ  $\gamma_{SA}$  が1%を超えると、 $G/G_0$ は0.1を下回り、10%を超えると、せん断剛性がほとんどない状態となる（図3.18の元データはほとんどが  $\gamma_{SA} \leq 1\%$ ）。

図3.22で、地点1における、海溝型と内陸型のEW成分の最大せん断ひずみを比較すると、どちらも4%程度であるが、工学的基盤面（地震波の入力深度）では、海溝型は1%程度以下で、内陸型は1%を超えている。このときの増幅率を見ると、海溝型はピークが現れているのに対し、内陸型は現れない。図3.24に示す、地点3の内陸型のNS成分の増幅率も、地点1と同じくピークが現れていない。このときの最大せん断ひずみは、工学的基盤面では1%程度以下であるが、深度方向全体では4%を超えている。

本章で適用している解析手法は全応力解析であり、過剰間隙水圧の上昇やダイレイタンスを考慮していない。大阪湾岸の類似した地盤を対象とした既往の研究<sup>72)</sup>によると、一次元非線形全応力解析の最大せん断ひずみは3%程度で、同じ深度の有効応力解析の結果も、同じようなレベルである。この結果を示す地層は粘土層や砂礫層であり、本章と同様に過剰間隙水圧の上昇は考慮していない。

実際の地盤では、地層によっては、過剰間隙水圧の上昇やそれに伴うせん断ひずみの増大が生じる。最近の研究<sup>73)</sup>によると、全応力解析による最大せん断ひずみの適用限界は0.1%で、これが1%を超えると、観測記録をよく再現できている有効応力解析と比較して、精度が著しく低下するとしている。この場合でも、過剰間隙水圧の上昇を考慮しているのは、地表から20m程度以内の埋土層や砂層であり、それより下層の最大せん断ひずみは、有効応力解析と全応力解析の結果に大きな差はない。また、震度用加速度や伝達関数の卓越振動数であれば、全応力解析のひずみレベルは、1%程度まで適用できる可能性も示されている（許容誤差が20%程度）。

これらの研究成果や、図3.22から図3.24の各ケースにおける、最大せん断ひずみのレベルと、増幅率（伝達関数）のピークの有無の関係から、最大せん断ひずみの最大値が4%程度以下、かつ、工学的基盤面では1%程度以下であれば、解析領域として妥当であると考えられる。すなわち、地点1の内陸型（NSとEW）と、地点3の内陸型（NS）の9ケースを除いて、解析結果はこの領域内で、妥当であると言える。ここで、最大せん断ひずみが上記の領域を超えた大ひずみとなった場合、地盤がどのような状況になっているのか考察する。図3.25は地点1のEW成分の地表面の相対変位の時刻歴を示したものである。解析領域内としている(a)の海溝型は、相対変位は時刻とともに0に収束していくが、解析領域外としている(b)の内陸型は、残留変位を呈したままである。この場合、相対変位と地震動の時刻歴（地震動は図3.19(b)のEW成分を参照）の連動も見られない。このような残留変位は地盤の非線形性によるものであり、表層地盤の比較的深いところに生じる最大せん断ひずみが、残留変位発生の指標のひとつとなる。このことは非線形解析によって可能となるものであり、その結果は非常に重要である。

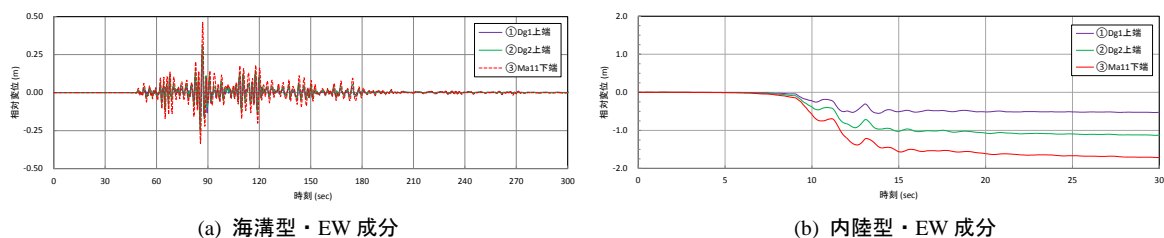


図 3.25 地点 1 における変位の時刻歴

## 3.4 地震動の入力深さについて —工学的基盤面の設定—

地表付近の土木構造物の耐震性能を検討する上で、工学的基盤面の設定位置の判断指標のひとつが、入力地震波の地表付近での増幅や減衰の程度である。大阪平野の上町台地周辺の沖積地盤を対象とした既往の研究では、Dg2層上端を工学的基盤面としており、Dg1層上端を工学的基盤面としている例も

見受けられる。本研究では、関西圏DBを活用して、大阪平野の沖積地盤の基盤岩や堆積層の分布状況を把握し、この地域における、土木構造物の地震応答解析のための工学的基盤面の設定に関する考え方を示し、その妥当性を検証した。

具体的には、FLIPによる1次元非線形全応力地震応答解析により、上記2層に加えて、さらに下層の洪積粘土層下端も工学的基盤面として扱い、地震波を入力した場合の最大加速度や最大せん断ひずみ等について、地表面や深度方向の傾向を検証した。その結果、下記の結論を得た。

- (1) 地表面の最大加速度を指標にすれば、 $V_s$ が300m/s程度で定義する工学的基盤面としては、既往の研究や設計で示されている第2洪積砂礫層の上端（上町台地周辺ではDg2層上端、堺旧港ではMa11層下端）で妥当である。
- (2) 地震波の増幅率は、上町台地周辺では、周期が0.8～1.0secを境に、これより長周期側ではさらに下層の洪積粘土層の下端を工学的基盤面とした場合が大きくなる。これが堺旧港では、周期が0.2～0.3secを境に逆転するが、加速度応答は0.8～1.0secが境となっている。
- (3) 上町台地周辺では、海溝型地震の加速度応答スペクトルが最大となる周期帯が、地震波の入力深度に関わらず、地表面では長周期側（2sec付近）になり、Ma11層下端への入力最も大きな応答となる場合がある。これは長周期の方が減衰しにくいことに起因するものと考えられる。
- (4) Dg1層上端は、工学的基盤面としてはふさわしくはないが、地表面の最大加速度を指標にすれば、この位置への地震波の入力は、安全な設計となっている。但し、一部の周期帯ではDg2層上端と増幅率が逆転するので、対象とする構造物の固有周期によっては、再チェックが必要となる。
- (5) 最大せん断ひずみが4%程度以下で、かつ、工学的基盤面では1%程度以下が、1次元非線形全応力地震応答解析による、工学的基盤面の設定にあたっての妥当な解析領域と考えられる。

なお、解析領域の適用外のケースは、増幅率のピークの有無と相対変位の時刻歴によって見分けることができる。本研究では、検証した36ケースのうち9ケースあったが、これを除外しても、上記(1)～(4)の結論に影響するものではない。

以上のように、工学的基盤面は $V_s$ で定義されており、同程度の $V_s$ の地層でも、地震波の入力深度によって、地表面の加速度応答や増幅率を最も大きく示す周期帯が異なり、対象とする構造物の固有周期によって、どの深度に地震波を入力するのか、選択が必要になる。本研究で対象とした沖積地盤では、固有周期が0.8sec～1.0secを目安に、短周期側であれば第2洪積砂礫層上端を、長周期側であればその下層の洪積粘土層下端を工学的基盤面とすることになる。固有周期が上記の境目であれば、その地点ごとに、1次元非線形全応力地震応答解析で確認すれば確実である。この手法は、過剰間隙水圧の消散を考慮した有効応力解析と比べて精度は劣るものの、比較的扱いやすく、解析の適応可能領域の指標となる、表層地盤の比較的深いところに生じる非線形性を示すことが可能である。初期の検討段階であれば、工学的基盤面を含む地盤情報は、関西圏DBを用いて複数の地盤情報からより整合性のある数値を採用すればよい。そして、この解析手法によって適切な工学的基盤面を見だし、必要に応じて効率的に詳細な地震応答解析につなげることが可能となる。

### 3.5 治水機能への影響 —東部大阪における堤防沈下の検討例—

#### 3.5.1 工学的基盤面の設定例

大阪府域の堤防の耐震性能の評価にあたり、多岐にわたる土木構造物の耐震性能の評価の公平さを期すために、大阪平野中央部の上町台地周辺の沖積地盤の工学的基盤面を、Dg2層上端とした。

図3.10および図3.11に示すとおり、Ma11層以深まで達する地盤情報に比べると、Dg1層はもちろんDg2層に達するものは十分情報量があり、大阪平野のある程度の範囲を網羅できる。しかし任意の箇所での工学的基盤面を1箇所の地盤データのみで設定するには、特にDg2層については、箇所によっては情報密度が小さく（図3.11の空白部分）、新たにボーリングによって地盤情報を得る必要がある。そこで、関西圏DBを用いて、工学的基盤面を含む検討箇所周辺の地盤情報を取得し、工学的基盤面を設定することにより、検討が必要とされる箇所の地盤情報が不足していても、初期段階の耐震検討を速やかに





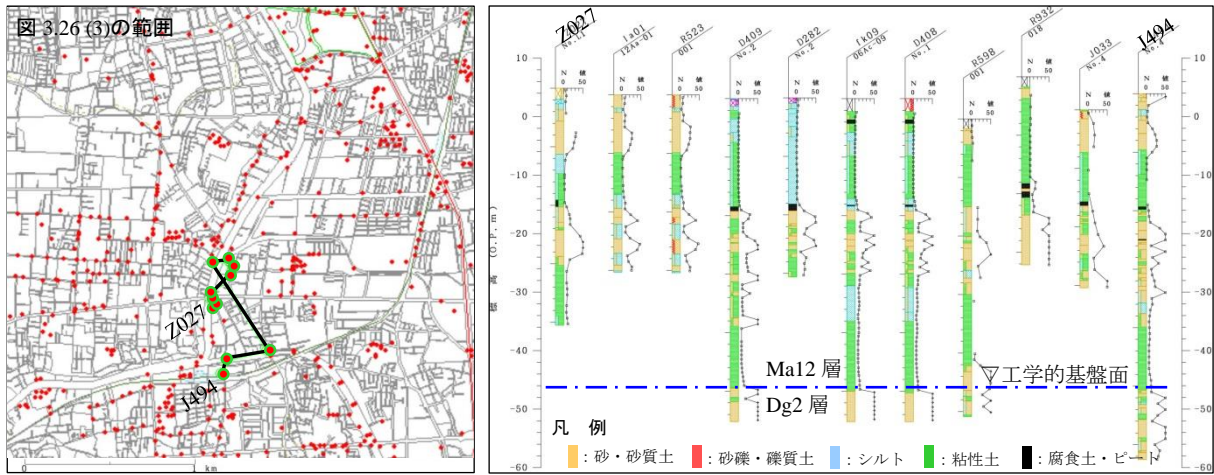


図 3.29 Dg2層を工学的基盤面に設定した例（寝屋川・恩智川合流点付近の一部区間）<sup>74)</sup>

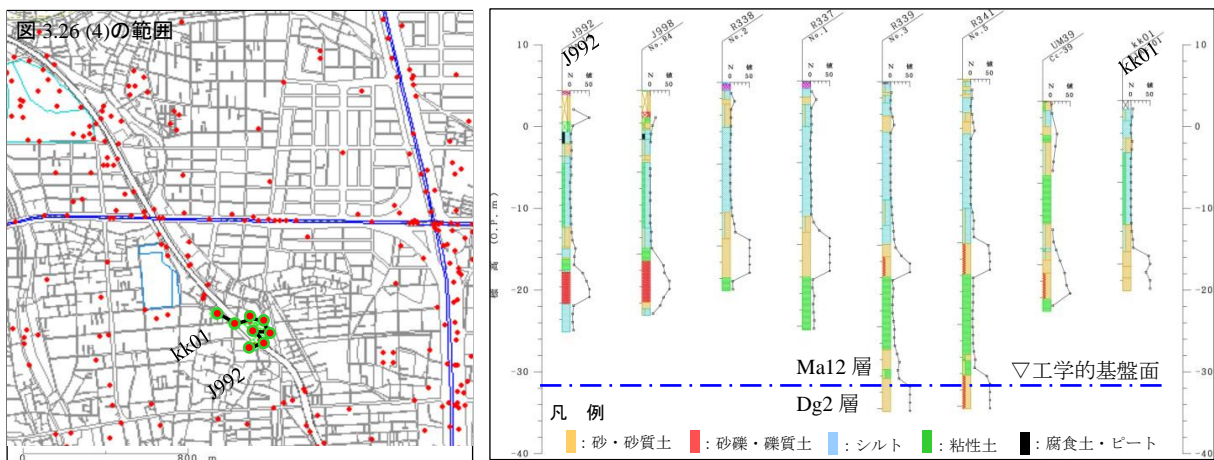


図 3.30 Dg2層を工学的基盤面に設定した例（第二寝屋川の一部区間）<sup>74)</sup>

これらは上町台地西側に位置しており、図3.9の2-2'断面の左側（西側）に示されるとおり、Ma13層、Dg1層、Ma12層、Dg2層の互層を基本とする地層構成である。いずれの箇所も、Dg2層上端標高を示すボーリング箇所は少ないが、それぞれの検討箇所周辺のボーリングデータが同じ地層構成を示しており、それぞれの箇所のDg2層上端標高をこの範囲の工学的基盤面とした。

図3.29および図3.30は内陸部における工学的基盤面の設定例で、それぞれ図3.26の(3) (4)の範囲を拡大した状況を示している。これらは上町台地東側に位置しており、図3.9の1-1'断面および2-2'断面の、それぞれ右側（東側）に示されるとおり、地層がやや傾斜しているが、Ma13層、Dg1層、Ma12層、Dg2層の互層を基本とする地層構成である。Dg2層上端標高を示すボーリング箇所は少ないが、それぞれの検討箇所周辺のボーリングデータが同じ地層構成を示しており、それぞれの箇所のDg2層上端標高をこの範囲の工学的基盤面とした。

### 3.5.2 東部大阪における堤防沈下の検討例<sup>75)</sup>

大阪府では、南海トラフの巨大地震モデル検討会（中央防災会議・内閣府）による第二次報告（2012年8月29日）で公表された地震、津波等の予測結果<sup>47)</sup>を踏まえ、同年11月に、大阪府防災会議に「南海トラフ巨大地震土木構造物耐震対策検討部会」（以下、「大阪府耐震部会」）<sup>65)</sup>を設置し、科学的、客観的立場から南海トラフ巨大地震に対する土木構造物の耐震性能や津波への安全性等に関する検討を進めた。この検討では、中央防災会議の第二次報告の各種予測結果との整合をとるため、同報告で使用した工学的基盤面の地震波を使用して、大阪府域の堤防（防潮堤を含む）、橋梁、ダムなどの土木構造物の地震応答解析を実施し、現状の耐震性能を評価した。この中で、堤防や防潮堤については、

地震の揺れや液状化による、基礎地盤を含む変形や沈下を扱っており、機能低下に伴う、地震と同時に発生する津波や日々の潮位による浸水の危険性を把握し、必要な対策とその優先順位の考え方を示している。

大阪府耐震部会の対象地震は、南海トラフ巨大地震のみであるが、その検討過程では、内陸断層帯地震も扱っている。また、実施にあたって採用された工学的基盤面は、各種構造物に適用される耐震基準等に関わらず、大阪平野中央部の上町台地周辺の沖積地盤においては、Ma12層下端（Dg2層上端）としており、結果的に本章における検証を反映した形になっている。ここでは、大阪府で実施した、東部大阪における河川堤防の耐震検討の事例<sup>75)</sup>を引用し、洪水による水位と併せて、潮位も考慮しなければならない内陸部の感潮河川の治水機能が、地震によって受ける影響について論じる。

図3.31は、寝屋川の恩智川合流点上流の測点No.105付近（図3.29のボーリングNo.Z027周辺）の断面図を対象に作成した、解析モデルとメッシュ分割を示したものである。この地点における大阪府の検討では、地震に伴う地殻変動（地盤沈下）を海溝型地震のみ25cmを考慮している。地震応答解析にあたって、解析コードはFLIP（マルチスプリングモデル）を使用し、過剰間隙水圧消散に伴う沈下量は「塚原・石原らの方法」<sup>76)</sup>を用いて算定している。海溝型地震は中央防災会議・第二次報告で公表された

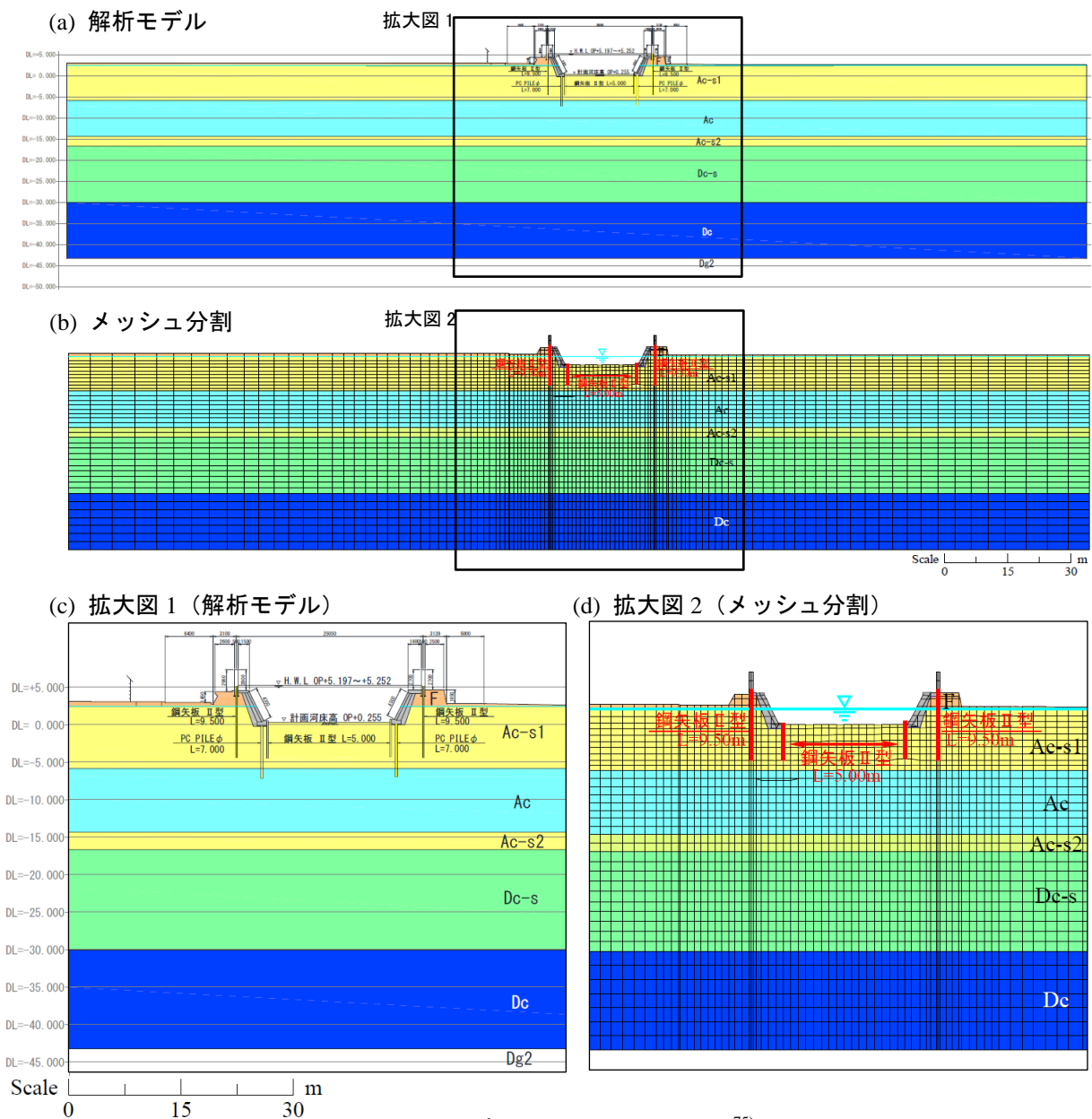


図 3.31 寝屋川 No.105 の断面図<sup>75)</sup>

表3.2 寝屋川No.105断面における地震応答解析結果<sup>75)</sup>

	入力地震波：海溝型地震	入力地震波：内陸断層帯地震
(1) 地盤・堤防の変形	<p>Scale 0 15 30 m</p>	<p>Scale 0 15 30 m</p>
(2) 過剰間隙水圧の分布	<p>液状化の程度 小さい 大きい 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 0.9 1.0 Scale 0 15 30 m</p>	<p>液状化の程度 小さい 大きい 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 0.9 1.0 Scale 0 15 30 m</p>
(3) 堤防の沈下量	<p>左岸側堤防天端 残留沈下量= -26.2 cm</p> <p>Time (sec) 0 20 40 60 80 100 120 140 160</p> <p>右岸側堤防天端 残留沈下量= -43.5 cm</p> <p>Time (sec) 0 20 40 60 80 100 120 140 160</p>	<p>左岸側堤防天端 残留沈下量= -1.7 cm</p> <p>Time (sec) 0 5 10 15 20 25 30</p> <p>右岸側堤防天端 残留沈下量= -7.0 cm</p> <p>Time (sec) 0 5 10 15 20 25 30</p>
(4) その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地盤変動量（地殻変動）：25cm</li> <li>○過剰間隙水圧消散後の残留沈下量（(3)を含む）：左岸；116cm、右岸；117cm</li> <li>○堤防の沈下量：左岸；141cm、右岸；142cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地盤変動量（地殻変動）：考慮せず</li> <li>○過剰間隙水圧消散後の残留沈下量（(3)を含む）：左岸；87cm、右岸；93cm</li> <li>○堤防の沈下量：左岸；87cm、右岸；93cm</li> </ul>

地震波<sup>48)</sup>を、内陸断層帯地震は1997年に大阪府が作成した地震波<sup>66)</sup>を、それぞれ入力地震波として採用し、工学的基盤面としたDg2層上端に入力している。表3.2に、地震応答解析の結果の一部を示す。

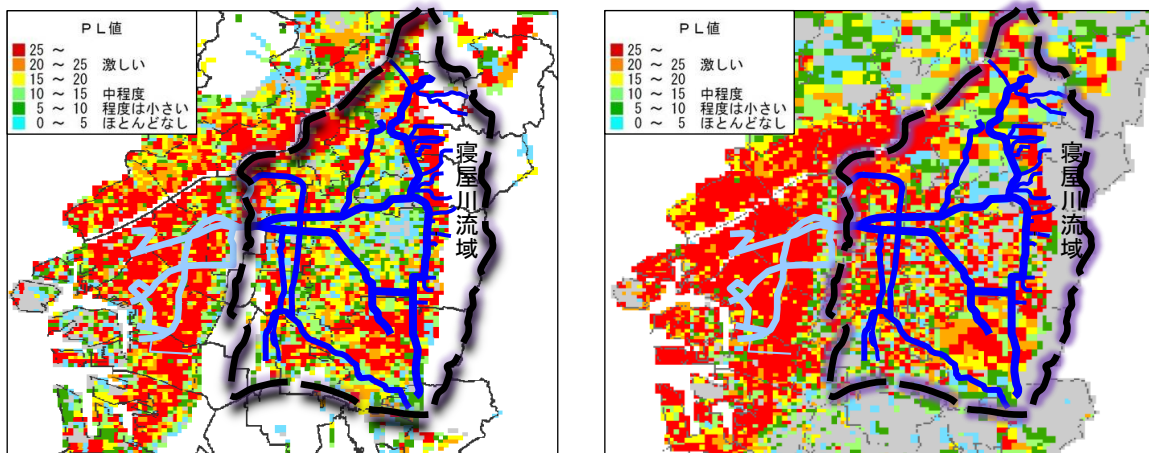
大阪府の報告書は、現在の堤防が地震動によって変形した後も、津波の遡上水位（海域からの水位上昇）と、確率雨量10年程度の洪水に伴う自己流による水位（陸域からの水位上昇）に対して、機能し得るか否かについて検証したものである。表3.2は、堤防天端の沈下量に着目してまとめたものであるが、これ以外に、鋼矢板護岸の水平方向の最大変位量についても算定しており、これが許容変位量を上回れば、護岸の機能は喪失したことになり、築堤部の標高が堤防天端高となる。いずれにしても、地殻変動は河床から堤防天端全体までの河川全体に影響を及ぼすため、海溝型地震による海域からの水位上昇に対しては、地殻変動による沈下を一様に25cm考慮している。結果として、南海トラフ巨大地震に伴う津波の遡上水位と、確率雨量10年程度の洪水に伴う自己流に対して機能することを結論としている。大阪府の報告書はここまでであるが、堤防が保障する治水機能の評価をさらに進める。

### 3.5.3 液状化による堤防沈下と流域全体への影響

この地点(寝屋川No.105、会所橋下流・恩智川合流点～寝屋川治水緑地)における堤防高はO.P.+7.153m、計画高水位はO.P.+5.231mで、余裕高は190cm程度である。堤防の沈下量は左右岸とも140cm程度であり、沈下後の余裕高は50cm程度となる。計画高水流量から決まる規定の余裕高は、この地点では60cmであるが、建設時に著しかった地盤沈下を考慮して1m以上堤防を高くしていたことから、結果的に液状化に伴う地盤変動後も、計画高水位に対して堤防高が確保されている。しかし、さらに上流の寝屋川治水緑地付近では、堤防高がO.P.+6.508m、計画高水位はO.P.+5.420mで、余裕高は110cm程度となる。この地点においても余裕高は規定の60cmより大きくしているが、堤防の沈下量が140cmとなれば堤防高は計画高水位を下回り、堤防が保障する治水機能が確保できない結果となる。この区間は自己流が卓越しているのであれば、地殻変動による沈下量の25cmは、堤防高、高水位および河床高すべてに同様に影響するため考慮しなくてもよいが、それでも沈下量は115cm以上で堤防高は計画高水位を下回る。

図3.32は、国および大阪府による、南海トラフ巨大地震に伴う大阪平野中央部における液状化の想定結果である<sup>77) 78)</sup>。大阪府の想定結果は一部の地盤情報をより詳細にしているが、算定の基本となる工学的基盤面の地震動や算定手法は国と同じである。寝屋川流域は、山間部を除くその大部分が液状化の可能性が高く（図の赤、黄、橙色の範囲）、南海トラフ巨大地震に伴う液状化によって堤防および基礎地盤が沈下して、堤防が保障する治水機能が確保できなくなる箇所が流域全体に発生する可能性が高い。

それでは内陸断層帯地震ではどうだろうか。海溝型地震と同じく、表3.2の内陸断層帯地震の結果では、液状化に伴う堤防の沈下量は90cm程度である。前述の2地点（会所橋下流、寝屋川治水緑地）では現況の余裕高の範囲内であるが、堤防の機能が液状化の影響を受けることについては海溝型地震と変わりはない。図3.33は、国および大阪府による、上町断層帯地震に伴う大阪平野における液状化の想定



(a) 国の検討結果<sup>77) 78)</sup>

(b) 大阪府の検討結果<sup>78)</sup>

図 3.32 南海トラフ巨大地震に伴う大阪平野中央部の液状化の可能性（文献 77, 78 に加筆）

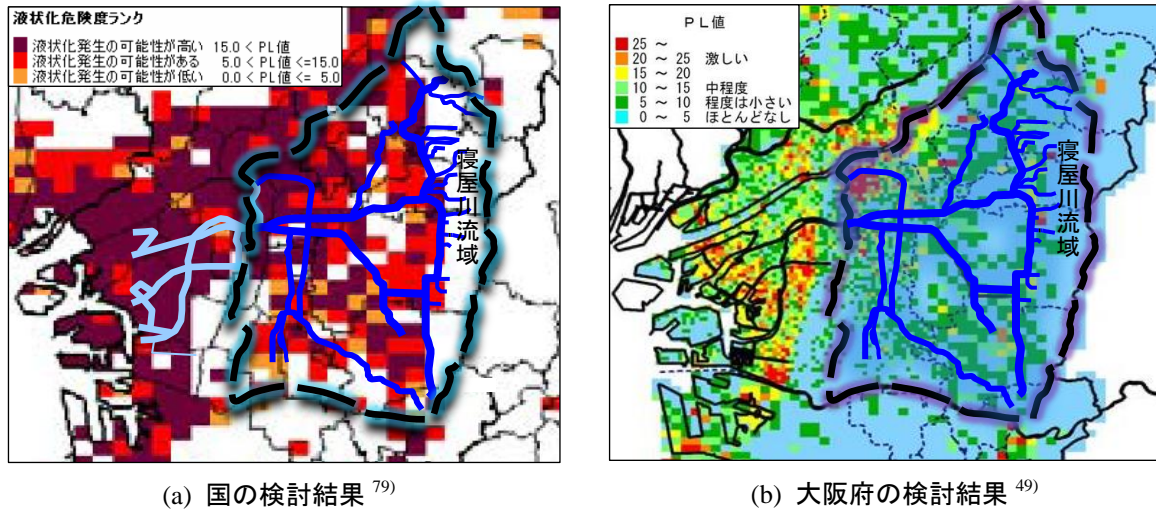


図 3.33 上町断層帯地震に伴う大阪平野中央部の液状化の可能性 (文献 49, 79 に加筆)

結果である<sup>49) 79)</sup>。大阪府の想定は、算定の基本となる地震動や算定手法が国と異なり、両者の結果の単純な比較はできないが、主要河川沿いに液状化の可能性が相対的に高くなっている。寝屋川流域における液状化の可能性は海溝型地震ほど高くはないが、いずれの想定も堤防の沈下が流域全体に発生する可能性を示している。

ここで大阪府の報告書では、内陸断層帯地震では自己流で水位上昇が決定するものとして、地殻変動量は考慮していない。すなわち、水位と堤防高の相対的な関係は、地震の前後で変化しないこととしている。このことは国土交通省の基準<sup>80)</sup>にも記述されている。これは、地殻変動が一様に発生することを前提にしたものと言える。しかしながら、図1.2で示す2004年11月の新潟県中越地震で信濃川や魚野川で発生した事象や、図1.4および図1.5に示す1811年11月から1812年2月にかけて発生したニューマドリッド地震で発生した事象、すなわち、地震に伴う地盤変動によって河床勾配が変化することや、河川の流に重大な影響を及ぼすことは考慮できていない。図1.13に示すように、内陸断層帯地震に伴う地盤変動は決して一様ではない。第2章で紹介したが、寝屋川は河床勾配が1/12,500程度と非常に緩やかで、下流端から約10km上流まで大阪湾の潮位の影響を受ける。このような緩勾配河川周辺の内陸断層帯が活動すれば、治水機能にどのような影響を及ぼすかについては、その地震ハザードを含めて、これまでの研究成果は見当たらない。このことは、次章において論じる。

