

中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」
(第 1 2 回)

地震ワーキンググループ報告書

平成 1 6 年 1 1 月 1 7 日

地震ワーキンググループ

中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」
地震ワーキンググループ委員名簿

(敬称略、 は座長)

溝上 恵 (東京大学名誉教授)

阿部 勝征 (東京大学地震研究所教授)

入倉 孝次郎 (京都大学副学長)

岡田 義光 (独立行政法人防災科学技術研究所企画部長)

島崎 邦彦 (東京大学地震研究所教授)

杉山 雄一 (独立行政法人産業技術総合研究所活断層研究センター長)

翠川 三郎 (東京工業大学大学院総合理工学研究科教授)

吉田 明夫 (気象庁東京管区气象台長)

目 次

1	基本的考え方	-----	1
1.1	検討の基本方針	-----	1
1.1.1	予防対策の検討	-----	2
1.1.2	応急対策の検討	-----	2
1.2	留意事項	-----	3
2	首都直下で発生する地震についての整理	-----	4
2.1	地殻内の浅い地震	-----	4
(1)	活断層で発生する地震	-----	4
(2)	その他の地震	-----	4
2.2	フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震	-----	5
2.3	フィリピン海プレート内の地震	-----	5
3	検討対象とする地震及びその震源域等について	-----	6
3.1	予防対策の対象とする地震及びその震源域等	-----	6
(1)	地殻内の浅い地震	-----	6
	活断層で発生する地震	-----	6
	その他の地震	-----	7
(2)	フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震	-----	7
(3)	フィリピン海プレート内の地震	-----	8
3.2	応急対策の対象とする地震及びその震源域等	-----	8
(1)	都心部の直下の地震	-----	8
	地殻内の浅い地震	-----	8
	フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震	-----	9
	フィリピン海プレート内の地震	-----	9
(2)	都心部周辺の地震	-----	9
	地殻内の浅い地震	-----	9
	フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震	-----	10
	フィリピン海プレート内の地震	-----	10
4	地震動の推計	-----	11
4.1	強震動の推計手法	-----	11
4.1.1	マグニチュードについて	-----	11
	モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係	-----	11
	気象庁マグニチュードとモーメントマグニチュードの関係について	-----	11
4.1.2	経験的な推計手法	-----	11
4.1.3	波形計算による推計手法	-----	12
4.1.4	断層パラメータの設定	-----	12
(1)	巨視的なパラメータの設定	-----	12

地殻内の浅い地震	-----	12
フィリピン海プレートと北米プレートの境界及び		
フィリピン海プレート内部の地震	-----	12
(2) 微視的なパラメータの設定	-----	13
アスペリティ配置	-----	13
アスペリティの地震モーメント、変位量、応力パラメータ	-----	14
アスペリティ以外の領域(背景領域)でのパラメータ	-----	14
破壊開始点と破壊伝播速度	-----	14
fmax	-----	14
4.1.5 地盤構造モデル	-----	14
(1) 深部地盤モデル	-----	14
(2) 浅部地盤モデル	-----	15
4.1.6 断層近傍における強震動の補正	-----	16
4.2 強震動の推計結果	-----	16
4.2.1 予防対策用震度分布	-----	16
4.2.2 応急対策用震度分布	-----	16
(1) 都心部の直下の地震	-----	17
地殻内の浅い地震	-----	17
フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震	-----	17
フィリピン海プレート内の地震	-----	17
(2) 都心部周辺の地震	-----	17
地殻内の浅い地震	-----	17
フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震	-----	18
フィリピン海プレート内の地震	-----	18
4.3 留意事項	-----	18
5 長周期地震動について	-----	20
5.1 計算手法と地盤モデルの妥当性の検証	-----	20
5.2 想定断層による長周期地震動の試算	-----	21
5.3 留意事項	-----	23
6 津波について	-----	24
6.1 津波の試算	-----	24
6.2 留意事項	-----	24
 (参考資料)		
[安政江戸地震の震度分布を用いた50mメッシュの震度増分の評価]	-----	25

1 基本的考え方

1.1 検討の基本方針

本地震ワーキンググループ(以下「本WG」という。)では、専門調査会の目的(参考に示す)をふまえ、首都機能の確保のために必要な防災対策(予防対策、応急対策)を検討するため、地震発生のメカニズム等についての最近の知見を反映しつつ、防災的観点から必要と考えられる安全性を勘案の上、首都直下の地震を想定し、首都地域での地震動の強さ等について検討を行った。

【参考】専門調査会の目的など

(1) 今回の検討の背景

首都地域(東京都、神奈川県、埼玉県及び千葉県並びにその周辺地域)は、人口や建物が密集し、政治、経済、行政機能等の中枢機能が極めて高度に集積していることから、大きな地震がひとたび発生した場合、人的被害や経済被害は甚大なものと予想される。また、災害発生後、災害応急対策に不可欠な政府機能や我が国の経済中枢機能などの首都機能(中枢機能)が回復するまでに相当の困難を伴うと考えられる。

(2) 専門調査会の検討の目的と成果の活用方法

「首都直下地震対策専門調査会」(以下「専門調査会」という。)は、直下の地震に対しよりの確な防災対策を講じるために設置されたものであり、その主たる目的は、特に、高度に集積した首都機能(経済、行政機能など)の確保策に着眼し、以下の検討を行うことである。

- ・ 首都直下地震に対する被害想定を実施すること
- ・ 被害想定結果に基づいたより具体的な応急対策を検討すること
- ・ 経済的機能や行政機能のダメージ、全国、海外への間接被害をできるだけ軽減するための減災対策を検討すること
- ・ 企業や地域における防災対策の充実強化を検討すること

したがって、その検討結果は、

首都地域の防災体制の確立

「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」の見直し

「南関東地域震災応急対策活動要領」の見直し

等に反映される。

首都直下で発生する地震については、中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会検討結果報告(平成4年8月21日)において、「この地域では今後100年から200年先に発生する可能性が高いと考えられる相模トラフ沿いの規模の大きな地震に先立って、プレート境界の潜り込みによって蓄積された歪みのエネルギーの一部がいくつかのマグニチュード7程度の地震として放出される可能性が高いと推定される。関東大地震の発生後、既に70年が経過していることを考慮すると、今後

その切迫性が高まってくることは疑いなく、次の相模トラフ沿いの規模の大きな地震が発生するまでの間に、マグニチュード7程度の規模のこの地震が数回発生することが予想される。」とされている。その後の観測データの蓄積、調査研究の進展等により、当該地域で発生する地震についての知見が継続的に積み重ねられてきており、新たに、地震の発生形態により、可能性が高いと考えられるもの、低いと考えられるものの区分が一部可能となりつつあるなど、検討を進めていく上で有用な成果が得られている。