## 第4章 地震に伴う新たな氾濫リスク —東部大阪をフィールドとした考察— <sup>81)</sup>

### 4.1 大阪平野と上町断層帯

図4.1は、大阪平野周辺の活断層の分布状況を示したものである。国の地震調査研究推進本部では、我が国の主要な活断層帯を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測した「主要活断層帯の長期評価<sup>83)</sup>」を公表している。内陸断層帯に関する調査や研究の成果はここに掲載されており、これらの成果に基づき、国や地方自治体が想定地震を検討している。中央防災会議では、2005年2月から中部圏・近畿圏直下地震対策の検討を進め、2006年12月に震度分布および算定に必要な資料や計算手法等を公表している<sup>84)</sup>。大阪府においては、国とほぼ同じ時期に地震被害想定を検討に着手した。前章で少し触れたが、大阪府の地震防災対策を進める上で、内陸活断層帯として、上町、生駒、有馬高槻、中央構造線の4つを選定し、これらの断層帯を震源とする地震の地震動予測を行った上で、これに基づく震度分布を2006年10月に公表している<sup>49)</sup>。

これらの地震に関係する想定は、地震の「揺れ」による被害を念頭においたものである。内陸断層帯を震源とする地震では、広範囲な地盤変動が防災上着目されることはあまりない。唯一、先に紹介した、中央防災会議でまとめられた、中部圏・近畿圏直下地震対策に関する報告の中で、大阪平野を南北に貫く上町断層帯の地震に伴う地殻変動により、断層帯の東側が隆起、西側が沈降し、沈降する地域に広がるゼロメートル地帯の範囲がさらに拡大し、浸水被害がさらに大きくなる可能性がある<sup>85)</sup>。ただ、この評価は、海域沿岸の沈降のリスクを第一にしており、内陸の地盤変動の傾向を取り上げているわけではなく、断層パラメータや地盤変動の傾向が、既往の調査・研究成果と整合されていない。

上町断層帯は、今後30年以内の地震発生確率が、我が国の主な活断層帯の中では高いグループに属しており、大阪市を含む大都市域を貫く活断層帯であることから、これまでも多くの調査や研究がなされている。しかしながら、他の活断層帯も含め、海溝型地震では必ず想定項目に入る「広域地盤変動」をアウトプットとした成果は見当たらない。

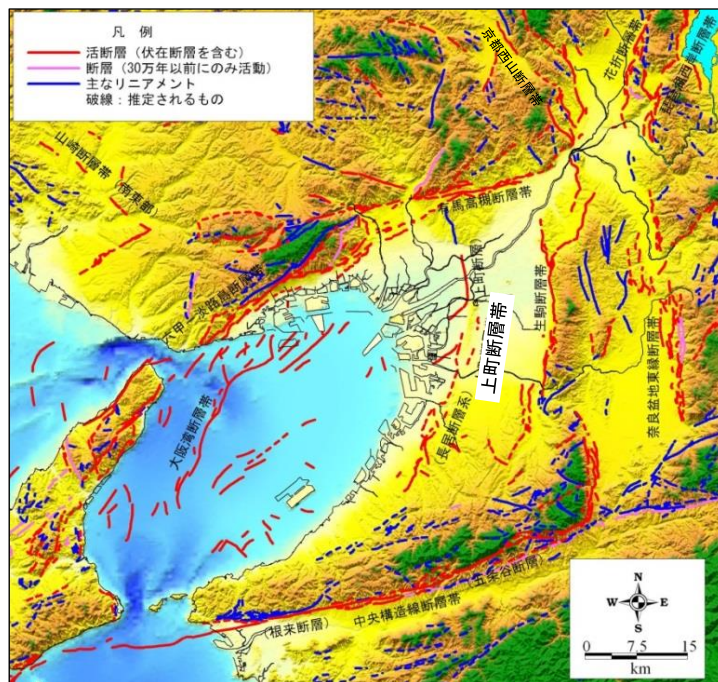


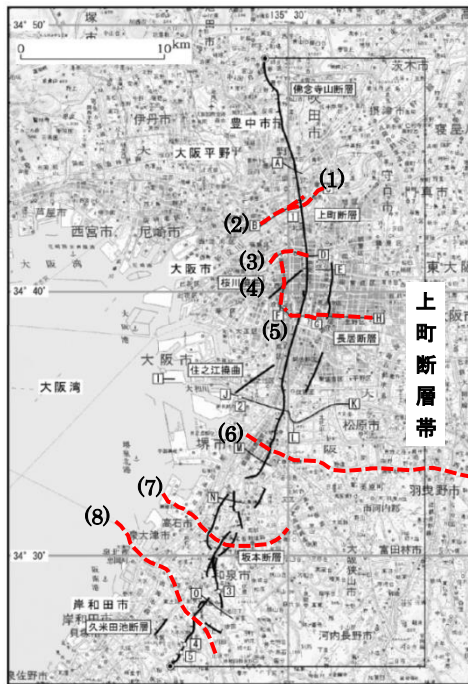
図 4.1 大阪平野周辺の活断層の分布（大阪府報告書<sup>49)</sup> より引用）  
（出典元：『近畿の活断層』〔岡田・東郷編(2000)〕<sup>82)</sup> など）

本章では、内陸断層帯の活動によるハザード、すなわち、災害の引き金となり得る自然現象として、上町断層帯の活動による大阪平野東部（東部大阪）の地盤変動の傾向を把握して、これが流域の氾濫リスクにつながることを明らかにする。

## 4.2 上町断層帯の断層モデルと断層パラメータの設定

### 4.2.1 断層モデルとセグメントの設定

断層モデルは、2004年3月に地震調査研究推進本部から公表された上町断層帯の評価<sup>86)</sup>（以下「推本評価」という）、そのベースとなった研究や近年の研究の成果に基づいて設定する。推本評価によると、上町断層帯は、全体として長さは約42km、ほぼ南北に延びており、断層帯の東側が西側に乗り上げる逆断層である。図4.2に上町断層帯の位置と断層トレース及び主な反射法調査測線を、図4.3および図4.4に図4.2の(1)~(8)の測線の調査結果を、それぞれ示す。



黒太線：断層トレース、赤破線：主な反射法調査測線  
(測線(1)~(8)の結果は、図4.3および図4.4の(1)~(8)に示す)

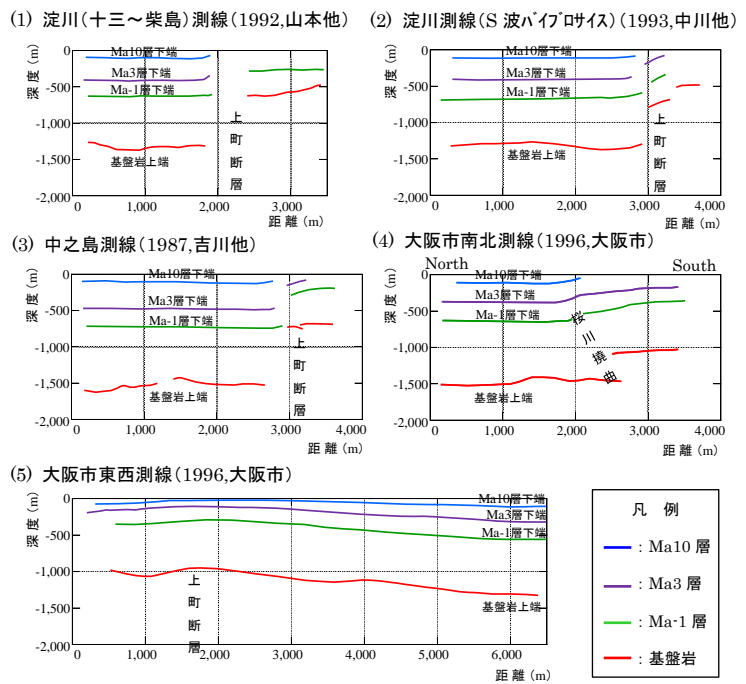


図4.2 上町断層帯の位置、断層トレース、主な反射法調査測線（推本評価<sup>86)</sup>に加筆）

図4.3 上町断層帯の主な反射法調査結果(その1)<sup>87)88)89)90)</sup>（末廣・横田(2012)<sup>91)</sup>を参考に地層境界を設定）

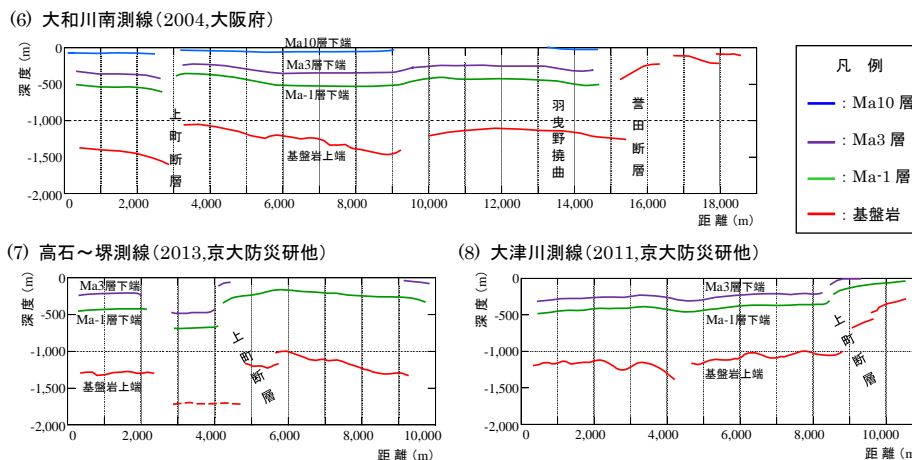


図4.4 上町断層帯の主な反射法調査結果(その2)<sup>92)93)94)</sup>（横軸の縮尺を縦軸の1/2としている）

断層上端の深さ $d$ は、これまでの調査報告書で統一した見解が出ていないことから、これまでの研究（例えば、加瀬ほか(2002, 2003)<sup>95)96)</sup>や、図4.3および図4.4に示す反射法調査結果などに基づき、断層上端深さとして考えられる地層として、Ma3層(大阪層群上部の最下層<sup>97)</sup>)下端と基盤岩上端を挙げ、その深さを、下盤側(断層西側)のMa3層下端を0.4km、上盤側(断層東側)の基盤岩上端を1.0km、下盤側の基盤岩上端を1.5kmとした。この3つのケースを抽出し、次節において、広域的な地表面の地盤変動の傾向と、断層付近の撓曲の傾向について検討する。なお、断層下端の深さ $H$ は、これまでの研究（例えば、Ito(1990)<sup>98)</sup>、推本評価および最近の研究成果（例えば、上町断層帯における重点的な調査観測(以下「上町重点」という)<sup>92)</sup>等)を参考に、この地域の地震発生層の下限の深さを考慮して15kmとする。

図4.5に、上町断層帯と後述する生駒断層帯の断層とそれぞれの断層モデルのトレースの位置を示す。ここでは、同じく後述する東部大阪の寝屋川流域との位置関係も図示している。上町断層帯について、これまでの研究や報告書によると、シミュレーション上の断層モデルを断層全体をひとつとして扱っている例や、2つ以上に分けている例がある（例えば、全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部)<sup>99)</sup>ではひとつの場合と2つの場合を扱っている）。これまでの研究（例えば、関口ほか(2003)<sup>100)</sup>や上町重点(前述)<sup>92)</sup>では、断層面上で場所によってすべり量 $U$ が変化していることが示されているが、本章では、東部大阪の寝屋川流域の地盤変動に焦点をあてることを念頭に断層モデルを設定する。すなわち、寝屋川流域に隣接する区間の上町断層帯の連続性と、流域と断層トレースとの位置関係を重視して、また、活動区間は断層全体でひとつとされていることから、断層トレースの南端と北端を直線で結ぶ走向とし、寝屋川流域に接するように東側へ平行移動させて断層モデルのトレースを設定する。

生駒断層帯は、2001年5月に地震調査研究推進本部から生駒断層帯の評価<sup>101)</sup>(以下「推本生駒評価」という)が公表されており、全体として長さは約38km、ほぼ南北に延びており、断層帯の東側が西側に乗り上げる逆断層である。上町断層帯と同様に、活動区間は断層全体でひとつとされており、断層トレースの南端と北端を直線で結ぶ断層モデルのトレースを設定する。

図4.6に断層の模式図を示す。上町断層帯も生駒断層帯も東側傾斜の逆断層である。次項において、図4.6に示す各パラメータを設定する。

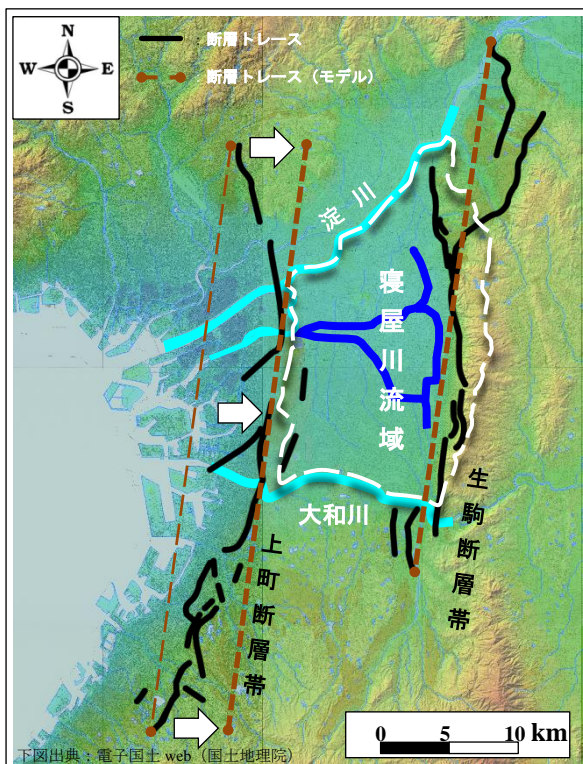


図 4.5 断層トレースの位置  
(「近畿の活断層」(岡田・東郷編)<sup>82)</sup>などによる)

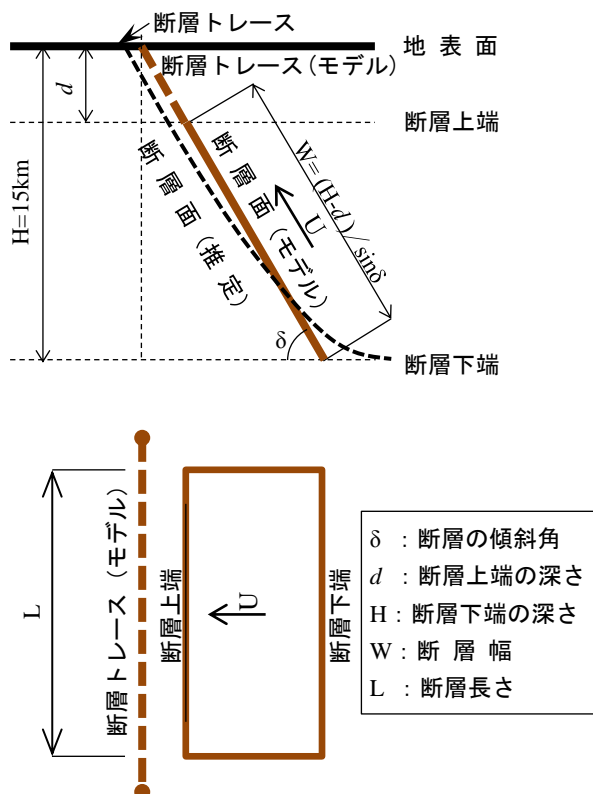


図 4.6 断層の模式図



#### 4.2.2 断層上端の深さ $d$ について

前節において抽出した、上町断層帯の断層上端深さ $d$  (0.4km、1.0km、1.5kmの3ケース) について、地盤変動シミュレーションを実施し、 $d$  の違いによる広域的な地盤変動の傾向や、実際の断層近傍の撓曲構造とのフィッティングについて検討する。本章では、断層活動に伴う広範囲の地盤変動データから、震源断層モデルを推定する手法として広く使われている、Okadaの式<sup>102)</sup> (ディスロケーションモデル) に基づき、地盤を均質な半無限弾性媒質と仮定し、その中に存在する矩形断層にくいちがいを生じさせ、そのときに地表面で発生する鉛直方向の変動量 (上下変動量) から、地表面の広範囲な変動傾向や、断層近傍の撓曲の状況を把握する。本章のシミュレーションでは、Okadaのディスロケーションモデルに基づく解析支援プログラム「MICAP-G Ver.2.1」 (脚注<sup>1)</sup>) を使用する。

図4.6に示す構造を有する長さ $L=40\text{km}$ の断層を仮定し、断層中央部を直角で横断する測線における地表面の上下変動量をアウトプットする。断層長さ $L$ を $40\text{km}$ とするのは、上町断層帯全体の長さが約 $42\text{km}$ であり、生駒断層帯が $38\text{km}$ であることから、この長さを採用する。傾斜角  $\delta$  は、これまでの研究 (例えば、加瀬ほか(前述)) や上町重点等を参考に、東傾斜 $60^\circ$ とする。走向方向のすべりに関する情報はないので、すべり角は $90^\circ$ とする。また、1回の断層活動で発生する地表面の上下変動量は、同じすべり量でも $d$  によって変わるが、ここでは、推本評価に記述されている $3\text{m}$ 程度となる断層のすべり量 $U$ として、 $U=4.0\text{m}$ とする。この値は、加瀬ほか(2003)<sup>96)</sup> や上町重点による最大すべり量と概ね合致する。なお、推本評価では、断層帯の平均上下変位速度は、大阪市中央部ではおよそ $0.4\text{m}/\text{千年}$  (Ma6~Ma12層の累積変位量から算出)、大阪南部の岸和田市ではおよそ $0.25\text{m}/\text{千年}$  (Ma4~Ma6層から算出) としており、本研究では、寝屋川流域に隣接する断層の位置や、地盤変動シミュレーションの妥当性の検証 (後述) の対象をMa10層とMa12層とすることから、前者 ( $0.4\text{m}/\text{千年}$ ) に整合させている。

地盤変動シミュレーションは、本節ではXY方向がそれぞれ $60\text{km}$ および $70\text{km}$ のエリアの中央に断層トレースがY軸方向の走向となるようなモデル断層を配置し、XY方向のメッシュを、それぞれ $0.1\text{km}$ 、 $0.5\text{km}$ として、格子点座標ごとの地盤変動量を算出する。なお、MICAP-Gは弾性定数の値の設定を回避するため、Lame定数を $\lambda=\mu$ として、Okadaの式の分母・分子に含まれるLame定数を相殺している。すなわち、ポアソン比 $\nu (= \lambda/2(\lambda+\mu))$  は $0.25$ となる。図4.7に、断層モデルとMICAP-Gの出力例を示す。図中の赤線 (断層中央の測線) に沿った地表面の上下変動量の傾向の違いを論じる。

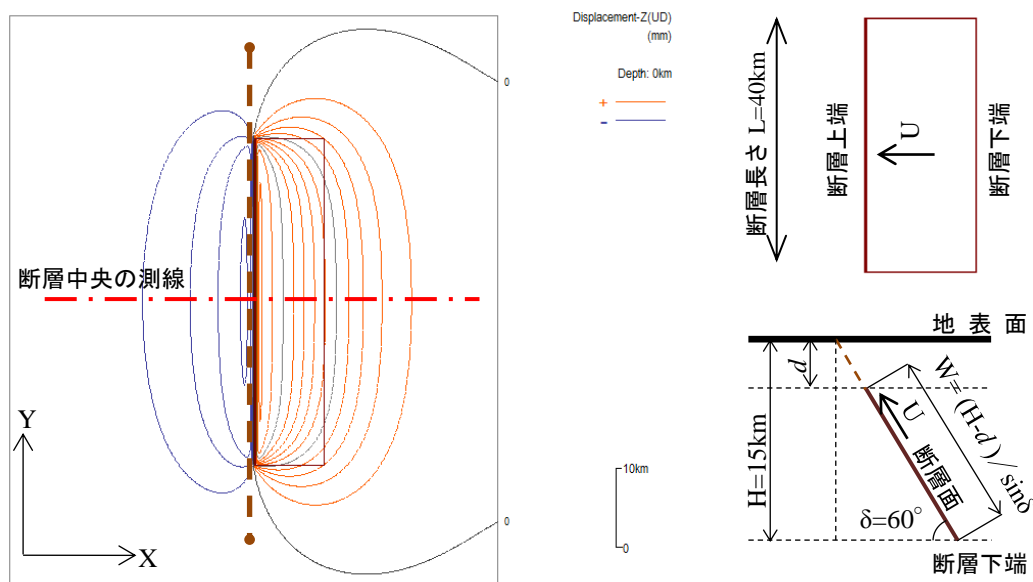


図 4.7 断層モデルと断層のくいちがいによる地表面の鉛直方向の変動量の出力例 (等値線の間隔：橙線+200mm、青線-200mm、黒線±1,000mm)

脚注<sup>1</sup> MICAP-G は、防災科学技術研究所の Okada(1992)によってまとめられた、均質半無限弾性体内における矩形断層のくいちがいや、点力原による地殻変動を計算する Fortran サブルーチンを、パソコン上で容易に利用できるようにした、気象庁気象研究所が公開している地殻変動解析支援プログラムである <sup>103) 104)</sup>。

図4.8および図4.9は、 $d$  の違いによる変動傾向の違いを示したものである。図4.8は広域的な地盤変動の傾向で、距離（横軸）に対して変動量（縦軸）を1000倍に拡大している。 $d$  が小さくなるほど、すなわち断層上端が地表面に近づくほど、断層近傍の変動量が著しくなる傾向にあるが、断層トレースからの距離が、上盤側（断層右側）では概ね2.5km以上、下盤側（断層左側）では概ね5km以上離れたと、 $d$  の違いによる変動傾向の違いは認められず、同じような傾向を示す。

図4.9は断層近傍の地盤変動の傾向で、距離（横軸）に対して変動量（縦軸）を100倍に拡大している。実際の断層近傍における地盤の撓曲は、これまでの研究や調査報告書（山本ほか(1992)<sup>87</sup>、中川ほか(1993)<sup>88</sup>）など。図4.3を参照）に示されるように、断層を挟んで概ね0.5~1kmの範囲に現れており、Case3の $d=0.4\text{km}$ が最も近似している。これまでの研究（例えば、電力中央研究所報告(2003)<sup>105</sup>）から、基盤岩の断層変位に伴い未固結の堆積層（第四紀層）の変位が分散することは、広く知られた事象であり、断層近傍の地表面の変動量は、断層上端深さのみが主たる要因ではない。しかし本章では、地盤を均質な半無限弾性体として扱うこと、地盤変動量把握の対象を断層近傍から少し離れた比較的広い範囲としていることから、堆積層内の断層変位の分散は考慮せず、断層近傍の地盤の撓曲に着目する。そして、断層上端深さを大阪層群上部下端（Ma3層）より浅い位置とした研究成果はないことから、次節以降では、上町断層帯の断層上端深さ $d=0.4\text{km}$ を適用してシミュレーションを進める。

なお、生駒断層帯は、傾斜角は浅いところで $30\sim 40^\circ$ とされているが<sup>101</sup>、 $50\sim 60^\circ$ とする文献もある<sup>106</sup>。断層上端深さ $d$  は、これまでの研究（例えば下川ほか(1997)<sup>107</sup>）から $0.7\text{km}$ 、断層下端の深さ $H$ は上町断層帯と同様に $15\text{km}$ とする。1回の活動による上下変動量は約 $2\sim 3\text{m}$ で<sup>101</sup>、平均して $2.5\text{m}$ とすると、すべり量 $U$ は、傾斜角が $40^\circ$ で $3.8\text{m}$ 程度、 $60^\circ$ で $3.2\text{m}$ 程度となる。いずれも、佐藤式や松田式を用いた地震マグニチュード $M_J$ は $7.2\sim 7.5$ で、妥当な値である。

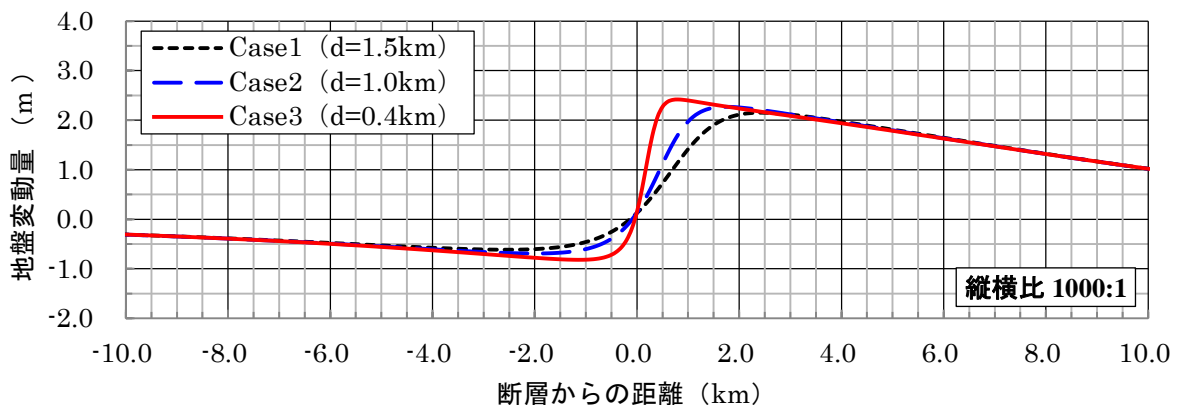


図 4.8 断層上端深さ  $d$  の違いによる地表面の変動傾向の違い  
(傾斜角  $\delta=60^\circ$ 、すべり量  $U=4.0\text{m}$ 、広域)

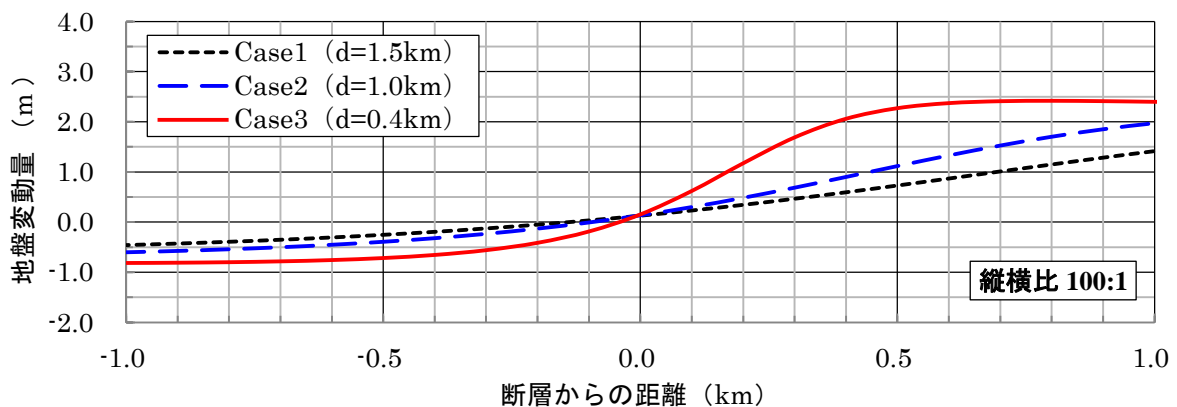


図 4.9 断層上端深さ  $d$  の違いによる地表面の変動傾向の違い  
(傾斜角  $\delta=60^\circ$ 、すべり量  $U=4.0\text{m}$ 、断層近傍)

ここで、上町断層帯を想定した図 4.8 および図 4.9 は、上下方向だけでなく水平方向の変動も考慮した結果である。断層をはさむ左右 20km の範囲の水平変動量は、上盤側は最大 35cm 程度、下盤側は最大 140cm 程度で、断層近傍の左右 2km の範囲では、上盤側は最大 35cm、下盤側は最大 120cm 程度である。生駒断層帯を想定した場合もこの範囲内である。すなわち、東西方向が約 20km 程度の大阪平野において、断層の傾斜角が 40~60°、断層上端深さが 0.4km 以上の逆断層の活動に伴う広域地盤変動を扱うにあたって、この水平変動量は十分小さな値である。故に、本章におけるこれ以降の地盤変動シミュレーションは上下変動量のみを扱い、水平変動量は考慮しないこととする。

### 4.3 地盤変動シミュレーションとその妥当性の検証

前節では、図 4.8 および図 4.9 に示すとおり、シミュレーション上のモデル断層の1回の活動に伴う地盤変動の傾向、すなわち、断層下端深さ  $H$ 、傾斜角  $\delta$ 、すべり量  $U$  を固定すれば、断層トレスからある程度以上離れた箇所では、断層上端深さ  $d$  に関わらず上下変動量は同じ傾向を示す、ということが

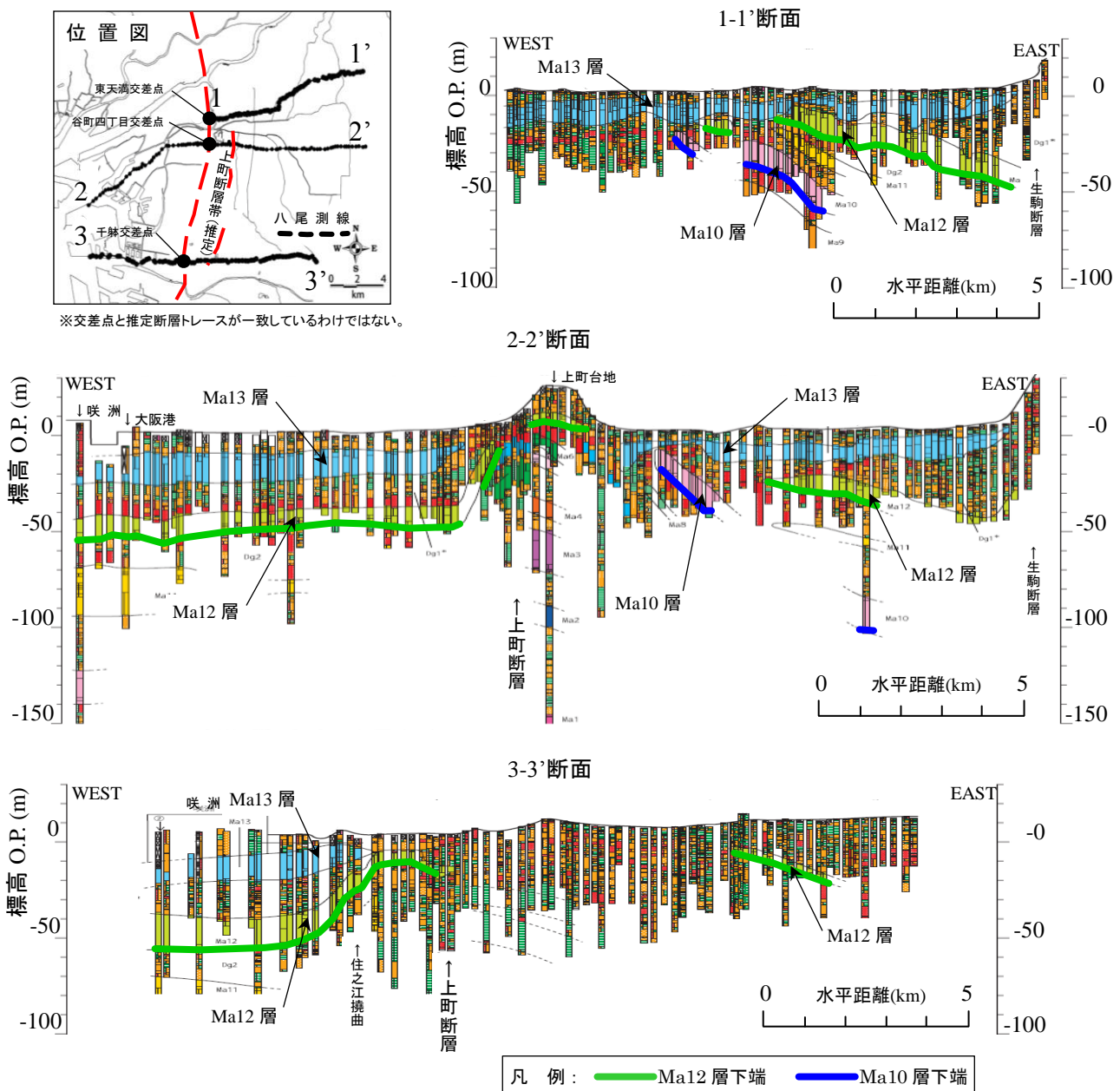


図 4.10 上町断層帯中央部周辺の地層の分布状況 (図 3.9 の一部を再掲<sup>53)</sup>)

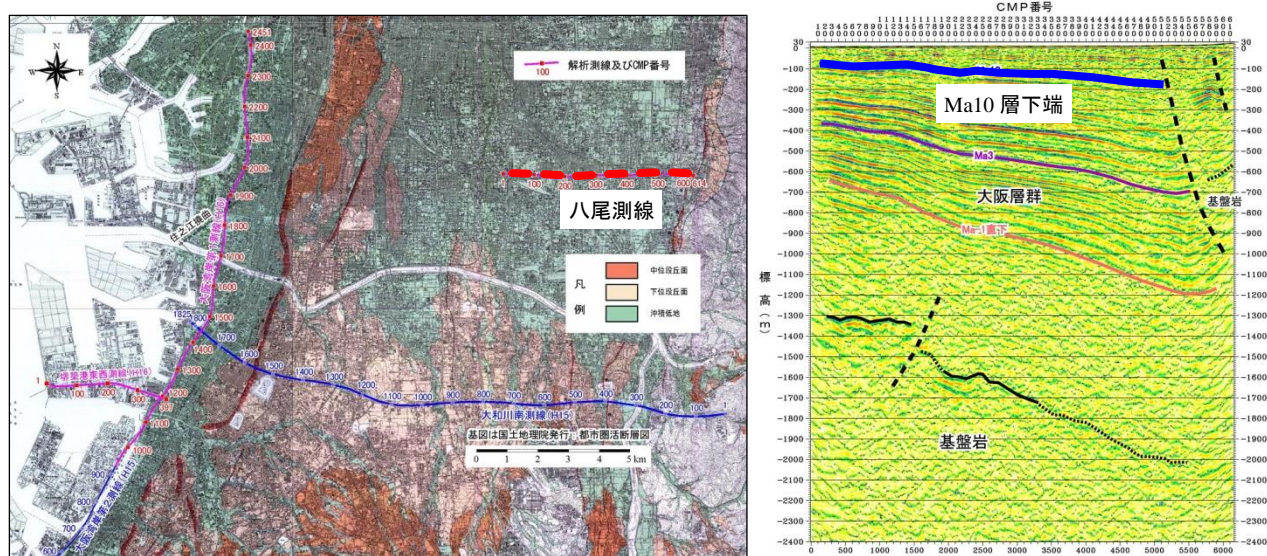


図 4.11 八尾測線の位置図と地質解釈結果（平成 16 年度 大阪平野地下構造調査に関する調査成果報告書<sup>64)</sup>に加筆）

わかった。この傾向が妥当であれば、断層活動から推定される累積地盤変動量の傾向は、実際の地層の分布状況と相関するはずである。本章においては上町断層帯東部の東部大阪に着目し、比較的広範囲に分布が把握できている Ma12 層やさらに下層の Ma10 層の分布状況と、シミュレーションによる累積地盤変動量を比較し、その相関性について論じる。

#### 4.3.1 地層の分布状況と断層活動から推定される累積地盤変動の傾向

大阪平野は洪積粘土層と洪積砂礫層が互層を形成しており、この互層の状況は、上町台地の東部と西部に広がる沖積地盤で顕著である。粘土層の地層構成の概要は、表層直下から順に、Ma13 層（沖積層）、Ma12 層（これ以深は洪積層）、Ma11 層、…、Ma0 層、Ma-1 層などの記号が付されている（Ma は海成粘土層の略<sup>53)</sup>）。図 4.10 に上町断層帯中央部付近の東西断面の地層分布を示す。断層の東部では、最上部の Ma13 層は分布状況が概ね水平であるが、Ma12 層以深の分布状況は東側（図の右側）に傾斜している。海成粘土層である Ma13 層および Ma12 層の堆積開始年代は、それぞれ、およそ 1.2 万年前および 12.7 万年前とされている<sup>108)</sup>。前者が概ね水平に分布しているのに後者が傾斜しているのは、これまでの研究や文献（例えば「新関西地盤」<sup>53)</sup> 第 3 章）によると、この間で発生した生駒断層の活動の累積により Ma12 層が傾動したことが示されている。ここで、Ma12 層が堆積開始年代でどれだけ傾斜していたかは不確かであるため、Ma12 層と Ma10 層の堆積開始年代間の、上町断層帯と生駒断層帯の断層活動による累積地層傾斜の状況と、地盤変動シミュレーションの相関性を検証する。なお、図 4.10 の 3-3' 断面には Ma10 層が確認されていないので、近傍で実施した反射法探査測線（八尾測線<sup>64)</sup>）で解釈した Ma10 層を適用する。図 4.11 に八尾測線の位置と地質解釈結果を示す。

表 4.1 に、図 4.5 に示す上町断層帯と生駒断層帯のシミュレーションの入力パラメータを、図 4.12 に、MICAP-G のディスプレイ上に示される両断層のセグメント位置を、それぞれ示す。MICAP-G では断層面基準点の緯度経度情報を入力して断層の位置を設定する。上町断層帯の断層トレースは、推本評価に記載されている位置情報から寝屋川流域の西辺に接するように東に平行移動させ、断層北端を北緯 34.8167°、東経 135.5393°（北緯 34°49′、東経 135°32′）、南端を北緯 34.4333°、東経 135.4727°（北緯 34°26′、東経 135°28′）とする。ここで走向は 8.2° となる。生駒断層帯の断層トレースは、推本生駒評価に記載されている情報を適用する。

上町断層帯の平均活動間隔は 8 千年程度とされ<sup>86)</sup>、Ma12 層の堆積開始年代以降の推定活動回数は、12.7 万年を 8 千年で除して 16 回となる。生駒断層帯は平均活動間隔が 3 千～6 千年程度と評価に幅があることから、3 千年、4.5 千年（平均）および 6 千年の 3 つのケースを挙げ、12.7 万年をそれぞれで除して、42 回、28 回及び 21 回となる。表 4.2 に、上町断層帯および生駒断層帯の Ma12 層堆積以降の推定累積すべり量の組み合わせを整理する。

表 4.1 入力パラメータ

	上町断層帯	生駒断層帯	
断層上端深さ $d$	0.4 km	0.7km	
断層下端深さ $H$	15.0 km	15.0km	
断層幅 $W$	16.9 km	22.3km	16.5km
断層長さ $L$	42.0 km	38.0km	
走向 $\theta$	8.2°	10°	
傾斜角 $\delta$	60°	40°	60°
すべり量 $U$	4.0 m	3.8m	3.2m
すべり角 $\lambda$	90°	90°	

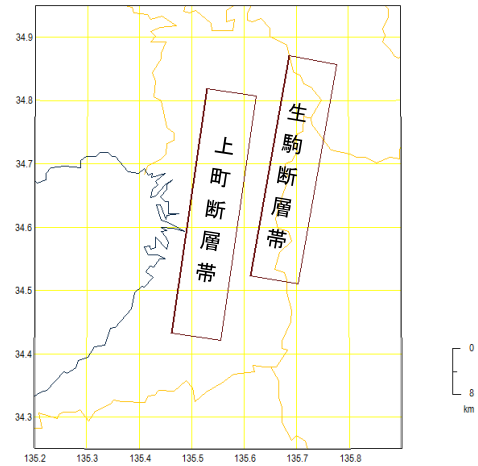


図 4.12 上町断層帯と生駒断層帯のセグメント位置

表 4.2 Ma12 層堆積以降の推定累積すべり量  $U$  の組み合わせ

	上町断層帯	生駒断層帯		
CaseC1	$\delta=60^\circ$ $U=64.0\text{m}$ (4.0m/回 × 16回)	$\delta=40^\circ$	$U=79.8\text{m} \sim 159.6\text{m}$ (median: 106m)	79.8m (3.8m/回 × 21回) 106.4m (3.8m/回 × 28回) 159.6m (3.8m/回 × 42回)
CaseC2			$\delta=60^\circ$	$U=67.2\text{m} \sim 134.4\text{m}$ (median: 89.6m)

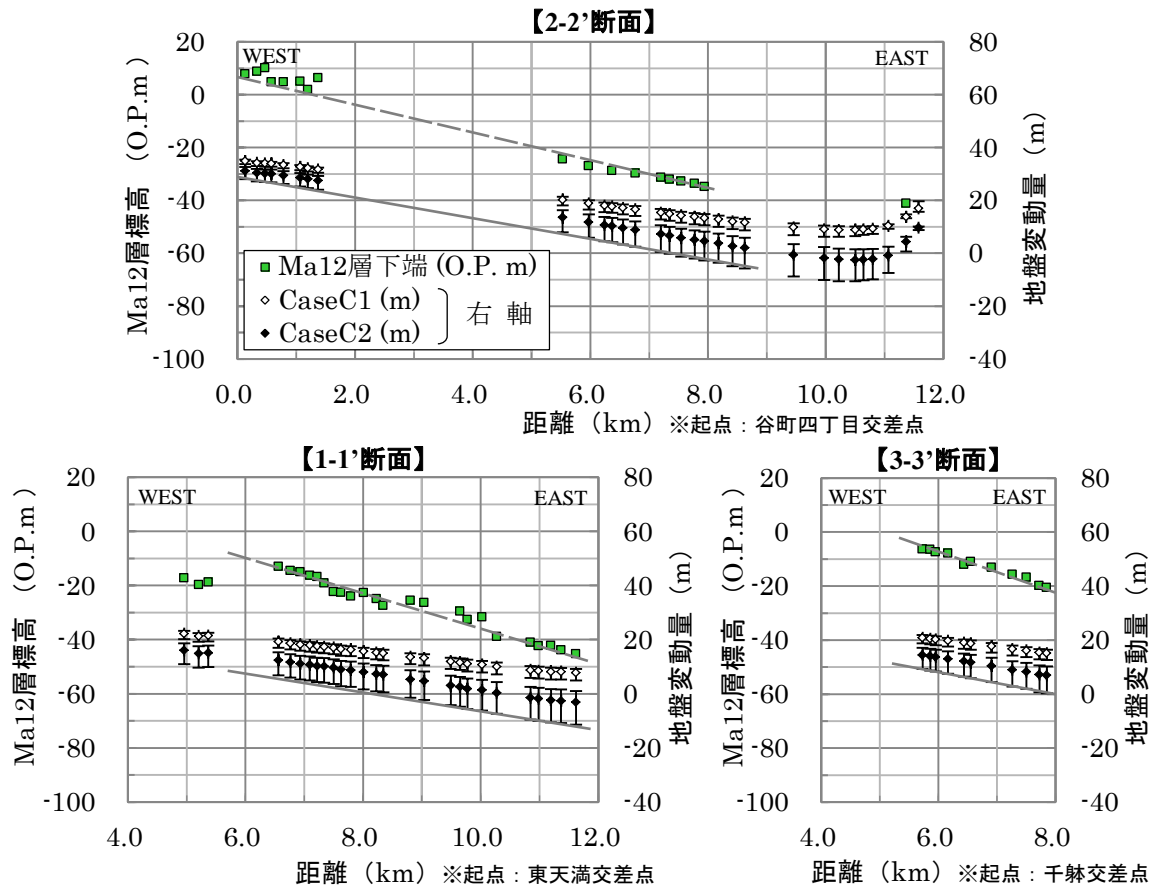


図 4.13 Ma12 層の分布状況と推定累積地盤変動量の比較

表4.2の各ケースで地盤変動シミュレーションを実施し、図4.10に示す測線ごとに、上町断層帯と生駒断層帯に挟まれた東部大阪の範囲について、シミュレーションによる推定累積地盤変動量の傾向と、現在のMa12層下端分布状況を比較する。図4.12に示す東経135.20~135.90°、北緯34.25~34.95°の範囲を設定し、経緯度とも0.001°間隔の格子点の座標ごと(701×701)に地盤変動量を算出した。格子点の座標ごとの上下変動量から、地理情報システム「ArcGIS 10.2」を用いて、各測点の座標ごとの上下変動量を算出した。前項で述べたとおり、格子点の座標と各測点の水平変動量は考慮しない。格子点の座標から各測点での値を内挿するアルゴリズムは、「Natural Neighbor」を適用している。各測点の座標とMa12層上下端の標高データは、関西圏地盤情報ネットワーク(KG-NET)の地盤情報データベース(関西圏DB、p.26の脚注<sup>1</sup>を参照)から抽出した。ここで、CaseC1とCaseC2は、生駒断層帯の活動回数が28回(平均活動間隔が4.5千年)の場合を中央値として、活動回数が21回(同6千年)と42回(同3千年)の場合の変動範囲を、それぞれの測点で示したものである。また、横軸の距離は、上町台地上を南北に走る谷町筋(大阪市道)の主要交差点を起点としている。

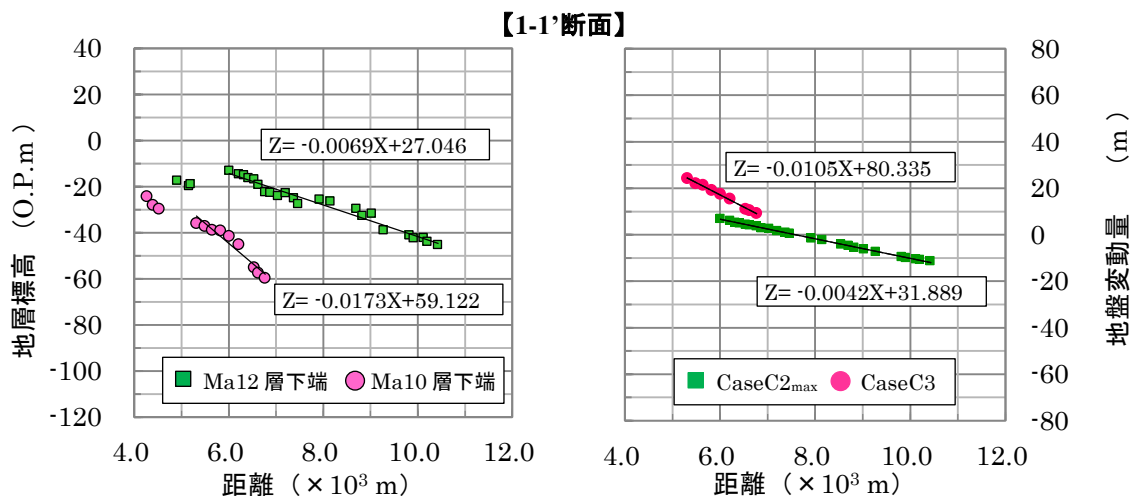
図4.13の各図を見ると、シミュレーションによる地盤変動量の東西方向の分布状況は、Ma12層の分布状況と同様に、いずれのケースも東側傾斜の傾向を示しているが、Ma12層下端標高の傾きは、いずれのケースもCaseC2の最も傾きが大きいケースより、さらに大きくなっている。Ma12層が堆積開始年代時点でどれだけ傾斜していたかは不確かであり、この結果だけでは、Ma12層の分布状況とシミュレーションによる累積地盤変動量の相関性は明らかになっていない。そこで、さらに下層のMa10層にも目を向け、Ma12層とMa10層の堆積開始年代間の、断層活動による累積地層傾斜状況と、地盤変動シミュレーションの相関性を検証する。

#### 4.3.2 断層活動による累積地層傾斜状況と地盤変動シミュレーションの相関性

Ma10層の堆積開始年代はおおよそ33.4万年前<sup>108)</sup>とされており、上町断層帯のMa10層堆積開始年代以降の推定活動回数は、33.4万年を8千年で除して42回となる。生駒断層帯は、CaseC2で最も傾きを示した平均活動間隔が3千年を適用すれば、推定活動回数は、33.4万年を3千年で除して111回となる。表4.3に、上町断層帯および生駒断層帯のMa10層堆積以降の推定累積すべり量の組み合わせ(CaseC3)を整理する。併せてCaseC2の平均活動間隔が3千年の場合のすべり量の組み合わせも、CaseC2<sub>max</sub>として再掲する。

表 4.3 Ma10層堆積以降の推定累積すべり量 U の組み合わせ

	上町断層帯	生駒断層帯
CaseC3 (Ma10堆積年代以降)	$\delta=60^\circ$ U=168.0m (4.0m/回 × 42回)	$\delta=60^\circ$ U=355.2m (3.2m/回 × 111回)
CaseC2 <sub>max</sub> (Ma12堆積年代以降)	$\delta=60^\circ$ U= 64.0m (4.0m/回 × 16回)	$\delta=60^\circ$ U=134.4m (3.2m/回 × 42回)



(a) 地盤情報に基づく地層の分布状況 (b) シミュレーションによる累積地盤変動量

図 4.14 Ma12層・Ma10層の分布状況と推定累積地盤変動量の比較(その1)

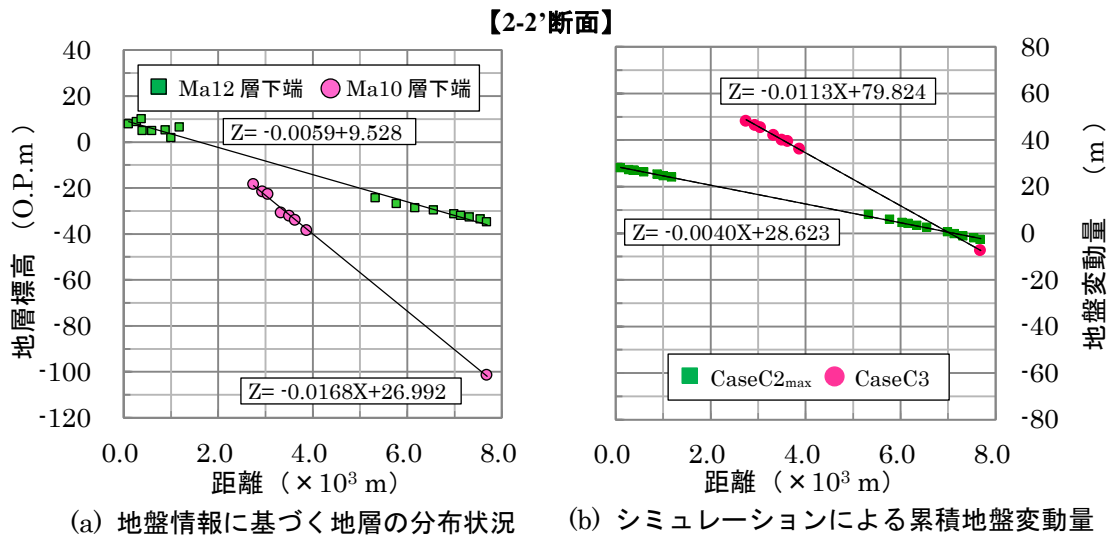


図 4.15 Ma12層・Ma10層の分布状況と推定累積地盤変動量の比較 (その2)

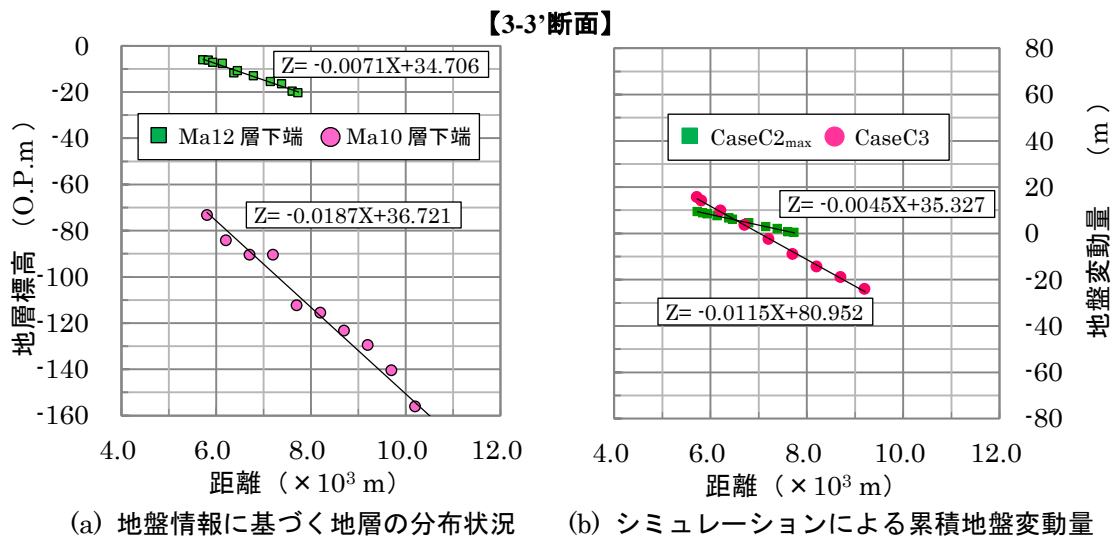


図 4.16 Ma12層・Ma10層の分布状況と推定累積地盤変動量の比較 (その3)

図4.14から図4.16は、それぞれ左の図はMa12層とMa10層の分布状況を示し、右の図はCaseC2<sub>max</sub>とCaseC3の、シミュレーションによる推定累積地盤変動量を示したものである。左の図の傾きの差は、Ma10層とMa12層の堆積開始年代間に累積した地盤の傾きを示し、右の図の傾きの差は、同じ年代間のシミュレーション上で累積した地盤の傾きを示す。ここで図4.14から図4.16の各測点は、図4.10の測点の緯度情報を、図4.14は北緯34.697°(東天満交差点)、図4.15は北緯34.681°(谷町四丁目交差点)、図4.16は北緯34.609°(千駄交差点)に合わせており、東西方向の地盤の傾きを示すように補正している。なお、図中の式は、縦軸をZ、横軸をXとしており、同一地層で何らかの理由で明らかに不連続となっていると考えられる測点は、傾きを近似する対象から外している。

表4.4は、それぞれの図の左側のグラフの傾きを、現況地層の傾斜速度として示したもので、Ma10層、Ma12層ともに、1万年間で0.05%程度東側に傾斜しているのがわかる。それぞれの断面で、Ma10層とMa12層で傾斜速度が異なる要因としては、それぞれの地層が堆積した年代の断層活動状況の他、堆積を開始した地表面(海底面)の状況が、必ずしも水平ではなかったことによるものと考えられる。

東部大阪の地層が東側に傾斜しているのは、上町断層帯と生駒断層帯が数十万年の時間スケールで活動を繰り返し、地盤変動が累積した結果であることが、改めて表 4.4 からわかる。その傾斜速度は 1 万年で平均 0.053%であり、南側ほど傾斜速度が大きい。表 4.5 に示すシミュレーションによる傾斜速度は表 4.4 よりも小さく、1 万年で平均 0.033%となっているが、3 箇所断面とも現況地盤の傾斜速度との割合は 6 割強となっており、箇所によるばらつきが小さく相関性がある。

表 4.4 Ma10 層と Ma12 層の堆積年代間の地層の傾斜速度

(表中でマイナスは東側に傾斜していることを示す)

断面	現況地層の傾き ( $\times 10^{-2}$ )			傾斜速度 (%/1 万年)		
	Ma10	Ma12	差	Ma10	Ma12	両地層の堆積年代間
1-1'	-1.73	-0.69	-1.04	-0.052	-0.054	<b>-0.050</b>
2-2'	-1.68	-0.59	-1.09	-0.050	-0.046	<b>-0.053</b>
3-3'	-1.87	-0.71	-1.16	-0.056	-0.056	<b>-0.056</b>
平均	-1.76	-0.65	-1.10	-0.053	-0.052	<b>-0.053</b>

※各地層の堆積年代<sup>108)</sup>: Ma10 層 33.4 万年、Ma12 層 12.7 万年、両地層の堆積年代間 20.7 万年

表 4.5 シミュレーションによる Ma10 層と Ma12 層の堆積年代間の傾斜速度

(表中でマイナスは東側に傾斜していることを示す)

断面	シミュレーションによる地盤の傾き ( $\times 10^{-2}$ )			傾斜速度 (%/1 万年)		
	CaseC3	CaseC2 <sub>max</sub>	差	CaseC3	CaseC2 <sub>max</sub>	両地層の堆積年代間
1-1'	-1.05	-0.42	-0.63	-0.031	-0.033	<b>-0.030</b>
2-2'	-1.13	-0.40	-0.73	-0.034	-0.031	<b>-0.035</b>
3-3'	-1.15	-0.45	-0.70	-0.034	-0.035	<b>-0.034</b>
平均	-1.11	-0.42	-0.67	-0.033	-0.033	<b>-0.033</b>

※CaseC3 と CaseC2<sub>max</sub> は、それぞれ Ma10 層と Ma12 層の堆積開始以降の推定断層活動を反映

表 4.4 と表 4.5 の傾斜速度の違いが、シミュレーションにおける上町断層帯 1 回に換算すると、どの程度の傾きの違いとなるのかを算定する。東部大阪は、上町断層帯では上盤側、生駒断層帯では下盤側にあたる。4.2.2 のように、断層長さを  $L=40\text{km}$  とし、上町断層帯と生駒断層帯の上下変動量は、傾斜角を  $60^\circ$  とすると、それぞれ 1 回あたりの最大が概ね  $3.2\text{m}$  と  $2.5\text{m}$  となる。これを上盤側の隆起量と下盤側の沈降量に分解すると、上町断層帯の上盤側の隆起量は  $2.4\text{m}$  程度、生駒断層帯の下盤側の沈降量は  $0.6\text{m}$  程度と算出される。前者が 8 千年に 1 回、後者が 3 千年に 1 回発生するとして、1 万年あたりに換算すると、前者が  $3\text{m}$ 、後者が  $2\text{m}$  となる。このように粗い試算をすると、表 4.4 と表 4.5 の傾斜速度の上町断層帯の活動の割合は 6 割と算定される。

この結果を用いると、表 4.1 のパラメータにおいて、上町断層帯 1 回の地盤変動シミュレーションと活動履歴との傾斜の誤差は  $1/10,000$  程度\*であり、シミュレーションの値が小さく(傾斜が緩く)なる。

※上町断層帯 1 回の地盤変動シミュレーションと活動履歴の誤差

$$\begin{aligned} & \text{傾斜速度の差 (0.02\%/1 万年)} \times \text{上町断層帯の活動間隔 (0.8 万年/回)} \times 0.6 \\ & = 9.6 \times 10^{-3} \text{ \% / 回} \Rightarrow \text{1 回あたり } 1/10,000 \end{aligned}$$

上記の誤差の要因となるパラメータは、表 4.1 に記載の値や、これ以外にも多く考えられる。しかも、上町断層帯に比べて生駒断層帯の調査は進んでおらず、主に推本生駒評価で公表されている、不確定要素が多い情報で断層パラメータを設定したが、本研究における地盤変動シミュレーションの結果は、東部大阪における上町断層帯と生駒断層帯による地盤変動の規則性を再現できていると言える。

なお、図 4.10 の 2-2'断面において、上町台地とその西側の Ma12 層下端の高低差は、概ね  $55\sim 60\text{m}$  である。1 回あたりの上下変動量を  $3.2\text{m}$ 、表 4.2 から Ma12 層堆積開始以降の活動回数を 16 回とすると、シミュレーション上の累積変動量は  $51\text{m}$  で、現況の地層の高低差と近似している。ここで、上町断層帯 1 回あたりの上下変動量は、断層帯の長さから経験式に基づいて算定したものである。また、上町台地付近の Ma6 層と Ma12 層の堆積年代間の累積変位量から、平均上下変位速度を算定しており、結果として平均活動間隔を導き出している。これらはいずれも推本評価に基づいていることは、既に述べたところである。このように、推本評価を引用して算定した、Ma12 層堆積開始以降の活動回数に基づくシミュレーション上の累積変動量が、上町台地付近の Ma12 層下端の高低差と、このように近似していることも、本研究の地盤変動シミュレーションの妥当性を裏付けるものであると言える。



### 4.3.3 上町断層帯1回の活動に伴う広域地盤変動について

上町断層帯の1回の活動のシミュレーションを行う。入力パラメータは、表 4.1 に記載の上町断層帯の数値を適用する(表 4.6 に再掲)。図 4.17 に MICAP-G の出力結果を示す。また、前述の3つの断面に対応した、東部大阪の寝屋川流域の中央部を東西に横断する測線として、北緯 34.697° (CaseU1)、北緯 34.681° (CaseU2) 及び北緯 34.609° (CaseU3) の地盤変動の状況を、図 4.18 に示す。

表 4.6 入力パラメータ

上町断層帯	
断層上端深さ $d$	0.4 km
断層下端深さ $H$	15.0 km
断層幅 $W$	16.9 km
断層長さ $L$	42.0 km
走向 $\theta$	8.2°
傾斜角 $\delta$	60°
すべり量 $U$	4.0 m
すべり角 $\lambda$	90°

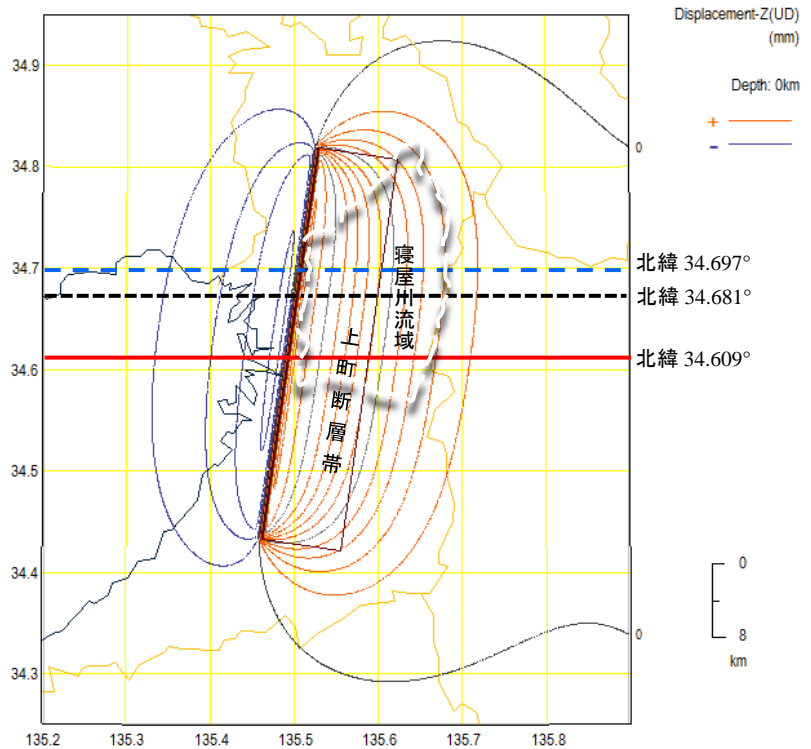
  


図 4.17 上町断層帯1回の活動のシミュレーション結果 // MICAP-G //  
(等値線の間隔: 橙線+200mm、青線-200mm、黒線±1,000mm)