1.1.1 予防対策の検討

耐震化等の各種の地震防災の“予防対策”を具体的に検討するためには、近い将来に発生する可能性がほとんどない地震を除き、想定される地震の全てに漏れなく対応できる対策とすることが望まれる。したがって、「想定されるある一つの地震により、それぞれの場所での揺れがどの程度の強さとなるか」ではなく、「今後100年程度以内に発生する可能性がほとんどない地震を除き、想定される全ての地震について、それぞれの場所での最大の地震動はどの程度の強さとなるか」を検討する。

1.1.2 応急対策の検討

実際に地震が発生した場合のシナリオに基づいた“応急対策”等を具体的に検討するためには、特定の一つの地震を想定することが現実的かつ実効的である。したがって、「ある特定の地震を想定し、その地震が発生した場合にそれぞれの場所の地震動の強さ等がどの程度になるか」を検討することとする。

専門調査会では、現在、首都直下地震による被害を「人命・生活」、「経済・産業」、「政治・行政」の3つのカテゴリーに分類し、それぞれどのような影響が想定され、どういう対策を講ずべきかを検討しているところであるが、中でも「経済・産業」、「政治・行政」分野における首都特有の機能に着目し、これらの機能をどう守るかについて重点的に検討することとしている。

このような専門調査会の方針に基づき、本WGでは、これらの機能に大きく影響を与える直下の地震を選定し、それによる地震動等を検討する必要がある。

さらに、首都機能を支える交通網や電力等のライフライン被害による波及、影響に着目した検討や、1都3県での相互の応援体制の確立のための検討が専門調査会の主たる検討対象となっていることから、これらを検討するための対象地震を選定し、それによる地震動等を検討する必要がある。

よって、応急対策検討のための対象地震の選定にあたっては、防災的観点から、

次のような地震を想定する。

都心部の直下で起きる地震

- ・首都機能（特に「経済・産業」、「政治・行政」機能）が直接的にダメージを受けることを想定（図 1.1）。

都心部の周辺で起きる地震

- ・首都機能を支える交通網（空港、高速道路、新幹線等）やライフライン及び臨海部の工業地帯（石油コンビナート等）の被災により、首都機能が低下或いは機能不全に陥ることを想定（図 1.1）。
- ・首都地域の中核都市（さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市、多摩地区）が直接的にダメージを受けることを想定（図 1.1）。

これらの首都機能のダメージは全国や海外にも大きな影響を及ぼす可能性があることから、その重要性に鑑み、ある程度切迫性が高いと考えられる地震、近い将来発生の可能性が否定できない地震を対象として検討した。

以上のように「守るべき機能」に着目して選定した地震は、必ずしも“応急対策”に限定して利用されるものではない。特定の機能を保護するための事前の予防対策や被害を拡大させないための減災対策などの検討にも用いるべきである。

1.2 留意事項

検討にあたり、過去に発生した実際の地震をベースとした予防対策等に対する投資については、社会的合意が得やすいと考えられる。このため、東海地震、東南海・南海地震については過去の地震における揺れと津波を重視して検討を行ってきたところである。しかしながら、内陸部で発生する地震はその発生間隔が長く、首都地域では安政江戸地震などを除いて歴史資料が少ないため、結果として、それぞれの場所において過去経験のない地震の揺れを想定することになるが、これについては地震学的知見を踏まえ、適切に想定することとした。

強震動の推計は、地震発生メカニズム等を背景にしたものではあっても、パラメータ等の取り方でかなり結果の数値が異なる。

今後、各機関が具体的な防災対策等を検討するにあたっては、これらの点に留意し、ここでの検討結果にはある程度幅があることを念頭に置く必要がある。

2. 首都直下で発生する地震についての整理

首都直下では、M7や8クラスの地震が発生している(図2.0.1)。この地域で発生する地震は、海側からフィリピン海プレート、太平洋プレートが陸の北米プレートの下に沈み込んでいるため、地震の発生の様相は極めて多様である。地震発生様式は以下のように分類される(図2.0.2)。

- (1) 地殻内の浅い地震
- (2) フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震
- (3) フィリピン海プレート内の地震
- (4) フィリピン海プレートと太平洋プレートとの境界の地震
- (5) 太平洋プレート内の地震

このうち、(4)及び(5)のタイプの地震については、地震規模(マグニチュード)を同一と捉えた場合、防災上の観点からは(2)のタイプの地震に包含して考えることができることから、今回は(1)(2)(3)のタイプの地震を対象とし、それぞれ以下の通りに取り扱うこととした(図2.0.3)。

2.1 地殻内の浅い地震

(1) 活断層で発生する地震

M7.0以上の地震は、その規模に相当する長さの活断層等が認められる場所で発生する可能性があるとして取り扱う。今後実際にこのような地震が発生する可能性は、それぞれ濃淡があるが、現在の科学技術で、「何年以内に地震が発生するあるいは発生しない」と確実に予測することは困難であり、「地震はいつ発生するか分からない」として備えることが適切と考える。

しかし、過去の地震の発生状況から見て、活断層が繰り返し活動するにはある程度の期間が必要で、過去約500年以内に地震が発生したと考えられる活断層については、今後100年程度以内に地震が発生する可能性はほとんどないとして取り扱うことが妥当と考える。

(2) その他の地震

地震に対応する活断層が地表で認められない地震の規模の上限については、現在も学術的な議論がされているところである。過去の事例を見ると、M6.5以下の地震ではほとんどの場合、地表で活断層が認められていない。これより地震規模が大きくなると、例えば1925年北但馬地震(M6.8)など、活断層が認められることが多くなるが、1984年長野県西部地震(M6.8)のように地表で活断層が認められないものもある。

以上のことを踏まえ、活断層が地表で認められない地震規模の上限については、今後の学術的な議論を待つ必要もあるが、防災上の観点から、今回の検討では、M6台の最大であるM6.9の地震を想定する。

これら地震についても、今後、実際に地震が発生する可能性は、それぞれの場所で濃淡があるが、「今後何年以内に地震が発生するあるいはしない」と確実に予測することは困難であり、かつ、M7.0以上の地震に比べ断層がより小さくなっていることから、発生場所を的確に予測することは技術的にさらに難しい面がある。

したがって、このような地震については、活断層が認められる地域も含め網羅的に検討することとし、「全ての地域で何時地震が発生するか分からない」として防災対策上の備えを行うことが適切と考えられる。

なお、地盤構造探査等により、地震基盤より深い部位まで起震断層が認められない地域では、さらに規模の小さな地震しか発生しないものと考えられる。これらの地域で発生する地震の規模や対策等の検討は、調査内容やその目的等により異なることから、調査主体が個別に行うことが適切であり、本調査会では検討対象外とする。

2.2 フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震

このタイプの地震には、発生間隔が約200～300年とされる関東大地震タイプ（マグニチュード8クラス）と、それらの地震の間に発生するマグニチュード7クラスの地震とがある。前者は、最近では1923年に発生しており、今後100年程度以内に発生する可能性はほとんどないと考えられていることから、今回の検討の対象としない。

後者については、次の関東大地震タイプの地震に先立ってマグニチュード7程度の地震が発生すると考えられている。このため、平成4年に中央防災会議で決定した「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」で取り上げられたフィリピン海プレート上面に想定された19断層面の領域を対象とし、近年の調査研究の知見を踏まえ、近い将来発生の可能性が高いものと低いものに分けて考えた。

2.3 フィリピン海プレート内の地震

フィリピン海プレート内で発生する地震の規模については、フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震と同様の取り扱いとする。

3 検討の対象とする地震及びその震源域等について

検討の対象とする地震及びその震源域などについて以下のとおりとした（表 3.0.1、図 3.0.1）。

3.1 予防対策の対象とする地震及びその震源域等

予防対策用の対象とする地震としては、以下の地殻内の浅い地震、フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震とする。

(1) 地殻内の浅い地震

活断層で発生する地震（表 3.0.1 (1)-1）

活断層による M7.0 以上の地震を次の手順で選定する。

- (1) 松田ら(2001)が取りまとめた起震断層のリスト及び地震調査研究推進本部の活断層リストから、活断層ではないとされているものを除き、M7.0 以上に相当する長さの活断層を一次選定する。
- (2) 小田切・島崎(2001)の歴史地震と起震断層との対応の資料から、最近 500 年以内に、その活断層に対応する地震が発生したと考えられるものは一次選定したものから除外する。

以上の手順により、関東平野北西縁断層帯、立川断層帯、伊勢原断層帯、神縄・国府津 - 松田断層帯、三浦半島断層群の 5 つを検討対象として選定する（図 3.1.1）。

[断層の形状及び深さ]

活断層タイプの M7.0 以上の地震に対応する起震断層の形状は、地震調査研究推進本部で取りまとめられている活断層については、その結果を基にできるだけ地表の断層形状に合うように幾つかの矩形断層に分割する。それ以外の活断層については活断層研究会「新編日本の活断層」等の資料を参考にし、断層を幾つかの矩形断層で分割した。

首都直下の地震活動を見ると、図 3.1.2 のとおり、地震発生の上限は 5 km 程度の深さと考えられる。従って、ここでは断層上端の深さを 5 km とした。ただし、堆積層が厚い場合は堆積層の中に断層上端を設定しているおそれもあるので、「地震基盤 ($V_s=3000\text{m/s}$) + 2 km」の深度が 5 km より深い場合にはその深さをもって断層上端とした（図 3.1.3）。これは図 3.1.4 に示すように、震源分布を構造断面に投影すると、火山や地熱活動と関連すると見られる地震を除くと、地震基盤の上面よりもおおむね 2 km 以上深いところに地震が発生していることによる。

また、断層の下端は深さ 18km とした。

- (1) 関東平野北西縁断層帯については、地震調査研究推進本部の検討結果を参照し、反射法探査により存在が確認されている深谷断層とその延長部を対象断層とした。断層のタイプは逆断層で傾斜角は 45°とした。
- (2) 立川断層帯については、地震調査研究推進本部の検討結果を参照し、断層のタイプは左横ずれを伴う逆断層ですべり角は 60°とし、傾斜角は 80°とした。
- (3) 伊勢原断層帯については、地震調査研究推進本部の検討結果を参照し、断層のタイプは逆断層で傾斜角は 60°とした。
- (4) 神縄・国府津 - 松田断層帯については、神縄断層と国府津 - 松田断層の同時発生を考え、国府津 - 松田断層の海域への延長は、海底断層が屈曲する地点である真鶴海丘までとした。断層のタイプは逆断層で、傾斜角は 45°とした。
- (5) 三浦半島断層群については、衣笠・北武断層を対象とし、地震調査研究推進本部の検討結果を参照した。断層のタイプは右横ずれで、傾斜角は 45°とした。

断層の長さが与えられる内陸の活断層については、断層の長さから松田の式 (1975) を用いて気象庁マグニチュードを決定した。

その他の地震 (表 3.0.1 (1)-2)

活断層による地震の他に防災の観点から網羅的に検討する M6.9 の地震は、全ての地域で発生する可能性があるとして取り扱った。

起震断層の形状については、鉛直な断層面とし、断層上端の深さについては、M7以上の活断層と同様の扱いとする。

(2) フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震 (表 3.0.1 (2))

予防対策の検討にあたっては、「今後 100 年程度以内に発生する可能性がほとんどない地震を除き、想定される全ての地震について、それぞれの場所での最大の地震動はどの程度の強さとなるか」を検討する必要があることから、平成 4 年に想定された 19 断層面の領域について、フィリピン海プレートの上面に、過去の発生事例から、その最大値である M7.3 の地震を想定して検討することとする (図 2.0.1)。

なお、19 断層面の領域のうち、伊豆半島の東方に位置する断層面の領域では、1930 年に北伊豆地震が発生するなど、歪みの集中帯となっていることから、本検討においては、伊豆半島東方沖にほぼ南北走向で急傾斜の断層を想定し検討することとした。

[フィリピン海プレート上面の深さについて]

現在フィリピン海プレート上面については、いくつかの考え方があるが、Ishida(1992)によるモデルは、震源分布や房総半島におけるスロースリップの方向(Sagiya,2003)とも大局的には整合的であるといわれていることから、今回の検討においては、Ishida(1992)モデルを用いることとする(図3.1.5)。

(3) フィリピン海プレート内の地震

フィリピン海プレート内で発生する地震についても、フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震と同様、地震の規模については、M7.3程度の地震とすることが適切と考える。

しかし、ここでは、距離減衰による経験的な手法で地震動を推計するため、フィリピン海プレート内(つまり、フィリピン海プレート上面以深)の地震については、上記(2)の19断層面の領域の地震によって包含されるので、検討の対象としない。

3.2 応急対策の対象とする地震及びその震源域等

応急対策の検討対象とする地震については、本WGの検討結果を踏まえ、専門調査会が対象地震を選定していくこととなるが、本WGは、対象地震の選定に際しての参考となるよう以下の地震動推計を行うこととした。

(1) 都心部の直下の地震

・都心部が直接ダメージを受ける地震

地殻内の浅い地震(表3.0.1 (1)-2)

各種中枢機能が集積する都心部(千代田区、中央区、港区、新宿区)については、まず、直下の地震の影響範囲等を概略的に把握するため、影響を受ける機能の種類を考慮して、以下の2つの都心部直下の地震を選定した。

- ・都心東部直下(国の行政・立法・司法機能、大企業への影響、交通の結節点等)
- ・都心西部直下(東京都の行政・議会機能への影響、交通の結節点等)

[都心部直下で発生するM6.9の地震の震源メカニズムなどについて]

M6.9の起震断層の走向及び震源メカニズムについては、対象となる地域の実際の活断層の走向が北西-南東方向が卓越していること(図3.1.1参照)ま

た断層近傍での震度分布が、横ずれ、北東傾斜 45°、及び南西傾斜 45° の場合について大きな差はない(図 3.2.1)ことから、北西 - 南東走向の北東傾斜 45° の場合のみを対象とした。

フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震(表 3.0.1 (2))

2.2 及び 1.1.2 に記述したように、19 断層面の領域のうち、近い将来発生の可能性が高いと考えられる領域に該当する地震を応急対策の検討対象とする(図 3.2.2)。

近年の調査研究により、近い将来発生の可能性が低いと考えられる領域は以下のとおりである。

(近い将来地震発生の可能性の低い領域)

- ・ 1923 年関東地震の断層面と一致する部分については、M 8 クラスの固有地震の領域であると考えられる。
- ・ 埼玉県南部から千葉県北部にかけての地震活動が低い領域は、近年の地殻構造研究により、地震を発生しにくい性質の蛇紋岩化した岩盤からなると推定されている。
- ・ 房総半島東部の領域は、近年の GPS 観測により、スロースリップが発生していると推定されており、スロースリップによって歪みが解放されていると考えると M 7 クラスの地震が発生する可能性は低いと考えられる。
- ・ 山梨県東部の領域は、フィリピン海プレート上にある伊豆半島等と陸のプレートとの衝突域で、M 6 クラスの地震が発生しているものの、M 7 クラスの地震が発生する可能性は低いと考えられる。

上記以外の 7 断層面の領域を、ある程度の切迫性が高いと考えられる領域として取り扱い、このうち都心部直下の「東京湾北部の 2 断層面の領域」を応急対策の検討対象として設定する。

フィリピン海プレート内の地震(表 3.0.1 (3))

フィリピン海プレート上面以深のプレート内地震については、上記の東京湾北部の 2 断層面の領域の下のプレート内地震(M7.3)を設定した。

(2) 都心部周辺の地震

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ 首都機能を支える交通網やライフライン等の被災により、首都機能が低下或いは機能不全に陥る地震・ 首都地域の中核都市が直接的にダメージを受ける地震 |
|--|

地殻内の浅い地震

(1)活断層で発生する地震(表3.0.1 (1)-1)

M7.0以上の活断層については、交通網、ライフライン等の被災による首都機能への影響や中核都市へのダメージを考慮して、関東平野北西縁断層帯、立川断層、伊勢原断層、神縄・国府津 - 松田断層、三浦半島断層群を対象とする。

(2)その他の地震(表3.0.1 (1)-2)

中核都市への影響及び空港、コンビナート等に与える影響を検討するため、以下の場所の直下に地震を設定した。

<中核都市への影響>

- ・さいたま市直下
- ・千葉市直下
- ・川崎市直下
- ・横浜市直下
- ・立川市直下(多摩地域)

<空港、コンビナート等への影響>

- ・羽田空港直下(空の玄関(国内)、臨海部への影響等)
- ・市原市直下(京葉工業地帯、コンビナート等の影響)
- ・成田空港直下(空の玄関(国際)への影響等)

フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震(表3.0.1 (2))
都心部直下以外の5断層面の領域については、以下の領域に断層面(M7.3)を設定した。

ただし、埼玉県北東部 - 茨城県南西部の断層面の領域については、予備的に震度分布を検討したところ、茨城県南部の断層の震度分布と比較した結果、前者は後者に包含されるため、対象外とした。

また、伊豆半島東方に設定した断層面の領域で発生する地震については、首都機能を担う東西幹線路への影響が懸念されるが、その影響は神縄・国府津 - 松田断層帯の地震動で評価できることから、対象外とした。

- ・茨城県南部の断層面の領域(東北方面への交通の影響等)
- ・多摩地域の断層面の領域(中央自動車道、中核都市(立川市)、多摩川水系導水路への影響等)

フィリピン海プレート内の地震(表3.0.1 (3))

上記の茨城県南部及び多摩地域の2断層面の領域の下のプレート内地震を対象とする。断層の傾きは鉛直とした。

4 地震動の推計

地震動の推計にあたっては、対象とする地震を予防対策、応急対策の2つの目的に沿って分類して検討する。

4.1 強震動の推計手法

強震動の推計にあたっては、対象とする震源に対して断層パラメータを、また対象とする地域に対して地盤モデルを設定したうえで、予防対策用強震動の推計については経験的な手法を、応急対策用の強震動推計については、経験的な推計手法あるいは統計的グリーン関数法を用いた波形計算による推計手法を用いて行った(表4.1.1参照)。

推計の単位の広さは1kmメッシュとしたが、都心部に関しては、50mメッシュについても検討した。

4.1.1 マグニチュードについて

モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係

モーメントマグニチュード(M_w)と地震モーメント(M_0 :単位 $N\cdot m$)との関係の定義式は以下で与えられている。

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

気象庁マグニチュードとモーメントマグニチュードの関係について

(1) プレート境界及びプレート内の地震

気象庁マグニチュードとモーメントマグニチュードは等しいとする(図4.1.1)。

(2) 地殻内の浅い地震

濃尾地震を除く気象庁マグニチュード5以上の地震を対象とし、主成分分析法により回帰直線を求めた(図4.1.1)。

$$M_w = 0.879M_{jma} + 0.536$$

4.1.2 経験的な推計手法

経験的な強震動の推計は、司・翠川(1999)の手法によった。各微地形区分ごとの表層30mの平均S波速度(AVS30)については中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」での結果を用いた(中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」平成

13年12月資料参照)。

4.1.3 波形計算による推計手法

波形計算による推計手法は、工学的基盤までの強震動波形については統計的グリーン関数法によった。地表における震度については、工学的基盤における震度から地表の増幅率を加味し推計する。この増幅率については、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」で用いた、非線形効果を加味した方式としている。

この手法による強震動は、正規乱数時系列を用い計算されるもので、乱数系列によりその値が異なることから、複数の乱数系列による波形を計算し（海溝型及び直下の地震では30通り、活断層では15通り）、収束性を確認するとともにその平均値をとることとした。

4.1.4 断層パラメータの設定

(1) 巨視的なパラメータの設定

地殻内の浅い地震

断層の長さが与えられる内陸の活断層については、断層の長さ(L:単位 km)から松田の式(1975)を用いて気象庁マグニチュード(Mjma)を決定した。

$$\log L = 0.6M_{jma} - 2.9$$

モーメントマグニチュード(Mw)は、気象庁マグニチュード(Mjma)との関係式を用いて換算した。

断層全体での平均応力パラメータ($\Delta\sigma$)は3MPaとし、平均変位量(D)は地震モーメントの定義式により算定した。Sは断層面積、 μ は剛性率で、 $\mu = \rho V_s^2$ である(ρ は密度、 V_s はS波速度)。

$$M_0 = \mu DS$$

なお、断層の幅については、断層上端と下端の深さが与えられているので、これに傾斜角を考慮して算出した。震源断層は2 km × 2 km程度の小断層に分割してモデル化した。

フィリピン海プレートと北米プレートの境界及びフィリピン海プレート内部の地震

フィリピン海プレートの境界および同プレート内部の地震については、過去の発生事例から、対象地震の気象庁マグニチュードはその最大値である7.3とした。モーメントマグニチュードは気象庁マグニチュードと等しいとし、地震