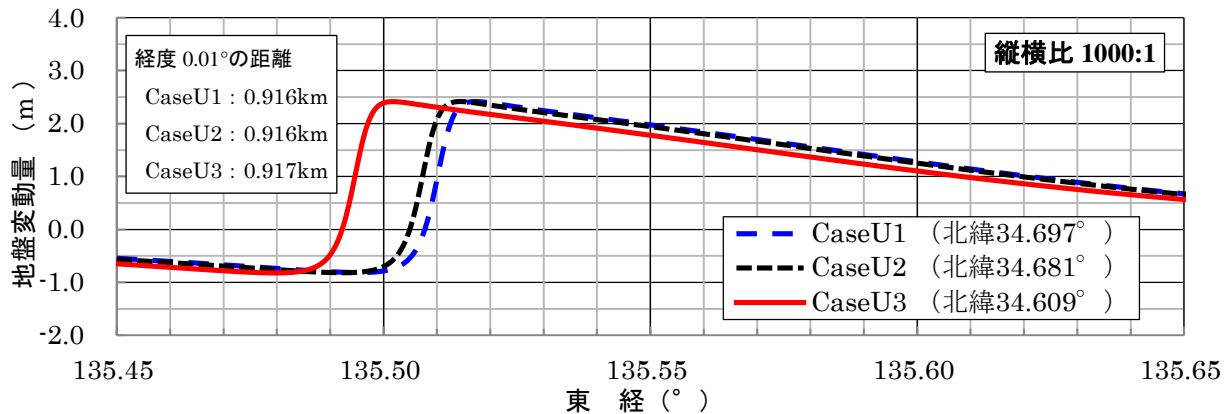


図 4.18 上町断層帯1回の活動による上下変動量

これまでの研究や報告書によると、1回の断層活動による上下変動量として、1.8~2.8m (三浦ほか(2002)<sup>109)</sup>、1.6~2.4m (杉山ほか(2003)<sup>110)</sup>、3m程度 (推本評価(2004)<sup>86)</sup>、4m (中之島新線報告書(2004)<sup>111)</sup>) が挙げられている。特に中之島新線報告書は、寝屋川の下流端に近い箇所で調査した結果であるが、上下変動量を4mとするにはすべり量  $U$  は5mとしなければならない、断層全体に適用する値としては大きい。すべり量  $U$  はシミュレーションと活動履歴との差の要因のひとつではあるが、ここでは推本評価に従い、上下変動量は3m程度(3.2m)とする。なお、上下変動量を4mとすれば勾配は3m程度より大きくなるが、その差は上町断層帯1回のシミュレーションと活動履歴の誤差より小さい。

寝屋川流域の東西方向のほぼ中央部の、東経 135.55° ~ 135.60° の地表面の傾斜の変化は、断層から東にいくほど傾斜が小さくなるので、CaseU1 から CaseU3 の順で小さくなるが、それでも概ね 1/6,800 ~ 1/6,600 の範囲で東側に傾斜する傾向である。寝屋川は、大阪湾の潮位の影響を受けながらほぼ西に流れているが、上町断層帯の活動による広域地盤変動で河床勾配がさらに緩くなる。河川の流下能力への影響について、次節で検討を進める。

#### 4.4 地震ハザードとしての広域地盤変動の治水機能への影響

上町断層帯 1 回の活動に伴う地震ハザードの想定としては、地震動や液状化について中央防災会議や大阪府から公表されているが<sup>49) 84)</sup>、断層近傍のズレや変形を除いて、地盤変動が地震ハザードとして取り上げられることは極めて少ない。第 1 章で触れたが、近年の事例として、2004 年（平成 16 年）10 月 23 日に発生した新潟県中越地震ののち、一級河川信濃川および支川の魚野川の一部区間で隆起が確認されている<sup>2)</sup>。この事例は河床勾配の変化は極めてわずかで、地震発生前の 1/500 ~ 1/400 程度から 1 万数千分の 1 程度小さくなっただけであり、洪水時の水位と堤防高の関係は基本的に変わらないというものであった。しかし、数千分の 1 から 1 万数千分の 1 の緩勾配で、潮位の影響を受ける河川では、同程度の地盤変動が洪水流下能力にどのような影響を及ぼすのか、我が国の事例は見当たらない。

本節では、広域地盤変動を地震に伴うハザードとして扱い、上町断層帯と生駒断層帯に挟まれている東部大阪の寝屋川流域に、どのような影響を及ぼすかについて論じる。



図 4.19 寝屋川流域との主要河川の位置図（①②は写真 4.1 と 4.2 の撮影方向）



写真 4.1 寝屋川流域  
（撮影①）



写真 4.2 寝屋川本流の状況（京橋口から 8km 付近）  
（撮影②、遠景は生駒山地、写真 2.3 の再掲）

寝屋川流域は面積が約 268km<sup>2</sup> で、北は淀川、南は大和川、東は生駒山地、西は上町台地に囲まれている。約 7,000 ~ 6,000 年前は生駒山麓まで入江となっており、その後、淀川、大和川の度重なる氾濫や生駒山地から運ばれる土砂の堆積により、次第に現在の広い低平地が形成された。図 4.18 や写真 4.1 に示すとおり、寝屋川流域の河川の自然流下による出口は、上町台地北側の京橋口 1 箇所のみである。

また、写真 4.2 に示すとおり、現在でも寝屋川の河床勾配は 1/12,500 程度で非常に緩やかであるとともに、生駒山麓まで大阪湾の潮位の影響を受ける非常に複雑な流れとなっている<sup>28)</sup>。このような流域の主要河川に対して、上町断層帯の地震に伴う広域地盤変動がどのような影響を及ぼすのかシミュレーションする。

#### 4.4.1 河床勾配の変動

前節の 4.3.3 で述べた、上町断層帯 1 回の活動に伴う地盤変動の前後で、寝屋川流域の地盤高がどのように変わるのか、図 4.20 に示す。この左右の図を比較すると、断層活動の前後で、東側が隆起し、西側で沈降しているのがわかる。ただ、この図だけでは、河床勾配に対してどのような影響を及ぼして

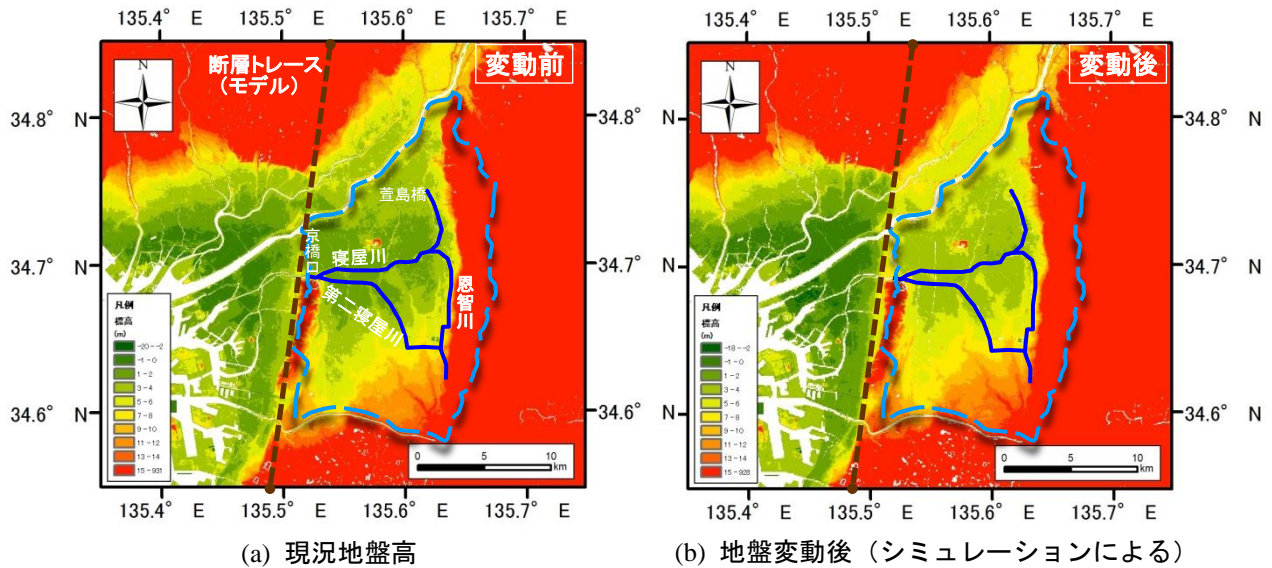


図 4.20 上町断層帯の活動前後の寝屋川流域の地盤高の状況

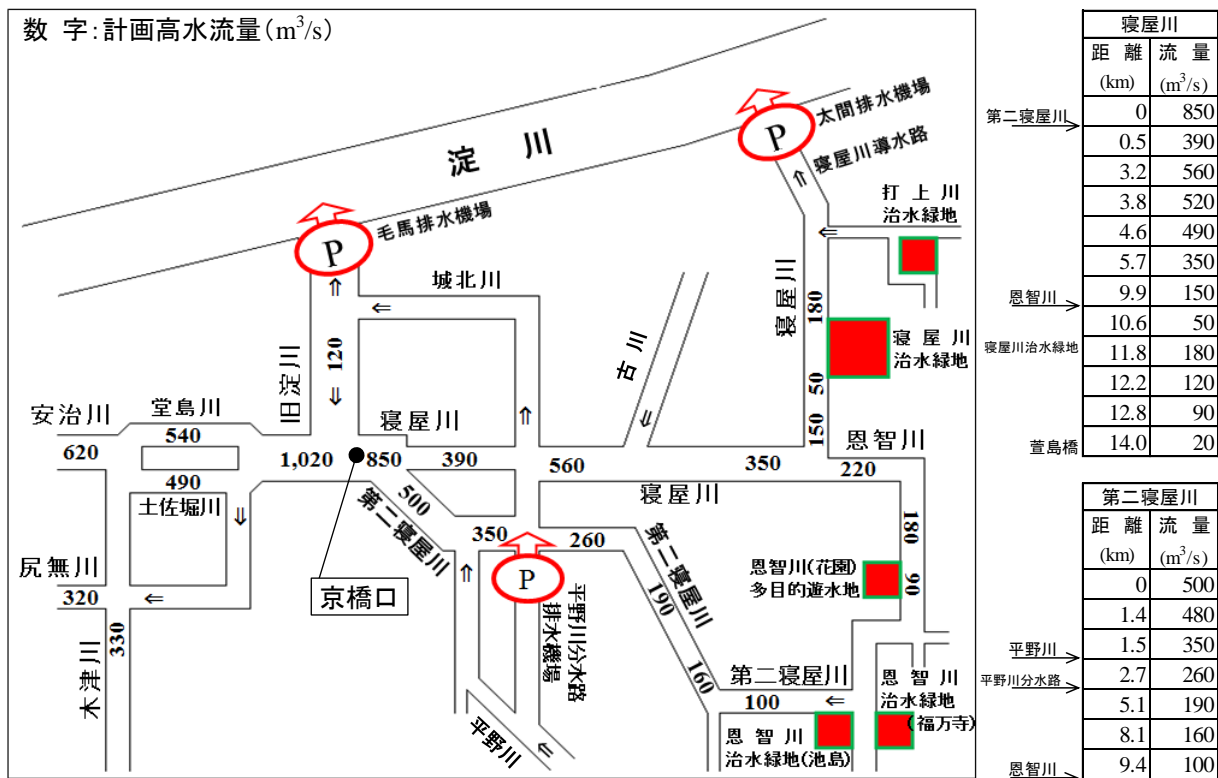


図 4.21 寝屋川流域の主要河川の流量配分図<sup>33) 112)</sup>

いるかはわからない。そこで、主要河川の河床勾配と出水時の水位が、地盤変動の前後でどのように変化するか見てみる。対象とする河川および区間は、流域の主要河川である寝屋川（京橋口～萱島橋、流路延長 15.2km）、第二寝屋川（寝屋川合流点～恩智川分派点、流路延長 11.7km）を選定する。

河川の水位は不等流計算により算出した。初期条件として、旧淀川筋の中之島下流端（図 4.19 を参照）の水位を O.P.+2.50m（大阪湾の台風期朔望平均満潮位である O.P.+2.20m に相当）とし、旧淀川筋から寝屋川、第二寝屋川へと背水計算を行った。流量は、図 4.21 に示すとおり、各河川の区間ごとの計画高水流量を用いた（下流端の流量は、旧淀川 1,030m<sup>3</sup>/s、寝屋川 850m<sup>3</sup>/s、第二寝屋川 500m<sup>3</sup>/s）。旧淀川筋や寝屋川流域の各河川の計画高水位は、計画高水流量だけでなく、台風期の計画高潮位にも支配され、双方の高い水位で決定されているため、計画高水流量以内では洪水時の水位は計画高水位を超えることはない。不等流計算ではこの点を考慮して、地盤変動前の水位が適切であることを確認した上で、変動後の水位を導いた。図 4.22 に寝屋川、図 4.23 に第二寝屋川の地盤変動前後の河床高、堤防高、水位等を、それぞれ示す<sup>112)</sup>。

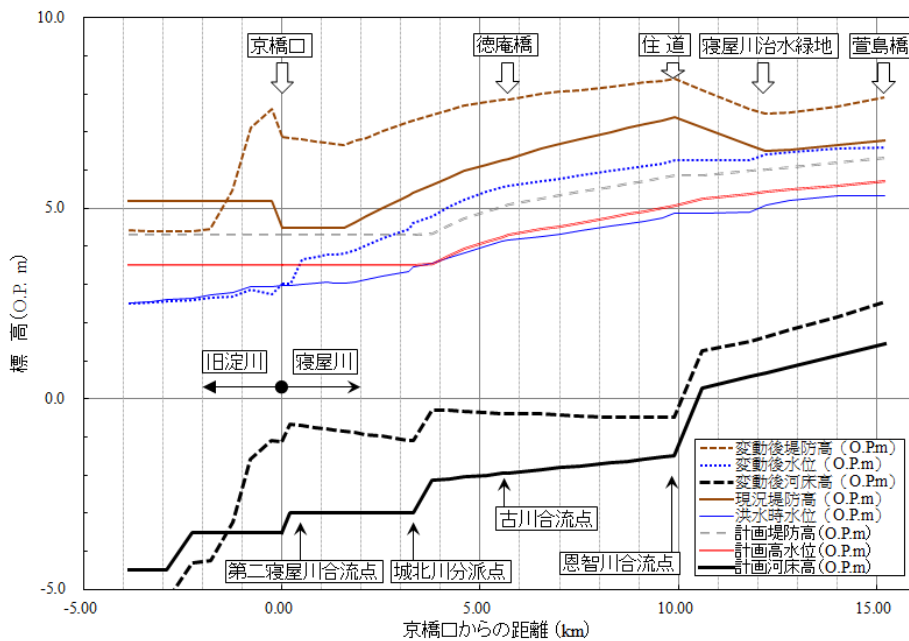


図 4.22 寝屋川の地盤変動前後の状況の変化

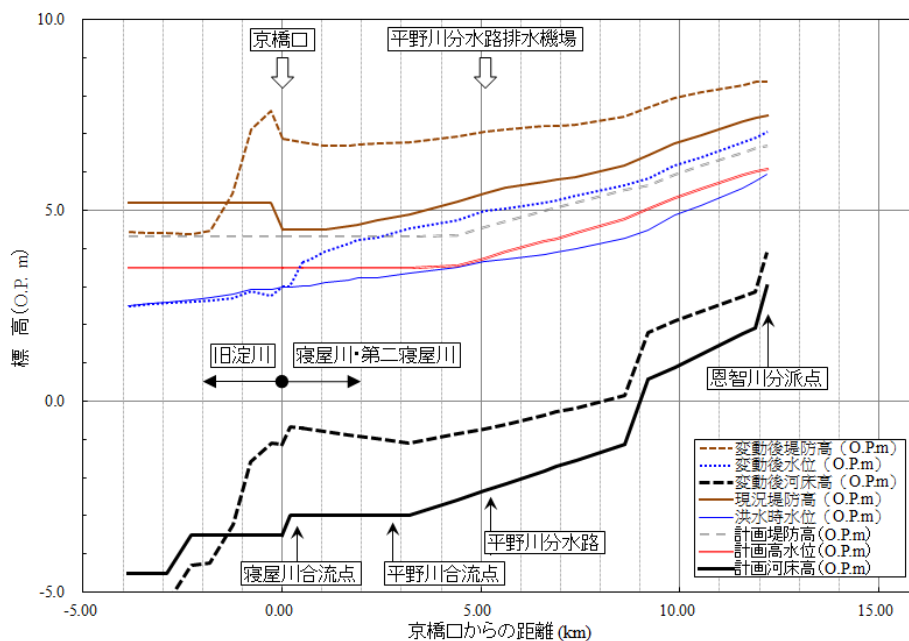


図 4.23 第二寝屋川の地盤変動前後の状況の変化

#### 4.4.2 高水位と堤防高に及ぼす影響

図4.22と図4.23から、上町断層帯の地震に伴う地盤変動で、寝屋川と第二寝屋川の全区間の河床高が隆起し、特に京橋口ではおよそ2.4m上昇する。寝屋川は京橋口から10km上流（恩智川合流点）までが、第二寝屋川はおよそ3km上流までの河床高が逆勾配になるのがわかる。水位も、河床高の隆起することに伴い、全区間で上昇するものの、現況堤防高以下となっている。これは、地盤の隆起は河床だけでなく堤防高にも及ぶため、さらには、寝屋川及び第二寝屋川の堤防高は、一時期著しかった地盤沈下を念頭に、計画堤防高よりも1m以上高めに築造していることによる。このため、堤防の損傷がなく、基礎地盤が健全であれば、洪水流下能力に支障は出ない。高水位は下流端水位である大阪湾の潮位に支配されるため、寝屋川では、むしろ下流へ行くほど余裕高が大きくなる。河床勾配に、上町断層帯の1回の地盤変動シミュレーションと活動履歴の誤差（1/10,000程度）を加味しても同様である。

新潟県中越地震のときの信濃川や魚野川の河床勾配の変化は、堤防定規断面に及ぶ欠損、堤防高がHWL以下となる沈下、堤防亀裂などが、合計11箇所発生している上で生じた、氾濫リスクにつながる事象であった<sup>113)</sup>。寝屋川流域においても、前章で取り上げた東部大阪における堤防沈下の検討例のような、同時に発生し得る事象を、当然ながら考慮しなければならない。構造物そのものを対象とした、従来からの耐震補強が施された堤防であれば、地震動の揺れに伴う損傷を懸念しなくてもよく、地震発生時に、特に内陸断層帯地震であれば、治水機能上の懸念はないはずである。しかし実際には沖積地盤において液状化が発生し、基礎地盤を含む堤防そのものの沈下によって、治水機能上のリスクにつながる。

表3.2の地震応答解析の結果では、内陸断層帯地震による堤防沈下量は、左岸側が87cm、右岸側が93cmと、概ね90cm程度となっている。この地点より下流区間では、流量から規定される計画高水位に付加される余裕高に加えて、過去の地盤沈下を念頭にさらに1m以上の「沈下代」を見込んでいる。このことから、基礎地盤の液状化で、堤防が90cm程度沈下しても、地盤変動後の洪水時の水位に対して、十分な高さを有している。しかし上流区間の堤防余裕高は、規定より2ランク大きい40cm程度大きくしているだけである。

前章の東部大阪における堤防沈下の検討例では、地震の前後で堤防の沈下のみを考慮しており、河床勾配の変化は考慮していない。地盤変動で河床勾配が変化すれば、堤防高と水位の差が変化する。この区間の寝屋川治水緑地付近に当てはめると、現況堤防高は O.P.+6.508m、地盤変動後は O.P.+7.469mで、堤防高の変動量は+100cm までである。不等流計算の水位は、現況が O.P.+5.092m、地盤変動後は O.P.+6.396m で、水位の変動量は+130cm 以上となる。すなわち、地盤変動によって、高水位の上昇量は堤防高より 30cm 以上大きくなる。この区間の計画高水位は O.P.+5.420m で、地盤変動前の堤防の余裕高は 110cm 程度であるが、地盤変動後に計画高水位が堤防高と比較して 30cm 以上上昇すると、余裕高は 80cm 以下となる。内陸断層帯地震による堤防沈下量が 90cm 程度であれば、河床勾配の変化による水位上昇を考慮すると、海溝型地震と同様に堤防高は計画高水位を下回り、堤防が保障する治水機能が確保できない結果となる。

前章の図3.33で示すとおり、上町断層帯地震に伴う液状化の可能性は、山間部を除く流域全体に及ぶことから、堤防および基礎地盤が沈下して、海溝型地震と同様、堤防が保障する治水機能が確保できなくなる箇所が流域全体に発生する可能性が高い。また内陸断層帯を震源とする地震は、南海トラフを震源とするマグニチュード8から9クラスの地震と比べて、地震規模のオーダーが $10^{-2}$ ～ $10^{-1}$ 小さく、震源が浅く、震源からの距離も近いこと、流域面積が数百 $\text{km}^2$ 程度の中小河川流域に対する地盤変動の不均一さが、海溝型地震と比べて大きくなる。このことは定性的な結果としては説明する必要はないと考えられるが、上町断層帯の活動による地盤変動が液状化による堤防および基礎地盤の沈下と複合して、寝屋川流域の氾濫リスクにつながることを示した、本章における検証によって、その不均一な地盤変動が治水機能にどのように影響を及ぼすのか、その一例が明らかになった。

#### 4.4.3 流域の洪水防御施設群の操作に及ぼす影響

寝屋川流域は、基本高水 $2,400\text{m}^3/\text{s}$ の内、自然流下で京橋口から洪水処理できる流量は、およそ35%の $850\text{m}^3/\text{s}$ であり、複数の観測地点の水位に基づき、流域の水門や排水機場の操作によってバイパス放流や貯留を行い、洪水防御を図っている（観測水位計14箇所、操作施設13箇所）。また一定水位以上

になると、流入する雨水幹線のポンプ場の運転調整を実施することになっている（観測水位計26箇所、運転調整ポンプ場32箇所）。地震発生後に地盤が変動すれば、水位計の設置標高が変動するだけでなく、観測地点の水位と操作する水門や排水機場の水位の相対的な関係が変化して、平時より備えている施設操作ルールは機能しなくなる可能性がある。流域の観測水位計14箇所のうち、寝屋川本川には下流端の京橋口を含めて6箇所ある。ここで図4.22を基本に、京橋口と、出水時の施設操作時に最初にチェックする徳庵橋（京橋口から5.7km）と住道（すみのどう、同9.9km）の3地点について、堤防高と洪水時の水位の差が、地盤変動の前後でどのような変化するかについて、表4.7に数値を示す。

表 4.7 寝屋川の地盤変動前後の堤防高と水位の差の変化

地点名	京橋口からの距離	地盤変動前			地盤変動後			変動前後の変化(m) ②-①
		堤防高(O.P.m)	計算水位(O.P.m)	差①(m)	堤防高(O.P.m)	計算水位(O.P.m)	差②(m)	
京橋口	0	4.500	2.977	1.523	6.871	3.006	3.865	2.342
徳庵橋	5.7km	6.300	4.156	2.144	7.852	5.597	2.255	0.111
住道	9.9km	7.380	4.856	2.524	8.386	6.258	2.128	-0.396

河川の水位計は、通常は橋梁や堤防などに固定され、器械の標高を基準に、水面との標高差を計測することにより、水位を算出している。このメカニズムのため、表4.7に示すように、地盤変動前後の堤防高と計算水位の差が地点によって全く異なる。図4.22や表4.7を見ると上下流方向の堤防高の変化と水位の変化の傾向がわかる。京橋口では断層トレースの近傍に位置し、最も河床の隆起量が大きくなるが、河川の水位は下流の旧淀川や大阪湾の支配が大きく、上昇しない。しかし徳庵橋や住道では、下流水位に加えて自己流による影響が徐々に支配的になり、河床の隆起に相関して水位も上昇する。ここで徳庵橋では、変動前後の変化はプラスとなっているが、住道ではマイナスとなっている。言い換えれば、水位計の標高と水位との標高差が、地盤変動前後で、前者は大きくなり、後者は小さくなっており、京橋口では最も大きくなっていることになる。

このように上町断層帯の1回の活動によって引き起こされる地盤変動は、観測水位を指標にした施設操作を行うことで洪水防御を実施している寝屋川流域にとって、地震発生後の施設操作ルールのチェックが不可避となるハザードとなる。

#### 4.5 断層活動の不確実性に関する考察

##### 4.5.1 断層パラメータの不確実性について

本章で示した地盤変動シミュレーションの結果は、地震調査研究推進本部から公表されている資料や既往の研究成果に基づき、寝屋川流域に焦点をあてて設定した断層パラメータによる1つの事例である。ところが、実際に考えられる断層パラメータはこの組み合わせだけではない。先にも述べたが、上町断層帯のこれまでの研究や報告書によると、1回の断層活動による上下変動量として、推本評価の3m程度（3.2~3.3m）<sup>86)</sup>の他に、1.8~2.8m<sup>109)</sup>、1.6~2.4m<sup>110)</sup>、4m<sup>111)</sup>といった数値が挙げられている。これらの上下変動量を3m程度（3.2~3.3m）、2.5m程度、4m程度の3つのケースに整理すると、この数値を呈するすべり量Uは、傾斜角 $\delta=60^\circ$ 、断層上端深さ $d=0.4\text{km}$ の場合には、それぞれ4m（Case3、図4.8を参照）、3m（Case3-2）、5m（Case3-3）となる。

図4.24は、図4.7のモデル（断層長さ $L=40\text{km}$ 、傾斜角 $\delta=60^\circ$ 、すべり量 $U=4\text{m}$ ）で、図4.8のCase3（断層上端深さ $d=0.4\text{km}$ ）を基本に、すべり量Uが広域地盤変動の傾向に及ぼす影響を示したものである。傾斜角 $\delta$ が同じであれば、すべり量Uは、断層近傍の上下変動量だけでなく、地表面の傾斜の大きさとも相関している。先に述べたとおり（図4.8参照）、上盤側（断層右側）であれば断層トレースから概ね2.5km以上離れると、 $d$ の違いによる地表面の変動傾向の違いは認められない。すなわち、図4.24は、すべり量が大きくなれば、広域地盤変動による上盤側の地表面の傾斜が大きくなることを示している。

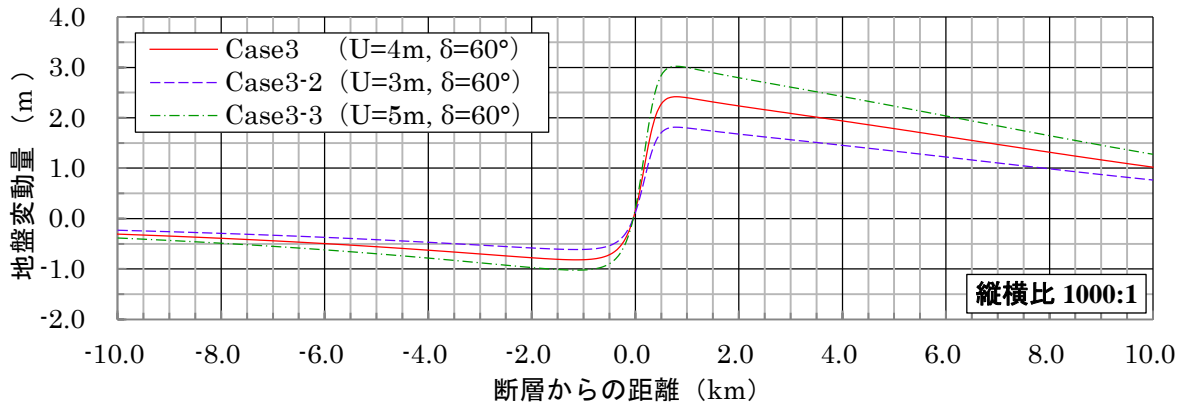


図 4.24 すべり量  $U$  の違いによる地表面の変動傾向の違い  
(断層上端深さ  $d=0.4\text{km}$ 、傾斜角  $\delta=60^\circ$ )

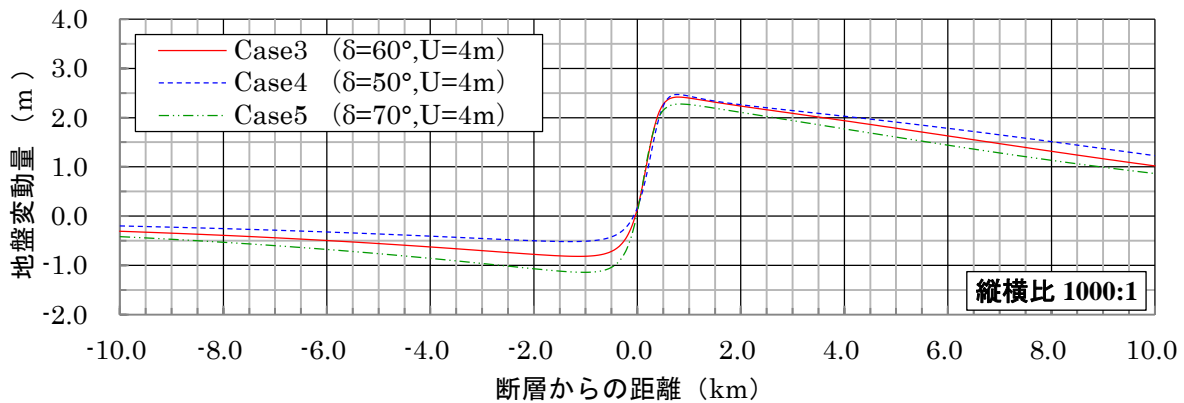


図 4.25 傾斜角  $\delta$  の違いによる地表面の変動傾向の違い  
(断層上端深さ  $d=0.4\text{km}$ 、すべり量  $U=4.0\text{m}$ )

傾斜角  $\delta$  に目を向けると、上町断層帯の傾斜角は、推本評価<sup>86)</sup>では  $65\sim 70^\circ$ 、上町重点<sup>92)</sup>では平均  $50\sim 60^\circ$  となっており、これらを  $60^\circ$  (Case3)、 $50^\circ$  (Case4)、 $70^\circ$  (Case5) とし、傾斜角の違いによる地表面の変動傾向の違いを考察する。図 4.25 は、図 4.8 の Case3 を基本に傾斜角  $\delta$  が広域地盤変動に及ぼす影響を示したものである。すべり量  $U$  が同じであれば、傾斜角  $\delta$  は、下盤側では断層近傍の上下変動量および地表面の右側への傾斜に相関しているが、上盤側では顕著な違いは現れない。これは、傾斜角  $\delta$  に関わらず断層下端深さ  $H$  を  $15\text{km}$  としている<sup>92)98)</sup>ことから (前述)、傾斜角が小さくなると断層幅  $W$  が大きくなり (図 4.7 参照)、断層変位による上盤側への影響が広範囲に及ぶためである。

このように、既往の研究成果に基づく上町断層帯のパラメータは不確実性を有しており、その範囲内でのシミュレーション結果として、地表面の地盤変動量は図 4.24 や図 4.25 のように幅を有することとなる。

#### 4.5.2 近傍の断層活動の不確実性について

東部大阪における各地層の傾動状況は、生駒断層帯の影響を無視できないことを本章で示したが、先にも述べたが、生駒断層帯の調査は上町断層帯ほど進んでおらず、断層パラメータや活動状況等は不確実性を大いに含んだものである。1つの例として、上町断層帯と生駒断層帯を含む、大阪平野から伊勢平野の区間を南北に横切る活断層は、その深部延長の相当する反射層が、地下  $16\text{km}$  で収れんする調査研究成果がある<sup>114)</sup>。言い換えれば、この2つの断層帯は、地震発生層の下限とされる地下  $15\sim 16\text{km}$  付近から分岐して地表に至っているというものである。図 4.26 はこの調査研究成果における地震探査結果の解釈を示したものである。この他にも、生駒断層帯の途中からの分岐を推定している研究成果もある<sup>106)</sup>。ここで、地震調査推進本部の公表資料や既往の研究成果に拠らない断層活動の仮定の1つとして、上町断層帯と生駒断層帯がそれぞれ単独あるいは連動して、2つの地震ハザードが重なり合った場合について考察してみる。

図 4.27 は、上町断層帯と生駒断層帯のパラメータとして表 4.8 (表 4.1 の生駒断層帯の傾斜角が  $60^\circ$  の場合) を適用して、地盤変動シミュレーションを実施した結果である。また図 4.28 は、上町断層帯と生駒断層帯それぞれが単独あるいは連動して、地震ハザードが重なり合った場合の上下変動量が、上町断層帯 1 回の場合と比較してどれだけ変化するのか、図 4.18 の CaseU1 と同じ測線(北緯  $34.697^\circ$ 、京橋口の緯度) で示したものである。両断層帯の地震ハザードを重ね合わせると、上町断層帯 1 回の活動と比較して、東部大阪における東西方向の傾斜がさらに大きくなることを示している。

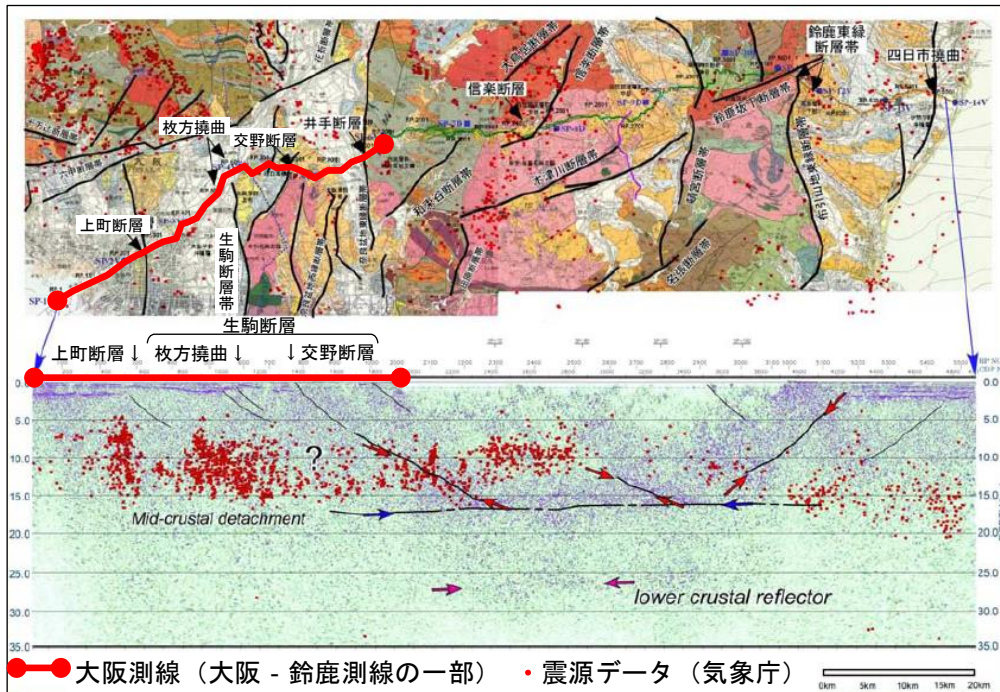
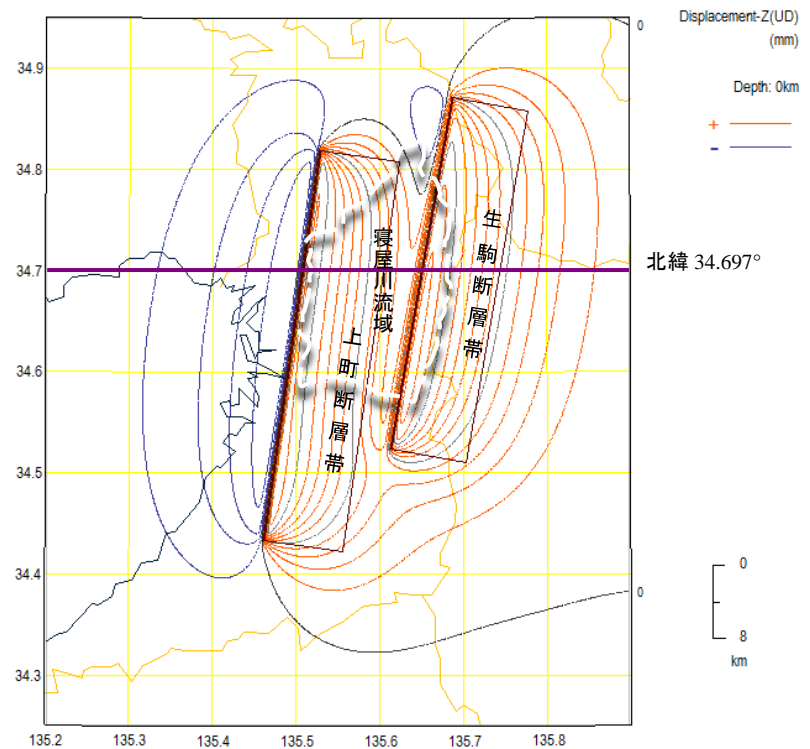


図 4.26 大阪 - 鈴鹿測線の地質学的解釈 (文献 114 に加筆)

表 4.8 入力パラメータ

	上町断層帯	生駒断層帯
$d$	0.4 km	0.7 km
$H$	15.0 km	15.0 km
$W$	16.9 km	16.5 km
$L$	42.0 km	38.0 km
$\theta$	$8.2^\circ$	$10^\circ$
$\delta$	$60^\circ$	$60^\circ$
$U$	4.0 m	3.2 m
$\lambda$	$90^\circ$	$90^\circ$

※パラメータ記号は表 4.1 を参照



// MICAP-G //

図 4.27 上町・生駒両断層帯の連動シミュレーションの結果

(等値線の間隔: 橙線+200mm、青線-200mm、黒線±1,000mm)



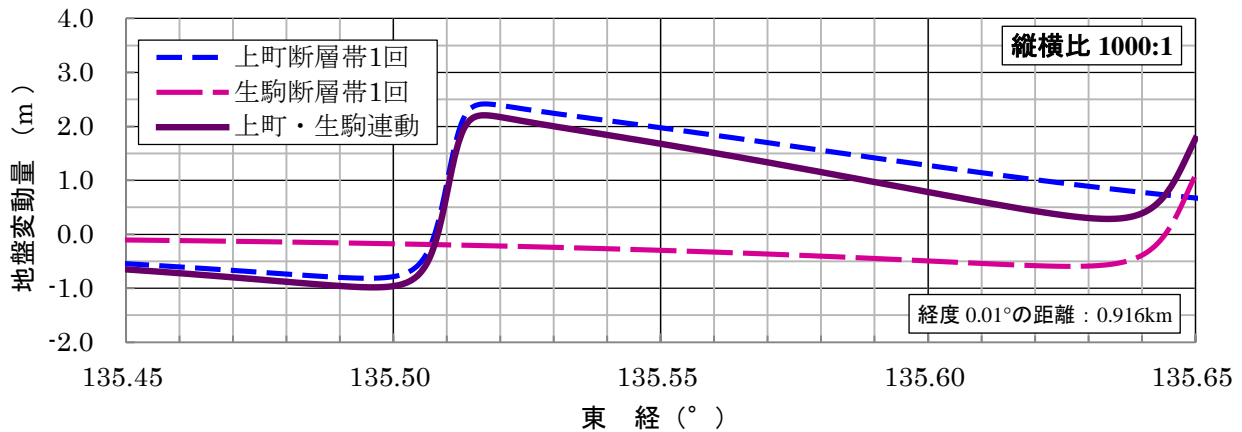


図 4.28 上町断層帯と生駒断層帯の連動による上下変動量 (北緯 34.697°)

上町断層帯と生駒断層帯それぞれの活動による地震ハザードを重ね合わせるといふ仮定は、両断層帯、特に生駒断層帯の今後のさらなる調査研究の積み重ねに負うところが大きい。現時点においては不確実な要因が多分にあり、本研究におけるこれ以上の議論は控える。しかし、2016年4月14日から16日にかけて発生した平成28年熊本地震では、マグニチュードが6.5以上の内陸断層帯地震の発生後に、同じ断層帯あるいは近傍の断層帯を震源とするさらに大きな地震が観測されている<sup>6)</sup>。これは日本の地震観測史上初めてのことである。一連の地震活動における震度7の連続観測も、1996年に現在の気象庁震度階級が制定されてから初めて記録されている(2日間で最大震度6強および7がそれぞれ2回、このうち震度6強の1回を除く3回が、同じ地域の2つの断層帯において時間差で発生)<sup>6) 115)</sup>。このように、既往の調査研究では明らかになっていなかった地震現象が、現実には発生している。

上町断層帯と生駒断層帯の活動は、それぞれの地震によって液状化が発生し、堤防の沈下につながるものであり、寝屋川流域全体への影響については第3章で触れたところである。阪神・淡路大震災では、1回の強震動で淀川の一部区間の堤防の機能が完全に喪失した(図2.12および写真2.6を参照)。2つの断層帯の活動による地震ハザードが重なり合うことは、不確実性を多分に含んだ仮定であるが、最初の地震で堤防が被災・沈下したところに次の地震が襲うことになる。堤防の損傷や機能の喪失に加え、本章において論じた、東部大阪における東西方向の地表面の傾斜がさらに大きくなり、堤防が保障する治水機能が確保できない箇所や区間が、流域全体にさらに広がる可能性が十分想定される。

本章では、Okadaの式(ディスロケーションモデル)に基づき、地盤を均質な半無限弾性体と仮定し、大阪平野を南北に貫く上町断層帯を、東部大阪の寝屋川流域にフィッティングする1つの矩形断層としてセグメントの設定をして、断層活動によって生じる地表面の鉛直方向の地盤変動の傾向について検証した。シミュレーションの結果、以下のことが明らかになった。

上町断層帯と生駒断層帯に挟まれた東部大阪では、断層の活動の累積で地層が東側に傾いており、Ma12層とMa10層の堆積開始年代間の傾斜速度の差を調べたところ、一定の規則性をもって東側に傾いていることがわかった。Okadaの式に基づき、これまでの研究で明らかになっている断層パラメータを適用してシミュレーションしたところ、Ma12層とMa10層の傾斜速度との相関性を見出すことができた。シミュレーションと現況地層との傾斜速度の差は、上町断層帯の1回の活動では、地表面の傾きに換算すると概ね1/10,000程度であり、本研究による地盤変動シミュレーションにより、一定の誤差の範囲内で、東部大阪における上町断層帯と生駒断層帯による地盤変動の規則性を再現することができた。

東部大阪における妥当性が検証できたところで、寝屋川流域を対象とした不等流計算をしたところ、上町断層帯の1回の活動に伴う地盤変動によって、寝屋川の主要河川の河床勾配は逆向きとなる区間が生じるが、水位が堤防高を超えることはなかった。しかし、地震動の揺れや基礎地盤の液状化に伴い堤防や基礎地盤が沈下することを加味すると、堤防高は計画高水位を下回り、氾濫リスクにつながるということがわかった。また、観測水位によって流域の施設操作を実施することで、洪水防御を図っている寝屋川流域にとって、施設操作ルールのチェックが不可避となるため、地盤変動は氾濫リスクにつながる新たな地震ハザードとなるものであることがわかった。

なお、これらの結果は1つの断層パラメータに基づくものであり、既往の研究成果に基づく、上町断層帯の複数のパラメータの範囲内で、そのシミュレーション結果は不確実性を有するものである。また、上町断層帯と生駒断層帯の2つの断層帯の活動による地震ハザードの重ね合わせを仮定したが、不確実性を多分に有するものとは言え、その地震ハザードは、東部大阪の治水機能への影響は極めて大きい。

東部大阪が陸地化したのは江戸期(17世紀)以降であり、1596年(慶長元年)の慶長伏見地震以降、この地域では被害地震の報告はない。すなわち、かつては入江や湿地帯だったこの地域が完全に陸地化してから、一度も内陸断層帯地震を経験していない。上町断層帯は今後30年間の地震発生の可能性が、我が国では高いグループに属しており、地震に伴う地盤変動というハザードに起因するリスクの増大は、この地域にとって未経験の脅威であり続けている。地震ハザードを扱うにあたっては、将来的な地震発生とそのハザードの傾向を把握することが重要である。その上で、一定の根拠と現実性を以って“想定外”を可能な限り排除することで、この傾向に沿った防災・減災対策を講ずることが可能となる。

## 第5章 結論

本研究は、内陸断層帯を震源とする地震を対象に“地震に伴う広域地盤変動”を地震ハザードとして扱い、東部大阪をフィールドとして、上町断層帯の1回の活動に伴って発生する地盤変動、すなわち地表面の傾斜を、特に地震ハザードとして取り上げた。このハザードにより、東部大阪の寝屋川流域の河川が逆勾配となり、堤防の沈下と洪水時水位の上昇という洪水疎通能力の低下とともに、観測水位を判断指標としている流域の洪水防御施設群の操作ルールが、地震発生後には適用できなくなる可能性があるという、ハード、ソフト両面にわたる氾濫リスクとなり得ることを論じたものである。

プレート境界を震源とする海溝型地震では必ず研究の対象となるハザードであるが、内陸断層帯地震ではどうか。強震動は伴うものの、マグニチュードで示されるその平面的な影響範囲は、海溝型地震の $10^2 \sim 10^1$ オーダーであり、断層近傍のズレによる被害は除き、断層規模オーダーの範囲に及ぶ広域地盤変動が、人間の視覚に訴えるほどの治水機能に影響するような事象は、急流河川が多い我が国では取り上げられた事例は極めて少ない。何よりも、海溝型地震と異なり、同じ箇所でも複数回発生している地震や地震被害に関する記録は、ほとんどが地盤情報に頼っており、歴史記録が極めて少ないということである。

このようなハザードを研究テーマとして扱うには、地質学や活断層学など、自然科学的な分野からのアプローチによって地盤変動を再現し、その結果の妥当性を示すことが前提となる。またこの研究が、今後の社会減災政策への貢献につながるものであることを、現時点において示し得る指標となるためには、このハザードによって起こり得る水害の度合いが、強震動に起因する構造物の損傷によって発生する水害と比較して、経費的かつ時間的にある程度相当するものであることを示す必要がある。この2点を念頭に、大阪府域の治水投資を研究対象として論じた、前章までの結論は次のとおりである。

### (1) 治水事業の完成に要する時間と費用

- ① 治水計画で示した治水能力を確実に発揮できるようにするための事業期間は、20～25年を要する。
- ② 上記期間中に必要な事業費は、毎年の大阪府普通会計の1%程度、ピーク時でも2%程度である。
- ③ 阪神・淡路大震災に伴う公共土木施設災害の復旧費用は、大阪府普通会計の0.1%強で、過度な負担となっていないが、通常事業の3～5割の事業費を通常事業と平行して数年間継続することになる。

### (2) 地震ハザードとしての地盤変動

- ① 地震の揺れに伴う堤防および基礎地盤の沈下算定は、非線形地震応答解析が不可欠であるが、実施に先立ち、工学的基盤面の設定にあたっては、1次元非線形全応力解析で確認すれば確実である。
- ② 内陸断層帯の活動によって生じる広い範囲の地表面の変動は、活断層と地盤の情報があれば、地盤を均質な半無限弾性体と仮定した地盤変動シミュレーションで、比較的容易に再現が可能である。
- ③ 上町断層帯の活動に伴う広域地盤変動で生じる、寝屋川の主要河川における氾濫リスクは、堤防と基礎地盤のみを対象とした地震応答解析の結果より高くなるのが、シミュレーションで示されたことにより、広域地盤変動は新たな氾濫リスクを生じさせる地震ハザードと言える。
- ④ 寝屋川流域のように、観測水位によって流域の施設操作を実施することで、洪水防御を図っている河川については、広域地盤変動によって、洪水時の水位と水位計との標高差の変動が地点によって異なるため、地震発生後の施設操作ルールのチェックが不可避となることから、広域地盤変動は氾濫リスクにつながる新たな地震ハザードとなるものである。

特に上記(2)に対する備えである、広域地盤変動に伴う治水機能の低下を、どのような形でカバーするのかについては、治水計画立案そのものである。これまでの投資ストックを、最大限に活用することになるであろうが、地震に伴う揺れや沈下への対策を盛り込んだ質的な向上については、上記(1)の時間と経費を、必然的に意識することになる。

大阪府統計年鑑の最新データである2014年度版を見ると、大阪府普通会計の合計は約2兆7,945億円で、

そのうち治水投資全体では約518億円となっており、シェアは約1.9%となっている<sup>26)</sup>。これは、1970～1990年代のおよそ1/3～1/2である。近年のデータを参考に、特定治水プロジェクトへの投資を、治水投資の約20～25%と仮定すると、普通会計の中のシェアは約0.4～0.5%で、過去の統計数値の5割にも満たない。過去のプロジェクト実施時のような投資が期待しにくい状況であり、新たな氾濫リスクにつながるハザードは、構想・計画段階で、可能な限りクリアしていく必要がある。

本章では、国土の至るところに活断層帯が存在する我が国において、治水計画の構想・計画の段階で、広域地盤変動への備えの検討が必須項目となるべきである、との観点に立ち、①治水計画立案にあたって考慮すべきこと、②すぐにでも対応すべきこと、③広域地盤変動の定量化に向けて取り組むべきこと、この3点をまとめて提案し、本研究のむすびとする。

### 5.1 治水計画立案にあたって考慮すべき広域地盤変動

治水計画は、治水施設による洪水防御のみがその内容では決してなく、平常においては流水の維持や利用に配慮されたものである必要がある。また、洪水処理についても、治水施設の健全性のみに頼るのではなく、破堤や超過洪水による氾濫を想定した、氾濫域の設定をも視野に入れたものとする必要性が求められている<sup>45)</sup>。氾濫域対策を含めた治水に関する既往研究<sup>116)</sup>に、治水計画見直しのプロセスが提案されている（図5.1参照）。本研究で扱った、治水計画立案にあたって「考慮すべき広域地盤変動」は、このプロセスのスタート段階である、「①洪水調節施設の機能評価」、「②河道および堤防の機能評価」、「③現況流下能力の評価」、以上3項目それぞれの検討において、初期条件のひとつとなるものである。

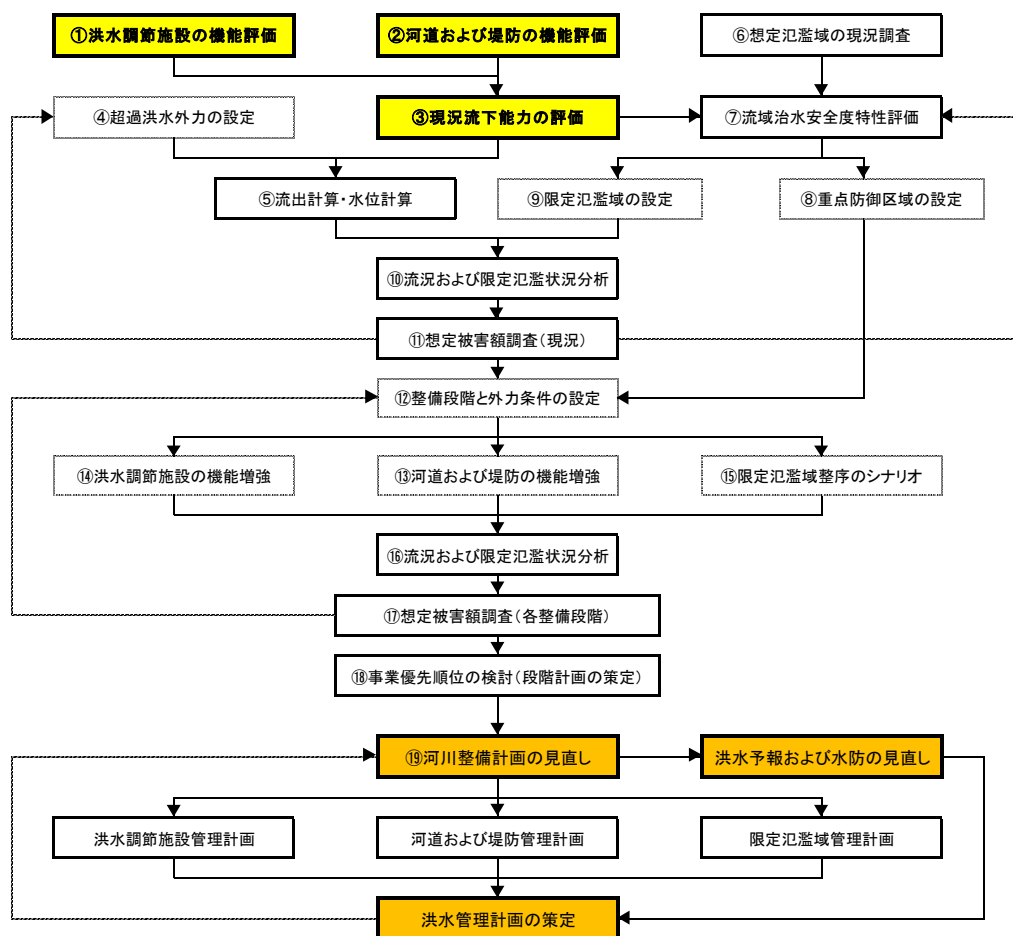


図 5.1 河川整備計画見直しのプロセス（文献 116 の図-6.1.1 を引用・加筆）

現状の河川流路は、バイパス河川を除き、地形や地質に応じて次第に出来上がった形状である。ただ、内陸断層帯の活動は、河川形状の形成に関わる出水の頻度に比べて、極端に少ない。故に、現状の河川流路における断層帯の活動に伴う広域地盤変動による治水機能への影響は、河床勾配がどのように変化するか、言い換えれば、洪水疎通能力が大きくなる傾向か、小さくなる傾向かを検証すればよい。対象とする活断層帯は、正断層、逆断層、左右の横ずれ断層に関わらず上下成分のみを対象とし、水平成分については考慮しなくても差支えない。なお、活断層帯の横ずれ成分は堤防の破壊につながり、洪水疎通能力に甚大な影響を及ぼすことになるが、広域地盤変動に伴う河床勾配への影響ではなく、堤防の変形を発生させるハザードとして扱う。

地盤変動シミュレーションの結果の整理は、河川の各地点の上下変動量だけではなく、河床勾配の変化にも着目する。同じ地点で断面の変化はないものとし、流量も同じ数値を適用する。水位は不等流計算で行い、下流端水位の設定は下流の支配断面を選択する（極端な例として河口から背水計算を行う）。このようにして算出した地盤変動後の洪水時水位と、同じく変動後の堤防高の差を、変動前後で比べた結果で、洪水疎通能力の増減が把握できる。

なお、内陸断層帯の活動によって生じる地表面の変動は、活断層情報と地盤情報があれば、地盤を均質な半無限弾性体と仮定した地盤変動シミュレーション<sup>103)</sup>で、比較的容易に再現が可能である。

### 5.2 すぐに対応すべき備え —地盤標高および水位観測体制の地盤変動への順応—

寝屋川流域は、治水施設の操作によって、洪水防御水準が保たれていると言って過言ではない。そのため河川の水位情報は非常に重要なものだが、地震に伴う地盤変動によって、水位計の器械高と水面との差が平常とは異なってしまうため、正しい水位が観測されない状態が続く。梅雨期や台風期に、広域地盤変動が生じるほどの地震が発生すれば、その時点から計器類が従前どおりに作動するような調整が完了するまでは、水位を指標とした洪水防御システムが機能せず、放置すれば浸水被害を引き起こす。

これに対処するには、一等水準点測量を国土地理院が実施するのを待つのが最も確実である。しかし、出水期間中であれば、応急的に水準の目安を設定することも必要となろう。図5.2は、京橋口付近を中心とした一等水準点網の一部を示したものである。上町断層帯は、走向が南北方向で、東側隆起の逆断層なので、断層トレースから東西同じ距離であれば、変動量は西側（下盤側）が小さい（図4.8および図4.18参照）。大阪湾にも近く、湾岸の標高チェックも考慮すれば、応急水準測量は西側から進めてくる方が都合がよいと考えられる。

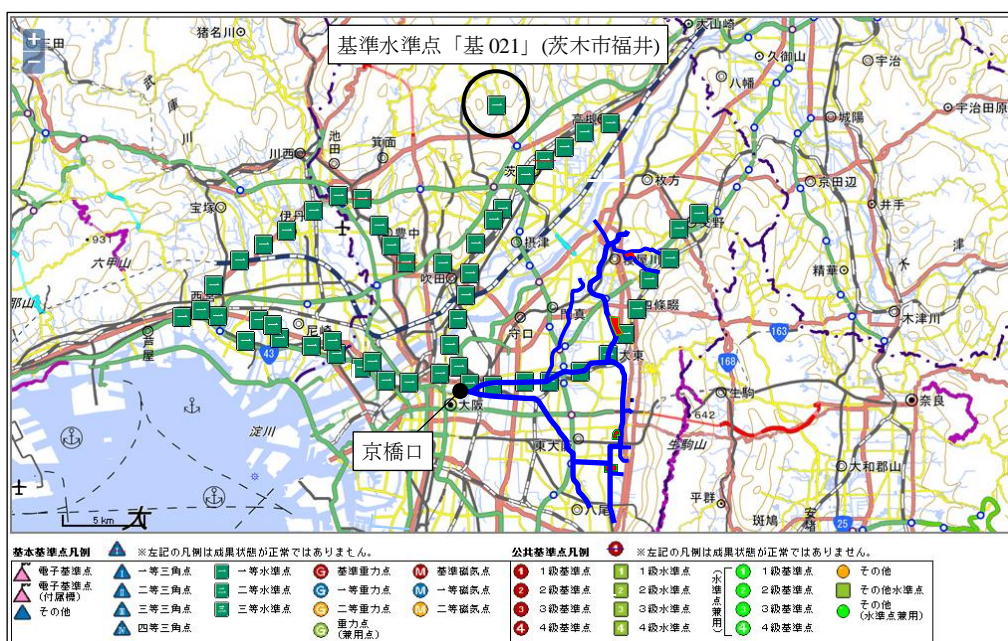
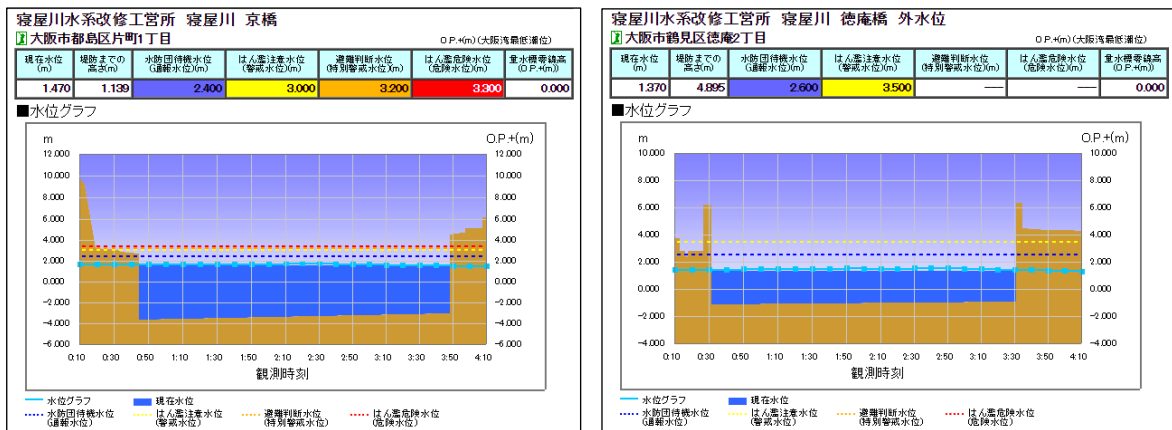


図 5.2 寝屋川・京橋口周辺を中心とした一等水準点網の一部<sup>13)</sup>

ただこの手法も、地震直後の応急復旧作業をしていく中で、どれくらいの時間で対応できるか不確実なところがある。そこで簡易的な対応として、14箇所の水位観測地点ごとに、堤防から水面までの標高差で、応急的に水位を観測できるように、準備を進めておけばよい。イメージは以下のとおりである。

図5.3は、おおさか防災ネット<sup>117)</sup>上に掲載されている、寝屋川の京橋と徳庵橋のリアルタイムの水位観測状況を示している。図の上側の表で、左側からひとつ目が現在の水位 (O.P. m)、ふたつ目が水面から堤防までの高さ (m) を示している。この時の潮位情報も併せて記録しておく。潮位情報は図5.4に示すように、気象庁から推算潮位の数値、干潮および満潮の予定時刻も含めて公表されている<sup>118)</sup>。この情報と、地震発生直後の出水の影響がない河川の状態を目視で確認し、数日間の観測結果を基に、水面から堤防までの高さと水位 (O.P. m) の関係を、地震発生までの同じ潮汐で地点ごとに整理する。

大阪湾岸から生駒山麓まで、すべての一等水準点が使用できない状況で、水位状況で堤防の上下変動量を推測する手法である。誤差はあるものの、日頃から準備しておれば、複数の測量班が各地点で一斉に情報整理を実施できる。洪水防御施設を操作するための指標を作成するためには、初歩的な手法ではあるが、有効な手段となる。