モーメントは定義式により算定した。

断層全体での応力パラメータ ($\Delta\sigma$) は、プレート境界の地震を 3 MPa、プレート内部の地震を 5 MPa として、断層面積 (S) を以下の式から求めた。

$$M_0=0.41\Delta\sigma S^{3/2}$$

断層の長さとの幅の比は、おおむね 2 : 1 に設定した。

震源断層は、5 km × 5 km 程度の小断層に分割してモデル化した。

プレート境界地震のすべりの方向は、バックスリップから推定されるものを参照し設定した。プレート内地震については、断層の走向は微小地震のメカニズム解を参照し N300°E に、傾斜角は鉛直に、張力軸はプレートの沈み込む方向に、それぞれ設定した。

(2) 微視的なパラメータの設定

アスペリティ配置

[M7.0 以上の活断層の地震]

最近の研究 (杉山・他、2002) によると、アスペリティは変位速度が大きいセグメントにあるとされている。このことから、変位速度が大きいセグメントが判明している場合、そこにアスペリティを置くこととし、そのような知見が得られていない場合には、断層の中心部に配置することとした。

アスペリティの深さは断層の上端から幅の 10%程度以深とした。アスペリティの面積は Somerville et al. (1999) によって断層面積の約 20%程度とした。

個々の断層のアスペリティ配置については、以下のとおりとした。

- 1) 関東平野北西縁断層帯については、変位速度の大きな断層中央部に配置。
- 2) 立川断層帯については、変位速度の大きいとされている立川断層の南部セグメントに配置。
- 3) 伊勢原断層帯については、変位速度が大きいとされている南部セグメントに配置。
- 4) 神縄・国府津 - 松田断層帯については、神縄断層については断層中央部とし、国府津 - 松田断層については海岸付近で変位速度が大きいことから、そこを中心として配置。
- 5) 三浦半島断層群については、断層中央部に配置。

[直下の M6.9 の地震]

直下に想定する M6.9 の地震のアスペリティについては、その中心部にあるものと仮定して地震動の評価を行った。

アスペリティの深さは断層の上端から幅の 10%程度以深とした。アスペリティの面積は断層面積の約 20%程度とした。

[フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震]

東京湾北部の2断層面の領域については、首都機能への直接的影響を考慮しアスペリティを2つ置いて検討した。アスペリティ面積は断層全面積の約20%程度とし、2つの面積比率は7:3とした。大きいほうのアスペリティを東側の断層に置いた場合と西側の断層に置いた場合の2ケースについて検討した。

茨城県南部及び多摩地域の2断層面の領域についても同様に、アスペリティを2つ配置した。

アスペリティの地震モーメント、変位量、応力パラメータ

アスペリティの応力パラメータはアスペリティモデルに基づいて三宅・入倉(2001)に準じて設定した。アスペリティの平均変位量は断層全体の平均変位量の2倍程度とし、アスペリティの地震モーメントはアスペリティ面積と変位量から算定した。

アスペリティ以外の領域(背景領域)でのパラメータ

アスペリティ以外の領域(背景領域)の地震モーメントは、全体の地震モーメントとアスペリティ全体の地震モーメントとの差となる。変位量は地震モーメントと面積から算定し、応力パラメータは地震モーメントと面積から算定した。

破壊開始点と破壊伝播速度

破壊開始点は、菊地(2003)など過去の地震の解析結果を参照して、アスペリティの外側に設定し、防災上の観点から首都機能が集積する地域への影響が最も大きくなるケースを想定することが適切と考えて破壊開始点を設定した。破壊伝播速度は過去の解析結果を参照し、S波速度の70%程度を基本とした。

f_{max}

f_{max} は6 Hzとした。

4.1.5 地盤構造モデル

ここでは、震源断層から計算地点までを地震基盤($V_s = 3,000\text{m/s}$)以深、地震基盤から工学的基盤($V_s = 700\text{m/s}$)上面、および工学的基盤以浅の3つの領域に分割し、工学的基盤以浅を「浅部地盤」、工学的基盤以深を「深部地盤」と呼ぶこととする。

(1) 深部地盤モデル

3次元深部地盤モデルは、中央防災会議「東海地震に関する専門調査委員会」において、いくつかの領域での弾性波探査、常時微動探査により得られている成果から、S波速度が3,000m/sの層を地震基盤、700m/sの層を工学的基盤とし、地震基盤と工学的基盤の間をさらにS波速度2,400m/sの層と1,400m/sの層に分割し、それらの深さの平均的な分布を内挿により1kmメッシュで得られている(図4.1.2~3)。その際、重力異常、深層ボーリングデータ及び地質構造を参照している。

本検討では、この地盤モデルを以下のように修正して用いた。

基となる地盤モデルは、物理探査データ(主に屈折法地震探査)に基づいており、P波およびS波速度の値については信頼性は高いと考えられるが、速度層境界の深さの詳細については改善の余地がある。そこで、近年、関東平野において数多く行われるようになった微動アレイ探査(図4.1.2)の結果を利用して、微動アレイ探査で得られている位相速度と地盤モデルで計算されるレイリー波の基本モードの位相速度をあわせるように地盤モデルの修正を行った(図4.1.4~5)。

今回用いることとした地盤モデルの各速度層の深度コンター図を図4.1.6に示す。

また、作成した地盤モデルの卓越周期を求めた。図4.1.7に修正を行う前の地盤モデルにより計算される1次固有周期と修正後の地盤モデルにより計算された1次固有周期($V_s=2.4\text{km/s}$ 以浅の構造の固有周期(T_g))を示す。

(2) 浅部地盤モデル

浅部地盤に関しては、微地形区分、ボーリングデータをもとにして区分し、1kmメッシュごとの震度増分などの特性を求めた(図4.1.8~11)。

都心部(千代田区、港区、中央区、新宿区)付近の震度分布については、首都機能の特性を表現するのにより細かなメッシュを用いることが望ましいことから、東京ガス株式会社所有の50mメッシュの地盤データを用いて計測震度を求めることを検討した。

50mメッシュの震度分布については、東京ガス株式会社所有のSI値に対する増幅率(注)とSI値と計測震度との関係式(童・山崎,1996)等を用いて推定した。

(注)東京ガスでは、新リアルタイム地震防災システム「SUPREME」における、地表面地震動の推定を行うため、約6万本のボーリングデータを用いて、地盤の特性と地盤増幅率(SI値の増幅率)の関係を50mメッシュで整理している(清水他(2003)土木学会論文集)。