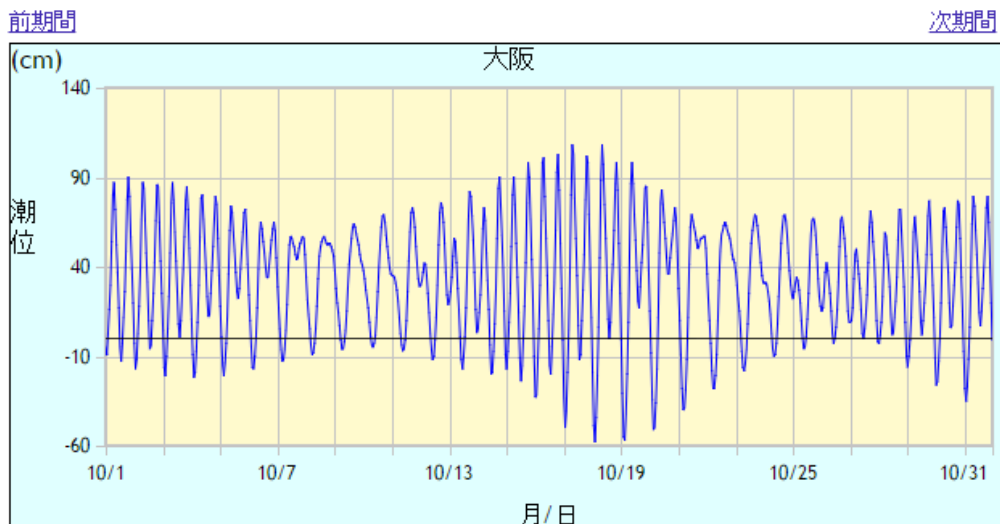


(a) 京橋 (下流端付近)

(b) 徳庵橋 (5.7km 付近)

図 5.3 寝屋川の水位観測状況 (おおさか防災ネット<sup>117)</sup> から引用)

毎時潮位グラフ 大阪  
2016年10月1日~2016年10月31日の潮位予測



注意  
・ グラフの縦軸は潮位、横軸は日付を示しています。  
・ 潮位は標高(単位:センチ)で表示しています。

図 5.4 大阪港の潮位予測 (気象庁 HP<sup>118)</sup> から引用)

もうひとつの手段として、電子基準点の比高データを活用することである。図5.5は、2016年4月16日発生の前平成28年熊本地震で観測された上下成分の地殻変動量である。図中の各地点は電子基準点の位置を、矢印の方向および長さは変動方向および変動量を、それぞれ示している。これは標高情報ではなく地震発生前後の変動量である。図5.6に示すように、京橋口から南側2km以内に、電子基準点「大阪」が位置している。この付近には一等水準点「230」や「交点233」も存在している。この3点を基準に、地盤変動後の京橋口の堤防高の暫定標高を設定することができる。先に提案した、水位からの観測値と照合し、より確かな暫定値とすることも可能である。

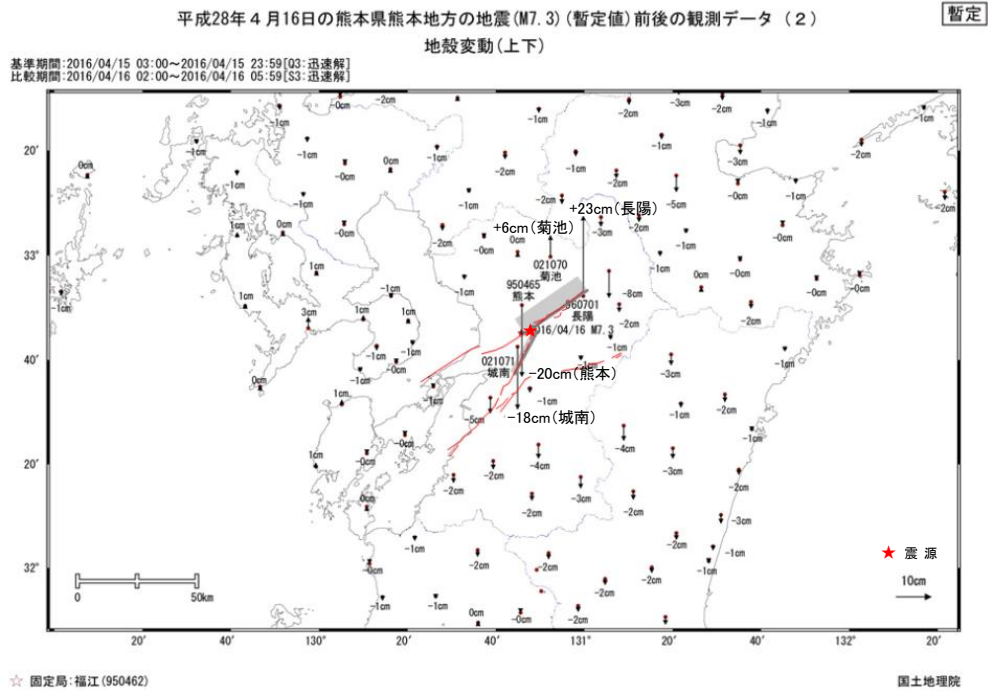


図 5.5 平成 28 年熊本地震に伴う地殻変動量（地震発生直後の上下変動量）  
（2016 年 4 月 16 日国土地理院発表報道提供資料<sup>119)</sup> に断層トレス等を加筆）

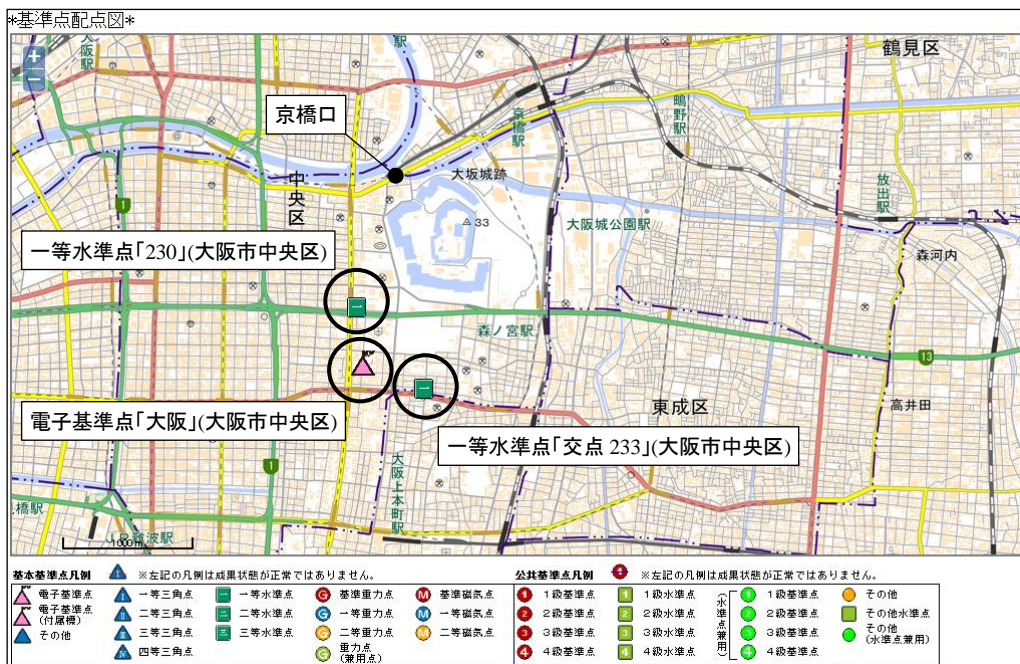


図 5.6 寝屋川・京橋口周辺の電子基準点「大阪」と一等水準点「230」「交点 233」<sup>13)</sup>

5.3 広域地盤変動の定量化に向けた取り組み

内陸断層帯の活動による広域地盤変動が治水機能に影響を及ぼすことが、例えば、河川管理者や橋梁を管理する道路管理者に認識されたとして、では、治水計画や構造物の設計に、どのように反映できるのだろうか。5.1では「活断層情報と地盤情報があれば、地盤を均質な半無限弾性体と仮定した地盤変動シミュレーション<sup>103)</sup>で、比較的容易に再現が可能である。」と述べているが、実務においては、第4章のオーダー程度で傾向を再現して、安全率としての変動量を数十cm程度見込むか否かの判断をすることになる。しかし活断層帯の地盤情報は意外と少なく、数千年～数万年の時間オーダーの中で算出される変動量の幅も当然大きくなり、構造物の設計に反映しづらい数字になる懸念がある。結局は活断層帯の調査を重ね、地盤情報を蓄積して、地下構造、断層の活動履歴、1回のすべり量といった断層パラメータをより確実なものにしていくしか道はない。また、そのような積み重ねを継続することにより、本研究の基礎データとなった地盤情報データベースがより充実することとなり、新たな研究材料へとつながる。

活断層帯の動きは、隣接する活断層帯と相関しているはずであり、1つの断層帯ではなく複数の断層帯を1つのエリアとして位置づけ、その中での相関性を併せて検証すれば、複数の断層帯のひとつひとつのデータ量の密度が小さくても、より確からしい答えが見つけれられるのではないだろうか。楠本らによる研究成果<sup>120)</sup>を例に示す。図5.7は、大阪湾周辺地域の主な断層・構造線と盆地を示したものである。これをモデル化した図5.8の各断層・構造線に、表5.1のパラメータですべり量を与えると、図5.9のようになる。ここには上町断層帯の存在はなく、大阪湾を囲む複数の活断層帯の、累積すべり量から生じる累積地盤変動によって上町台地が形成された、という仮説である。複数の活断層帯それぞれのパラメータや累積すべり量は、図5.10に示す大阪湾周辺の基盤形状に、より近似するように試行したものである。

表 5.1 大阪湾周辺の各構造線・断層系に与えられたモデルパラメータ <sup>120)</sup>

	有馬高槻構造線	中央構造線	六甲淡路断層系	生駒断層系	奈良東縁断層系
右横ずれ成分	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
逆断層成分	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1
断層長(km)	43.0	半無限	70.0	47.0	45.0
断層幅(km)	15.0	15.0	15.2	15.2	15.2
断層の深さ(km)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
断層の傾斜角(°)	90.0	90.0	80.0	80.0	80.0

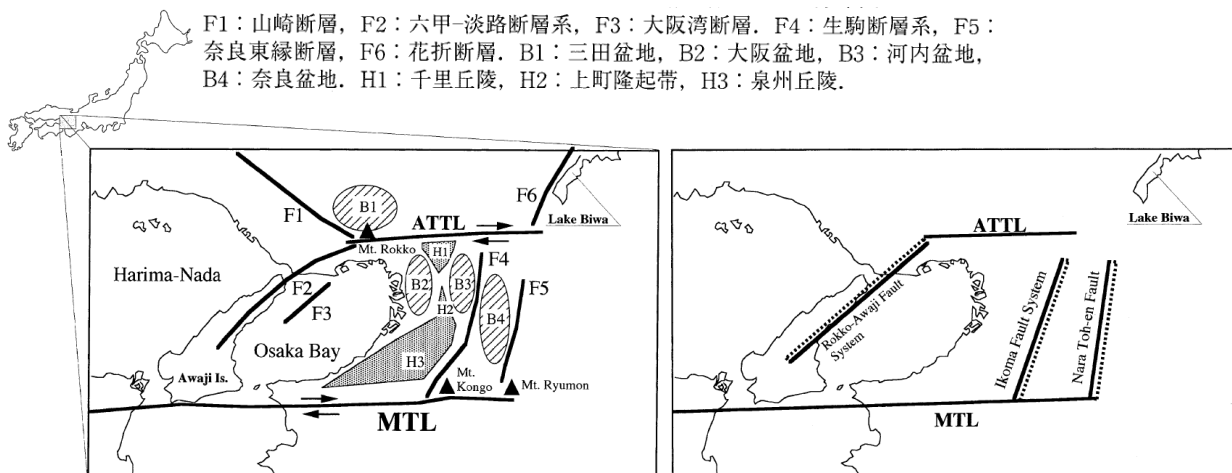
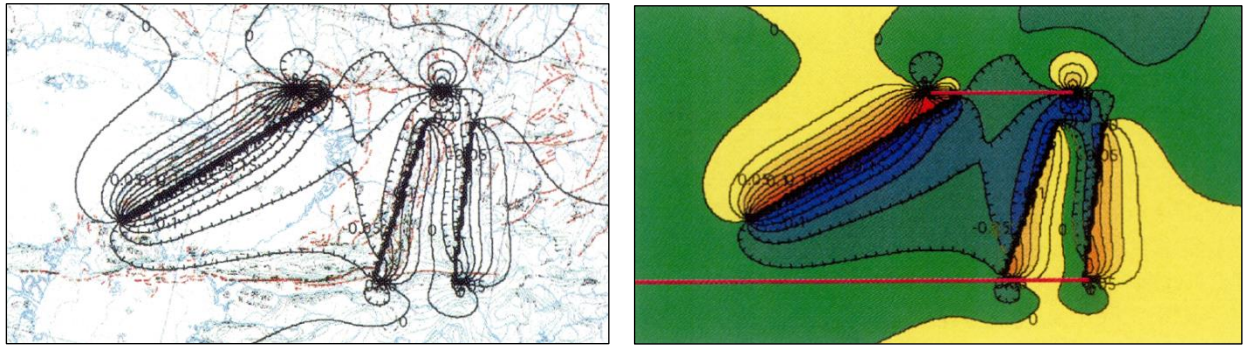


図 5.7 大阪湾周辺地域の主な断層・構造線と盆地の分布図（破線は断層底部） <sup>120)</sup>

図 5.8 モデル計算時の各・構造線・断層の位置（破線は断層底部を示す。） <sup>120)</sup>





(a) 断層分布図上に投影 (b) カラーコンター（暖色は隆起、寒色は沈降）

図 5.9 大阪湾形成のシミュレーション（鉛直変位）<sup>120)</sup>

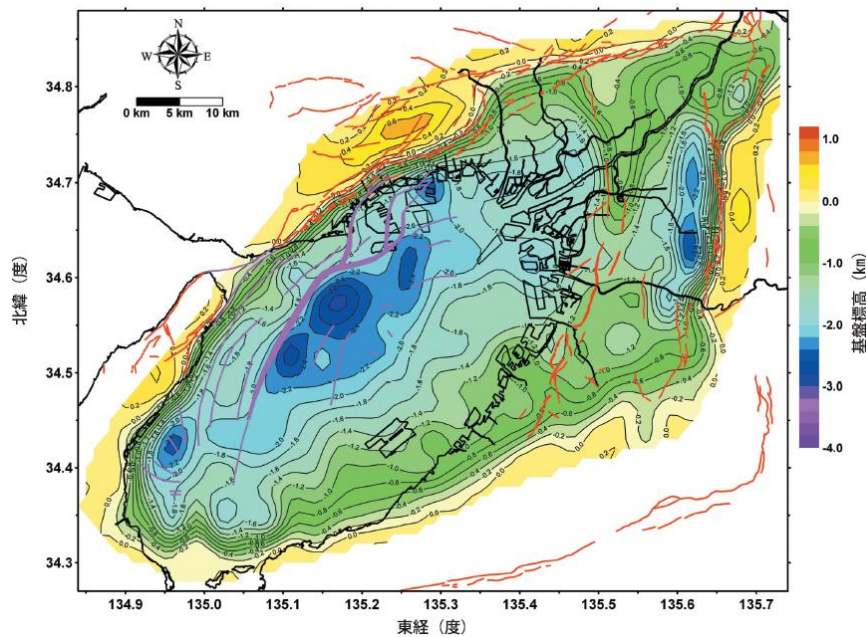


図 5.10 大阪湾周辺の基盤形状<sup>53) 63)</sup>（図 3.12 の再掲）

本研究では、寝屋川流域が位置する東部大阪を念頭に、上町断層帯の東側を研究の主なフィールドとしたが、大阪湾岸が位置する断層帯西側はどうであろうか。2007年度から2011年度にかけて実施された「首都直下地震防災・減災プロジェクト」では、5年間で50億円に及ぶ調査研究費が投入されている<sup>121)</sup>。一方、関西圏に目を向けると、2010年度から2012年度にかけて実施された「上町断層帯における重点的な調査観測」は、2005年に地震調査研究推進本部から公表された「今後の重点的調査観測について」に基づき、全国の主要活断層の中から、優先的に採択された調査観測プロジェクトのひとつである。首都直下地震防災・減災プロジェクトの1年分にも満たないものの、3年間で3億円の調査研究費が投入され、調査研究の成果がまとめられている<sup>92)</sup>。この中でも、楠本らの研究成果に示されているような、大阪湾周辺の地域の断層や構造線との関係が少し触れられているものの<sup>93)</sup>、研究対象が上町断層帯ということもあり、それ以外の断層帯に踏み込むことができていない。

楠本らの研究で対象とした大阪湾周辺の活断層群の範囲は、大阪、兵庫、京都、奈良、和歌山および徳島の6府県に及ぶものである。ひとつの断層帯のみを対象にするのではなく、大阪湾周辺の活断層群を対象とした「関西圏の地震防災・減災に関する調査研究プロジェクト」を、研究機関だけでなく、研究成果を地域防災計画に反映させることを任務としている、いわば研究成果のユーザーの一員である上記府県の防災機関もメンバーに加え、数年の調査研究期間を設けて、本格的に実施することを提案したい。

## 5.4 むすび

本研究を開始した2014年4月以降、我が国において、内陸断層帯が震源でマグニチュードが6.0以上となった地震を挙げると、2014年11月22日に長野県北部を震源とする地震（マグニチュード6.7）、2016年4月14日から16日にかけて平成28年熊本地震（同6.5および同7.3）、そして同年10月21日に鳥取県中部の地震（同6.6）が、それぞれ発生している<sup>9)</sup>。ひとつひとつの地震の発生メカニズムや、断層パラメータについては、時間とともに公的研究機関からその情報が発表されるであろう。現時点においては、いずれも断層活動に伴う地盤変動が少なからず発生しているが、本研究で対象としているような、平坦な地形が断層活動によって変動して、治水機能に影響を及ぼすような状況には至っていない。

内陸断層帯地震は海溝型地震と異なり、同じ箇所でも複数回発生している地震や地震被害に関する歴史記録が極めて少ない。地震は、断層活動とそれに伴う強震動によって他の自然現象を惹起させ、結果的に災害が複合的に発生することにつながる。また、地震発生後だからと言って、毎年のように発生する風水害が避けてくれるわけではない。それ故に、発生した地震に関する情報のひとつひとつが、大なり小なり新たな地震ハザードとなり得ることを念頭にして、地震から複数の地震ハザードに至る発生メカニズムを、時間の経過とともに整理する必要がある。すなわち、地震の専門家でなくても、地震および地震ハザードの傾向が定性的にでも理解できるものにしていく必要がある。そうすることにより、専門知識が深くない行政担当者が携わる社会減災政策の立案に、地震研究の成果を反映させることが容易となり、社会減災政策の必要性から新たな研究に対するリクエストが生まれてくるものと考えられる。

本研究のアプローチが、地震から想定されるハザードの定量化に向けた研究に加え、治水や地震防災を含む、自然現象から受ける破壊リスクの緩和に向けた社会減災政策の推進に関わる、多くの関係者の一助となれば幸いである。

**参考文献** ( ※登場した順に掲載している。複数の章に登場する文献は、最初に登場する章のみ掲載して、それ以降はここでは掲載せず、同じ文献 No.を本文中に示すのみとしている。 )

## 第1章

- 1) 国土地理院：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動について（平成23年3月13日発表報道提供資料）、2011年、  
[http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi\\_tohoku.html](http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_tohoku.html)（最終閲覧；2016年10月）。
- 2) 国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所：中越地震の影響による信濃川及び魚野川の隆起について（平成18年11月1日付け記者発表資料）、2006年、  
<http://www.hrr.mlit.go.jp/shinano/press/pdf/h181101.pdf>（最終閲覧；2016年5月）。
- 3) 建設省近畿地方建設局：淀川100年史、1974年。
- 4) 宇佐美龍夫編：「日本の歴史地震史料」拾遺 四ノ上、安政元年六月十五日、2008年。
- 5) Arch, C., Johnston and Eugene, S., Schweig : The enigma of the New Madrid earthquakes of 1811-1812, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol.24, 1996, pp.339-384.
- 6) 気象庁：震度データベース検索、  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>（最終閲覧；2017年1月）。
- 7) 中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会：第2期報告書【地震・津波災害】1944東南海地震・1945三河地震、2007年、  
<http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1944-tounankaiJISHIN/index.html>（最終閲覧；2016年10月）。
- 8) 佐藤裕、井内登：東南海地震（1944）による東海地方の上下変動、地震第2輯第28巻、1975年、pp.489-491.
- 9) 海上保安庁水路局：水路要報増刊号、昭和21年南海大地震調査報告 地変及び被害編、1948年。
- 10) Sagiya, T. and W., Thatcher : Coseismic slip resolution along a plate boundary megathrust : The Nankai Trough, southwest Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.104, No.B1, 1999, pp.1111-1129.
- 11) 大阪府・大阪市：西大阪高潮対策事業誌、1960年。
- 12) 大阪市港湾局：高潮とのたたかいー大阪港の防災事業ー、1988年。
- 13) 国土地理院：基準点等成果閲覧サービス、  
<http://sokuseikagis1.gsi.go.jp/index.aspx>（最終閲覧；2016年10月）。
- 14) 国土地理院：水準点観測データファイル LAGSAS 比高ファイル・履歴ファイル（大阪～和歌山、堺～奈良）、2015年1月交付。
- 15) 国土地理院：一等水準測量平均成果表原簿、2015年1月交付。
- 16) 大阪市総合計画局：大阪市内水準測量成果表〔昭和9～39年〕。
- 17) 国土地理院：測地測量が捉えた兵庫県南部地震に伴う地殻変動、国土地理院時報（1995,83集）、  
<http://www.gsi.go.jp/REPORT/JIHO/vol83-3.html>（最終閲覧；2016年10月）。
- 18) 国土地理院：兵庫県南部地震の概要、国土地理院時報（1995,83集）、  
<http://www.gsi.go.jp/REPORT/JIHO/vol83-2.html>（最終閲覧；2016年10月）。
- 19) Baba, T. and P. R., Cummins : Contiguous rupture areas of two Nankai Trough earthquakes revealed by high-resolution tsunami waveform inversion, Geophysical Research Letters, Vol.32, L08305, doi:10.1029/2004GL022320, 2005.
- 20) Furumura, T., Imai, K. and Maeda, T. : A revised tsunami source model for the 1707 Hiei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.116, B02308, doi:10.1029/2010JB007918, 2011.

## 第2章

- 21) (財)国土技術研究センター：今後の治水対策の方向性に関する研究ー洪水保険制度を切り口とした今後の動向検討ー、JICE資料第104001号、2003年。
- 22) 総務省統計局：日本の長期統計系列、第5章 財政、  
<http://www.stat.go.jp/data/chouki/05.htm>（最終閲覧；2016年8月）。

- 23) 財務省：統計表一覧、  
<http://www.mof.go.jp/budget/reference/statistics/data.htm>（最終閲覧；2016年8月）。
- 24) 国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター、  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei\\_jouhouka\\_tk4\\_000112.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei_jouhouka_tk4_000112.html)（最終閲覧；2016年8月）。
- 25) 飯野光則、伊藤弘之、小野田恵一：流域治水における河川管理者の責任範囲に関する一考察、土木学会第66回年次学術講演会（平成23年度）第II部門、2011年、pp.233-234。
- 26) 大阪府：大阪府統計年鑑、<http://www.pref.osaka.lg.jp/toukei/nenkan/>（最終閲覧；2016年8月）。
- 27) 大阪府土木部高潮課：大阪市内高潮対策事業概要、1970年。
- 28) 大阪府：淀川水系寝屋川ブロック河川整備計画、2015年、  
[http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4127/00011399/kasenseibikeikaku\(neyagawa\).pdf](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4127/00011399/kasenseibikeikaku(neyagawa).pdf)（最終閲覧；2016年8月）。
- 29) 大阪府土木部都市河川課：寝屋川水系全体計画検討資料 基本高水流量1,650m<sup>3</sup>/s 計画高水流量850m<sup>3</sup>/s、1975年。
- 30) 大阪府河川室：大阪府建設事業評価（平成20年度下期）根拠資料－費用便益算定に関する資料、2016年10月交付。
- 31) 大阪府河川室河川環境課：府管理河川・淀川水系の一級河川指定状況、  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kasenkankyo/kanri/yodogawasuikei.html>（最終閲覧；2016年10月）。
- 32) 難波匡甫：東京・大阪における高潮対策－輪中方式・防潮水門方式－、土木学会論文集D2（土木史）、Vol.69、No.1、2013年、pp.50-60。
- 33) 大阪府、大阪市：淀川水系西大阪ブロック河川整備計画、2015年、  
[http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4127/00011399/seibikeikaku\(nishioosaka\).pdf](http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4127/00011399/seibikeikaku(nishioosaka).pdf)（最終閲覧；2016年8月）。
- 34) 大阪府西大阪治水事務所：事業の紹介（防災事業・高潮対策）、  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/nishiosaka/emergency/high-tide.html>（最終閲覧；2016年10月）。
- 35) 国土交通省水管理・国土保全局：特定都市河川浸水被害対策法の概要、  
[http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet\\_jirei/kasen/gaiyou/panf/tokutei/](http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/gaiyou/panf/tokutei/)（最終閲覧；2017年1月）。
- 36) 国土交通省：総合的な水害対策－特定都市河川浸水被害対策法の施行状況の検証－、2010年、  
<http://www.mlit.go.jp/common/000111002.pdf>（最終閲覧；2017年1月）。
- 37) (公社)雨水貯留浸透技術協会：雨水貯留施設の設置に対する支援措置のご紹介、2015年、  
[http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet\\_jirei/usui/usui\\_h27-1.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/usui/usui_h27-1.pdf)（最終閲覧；2017年1月）。
- 38) 気象庁：「阪神・淡路大震災から20年」特設サイト、  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/1995\\_01\\_17\\_hyogonanbu/index.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/1995_01_17_hyogonanbu/index.html)（最終閲覧；2016年10月）。
- 39) 消防庁：阪神・淡路大震災について（確定報）、2006年、  
<http://www.fdma.go.jp/data/010604191452374961.pdf>（最終閲覧；2016年10月）。
- 40) 大阪府土木部河川課：平成7年発生災害の記録、1996年。
- 41) 建設省近畿地方整備局：阪神・淡路大震災－近畿地方整備局の記録－、1996年。
- 42) 渡邊徹三：阪神淡路大震災における直轄河川等の被害の現状と災害復旧、国土交通省近畿地方整備局 語り継ぐ河川技術－技術体験集－（平成22年12月）、2010年、pp.202-213。
- 43) 大阪府西大阪治水事務所：兵庫県南部地震 平成7年災 災害査定目論見書、1995年。
- 44) 国土交通省淀川河川事務所：地震に備えて 淀川の震災と堤防の復旧について、  
[http://www.yodogawa.kkr.mlit.go.jp/activity/maintenance/earthquake/bosai\\_jishin\\_03.html](http://www.yodogawa.kkr.mlit.go.jp/activity/maintenance/earthquake/bosai_jishin_03.html)（最終閲覧；2016年10月）。
- 45) 大阪府：今後の治水対策の進め方、2010年、  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/s10194/konngonotisui.pdf>（最終閲覧；2016年10月）。

### 第3章

- 46) 江原竜二、井合進、三村衛、北田奈緒子：大阪平野での地震応答解析のための工学的基盤面の設定について、日本地震工学会論文集、第16巻、第10号、2016年、pp.105-126。

- 47) 中央防災会議 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）強震断層モデル編－強震断層モデルと震度分布について－、2012年、  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829\\_2nd\\_report05.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report05.pdf)（最終閲覧；2016年2月）、  
（検討会全体；<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>）。
- 48) 中央防災会議 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された震度分布・浸水域等に係るデータ提供について、  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/data\\_teikyou.html](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/data_teikyou.html)（最終閲覧；2016年2月）。
- 49) 大阪府、(財)地域地盤環境研究所、(株)ニュージェック：大阪府自然災害総合防災対策検討（地震被害想定）報告書、2007年。
- 50) 大阪府、(財)地域地盤環境研究所：構造物耐震対策検討業務委託報告書、2008年。
- 51) 吉田邦一、山本浩司、関口春子：強震動予測のための大阪堆積盆地の浅層地盤構造モデル、活断層・古地震研究報告、No.6、2006年、pp.123-141。
- 52) 吉田望著：地盤の地震応答解析、鹿島出版会、2010年。
- 53) KG-NET、関西圏地盤研究会編：新関西地盤－大阪平野から大阪湾－2007、2007年。
- 54) 吉澤源太郎、山野一弥、岩田晴之、宮本勝利、綱村篤士：液状化地盤にある浄水処理施設の耐震補強設計法－水道耐震設計における動的有効応力解析の導入例－、土木学会第65回年次学術講演会（平成22年度）第I部門、2010年、pp.831-832。
- 55) 長郁夫、趙伯明、香川敬生：増幅スペクトルを評価するための浅部S波速度構造のモデル化、日本地震工学会論文集、第5巻、第1号、2005年、pp.1-16。
- 56) 芥川博昭、由井孝昌、北澤壮介：大阪港夢洲トンネルの耐震検討、沿岸技術研究センター論文集、No.7、2007年、pp.25-31。
- 57) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）、丸善出版、2012年。
- 58) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、日本港湾協会、2007年。
- 59) (財)鉄道総合研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善出版、2012年。
- 60) 大阪府港湾局：大阪府海岸防潮堤・水門等耐震検討委員会報告書、2007年。
- 61) 大阪府港湾局、基礎地盤コンサルタンツ(株)：泉北海岸外耐震性に関する調査検討委託報告書（土質調査データ編）、1998年。
- 62) 関口春子、北田奈緒子、伊藤浩子、杉山雄一：大阪市北区中之島での300mボーリング孔におけるPS検層および密度検層結果、活断層・古地震研究報告、No.5、2005年、pp.109-113。
- 63) Inoue, N. and Nakagawa, K. : Modeling of the underground structure in the Osaka sedimentary basin based on geological interpretation of gravity anomalies and seismic profiles, Jour. Osaka City Univ., Vol.43, 2000, pp.97-110。
- 64) 大阪府、(株)阪神コンサルタンツ：平成16年度 大阪平野の地下構造調査に関する調査成果報告書、2005年、<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Osaka9frm.htm>（最終閲覧；2016年7月）。
- 65) 大阪府防災会議 南海トラフ巨大地震土木構造物耐震対策検討部会：部会報告、2014年、  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/18331/00000000/bukaihoukoku.pdf>（最終閲覧；2016年2月）、  
（部会全体；<http://www.pref.osaka.lg.jp/jigyokanri/doboku-bukai/index.html>）。
- 66) 大阪府土木構造物耐震対策検討委員会編：大阪府土木構造物耐震対策検討委員会報告書、1997年。
- 67) 統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード（昭和48年7月12日行政管理庁告示第143号）。
- 68) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, 1990, pp.27-56。
- 69) 森田年一、井合進、Hanlong Liu、一井康二、佐藤幸博：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法、港湾技術研究資料、No869、1997年。
- 70) 山本浩司、田中礼司、関口春子、吉田邦一：地盤情報データベースによる大阪堆積盆地のVs推定式と浅層地盤モデル、第40回地盤工学研究発表会、2005年、pp.39-40。

- 71) 文部科学省：大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1. 地震動（強い揺れ）の予測「大都市圏地殻構造調査研究」平成17年度成果報告書、3.3.14.2 近畿圏における地下構造モデルの構築に関する研究、2006年、  
[http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/daidai/h17seika-hokokusho/contents\\_H17\\_F.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/daidai/h17seika-hokokusho/contents_H17_F.html)（最終閲覧；2016年6月）。
- 72) 吉田望：1995年兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地震応答解析、土と基礎、Vol.43、No.10、1995年、pp.49-54.
- 73) 大矢陽介、野津厚、吉田望、小濱英司、菅野高弘：地盤の地震応答解析の精度評価ツールとしてのレーダーチャートの提案と各種解析手法の適用限界の検証、日本地震工学会論文集、第14巻、第1号、2014年、pp.97-115.
- 74) 関西圏地盤情報ネットワーク（KG-NET）：関西圏地盤情報データベース・ボーリング位置図、[http://202.234.10.235/mapguide/KGNET002/J\\_viewer.php](http://202.234.10.235/mapguide/KGNET002/J_viewer.php)（最終閲覧；2016年2月）。
- 75) 大阪府寝屋川水系改修工営所、応用地質(株)：一級河川寝屋川 耐震設計業務委託（その1）報告書、2015年。
- 76) Tsukamoto, Y., Ishihara, K. and Sawada, S. : Settlement of Silty Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes, SOIL AND FOUNDATION, Vol.44, No.5, 2004, pp.135-148.
- 77) 中央防災会議 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）強震断層モデル編（別添資料）、2012年、  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829\\_2nd\\_report06.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report06.pdf)（最終閲覧；2017年1月）。
- 78) 大阪府防災会議 南海トラフ巨大地震災害対策検討部会：第3回部会 資料-3 液状化可能性、2013年、<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/20357/00000000/63ekijyou3.pdf>（最終閲覧；2017年1月）。
- 79) 中央防災会議 東南海、南海地震等に関する専門調査会：中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定結果について（案）～基本被害～（参考資料編）震度別データ、2007年、  
[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai\\_nankaijishin/pdf/siryou1-3\\_3.pdf](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/pdf/siryou1-3_3.pdf)（最終閲覧；2017年1月）。
- 80) 国土交通省 水管理・国土保全局治水課：レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル、2012年。

#### 第4章

- 81) 江原竜二、河田恵昭、林能成：上町断層帯地震による地盤変動に伴う東部大阪の氾濫リスクへの影響、日本地震工学会論文集、第16巻、第10号、2016年、pp.51-68.
- 82) 岡田篤正・東郷正美編：近畿の活断層、東京大学出版会、2000年。
- 83) 地震調査研究推進本部：主要活断層の長期評価について、  
[http://www.jishin.go.jp/evaluation/long\\_term\\_evaluation/major\\_active\\_fault/](http://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/major_active_fault/)（最終閲覧；2016年10月）。
- 84) 中央防災会議 東南海、南海地震等に関する専門調査会：中部圏・近畿圏の内陸地震の震度分布等について－図表集－、2006年、  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/chubu\\_kinki/syousai/pdf/siryou2zuhyou.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubu_kinki/syousai/pdf/siryou2zuhyou.pdf)（最終閲覧；2016年10月）。
- 85) 中央防災会議 東南海、南海地震等に関する専門調査会：上町断層帯の地震による地殻変動等に伴う浸水可能性の評価について、2008年、  
[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai\\_nankaijishin/pdf/2\\_kohyo.pdf](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/pdf/2_kohyo.pdf)（最終閲覧；2016年10月）。
- 86) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：上町断層帯の長期評価について、2004年、  
[http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/80\\_uemachi.pdf](http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/80_uemachi.pdf)（最終閲覧；2015年12月）。
- 87) 山本栄作、中川康一、三田村宗樹、戸田茂、西田智彦、寺田祐司、宇多英雄、横田裕：大阪平野中央部における反射法地震探査Ⅰ－淀川(十三～柴島測線)－、1992年、pp.185-188.
- 88) 中川康一、三田村宗樹、原田俊之、白方邦博、横田裕：大阪平野におけるS波バイプロサイス地震探査、物理探査学会第88回学術講演会講演論文集、1993年、pp.418-423.
- 89) 吉川宗治、町田義之、寺本光男、横田裕、長尾英孝、梶原正章：大阪市内における反射法地震探査、物理探査学会第77回学術講演会講演論文集、1987年、pp.114-117.

- 90) 大阪市：上町断層に関する調査成果報告書、1996年。
- 91) 末廣匡基、横田裕：反射法地震探査から見た上町断層、地盤事故・災害における法地盤工学問題ワークショップ、2012年。
- 92) 文部科学省研究開発局、京都大学防災研究所：上町断層帯における重点的な調査観測 平成22～24年度成果報告書、2013年。
- 93) 文部科学省研究開発局、京都大学防災研究所：上町断層帯における重点的な調査観測 平成22年度成果報告書、2011年。
- 94) 大阪府、(株)阪神コンサルタンツ：平成15年度 大阪平野の地下構造調査に関する調査成果報告書、2004年、<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Osaka8frm.htm>（最終閲覧；2015年12月）。
- 95) 加瀬祐子、堀川晴央、関口春子、佐竹健治、杉山雄一：上町断層系の動的破壊過程の推定、活断層・古地震研究報告、2002年、No2、pp.325-340。
- 96) 加瀬祐子、関口春子、石川達也、堀川晴央、佐竹健治、杉山雄一：活断層情報から推定した不均質応力場中の動的破壊過程のシミュレーション 上町断層系・生駒断層系への応用、活断層・古地震研究報告、2003年、No3、pp.261-272。
- 97) 藤田和夫、前田保夫：大阪西南部地域の地質、地域地質研究報告（地質調査所）、5万分の1図幅、京都(11)第62号、1985年。
- 98) Ito, K. : Regional variations of the cutoff depth of seismicity in the crust and their relation to heat flow and large inland-earthquakes, Dissertation of Kyoto Univ., 1990.
- 99) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図2014版、2014年、[http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/shm\\_report/shm\\_report\\_2014/](http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2014/)（最終閲覧；2016年5月）。
- 100) 関口春子、加瀬裕子、堀川晴央、石山達也、佐竹健治、杉山雄一：活断層情報を用いた想定地震の不均一すべり・応力分布の推定、活断層・古地震研究報告、2003年、No3、pp.273-284。
- 101) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：生駒断層帯の評価、2001年、[http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/77\\_ikoma.pdf](http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/77_ikoma.pdf)（最終閲覧；2015年12月）。
- 102) Okada, Y. : Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 75, 1985, pp.1135-1154.
- 103) 内藤宏人、吉川澄夫：地殻変動解析支援プログラムMICAP-Gの開発、地震第2輯第52巻、1999年、pp.101-103。
- 104) Okada, Y. : Internal deformation due to shear and tensile fault in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1992, pp.1018-1040.
- 105) 上田圭一、井上大栄、宮腰勝義、宮川公雄、三浦大助：長大な活断層系における活動性調査法の高精度化、電力中央研究所報告、2003年。
- 106) 石山達也：大阪平野下に伏在する上町および生駒断層帯の地質学的断層－褶曲モデル、活断層・古地震研究報告、No.3、2003年、pp.145-155。
- 107) 下川浩一、荻谷愛彦、宮地良典、寒川旭：生駒断層系の活断層調査、平成8年度活断層研究調査概要報告書、地質調査所研究資料集、No.303、1997年、pp.37-49。
- 108) Itoh, Y., Takemura, K., Ishikawa, T. Tanaka, Y. and Iwaki, H., Basin formation at a contractional bend of a large transcurrent fault: Plio-Pleistocene subsidence of the Kobe and northern Osaka Basin, Japan, Tectonophysics, Vol.321, Issues 3, 2000, pp.327-341.
- 109) 三浦健一郎、七山太、内海実、杉山雄一、安原盛明、横山芳春、北田奈緒子、竹村恵二：新淀川群列ボーリングコアの高精度解析に基づく上町断層の完新世活動性評価、活断層・古地震研究報告、No.2、2002年、pp.109-123。
- 110) 杉山雄一、七山太、三浦健一郎、吉川猛、横田裕、末廣匡基、古谷正和、栃本泰浩、広瀬孝太郎、横山芳春、北田奈緒子、竹村恵二：上町断層系の補足調査(その2)－新淀川北岸における追加ボーリングとS波反射法地震探査データの再解釈に基づく上町断層の活動性評価－、活断層・古地震研究報告、No.3、2003年、pp.117-143。

- 111) (財)地域地盤環境研究所：中之島新線建設工事のうち土木工事(第6工区)断層調査報告書、2004年.
- 112) 大阪府：河川改修計画図（寝屋川、第二寝屋川、恩智川）、2007年.
- 113) 国土交通省河川局：信濃川水系河川整備基本方針 信濃川水系流域及び河川の概要、2008年、  
[http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/shinanogawa35-5.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/shinanogawa35-5.pdf)（最終閲覧；2016年10月）.
- 114) 文部科学省：大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1. 地震動（強い揺れ）の予測「大都市圏地殻構造調査研究」平成16年度成果報告書、3.1.3 近畿圏横断地殻構造探査（大阪 - 鈴鹿測線2004）、2005年、  
[http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/daidai/h16seika-hokokusho/contents\\_H16\\_F.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/daidai/h16seika-hokokusho/contents_H16_F.html)（最終閲覧；2017年1月）.
- 115) 地震調査研究推進本部：平成28年（2016年）熊本地震の評価（平成28年5月13日公表）、2016年、  
[http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_kumamoto\\_3.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf)（最終閲覧；2017年1月）.

## 第5章

- 116) 清治真人：氾濫域対策を含めた恒久的治水理念の考察、博士論文、北海道大学乙第6825号、2012年.
- 117) 大阪府：おおさか防災ネット、<http://www.osaka-bousai.net/pref/index.html>（最終閲覧；2016年10月）.
- 118) 気象庁：潮位観測情報、<http://www.jma.go.jp/jp/choi/>（最終閲覧；2016年10月）.
- 119) 国土地理院：平成28年（2016年）熊本地震の本震（M7.3）後の地殻変動について（平成28年4月16日発表報道提供資料）、2016年、  
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#4>（最終閲覧；2016年10月）.
- 120) 楠本成寿、福田洋一、竹村恵二、竹本修三：右横ずれ左雁行断層端での盆地形成のメカニズムと大阪湾周辺のテクトニクス、地学雑誌、110、2001年、pp.32-43.
- 121) 地震調査研究推進本部：地震調査研究関係予算（平成19年度から平成23年度）、  
<http://www.jishin.go.jp/reports/budget/>（最終閲覧；2016年11月）.



## 謝 辞

本論文の執筆にあたっては、関西大学特別任命教授・大学院社会安全研究センター長の河田恵昭博士に、研究遂行の各段階でのご指導はもちろんのこと、その前段階から強くかつ熱い後押しをいただいた。研究の内容は、日本地震工学会論文集第16巻第10号に掲載された2編の論文が根幹となっているが、この論文の作成過程も含め、社会減災政策を立案する視点から、“自然現象の傾向を読む”こと、“複合災害を念頭に置く”こと、そして“壊滅的な被災とならない”ことをキーワードの中心に据え、始終ご指導ご助言をいただいた。まず、冒頭に深く感謝の意を表す。

関西大学社会安全学部教授の高橋智幸博士には、筆者を研究活動へと誘導いただき、そして研究開始後の早い段階から、研究計画について適切なお助言をいただくとともに、“自然科学的アプローチと成果”を特に意識したご指導をいただいた。本論文の主査というお立場からのご指導も含めて、筆者が“博士論文”という集大成を計画的にまとめることができたことは、温かく、そして時には厳しい、高橋博士のご指導ご助言あってのことと、ここに感謝の意を表す。

京都大学防災研究所教授の井合進博士には、地盤の地震応答解析について懇切なご指導をいただいた。地盤工学にそれほど造詣が深くなかった筆者が、本論文、特に第3章とその基となる学術論文をまとめることができたのは、井合博士のご指導の賜物である。本論文の副査をお引き受けいただいたことも含め、改めて感謝の意を表す。

筆者が本研究を進めることになった背景は、大阪府危機管理室および同河川室に在籍していた2008年4月から2014年3月までの6年間に携わった、地震防災、大規模氾濫、そして南海トラフ巨大地震に関する業務にある。いずれも施設整備水準を超えるハザードを対象にしたものである。この間に、冒頭の3名の博士をはじめ、多くの学識経験者、行政関係者、そして民間技術者と関わることができた。本研究は、このときに感じた素朴な疑問や思いが原動力となったものである。この間にお世話になった方々には、研究遂行にあたって多大なるご支援をいただいた。以下、順不同にその概要を記し、各氏への感謝の意を表したい。

地震に伴う広域地盤変動を扱うにあたり、南海トラフを震源とする地震による大阪平野の地盤変動の記録を整理することから始めたが、大阪湾周辺の地盤変動としてまとめた情報が、極めて少ないことがわかった。そこで、海岸沿いの水位変動や陸域の水準測量について、基礎情報から整理することとした。気象庁大阪管区気象台の永井千春氏からは潮位情報について、国土地理院近畿地方測量部の折笠幸平氏からは水準測量情報について、それぞれその取扱いも含めてご助言ご指南いただいた。平行して、大阪市環境局および同港湾局からは、大阪市が1930年代から継続的に実施している水準測量に関する資料をご提供いただいた。

南海トラフを震源とする地震による、大阪湾岸の地盤変動シミュレーション結果について、徳島大学大学院理工学研究部教授の馬場俊孝博士から、これまでの主要な研究成果と併せ、ご自身によるシミュレーション結果をご提供いただいた。水準測量情報から明らかになった、昭和東南海・南海地震による大阪平野の地盤変動量の結果を、これで確実なものとすることができた。

河川は、流域の降水や地下水を自然流下で下流へ運搬するものであり、広域地盤変動によって、堤防をはじめとする治水施設が損傷を受けていなくても、その治水能力に影響し、その範囲は流域すべてに及ぶ可能性を包含している。極端な言い方をすれば、これまでの治水投資のストックの喪失につながる。ひとつの治水事業が必要とする投資規模と時間の指標をつかむため、既存の統計資料からのアプローチを試みた。資料を整理する過程で(財)国土技術研究センターの研究資料が目にとまり、旧知の技術者である同センターの岡安徹也氏に問い合わせたところ、執筆者の湧川勝己博士と柳澤修氏との面会が叶い、治水投資情報の整理に関する考え方をご教示いただいた上、データの提供にまでご配慮いただいた。

大阪高潮対策事業、寝屋川総合治水対策事業および阪神・淡路大震災については、国、大阪府および大阪市の資料に拠った。大阪市港湾局の渡部英朗氏から、大阪港の被災や整備に関する資料を、また、国土交通省近畿地方整備局の中村文彦氏から、阪神・淡路大震災で被災した淀川堤防に関する資料を、それぞれご提供いただいた。中村氏からは、淀川百年史という書籍をご紹介いただき、本研究で対象と

している広域地盤変動に伴う治水への影響を示唆する、歴史的な記載があることまでご教示いただいた。

本論文の第3章並びに第4章は、自然科学的アプローチとなる部分である。地盤の非線形地震応答解析にあたり、井合博士からのご指導と併せ、京都大学大学院工学研究科教授の三村衛博士から、研究初期の段階から地盤情報データベースに関するご助言とともに、学会で発表する機会を設けていただくなどのご配慮をいただいた。また、地震応答解析を具体的に進めていくにあたり、中央開発(株)の東原純氏、岸田浩氏、神原隆則氏、原弘典氏の4氏から、何かとご協力をいただくとともに、懇切なご指導をいただいた。

地質、活断層や地震に関する学術的な基礎がなかったにも関わらず、筆者が上町断層帯を研究対象とすることに踏み切れたのは、関西大学社会安全学部教授の林能成博士から研究の初期の段階で受けた、「地震減災研究」の個人レッスンによるものである。その上で、「上町断層帯における重点調査観測」の研究代表者である、京都大学防災研究所教授の岩田知孝博士や、研究メンバーである同大学理学研究科教授の竹村恵二博士、そして同大学防災研究所准教授の関口春子博士から、各種資料のご提供と併せて、貴重なご助言をいただいたことも、大いに後方支援となるものであった。

地盤変動シミュレーションの結果をまとめるにあたり、そのツールとして、地理情報システムの操作については、立命館大学文学部地理学専攻の江原智仁氏からご指導をいただいた。そして本研究の基礎データとなる地盤情報に関しては、関西圏地盤情報ネットワーク (KG-NET) 事務局である、(一財)地域地盤環境研究所から多大なるご協力をいただいた。特に、同研究所の北田奈緒子博士、井上直人博士、濱田晃之氏には、データの準備や取扱いと併せ、研究遂行や学会発表にあたり、貴重なご意見ご助言をいただいた。

本研究は、広域地盤変動を治水の視点から地震ハザードとして扱ったものであるが、本研究の成果を実務に反映させようとしたとき、「治水計画をまとめていく過程のどの段階にあてはまるのか」の問いに対して、治水政策の先達である、元国土交通省技監の清治真人博士による「氾濫域対策を含めた恒久的治水理念」に、ひとつの答えを見いだすことができたと感じている。

本研究の遂行と平行して、関西大学社会安全学部教授の広瀬幸雄博士からリスクコミュニケーションについて、同教授の永松伸吾博士から災害経済について、同教授の越山健治博士から都市防災について、そして同准教授の永田尚三先生から消防防災行政について、それぞれご指導いただいた。これらの知見は、直接本論文に反映したものではないが、社会減災政策研究を進める上で必要不可欠な視点をご教示いただき、今後の糧になるものと実感している。

以上、本研究の遂行並びに本論文の執筆にあたり、浅学非才の筆者のために、多くの研究者、技術者が関わっていただいた。関西大学高槻ミュージズオフィスや大学院社会安全研究センター長室のスタッフ、そして院生研究室の大学院生諸氏にも、何かとご配慮いただいた。改めて感謝の意を表する次第である。

最後に、筆者が在職している大阪府の関係各氏からは、研究遂行にあたって、終始あたたかいご支援をいただいた。研究開始に先立ち、当時在籍していた大阪府河川室において上司であった、吉村庄平氏、戸上拓也氏、寺前真次氏から、本研究を始めることを快くご支持いただいた。このような得難い機会をいただき、改めて感謝の意を表する。

研究開始と同時に配属となった安威川ダム建設事務所では、当然ながら業務と研究を両立させるべく努力したつもりではあるが、本人不在の時間を少なからず生じさせたことも事実である。下村良希氏や長井順一氏をはじめとする上司の方々、そして多くの部下の皆さんには何かとご不便をおかけし、またご配慮をいただいた。その後の異動先である東大阪市建設局においても同様である。大阪府作成の各種報告書や行政文書については、関係する所属から資料の提供をいただいた。特に事業管理室、河川室、港湾局、西大阪治水事務所、寝屋川水系改修工営所に対応していただいた皆さんには、何かとお手数をおかけし、また多大なるご配慮をいただいた。

ご支援ご協力いただいたすべての方々、そして筆者を支えてくれた家族に対し、この場をお借りして心より厚く御礼申し上げます。

2017年2月

※各氏の所属は、当時のまま記載させていただいた。

## 巻 末 資 料

【統計資料の集計表】

図 2.1 国の一般会計における公共投資のシェアの推移

和暦(年)	西暦(年)	国の歳出額(単位:10億円)		公共投資									
		一般会計総額(名目値・10億円)	デフレーター 公共事業 2005年を100 とした値	一般会計総額(実質値・10億円)	合計	公共投資のシェア(右目盛り)	治水投資のシェア(右目盛り)	治水	道路	港湾・空港・鉄道等	都市・下水・公園等	その他	災害復旧
昭和 35	1960	1,743	18.3	9,544	318	0.182	0.036	63	87	18	12	56	82
昭和 36	1961	2,063	20.0	10,319	399	0.193	0.034	70	134	23	15	66	91
昭和 37	1962	2,557	21.0	12,203	511	0.200	0.034	87	181	30	22	83	108
昭和 38	1963	3,044	21.5	14,139	578	0.190	0.032	96	222	37	24	102	97
昭和 39	1964	3,311	22.6	14,659	658	0.199	0.029	97	266	43	29	124	99
昭和 40	1965	3,723	23.4	15,940	773	0.208	0.032	119	307	53	38	145	111
昭和 41	1966	4,459	25.2	17,707	910	0.204	0.032	142	354	64	74	148	128
昭和 42	1967	5,113	27.4	18,665	1,003	0.196	0.031	160	390	72	92	161	128
昭和 43	1968	5,937	28.3	21,010	1,131	0.191	0.031	182	449	85	108	186	121
昭和 44	1969	6,918	29.9	23,143	1,231	0.178	0.029	203	498	98	120	199	113
昭和 45	1970	8,188	32.0	25,611	1,441	0.176	0.029	235	583	118	160	232	113
昭和 46	1971	9,561	32.9	29,086	1,906	0.199	0.033	311	760	156	241	300	138
昭和 47	1972	11,932	35.0	34,105	2,623	0.220	0.036	425	985	214	336	378	285
昭和 48	1973	14,778	44.1	33,497	2,560	0.173	0.027	402	945	205	367	397	244
昭和 49	1974	19,100	55.2	34,620	3,072	0.161	0.025	468	1,066	236	546	444	312
昭和 50	1975	20,861	56.0	37,228	3,487	0.167	0.027	557	1,115	271	648	524	372
昭和 51	1976	24,468	59.9	40,862	3,908	0.160	0.025	616	1,155	292	762	570	513
昭和 52	1977	29,060	63.7	45,603	4,951	0.170	0.027	797	1,466	358	1,078	766	486
昭和 53	1978	34,096	68.4	49,823	5,797	0.170	0.029	982	1,761	438	1,382	943	291
昭和 54	1979	38,790	75.5	51,346	6,406	0.165	0.028	1,070	1,884	509	1,563	1,046	334
昭和 55	1980	43,405	84.3	51,493	6,896	0.159	0.026	1,118	1,974	538	1,765	1,107	394
昭和 56	1981	46,921	86.0	54,545	7,085	0.151	0.024	1,127	1,912	533	1,873	1,120	520
昭和 57	1982	47,245	85.6	55,168	7,247	0.153	0.024	1,122	1,896	517	1,901	1,094	717
昭和 58	1983	50,635	85.0	59,595	7,228	0.143	0.022	1,108	1,899	526	1,897	1,087	711
昭和 59	1984	51,481	86.4	59,579	7,054	0.137	0.021	1,103	1,906	518	1,905	1,077	545
昭和 60	1985	53,005	85.3	62,173	6,891	0.130	0.020	1,082	1,850	511	1,911	1,056	481
昭和 61	1986	53,640	85.0	63,131	7,003	0.131	0.021	1,107	1,813	523	1,936	1,072	552
昭和 62	1987	57,731	86.3	66,887	7,387	0.128	0.021	1,214	1,968	554	2,033	1,148	470
昭和 63	1988	61,471	88.1	69,744	6,676	0.109	0.017	1,058	1,751	497	1,847	1,021	502
平成 1	1989	65,859	92.7	71,080	7,406	0.112	0.016	1,073	1,766	511	2,461	1,038	557
平成 2	1990	69,269	96.1	72,069	6,956	0.100	0.016	1,083	1,790	518	1,878	1,036	651
平成 3	1991	70,547	98.8	71,399	7,421	0.105	0.016	1,143	1,907	540	2,017	1,086	728
平成 4	1992	70,497	100.2	70,323	9,671	0.137	0.023	1,595	2,544	729	2,754	1,502	547
平成 5	1993	75,102	100.4	74,773	13,684	0.182	0.031	2,317	3,754	1,009	3,821	2,153	630
平成 6	1994	73,614	100.9	72,942	13,208	0.179	0.030	2,190	3,462	951	3,749	2,205	651
平成 7	1995	75,939	101.3	74,961	12,795	0.168	0.026	1,956	3,292	897	3,557	2,055	1,038
平成 8	1996	78,848	101.3	77,837	12,340	0.157	0.023	1,841	3,208	764	3,602	1,978	947
平成 9	1997	78,470	102.1	76,825	11,067	0.141	0.021	1,672	2,833	756	3,460	1,948	398
平成 10	1998	84,392	100.4	84,071	13,034	0.154	0.024	1,990	3,655	919	4,015	1,955	500
平成 11	1999	89,037	99.4	89,558	12,972	0.146	0.022	1,953	3,565	871	3,865	2,027	691
平成 12	2000	89,321	99.8	89,507	11,910	0.133	0.021	1,842	3,446	851	3,411	1,817	543
平成 13	2001	84,811	98.0	86,546	10,820	0.128	0.019	1,631	2,763	761	3,648	1,658	359
平成 14	2002	83,674	96.9	86,353	9,162	0.109	0.017	1,415	2,342	627	3,098	1,363	317
平成 15	2003	82,416	97.5	84,532	9,359	0.114	0.018	1,453	2,432	633	3,176	1,386	279
平成 16	2004	84,897	98.6	86,107	8,236	0.097	0.015	1,273	1,796	567	2,941	1,272	387
平成 17	2005	85,520	100.0	85,520	8,391	0.098	0.013	1,121	1,806	548	2,962	1,242	712
平成 18	2006	81,445	101.7	80,084	7,247	0.089	0.013	1,090	1,728	536	2,671	760	462
平成 19	2007	81,843	104.2	78,544	6,919	0.085	0.014	1,122	1,525	525	2,550	859	338
平成 20	2008	84,697	108.2	78,278	6,713	0.079	0.012	1,011	1,666	535	2,448	845	208
平成 21	2009	100,973	104.9	96,256	8,353	0.083	0.013	1,319	1,642	645	3,549	1,079	119

【出典】

総務省統計局：日本の長期統計系列、第5章 財政<sup>22)</sup>

5-1 一般会計及び特別会計決算純計

5-2-b 一般会計—主要経費別決算額

財務省統計表一覧<sup>23)</sup>

第16表 昭和62年度以降一般会計及び特別会計決算純計

第20表 昭和42年度以降主要経費別分類による一般会計歳出予算現額及び決算額

図 2.2 国の一般会計および特別会計における治水投資のシェアの推移

国の歳出額(単位:10億円)												
和暦(年)	西暦(年)	特別会計 (名目値)	国家投資 (重複を控除) (名目値)	デフレーター 公共事業 2005年を100 とした値	国家投資 (実質値)	治水投資 (名目値)	治水投資 (実質値)	治水投資 のシェア (右目盛り)	道路投資 (名目値)	道路投資 (実質値)	道路投資 のシェア (右目盛り)	
昭和	35	1960	3,555	3,269	18.3	17,901	56	307	0.017	107	586	0.033
昭和	36	1961	3,959	3,740	20.0	18,708	62	310	0.017	159	795	0.048
昭和	37	1962	4,284	4,374	21.0	20,875	80	382	0.018	212	1,012	0.048
昭和	38	1963	4,786	5,059	21.5	23,498	87	404	0.017	247	1,147	0.049
昭和	39	1964	5,558	5,800	22.6	25,678	96	425	0.017	296	1,310	0.051
昭和	40	1965	6,406	6,586	23.4	28,198	111	475	0.017	342	1,464	0.052
昭和	41	1966	7,670	7,621	25.2	30,264	131	520	0.017	392	1,557	0.051
昭和	42	1967	9,572	8,969	27.4	32,742	150	548	0.017	435	1,588	0.049
昭和	43	1968	11,903	10,415	28.3	36,857	176	623	0.017	499	1,766	0.048
昭和	44	1969	14,309	12,067	29.9	40,369	194	649	0.016	557	1,863	0.046
昭和	45	1970	16,008	13,727	32.0	42,937	224	701	0.016	655	2,049	0.048
昭和	46	1971	16,864	15,525	32.9	47,230	303	922	0.020	852	2,592	0.055
昭和	47	1972	19,370	18,748	35.0	53,587	393	1,123	0.021	1,098	3,138	0.059
昭和	48	1973	23,017	22,065	44.1	50,015	377	855	0.017	1,062	2,407	0.048
昭和	49	1974	28,485	28,399	55.2	51,475	443	803	0.016	1,213	2,199	0.043
昭和	50	1975	33,876	33,571	56.0	59,911	533	951	0.016	1,257	2,243	0.037
昭和	51	1976	42,701	40,854	59.9	68,227	587	980	0.014	1,294	2,161	0.032
昭和	52	1977	52,268	48,605	63.7	76,274	776	1,218	0.016	1,651	2,591	0.034
昭和	53	1978	62,553	57,213	68.4	83,603	942	1,377	0.016	1,987	2,904	0.035
昭和	54	1979	72,196	64,580	75.5	85,484	1,020	1,350	0.016	2,114	2,798	0.033
昭和	55	1980	83,946	72,931	84.3	86,521	1,094	1,298	0.015	2,234	2,650	0.031
昭和	56	1981	92,321	80,212	86.0	93,245	1,119	1,301	0.014	2,173	2,526	0.027
昭和	57	1982	97,880	83,554	85.6	97,566	1,122	1,310	0.013	2,171	2,535	0.026
昭和	58	1983	106,277	90,798	85.0	106,864	1,110	1,306	0.012	2,195	2,583	0.024
昭和	59	1984	115,569	93,630	86.4	108,359	1,105	1,279	0.012	2,212	2,560	0.024
昭和	60	1985	111,775	90,834	85.3	106,545	1,125	1,320	0.012	2,462	2,888	0.027
昭和	61	1986	129,789	95,887	85.0	112,854	1,179	1,388	0.012	2,740	3,225	0.029
昭和	62	1987	145,205	102,867	86.3	119,181	1,395	1,616	0.014	3,111	3,604	0.030
昭和	63	1988	147,492	105,623	88.1	119,839	1,378	1,563	0.013	3,071	3,484	0.029
平成	1	1989	152,802	113,391	92.7	122,380	1,411	1,523	0.012	3,242	3,499	0.029
平成	2	1990	168,584	116,858	96.1	121,581	1,424	1,482	0.012	3,328	3,463	0.028
平成	3	1991	177,879	120,622	98.8	122,079	1,474	1,492	0.012	3,467	3,509	0.029
平成	4	1992	188,798	129,563	100.2	129,242	1,698	1,694	0.013	4,046	4,036	0.031
平成	5	1993	202,241	137,912	100.4	137,308	2,624	2,612	0.019	5,883	5,857	0.043
平成	6	1994	214,245	145,078	100.9	143,754	2,491	2,468	0.017	5,412	5,363	0.037
平成	7	1995	232,466	155,325	101.3	153,324	1,978	1,953	0.013	5,893	5,817	0.038
平成	8	1996	245,210	161,961	101.3	159,884	1,875	1,851	0.012	4,560	4,502	0.028
平成	9	1997	247,036	169,939	102.1	166,378	1,797	1,759	0.011	4,517	4,422	0.027
平成	10	1998	272,579	186,550	100.4	185,840	2,009	2,001	0.011	5,332	5,312	0.029
平成	11	1999	279,369	198,763	99.4	199,927	2,101	2,113	0.011	5,376	5,407	0.027
平成	12	2000	305,776	199,466	99.8	199,882	1,948	1,952	0.010	5,146	5,157	0.026
平成	13	2001	363,337	248,343	98.0	253,422	1,884	1,923	0.008	5,041	5,144	0.020
平成	14	2002	373,898	245,376	96.9	253,231	1,773	1,830	0.007	4,849	5,004	0.020
平成	15	2003	357,691	230,854	97.5	236,781	1,623	1,665	0.007	4,349	4,461	0.019
平成	16	2004	376,033	233,321	98.6	236,647	1,541	1,563	0.007	4,702	4,769	0.020
平成	17	2005	401,184	230,183	100.0	230,183	1,445	1,445	0.006	4,117	4,117	0.018
平成	18	2006	450,580	250,923	101.7	246,729	1,293	1,271	0.005	3,877	3,812	0.015
平成	19	2007	353,283	203,515	104.2	195,312	1,221	1,172	0.006	3,812	3,658	0.019
平成	20	2008	359,198	204,781	108.2	189,262	1,184	1,094	0.006	3,670	3,392	0.018
平成	21	2009	348,060	212,710	104.9	202,774	1,344	1,281	0.006	3,187	3,038	0.015