なお、1kmメッシュと50mメッシュのそれぞれの震度増分を比較し、整合性が悪いと思われる一部の地域については、50mメッシュを参照して、1kmメッシュの震

度増分を修正した（図 4.1.12～13）。

4.1.6 断層近傍における強震動の補正

統計的グリーン関数法は遠方近似に基づいているので、幾何学的減衰は震源距離 R の逆数 $1/R$ で表現されるが、震源との距離が近い場合は地震波動の振幅が過大評価される。地震波振幅の幾何減衰は、遠方では $1/R$ で近似されるが、断層に近いところでは $1/(R+C)$ でよりよい近似となることが解析的に示されている。このことは経験的な手法でも同様の形で表現されている。このため、「東海地震に関する専門調査会」と同様に、幾何学的減衰として $1/(R+C)$ を導入し、 C の値を調節することで経験的な手法と平均的に一致するようにした。

海溝型の地震に関しては、「東海地震に関する専門調査会」、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」の際に用いた 2.8km、活断層及び直下の地震では、経験的な手法との整合を確認したうえで 8km とした。

なお、これらの値については今後、2004 年新潟県中越地震などの最新のデータに基づき、より適切な C の値の設定に関する知見を強化する必要がある。

4.2 強震動の推計結果

4.2.1 予防対策用震度分布

対象とする地震(3.1節)について経験的手法及び統計的グリーン関数(4.2.2参照)により得られた震度分布を重ね合わせ、その最大値の分布を示したものが予防対策用震度分布図(図4.2.1～2)である。

地盤が弱いところ、断層や震源域の周辺で一部震度7となるなど、震度6強以上の強い揺れとなっており、山間部の一部で震度5強となっている。また、50mメッシュ震度分布によると大半で震度6強以上となっている。

4.2.2 応急対策用震度分布

統計的グリーン関数により計算した強震動の結果全てについて、経験的な関係式に照らして妥当な距離減衰を示していることから、適切な評価結果であることを確認した。

個別の地震の評価は以下のとおりであり、特に評価した点に留意して被害想定や対策の検討を行う必要があると考えられる。

(1) 都心部直下の地震

地殻内の浅い地震 (表 3.0.1 (1)-2)

都心東部、都心西部直下の地震の震源パラメータを表 4.2.1 に示す。都心東部直下の地震について、震度分布を図 4.2.3 に、震度の距離減衰を図 4.2.4 に、震度分布の都心部拡大図を図 4.2.5 に示す。都心西部直下の地震については、震度分布を図 4.2.6 に、震度の距離減衰を図 4.2.7 に、震度分布の都心部拡大図を図 4.2.8 に示す。

都心東部、都心西部直下の地震とも、震源直上の震度が大きくなるとともに、破壊が進む方向に向かって強い揺れが現れる効果 (ディレクティビティ効果) がみられる。また、都心西部直下の地震では、北西方向に震度 6 強の範囲が広がっているが、これは、ディレクティビティ効果に加えてやや深い地盤構造の影響が考えられる。

規模が小さく、浅い地盤の地震であることもあり、強い揺れの範囲は後述するプレート境界の地震と比べてかなり小さい。

フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震 (表 3.0.1 (2))

プレート境界の地震の震源パラメータを表 4.2.2 に示す。都心部直下に大きなアスペリティを配置した場合について、震度分布を図 4.2.9 に、震度の距離減衰を図 4.2.10 に、震度分布の都心部拡大図を図 4.2.11 に示す。都心部直下に小さいアスペリティを配置した場合については、震度分布を図 4.2.12 に、震度の距離減衰を図 4.2.13 に、震度分布の都心部拡大図を図 4.2.14 に示す。

アスペリティ配置により強い揺れの現れる領域が異なる。東京都東部の強い揺れは、他地域と比べて弱い表層の地盤の影響が考えられる。

震度 7 はみられないが、震度 6 弱が 8 都県市に広く分布している。

フィリピン海プレート内の地震 (表 3.0.1 (3))

プレート内の地震の震源パラメータを表 4.2.3 に示す。震度分布を図 4.2.15 に示す。

プレート境界の地震に比べ震度は小さく、プレート境界の地震動推計に含まれることが確認される。このことから、プレート内の地震について被害想定等の評価は行わなくともよいものと判断する。

(2) 都心部周辺の地震

地殻内の浅い地震

(1) 活断層で発生する地震 (表 3.0.1 (1)-1)

対象とした5つの活断層の地震について、震源パラメータを表4.2.4に示す。これらの地震による震度分布と震度の距離減衰を、関東平野北西縁断層帯について図4.2.16～17に、立川断層帯について図4.2.18～19に、伊勢原断層帯について図4.2.20～21に、神縄・国府津 松田断層帯について図4.2.22～23に、三浦半島断層群について図4.2.24～25に、それぞれ示す。

震度6弱の広がりプレート境界の地震と比べてコンパクトである。したがってダメージは比較的局所的となる。

立川断層帯については、アスペリティの直上と破壊が進む方向に向かって震度6強以上の強い揺れが広がっている。

神縄・国府津 - 松田断層帯については、アスペリティ直上で震度6強以上となっている。

三浦半島断層群については、断層直上の三浦半島から浦賀水道をはさんで千葉県木更津にかけて震度6強以上の強い揺れとなっている。

(2) その他の地震 (表3.0.1 (1)-2)

さいたま市、千葉市、川崎市、横浜市、立川市、羽田空港、市原市、成田空港の直下の地震による震度分布を図4.2.26～33にそれぞれ示す。各地震とも、断層直上と地盤の弱いところが強い揺れとなっている。

フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震 (表3.0.1 (2))

茨城県南部直下、多摩地域直下の地震の震源パラメータを表4.2.5に示す。茨城県南部直下の地震による震度分布を図4.2.34、震度の距離減衰を図4.2.35に示す。多摩地域直下の地震による震度分布を図4.2.36に、震度の距離減衰を図4.2.37に示す。震源域の深さから、特に強い揺れとはならないが、震度6弱の広がり浅い地殻内の地震と比べて大きい。

フィリピン海プレート内の地震 (表3.0.1 (3))

茨城県南部及び多摩地域の2断層面の領域の下のプレート内地震を設定したが、先に述べたように東京湾北部の領域において、プレート境界とプレート内それぞれの地震について地震動の特徴を把握した結果、プレート内の地震の影響については、プレート境界の地震動推計に包含される。このことから、これら2断層面の領域についての被害想定等の評価は行わなくともよいものと思われる。

4.3 留意事項

首都地域の評価にあたっては、「東海地震に関する専門調査会」、「東南海、南海

地震等に関する専門調査会」の検討と同様にして、1km メッシュ単位で計算を行ったものであるが、メッシュ内の震度はそのメッシュ内全体が同一ということではなく、メッシュ内の地盤の変化により震度が変化することから、あくまでも代表的なものとして捉えるべきものであり、検討対象地域全体として震度の広がりを捉えるべきものである。個別の防災対策を検討するにあたっては、地盤モデルの設定などより詳細に検討する必要がある。