【出典】

総務省統計局：日本の長期統計系列、第5章 財政<sup>22)</sup>

5-1 一般会計及び特別会計決算純計

5-3 特別会計歳入歳出決算額

財務省統計表一覧<sup>23)</sup>

第8表 明治23年度以降特別会計別歳入歳出決算

第16表 昭和62年度以降一般会計及び特別会計決算純計

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列(年度別) 土木総合 公共事業

図 2.3 大阪府の普通会計における公共投資のシェアの推移

			大阪府の歳出額(単位:100万円)										
和暦(年)	西暦(年)	普通会計総額(名目値・100万円)	公共投資										
			合計	公共投資のシェア(右目盛り)	治水投資のシェア(右目盛り)	治 水	道 路	港湾・空港・鉄道等	都市・下水・公園等	住宅	その他	災害復旧	
昭和	35	1960	57,127	10,375	0.182	0.043	2,468	2,498	782	455	1,816	1,987	369
昭和	36	1961	74,977	17,627	0.235	0.061	4,565	3,057	1,252	1,049	3,530	3,489	685
昭和	37	1962	97,935	28,325	0.289	0.086	8,374	4,914	2,274	1,694	6,838	1,496	736
昭和	38	1963	113,945	32,104	0.282	0.061	7,001	5,502	1,436	4,472	6,871	6,498	324
昭和	39	1964	130,576	36,886	0.282	0.070	9,118	7,021	751	6,112	9,525	4,057	302
昭和	40	1965	147,011	47,842	0.325	0.063	9,332	8,092	1,181	13,456	12,063	3,366	352
昭和	41	1966	167,186	56,287	0.337	0.062	10,312	9,996	1,524	12,778	13,737	7,518	422
昭和	42	1967	196,303	66,640	0.339	0.071	13,959	12,152	1,319	13,419	15,766	8,516	1,509
昭和	43	1968	261,641	96,646	0.369	0.071	18,698	16,468	1,395	24,933	21,933	12,667	552
昭和	44	1969	314,535	116,470	0.370	0.066	20,825	19,307	2,295	37,446	24,737	10,919	941
昭和	45	1970	357,753	116,598	0.326	0.050	17,751	16,442	3,758	26,771	40,252	11,360	264
昭和	46	1971	423,626	142,578	0.337	0.045	18,966	18,797	4,690	40,749	50,637	8,549	190
昭和	47	1972	496,986	155,280	0.312	0.041	20,584	21,691	6,225	43,802	51,878	9,489	1,611
昭和	48	1973	555,354	145,991	0.263	0.042	23,324	18,526	7,916	39,722	43,759	11,582	1,162
昭和	49	1974	762,566	182,054	0.239	0.038	29,184	25,227	8,968	45,955	57,757	14,421	542
昭和	50	1975	816,314	155,515	0.191	0.039	31,441	21,876	8,477	40,396	39,455	13,438	432
昭和	51	1976	842,085	135,766	0.161	0.039	32,656	20,285	6,436	31,938	31,123	12,299	1,029
昭和	52	1977	976,366	163,754	0.168	0.041	40,314	26,176	7,216	32,935	40,237	16,317	559
昭和	53	1978	1,033,877	175,447	0.170	0.043	44,762	28,389	8,364	33,403	38,826	21,267	436
昭和	54	1979	1,103,664	182,858	0.166	0.045	49,254	29,592	9,626	35,490	28,150	29,189	1,557
昭和	55	1980	1,190,332	195,064	0.164	0.044	52,120	33,815	9,818	42,045	32,075	23,917	1,274
昭和	56	1981	1,264,660	197,490	0.156	0.043	53,783	31,054	7,375	41,129	38,731	24,890	528
昭和	57	1982	1,334,725	214,090	0.160	0.040	53,989	35,495	7,667	45,017	39,263	26,686	5,973
昭和	58	1983	1,379,295	218,379	0.158	0.038	53,077	36,264	7,892	48,150	41,207	28,681	3,108
昭和	59	1984	1,426,840	227,857	0.160	0.041	58,290	39,183	8,488	48,176	38,758	34,228	734
昭和	60	1985	1,514,860	260,111	0.172	0.042	63,850	43,885	15,944	56,058	43,415	36,041	918
昭和	61	1986	1,585,126	271,189	0.171	0.042	66,527	46,524	8,692	60,805	51,039	36,980	622
昭和	62	1987	1,686,908	299,210	0.177	0.045	76,194	54,492	12,318	75,501	44,139	36,430	136
昭和	63	1988	1,869,174	356,918	0.191	0.042	78,104	73,435	10,952	90,633	52,628	50,836	330
平成	1	1989	2,097,708	440,949	0.210	0.044	91,315	80,454	23,284	100,798	71,634	72,268	1,196
平成	2	1990	2,244,081	429,281	0.191	0.042	95,179	87,654	18,379	95,650	81,788	50,253	378
平成	3	1991	2,277,020	441,096	0.194	0.043	97,478	94,699	20,202	93,325	76,706	58,461	225
平成	4	1992	2,352,892	510,789	0.217	0.046	109,031	123,819	21,333	122,631	88,353	45,548	74
平成	5	1993	2,557,256	549,336	0.215	0.044	113,630	134,659	15,964	142,896	99,485	42,088	614
平成	6	1994	2,544,442	499,357	0.196	0.041	103,731	90,207	11,711	139,138	111,487	37,209	5,874
平成	7	1995	2,655,991	610,308	0.230	0.047	124,212	112,119	11,463	176,634	108,169	61,831	15,880
平成	8	1996	2,491,301	504,385	0.202	0.046	115,170	112,441	8,233	116,831	110,422	35,605	5,683
平成	9	1997	2,412,653	445,931	0.185	0.044	107,169	94,269	7,041	106,835	100,420	29,436	761
平成	10	1998	2,588,102	439,695	0.170	0.041	106,906	95,585	20,958	107,562	83,406	24,738	540
平成	11	1999	2,624,944	457,161	0.174	0.035	92,169	81,991	27,633	90,758	94,274	67,168	3,168
平成	12	2000	2,642,839	500,202	0.189	0.034	90,440	110,518	21,862	108,145	101,943	66,556	738
平成	13	2001	2,704,254	449,016	0.166	0.028	75,205	121,784	18,310	88,147	95,335	49,917	318
平成	14	2002	2,720,339	425,755	0.157	0.028	75,405	90,380	25,459	95,456	88,398	50,425	232
平成	15	2003	2,603,108	401,367	0.154	0.027	70,106	92,353	27,890	81,266	80,486	49,178	88
平成	16	2004	2,652,993	412,503	0.155	0.028	73,034	90,102	23,171	100,328	77,458	48,109	301
平成	17	2005	2,633,213	362,591	0.138	0.025	64,742	72,410	18,700	82,045	80,906	43,656	132
平成	18	2006	2,802,544	338,956	0.121	0.023	63,880	71,543	5,542	76,195	87,767	34,008	21
平成	19	2007	2,761,741	328,334	0.119	0.022	61,045	64,188	4,766	75,249	86,199	36,549	338
平成	20	2008	2,685,590	302,960	0.113	0.020	54,208	62,967	4,870	69,510	89,812	21,397	196
平成	21	2009	2,942,794	308,929	0.105	0.018	52,334	67,090	5,846	72,777	92,988	17,787	107

【出 典】

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別（目的別）決算額

図 2.4 大阪府の普通会計における治水投資のシェアの推移

大阪府の歳出額(単位:100万円)

和暦(年)	西暦(年)	普通会計 (名目値)	府投資 (重複を控除) (名目値)	デフレーター 公共事業 2005年を100 とした値	府投資 (実質値)	治水投資 (名目値)	治水投資 (実質値)	治水投資 のシェア (右目盛り)	道路投資 (名目値)	道路投資 (実質値)	道路投資 のシェア (右目盛り)	
昭和	35	1960	57,127	57,127	18.3	312,821	2,468	13,515	0.043	2,498	13,679	0.044
昭和	36	1961	74,977	74,977	20.0	375,036	4,565	22,834	0.061	3,057	15,291	0.041
昭和	37	1962	97,935	97,935	21.0	467,401	8,374	39,965	0.086	4,914	23,452	0.050
昭和	38	1963	113,945	113,945	21.5	529,244	7,001	32,518	0.061	5,502	25,555	0.048
昭和	39	1964	130,576	130,576	22.6	578,101	9,118	40,368	0.070	7,021	31,084	0.054
昭和	40	1965	147,011	147,011	23.4	629,437	9,332	39,956	0.063	8,092	34,646	0.055
昭和	41	1966	167,186	167,186	25.2	663,907	10,312	40,950	0.062	9,996	39,695	0.060
昭和	42	1967	196,303	196,303	27.4	716,623	13,959	50,959	0.071	12,152	44,362	0.062
昭和	43	1968	261,641	261,641	28.3	925,906	18,698	66,169	0.071	16,468	58,278	0.063
昭和	44	1969	314,535	314,535	29.9	1,052,246	20,825	69,668	0.066	19,307	64,590	0.061
昭和	45	1970	357,753	357,753	32.0	1,119,018	17,751	55,523	0.050	16,442	51,429	0.046
昭和	46	1971	423,626	423,626	32.9	1,288,739	18,966	57,698	0.045	18,797	57,184	0.044
昭和	47	1972	496,986	496,986	35.0	1,420,533	20,584	58,835	0.041	21,691	61,999	0.044
昭和	48	1973	555,354	555,354	44.1	1,258,826	23,324	52,869	0.042	18,526	41,993	0.033
昭和	49	1974	762,566	762,566	55.2	1,382,210	29,184	52,898	0.038	25,227	45,726	0.033
昭和	50	1975	816,314	816,314	56.0	1,456,791	31,441	56,109	0.039	21,876	39,040	0.027
昭和	51	1976	842,085	842,085	59.9	1,406,295	32,656	54,536	0.039	20,285	33,876	0.024
昭和	52	1977	976,366	976,366	63.7	1,532,172	40,314	63,263	0.041	26,176	41,077	0.027
昭和	53	1978	1,033,877	1,033,877	68.4	1,510,767	44,762	65,409	0.043	28,389	41,484	0.027
昭和	54	1979	1,103,664	1,103,664	75.5	1,460,908	49,254	65,197	0.045	29,592	39,171	0.027
昭和	55	1980	1,190,332	1,190,332	84.3	1,412,138	52,120	61,832	0.044	33,815	40,116	0.028
昭和	56	1981	1,264,660	1,264,660	86.0	1,470,142	53,783	62,522	0.043	31,054	36,100	0.025
昭和	57	1982	1,334,725	1,334,725	85.6	1,558,557	53,989	63,043	0.040	35,495	41,447	0.027
昭和	58	1983	1,379,295	1,379,295	85.0	1,623,355	53,077	62,469	0.038	36,264	42,681	0.026
昭和	59	1984	1,426,840	1,426,840	86.4	1,651,293	58,290	67,459	0.041	39,183	45,347	0.027
昭和	60	1985	1,514,860	1,514,860	85.3	1,776,877	63,850	74,894	0.042	43,885	51,476	0.029
昭和	61	1986	1,585,126	1,585,126	85.0	1,865,607	66,527	78,299	0.042	46,524	54,756	0.029
昭和	62	1987	1,686,908	1,686,908	86.3	1,954,446	76,194	88,278	0.045	54,492	63,134	0.032
昭和	63	1988	1,869,174	1,869,174	88.1	2,120,747	78,104	88,616	0.042	73,435	83,319	0.039
平成	1	1989	2,097,708	2,097,708	92.7	2,264,001	91,315	98,554	0.044	80,454	86,832	0.038
平成	2	1990	2,244,081	2,244,081	96.1	2,334,786	95,179	99,026	0.042	87,654	91,197	0.039
平成	3	1991	2,277,020	2,277,020	98.8	2,304,529	97,478	98,656	0.043	94,699	95,843	0.042
平成	4	1992	2,352,892	2,352,892	100.2	2,347,071	109,031	108,761	0.046	123,819	123,513	0.053
平成	5	1993	2,557,256	2,557,256	100.4	2,546,047	113,630	113,132	0.044	134,659	134,069	0.053
平成	6	1994	2,544,442	2,544,442	100.9	2,521,226	103,731	102,785	0.041	90,207	89,384	0.035
平成	7	1995	2,655,991	2,655,991	101.3	2,621,770	124,212	122,612	0.047	112,119	110,674	0.042
平成	8	1996	2,491,301	2,491,301	101.3	2,459,359	115,170	113,693	0.046	112,441	110,999	0.045
平成	9	1997	2,412,653	2,412,653	102.1	2,362,091	107,169	104,923	0.044	94,269	92,293	0.039
平成	10	1998	2,588,102	2,588,102	100.4	2,578,253	106,906	106,499	0.041	95,585	95,221	0.037
平成	11	1999	2,624,944	2,624,944	99.4	2,640,313	92,169	92,709	0.035	81,991	82,471	0.031
平成	12	2000	2,642,839	2,642,839	99.8	2,648,345	90,440	90,628	0.034	110,518	110,748	0.042
平成	13	2001	2,704,254	2,704,254	98.0	2,759,560	75,205	76,743	0.028	121,784	124,275	0.045
平成	14	2002	2,720,339	2,720,339	96.9	2,807,422	75,405	77,819	0.028	90,380	93,273	0.033
平成	15	2003	2,603,108	2,603,108	97.5	2,669,940	70,106	71,906	0.027	92,353	94,724	0.035
平成	16	2004	2,652,993	2,652,993	98.6	2,690,810	73,034	74,075	0.028	90,102	91,386	0.034
平成	17	2005	2,633,213	2,633,213	100.0	2,633,213	64,742	64,742	0.025	72,410	72,410	0.027
平成	18	2006	2,802,544	2,802,544	101.7	2,755,697	63,880	62,812	0.023	71,543	70,347	0.026
平成	19	2007	2,761,741	2,761,741	104.2	2,650,423	61,045	58,584	0.022	64,188	61,601	0.023
平成	20	2008	2,685,590	2,685,590	108.2	2,482,061	54,208	50,100	0.020	62,967	58,195	0.023
平成	21	2009	2,942,794	2,942,794	104.9	2,805,333	52,334	49,889	0.018	67,090	63,956	0.023

【出典】

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別(目的別)決算額

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列(年度別) 土木総合 公共事業

図 2.5 大阪府の治水投資における高潮対策事業と総合治水対策事業のシェアの推移

		大阪府の歳出額(単位:100万円)											
和暦(年)	西暦(年)	普通会計総額(名目値・100万円)	公共投資		治水投資								
			合計	公共投資のシェア(右目盛り)	治水	治水投資のシェア(右目盛り)	高潮対策	総合治水	耐震対策	地下河川等	その他河川	災害復旧	
昭和	35	1960	57,127	10,375	0.182	2,468	0.043	540	545			1,383	369
昭和	36	1961	74,977	17,627	0.235	4,565	0.061	2,983	783			799	685
昭和	37	1962	97,935	28,325	0.289	8,374	0.086	3,670	763			3,941	736
昭和	38	1963	113,945	32,104	0.282	7,001	0.061	3,670	1,606			1,725	324
昭和	39	1964	130,576	36,886	0.282	9,118	0.070	4,133	1,641			3,344	302
昭和	40	1965	147,011	47,842	0.325	9,332	0.063	3,200	1,833			4,299	352
昭和	41	1966	167,186	56,287	0.337	10,312	0.062	3,500	1,958			4,854	422
昭和	42	1967	196,303	66,640	0.339	13,959	0.071	3,529	3,684			6,746	1,509
昭和	43	1968	261,641	96,646	0.369	18,698	0.071	3,491	2,117			13,090	552
昭和	44	1969	314,535	116,470	0.370	20,825	0.066	4,305	3,440			13,080	941
昭和	45	1970	357,753	116,598	0.326	17,751	0.050	4,051	3,753			9,947	264
昭和	46	1971	423,626	142,578	0.337	18,966	0.045	3,188	4,198			11,580	190
昭和	47	1972	496,986	155,280	0.312	20,584	0.041	3,034	4,775			12,775	1,611
昭和	48	1973	555,354	145,991	0.263	23,324	0.042	3,255	6,477			13,592	1,162
昭和	49	1974	762,566	182,054	0.239	29,184	0.038	3,230	6,980			18,974	542
昭和	50	1975	816,314	155,515	0.191	31,441	0.039	3,440	7,526			20,475	432
昭和	51	1976	842,085	135,766	0.161	32,656	0.039	3,871	7,482			21,303	1,029
昭和	52	1977	976,366	163,754	0.168	40,314	0.041	5,690	11,026	90		23,508	559
昭和	53	1978	1,033,877	175,447	0.170	44,762	0.043	3,970	14,069	600		26,123	436
昭和	54	1979	1,103,664	182,858	0.166	49,254	0.045	4,150	15,063	900		29,141	1,557
昭和	55	1980	1,190,332	195,064	0.164	52,120	0.044	4,030	15,740	950		31,400	1,274
昭和	56	1981	1,264,660	197,490	0.156	53,783	0.043	3,620	17,128	970		32,065	528
昭和	57	1982	1,334,725	214,090	0.160	53,989	0.040	3,400	16,479	970		33,140	5,973
昭和	58	1983	1,379,295	218,379	0.158	53,077	0.038	3,060	16,391	930		32,696	3,108
昭和	59	1984	1,426,840	227,857	0.160	58,290	0.041	2,754	17,071	880		37,585	734
昭和	60	1985	1,514,860	260,111	0.172	63,850	0.042	2,760	16,941	910		43,239	918
昭和	61	1986	1,585,126	271,189	0.171	66,527	0.042	2,732	18,211	930		44,654	622
昭和	62	1987	1,686,908	299,210	0.177	76,194	0.045	3,443	21,358	2,153		49,240	136
昭和	63	1988	1,869,174	356,918	0.191	78,104	0.042	2,921	21,724	1,007	100	52,352	330
平成	1	1989	2,097,708	440,949	0.210	91,315	0.044	2,806	23,648	1,209	784	62,868	1,196
平成	2	1990	2,244,081	429,281	0.191	95,179	0.042	2,920	24,798	1,263	1,754	64,444	378
平成	3	1991	2,277,020	441,096	0.194	97,478	0.043	2,620	27,235	1,370	2,166	64,087	225
平成	4	1992	2,352,892	510,789	0.217	109,031	0.046	2,989	26,709	1,650	6,074	71,609	74
平成	5	1993	2,557,256	549,336	0.215	113,630	0.044	3,400	26,840	1,930	9,024	72,436	614
平成	6	1994	2,544,442	499,357	0.196	103,731	0.041	2,829	22,764	1,275	6,972	69,891	5,874
平成	7	1995	2,655,991	610,308	0.230	124,212	0.047	389	22,689	7,287	9,874	83,973	15,880
平成	8	1996	2,491,301	504,385	0.202	115,170	0.046	74	15,802	4,699	12,084	82,511	5,683
平成	9	1997	2,412,653	445,931	0.185	107,169	0.044	15	12,608	4,925	12,146	77,475	761
平成	10	1998	2,588,102	439,695	0.170	106,906	0.041	0	11,526	5,593	12,216	77,571	540
平成	11	1999	2,624,944	457,161	0.174	92,169	0.035	0	9,112	3,590	11,385	68,082	3,168
平成	12	2000	2,642,839	500,202	0.189	90,440	0.034	0	8,811	3,353	11,359	66,917	738
平成	13	2001	2,704,254	449,016	0.166	75,205	0.028	0	6,377	5,600	8,914	54,314	318
平成	14	2002	2,720,339	425,755	0.157	75,405	0.028	0	7,597	4,100	10,716	52,992	232
平成	15	2003	2,603,108	401,367	0.154	70,106	0.027	0	4,172	4,517	13,397	48,020	88
平成	16	2004	2,652,993	412,503	0.155	73,034	0.028	0	3,238	4,591	14,669	50,536	301
平成	17	2005	2,633,213	362,591	0.138	64,742	0.025	44	3,221	4,104	11,750	45,623	132
平成	18	2006	2,802,544	338,956	0.121	63,880	0.023	164	2,520	4,076	12,915	44,205	21
平成	19	2007	2,761,741	328,334	0.119	61,045	0.022	180	1,869	4,041	11,117	43,838	338
平成	20	2008	2,685,590	302,960	0.113	54,208	0.020	80	2,263	3,258	5,461	43,146	196
平成	21	2009	2,942,794	308,929	0.105	52,334	0.018	200	1,969	3,505	5,960	40,700	107

【出典】

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別(目的別)決算額

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列(年度別) 土木総合 公共事業

大阪府河川室：大阪府建設事業評価(平成20年度下期)根拠資料-費用便益算定に関する資料<sup>30)</sup>

高潮・大阪地区(旧淀川筋、神崎川筋)、耐震・西大阪地区、総合治水・寝屋川流域総合治水対策  
(神崎川筋の事業費は、1994年度以前は高潮対策、1995年度以降は耐震対策として計上している)



図 2.8 大阪高潮対策事業の事業費（実質値）の推移

図 2.10 寝屋川総合治水対策事業の事業費（実質値）の推移

大阪府の歳出額(単位:100万円)															
和暦(年)	西暦(年)	普通会計 (名目値)	府投資 (重複を控除) (名目値)	デフレーター 公共事業 2005年を100 とした値	府投資 (実質値)	高潮対策 (名目値)	高潮対策 (実質値)	高潮対策 のシェア (右目盛り)	総合治水 (名目値)	総合治水 (実質値)	総合治水 のシェア (右目盛り)	災害復旧 (名目値)	災害復旧 (実質値)	災害復旧 のシェア (右目盛り)	
昭和	35	1960	57,127	57,127	18.3	312,821	540	2,957	0.009	545	2,984	0.010	369	2,021	0.006
昭和	36	1961	74,977	74,977	20.0	375,036	2,983	14,921	0.040	783	3,917	0.010	685	3,426	0.009
昭和	37	1962	97,935	97,935	21.0	467,401	3,670	17,515	0.037	763	3,641	0.008	736	3,513	0.008
昭和	38	1963	113,945	113,945	21.5	529,244	3,670	17,046	0.032	1,606	7,459	0.014	324	1,505	0.003
昭和	39	1964	130,576	130,576	22.6	578,101	4,133	18,298	0.032	1,641	7,265	0.013	302	1,337	0.002
昭和	40	1965	147,011	147,011	23.4	629,437	3,200	13,701	0.022	1,833	7,848	0.012	352	1,507	0.002
昭和	41	1966	167,186	167,186	25.2	663,907	3,500	13,899	0.021	1,958	7,775	0.012	422	1,676	0.003
昭和	42	1967	196,303	196,303	27.4	716,623	3,529	12,883	0.018	3,684	13,449	0.019	1,509	5,509	0.008
昭和	43	1968	261,641	261,641	28.3	925,906	3,491	12,354	0.013	2,117	7,492	0.008	552	1,953	0.002
昭和	44	1969	314,535	314,535	29.9	1,052,246	4,305	14,402	0.014	3,440	11,508	0.011	941	3,148	0.003
昭和	45	1970	357,753	357,753	32.0	1,119,018	4,051	12,671	0.011	3,753	11,739	0.010	264	826	0.001
昭和	46	1971	423,626	423,626	32.9	1,288,739	3,188	9,698	0.008	4,198	12,771	0.010	190	578	0.000
昭和	47	1972	496,986	496,986	35.0	1,420,533	3,034	8,672	0.006	4,775	13,648	0.010	1,611	4,605	0.003
昭和	48	1973	555,354	555,354	44.1	1,258,826	3,255	7,378	0.006	6,477	14,681	0.012	1,162	2,634	0.002
昭和	49	1974	762,566	762,566	55.2	1,382,210	3,230	5,855	0.004	6,980	12,652	0.009	542	982	0.001
昭和	50	1975	816,314	816,314	56.0	1,456,791	3,440	6,139	0.004	7,526	13,431	0.009	432	771	0.001
昭和	51	1976	842,085	842,085	59.9	1,406,295	3,871	6,465	0.005	7,482	12,495	0.009	1,029	1,718	0.001
昭和	52	1977	976,366	976,366	63.7	1,532,172	5,690	8,929	0.006	11,026	17,303	0.011	559	877	0.001
昭和	53	1978	1,033,877	1,033,877	68.4	1,510,767	3,970	5,801	0.004	14,069	20,559	0.014	436	637	0.000
昭和	54	1979	1,103,664	1,103,664	75.5	1,460,908	4,150	5,493	0.004	15,063	19,939	0.014	1,557	2,061	0.001
昭和	55	1980	1,190,332	1,190,332	84.3	1,412,138	4,030	4,781	0.003	15,740	18,673	0.013	1,274	1,511	0.001
昭和	56	1981	1,264,660	1,264,660	86.0	1,470,142	3,620	4,208	0.003	17,128	19,911	0.014	528	614	0.000
昭和	57	1982	1,334,725	1,334,725	85.6	1,558,557	3,400	3,970	0.003	16,479	19,243	0.012	5,973	6,975	0.004
昭和	58	1983	1,379,295	1,379,295	85.0	1,623,355	3,060	3,601	0.002	16,391	19,291	0.012	3,108	3,658	0.002
昭和	59	1984	1,426,840	1,426,840	86.4	1,651,293	2,754	3,187	0.002	17,071	19,756	0.012	734	849	0.001
昭和	60	1985	1,514,860	1,514,860	85.3	1,776,877	2,760	3,237	0.002	16,941	19,871	0.011	918	1,077	0.001
昭和	61	1986	1,585,126	1,585,126	85.0	1,865,607	2,732	3,215	0.002	18,211	21,433	0.011	622	732	0.000
昭和	62	1987	1,686,908	1,686,908	86.3	1,954,446	3,443	3,989	0.002	21,358	24,745	0.013	136	158	0.000
昭和	63	1988	1,869,174	1,869,174	88.1	2,120,747	2,921	3,314	0.002	21,724	24,648	0.012	330	374	0.000
平成	1	1989	2,097,708	2,097,708	92.7	2,264,001	2,806	3,028	0.001	23,648	25,523	0.011	1,196	1,291	0.001
平成	2	1990	2,244,081	2,244,081	96.1	2,334,786	2,920	3,038	0.001	24,798	25,800	0.011	378	393	0.000
平成	3	1991	2,277,020	2,277,020	98.8	2,304,529	2,620	2,652	0.001	27,235	27,564	0.012	225	228	0.000
平成	4	1992	2,352,892	2,352,892	100.2	2,347,071	2,989	2,982	0.001	26,709	26,643	0.011	74	74	0.000
平成	5	1993	2,557,256	2,557,256	100.4	2,546,047	3,400	3,385	0.001	26,840	26,722	0.010	614	611	0.000
平成	6	1994	2,544,442	2,544,442	100.9	2,521,226	2,829	2,803	0.001	22,764	22,556	0.009	5,874	5,820	0.002
平成	7	1995	2,655,991	2,655,991	101.3	2,621,770	389	384	0.000	22,689	22,397	0.009	15,880	15,675	0.006
平成	8	1996	2,491,301	2,491,301	101.3	2,459,359	74	73	0.000	15,802	15,599	0.006	5,683	5,610	0.002
平成	9	1997	2,412,653	2,412,653	102.1	2,362,091	15	15	0.000	12,608	12,344	0.005	761	745	0.000
平成	10	1998	2,588,102	2,588,102	100.4	2,578,253	0	0	0.000	11,526	11,482	0.004	540	538	0.000
平成	11	1999	2,624,944	2,624,944	99.4	2,640,313	0	0	0.000	9,112	9,165	0.003	3,168	3,187	0.001
平成	12	2000	2,642,839	2,642,839	99.8	2,648,345	0	0	0.000	8,811	8,829	0.003	738	740	0.000
平成	13	2001	2,704,254	2,704,254	98.0	2,759,560	0	0	0.000	6,377	6,507	0.002	318	325	0.000
平成	14	2002	2,720,339	2,720,339	96.9	2,807,422	0	0	0.000	7,597	7,840	0.003	232	239	0.000
平成	15	2003	2,603,108	2,603,108	97.5	2,669,940	0	0	0.000	4,172	4,279	0.002	88	90	0.000
平成	16	2004	2,652,993	2,652,993	98.6	2,690,810	0	0	0.000	3,238	3,284	0.001	301	305	0.000
平成	17	2005	2,633,213	2,633,213	100.0	2,633,213	44	44	0.000	3,221	3,221	0.001	132	132	0.000
平成	18	2006	2,802,544	2,802,544	101.7	2,755,697	164	161	0.000	2,520	2,478	0.001	21	21	0.000
平成	19	2007	2,761,741	2,761,741	104.2	2,650,423	180	173	0.000	1,869	1,794	0.001	338	324	0.000
平成	20	2008	2,685,590	2,685,590	108.2	2,482,061	80	74	0.000	2,263	2,091	0.001	196	181	0.000
平成	21	2009	2,942,794	2,942,794	104.9	2,805,333	200	191	0.000	1,969	1,877	0.001	107	102	0.000

府投資(1961-1980)	21,186,298	高潮対策	216,902	0.010
府投資(1972-1996)	46,260,452		10,845	総合治水
府投資(1961-1970)	7,056,919	高潮対策	147,690	20,203
			14,769	

【出典】

大阪府：大阪府統計年鑑<sup>26)</sup>

各年度の財政の章 普通会計科目別（目的別）決算額

国土交通省総合政策局：建設工事デフレーター<sup>24)</sup>

2012年度時系列（年度別）土木総合 公共事業

大阪府河川室：大阪府建設事業評価（平成20年度下期）根拠資料－費用便益算定に関する資料<sup>30)</sup>

高潮・大阪地区（旧淀川筋、神崎川筋）、耐震・西大阪地区、総合治水・寝屋川流域総合治水対策  
（神崎川筋の事業費は、1994年度以前は高潮対策、1995年度以降は耐震対策として計上している）