都心部の地域（中央区、千代田区、港区、新宿区）では、首都中枢機能の確保の課題をより詳細に検討する必要があることから、東京ガス株式会社より提供された50m メッシュの地盤データを用いた検討を実施した。この場合においても、1km メッシュの検討と同様、メッシュ内の震度はそのメッシュ内全体が同一ということではなく、メッシュ内の地盤の変化により震度が変化することから、あくまでも代表的なものとして捉えるべきものである。また、すべてのメッシュにボーリング調査等による詳しい地盤資料があったわけではなく、微地形等を利用して推定した部分も多いことに注意する必要がある。

震度6強や震度7に至るような強い揺れの推定には更に詳細な地盤の性状に関するデータが必要とされ、不確定性を含んでいることに留意する必要がある。

本WGでは、特に高度に集積した首都機能の確保策に着目し、高度に集積した箇所地震動が大きくなるように、最新の知見をもとに妥当と考えられるアスペリティ配置を行った。ここでの震度分布は一義的、確定的なものではなく、アスペリティの配置等により震度分布が異なることに留意する必要がある。

5 長周期地震動について

都心東部直下の地震、プレート境界(東京湾)の地震、及び神縄・国府津 - 松田断層帯の3地震について長周期地震動の検討を行った。

5.1 計算手法と地盤モデルの妥当性の検証

高層建築物や長大構造物が多数存在する首都地域では、ほぼ全域に厚い堆積層が存在し、そのため地盤の固有周期が4～12秒(図4.1.7参照)であり、長周期地震動が増幅されやすい環境にあることから、このような周期帯の長周期地震動について評価することが重要な課題となっている。ここでは、先ず、本検討で用いる地盤構造モデルと長周期地震動の計算手法(差分法)によって、おおむね周期4秒程度以上の長周期地震動を妥当に評価できることを確かめるため、2000年7月15日の神津島近海の地震(M6.3)の観測記録と計算結果との比較を行った。表5.1.1に震源要素や計算対象領域などを、図5.1.1に震央位置および各観測点における最大速度の観測値を示す。

長周期地震動の計算は差分法によった。震源時間関数は表5.1.1に示した単純な形状を持つものを用いた。図5.1.2に計算された波形の最大速度分布を示す。図5.1.3に、震央位置から横浜や東京の下町付近を通る測線に沿う最大速度の観測値と計算値の比較を示す。これによると、計算された最大速度の分布及び距離減衰はおおむね観測値と一致しており、また、図5.1.4に示すように、最大速度の計算値に対する観測値の比はほぼ0.5～2の間に収まっている。

図5.1.5に計算波形と観測波形の比較を示す。観測波形は、堆積層が薄く地盤の固有周期が短い地点(たとえば青梅市、秩父市)では長周期地震動の振幅が小さく継続時間も短く、これとは逆に堆積層が厚く地盤の固有周期が長い地点(たとえば市原市、江東区)では長周期地震動の振幅が大きく継続時間も長い特徴を持っている。計算波形もこれらの特徴を概ね表現している。

図5.1.6に計算スペクトルと観測スペクトルの比較を示す。概ね4秒以上の周期帯で、計算値は各観測点で観測値とよい一致を示している。ここで採用した震源時間関数は4秒以下の周期帯域で急激に減衰する性質をもつので、計算値は4秒以上でのみ観測値と比較可能である。

図5.1.7に観測値と計算値のそれぞれについて、速度応答スペクトルの卓越周期と地盤の固有周期との関係を示す。両者とも、地盤の固有周期と地震波形の卓越周期との間には良い相関が認められる。

以上のことから、長周期地震動の計算手法と設定した地盤モデルはおおむね妥当であることが確認できた。

また、長周期地震動の卓越周期は地盤の固有周期と関連していること、堆積層の

厚い地域では薄い地域に比較して長周期地震動の振幅が大きく振動継続時間が長くなることが確認できた。

5.2 想定断層による長周期地震動の試算

都心東部直下の地震、プレート境界(東京湾)の地震、及び神縄・国府津 - 松田断層帯の3地震について長周期地震動の試算を行った。ここでは、震源時間関数は中村・宮武(2000)によるものを、また、計算格子や計算対象領域は表5.1.1に示したものをを用いた。中村・宮武の震源時間関数の周波数特性や今回の検討で用いた速度構造モデルの格子サイズから判断して、差分法では、周期が2秒以上の地震動を精度よく計算ができていると考えられる。よって、差分法による計算波形と統計的グリーン関数法による計算波形の接続周期は2秒とした。

試算結果について、最大速度の分布と距離減衰を、都心東部の地震について図5.2.1に、プレート境界の地震について図5.2.2に、神縄・国府津 - 松田断層の地震について図5.2.3にそれぞれ示す。いずれの地震でも、最大速度の距離減衰は経験式と比較的一致している。しかし、統計的グリーン関数法による震度分布(図4.2.3、4.2.6、4.2.9参照)と比較すると、堆積層の厚い地域(東京都東部、神奈川県東部、埼玉県東部、千葉県北部、図4.1.6参照)で堆積層の薄い地域(東京都西部、神奈川県西部、埼玉県西部、千葉県南部、図4.1.6参照)に比べて最大速度が相対的に大きくなる傾向が見られる。

高層ビルやタンク等の長大構造物への影響については、S波主要動に続く後続波の長周期成分の振幅や継続時間が問題となる。このため、ここでは、後続波の地震動を周期ごとに分解し、その振幅や継続時間と地盤構造等との関係について調べた。

(1) 振幅の特徴

上記3地震の周期ごとの速度応答スペクトル分布を、図5.2.4~6に示す。

震源が浅い都心東部直下の地震、および神縄・国府津 - 松田断層の地震では、地盤の固有周期が長い地域において、長周期地震動の振幅が相対的に大きく、特に地震規模の大きい神縄・国府津 - 松田断層の地震は、震源から離れた地域においても大きな振幅となっている。これに対し、震源が比較的深いプレート境界の地震では、同様の特徴が見られるものの振幅はあまり大きくない。

(2) 継続時間の特徴

上記3地震の周期ごとの速度応答波形について、堆積層の厚い地域に位置する霞が関および市原のものを図5.2.7と図5.2.8に、堆積層の薄い山地部に位置する秩父のものを図5.2.9に示す。

堆積層の薄い秩父においては、震源からの距離や地震の規模によらず、長周期地

震動の振幅は短周期地震動に比べて有意に大きくはならず、継続時間も長くはならないことがわかる。

堆積層の厚い霞が関および市原においては、神縄・国府津 松田断層の地震では、地盤の固有周期付近の周期で後続波の振幅がS波主要動より大きく、振動継続時間も長くなっている。

しかし、都心東部直下の地震及びプレート境界地震では、長周期の後続波はS波主要動と同程度或いはそれ以下の振幅で、大きな振幅の継続時間はさほど長くはならないように見える。

(3) 速度応答スペクトルの形状

上記3地震について、都心部および周辺地域の9地点における速度波形と速度応答スペクトルを、図5.2.10~12に示す。

プレート境界地震では、堆積層の厚さによらず、周期1秒以上の速度応答スペクトル振幅は周期1秒の振幅より大きくはならない。これは、断層が深いことによるものと思われる。

神縄・国府津 松田断層の地震では、堆積層の厚い都心部のほとんどの地域で、周期1秒以上の速度応答スペクトル振幅は周期とともに増加している。しかし、堆積層の薄い地域では、周期1秒以上の速度応答スペクトル振幅は1秒の振幅と同程度である。

都心東部直下の地震では、堆積層が厚い地域で、周期が長くなるにつれて速度応答スペクトル振幅がわずかに大きくなる地点も見られるが、全体として、堆積層の厚さによらず周期1秒以上の速度応答スペクトル振幅は周期1秒の振幅より顕著に大きくはなっていない。これは、神縄・国府津 松田断層の地震に比べ、地震の規模が小さいこと、断層から堆積層の厚い地域までの距離が短いことによるものと思われる。

以上のことから、長周期地震動の特徴として以下のことがわかった。

長周期地震動は、断層が浅く地震規模が大きいほど大きくなり、堆積層の厚い地域ではさらに大きくなる。

長周期地震動の卓越周期は堆積層の厚さに依存して長くなる傾向がある。

堆積層の厚い地域ほど地震動の継続時間も長くなる傾向がある。

堆積層が厚い地域では、規模の大きな浅い地震に対して、周期が長くなるにつれて速度応答スペクトルの振幅が増大する。

堆積層の厚い地域においては、震源が浅く規模の大きい地震が発生した場合、震源から離れた地域であっても、地盤の固有周期に応じた周期の長周期地震動の振幅は大きく、継続時間は長くなる。また、振幅が小さくても同一周期の地震動が長く継続する。

このような場合を想定し、長周期地震動の卓越周期と同じような固有周期を持つ構造物については、共振現象による影響を考慮する必要がある。

5.3 留意事項

首都地域に発生する地震による長周期地震動に関する検討を実施した。ただし、計算結果は仮定した地盤構造モデルの不確定性などによって変わりうることから、速度構造モデルの更なる改良や長周期地震動が構造物に与える影響の評価などを含めて、2004年新潟県中越地震などに伴う長周期地震動の記録も利用して、今後、十分に検討していくことが必要であると考える。

6 . 津波について

6 . 1 津波の試算

首都直下型地震が発生した場合の津波の影響を検討するため、今回想定した地震のうちで、海域内あるいは海域に接するものを選出し、津波の想定を行った。

想定対象とした断層は、以下の5断層である。なお、都心東部直下に関しては、東京湾内に位置した津波が最大級となるような場合を加えた。

- 1) フィリピン海プレート上面 (東京湾北部) M7.3
- 2) 都心東部直下 M6.9
- 3) 東京湾内津波最大級ケース M6.9
- 4) 神縄・国府津 - 松田断層帯 M7.5
- 5) 三浦半島断層帯 M7.0

計算条件は、以下のとおりとした。

- ・最小メッシュサイズ : 50m
- ・粗度係数 : 土地利用により設定
- ・堤防等構造物の有無 : なし

なお、津波の再現計算は地震発生から12時間後までの津波波形の計算を行った。

各地震のパラメータを表6.1.1に、断層位置を図6.1.2に、沿岸での津波高さの分布を図6.1.3に、また東京湾内での津波の高さ分布を図6.1.4に示した。これらの地震のうち津波が高くなるのは、神縄・国府津 - 松田断層帯であるが、最大でも相模湾内で2m以下である。東京湾内で最高の津波の高さとなるのは、東京湾内に設定した直下の地震で、その場合でも最大の高さは50cm未満である。

6 . 2 留意事項

津波の計算に際しては、平均潮位の海岸での堤防がない場合の津波の高さを計算している。防災上は満潮時などを考える必要があるほか、海岸・港湾には津波や高潮のための堤防が相当程度整備されており、それらの十分な高さの有無や耐震性などについて検討し、防災対策を考える必要がある。

今回の津波の推計では、強震動推計と同じ断層モデルを用いているが、想定される全てのモデルについて推計していないことから、やや小さめの結果となっているおそれがある。このため、今後、各機関が具体的な防災対策等を検討するにあたっては、この点に留意する必要がある。

(参考資料)

[安政江戸地震の震度分布を用いた 50m メッシュの震度増分の評価]

安政江戸地震では、現在の丸の内、江東区、墨田区などを中心に地盤の弱いところで震度 6 相当以上の強い揺れとなり、死者は 7 千人以上といわれている (宇佐美龍夫著「日本被害地震総覧」2003)。安政江戸地震の震度分布は宇佐美(1995)によるほか、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」において既存の史料に新たな文献を加えて、より詳細な震度分布の推計作業が行われている(中村、2004)(参考図 1)。

(1) 中村(2004)による詳細な震度分布

中村(2004)は、城や寺社、民家、土蔵などの損壊、墓石や灯籠の転倒、人体感覚の程度等、可能な限り同一地点において複数の史料を用いることにより史料の信憑性を考慮して、おおよそ当時の村単位 (現在の市町村の字単位に相当) で震度を推計している。推計作業は途中段階であるものの、当時から人口の集中していた地区では、詳細な震度分布が得られている。また、街道沿いの宿場町等についても記録が残っていることから、周辺部の震度分布についても知見が得られている。住家のないところは必ずしも十分な史料が無く震度の推計が困難なことに留意する必要があるものの、おおよその震度の面的な広がりをとらえることが可能なものとなっている。

(2) 50m メッシュ震度増分の評価

50m メッシュでの震度増分の都心部での分布を参考図 2 に、微地形区分を参考図 3 にそれぞれ示す。都心部では震度増分は全般的に大きい。特に、江東区、墨田区、台東区にかけての沖積低地に震度増分の大きな地域が広がり、また、中央区、および港区から千代田区東部の帯状の沖積低地にも震度増分の大きな地域が延びている。

他方、神田川、外堀等の武蔵野台地を刻む河谷では、震度増分が相対的に低くなっているところが見られる。これらが位置する武蔵野台地は、洪積砂礫層を関東ローム層が覆っている。神田川等の中流域では、勾配がやや急になって、谷底が砂礫層を削り込み腐植土等が堆積しているところもある。下流側ではゆるい勾配となって、沖積層の基底は深くなり、やわらかい粘性土などが深くなる傾向がある。このため、これらの河川の中流部の谷の中央付近では表層はやわらかいものの層厚が薄いため、増幅度が小さく算定されていることに対応している。(参考図 4 から 5)

50m メッシュでの震度増分と中村(2004)による安政江戸地震の震度分布を比較したところ、全体的に見て、震度増分の大きい場所では安政江戸地震の震度も大きくなっているという傾向が確認された(参考図 2)。また、安政江戸地震の震度分布と微地形を比較したところ、下町の低地、山の手の台地それぞれに地形との

対応はおおむねよい。(参考図3)

以上のことから、50m メッシュの震度増分は、今回の検討に用いるのに適切なものと判断した。