第3編	地震動の想	定・	•••	•	• •	• •	•	•	•	•	•	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •	• •	• •	•	•	3–1
3.1 想	定地震の設定	έ··																												3-1
3. 1. 1	想定地震調	殳定の)基:	本方	針	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3-1
3. 1. 2	想定地震		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3-1
3. 1. 3	想定地震。	と特徴	y 等	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3-1
3.2 想	定地震の震減	亰モラ	゛ル	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3-2
3. 2. 1	H24 川崎市	「「「」	の	地震	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–2
3. 2. 2	元禄型南國	関東地	也震	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–5
3.3 地	震動の予測		•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–7
3. 3. 1	予測方針		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–7
3. 3. 2	予測手法		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–8
3. 3. 3	予測結果		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3-16
3.4 長	周期地震動		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–25
3. 4. 1	長周期地窟	夏動予	洌	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–25
3. 4. 2	長周期地震	震動に	よ	る被	害	٤	影	響	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–30
編末資料	4:津波浸水	予測	(神	ほうしょう しんしょう しんしょ しんしょ	旧厚	틙킔	剧査	£ ()	20	09)、	(20	12) ၂	ĘĻ	J)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3–34

第3編 地震動の想定

3.1 想定地震の設定

3.1.1 想定地震設定の基本方針

今回の地震被害想定調査における、想定地震については、前回調査後の研究機関等の研究成果 を反映させるとともに、東京都等の近隣自治体が行った地震被害想定調査における想定地震も考 慮し、さらに前回と同様に次の点も考慮した上で選定した。

①市域への影響
②近隣を含む揺れ(被害)の広がり
③地震発生の切迫性
④応急対策的あるいは危機管理的想定
⑤国・県の地震防災戦略との関連

3.1.2 想定地震

今回の被害想定調査においては、上記方針に沿って、H24 川崎市直下の地震・元禄型関東地震の2 地震を想定地震として選定した。

H24 川崎市直下の地震については、前回調査において想定対象とした川崎市直下の地震について、最新のフィリピン海プレート上面の形状を踏まえ、川崎市防災対策検討委員会東日本大震災対策検討部会の審議により、各種防災計画の改正のための震源モデルとして設定した。

元禄型関東地震については、相模トラフ沿いで発生する規模の大きい地震として、過去に発生した元禄地震の再来を想定した。具体的な地震像については、東京都地震被害想定調査¹⁾(以下、東京都(2012)と記す。)で設定された震源モデルを採用した。

3.1.3 想定地震と特徴等

選定した2地震の特徴等については、表3.1-1のとおりである。

想定地震とマグニチュード	特徴等
H24 川崎市直下の地震	発生した場合、川崎市への影響が最も大きい地震として、本
(マグニチュード(M):7.3)	市の直下で地震が発生することを想定した。また、地震の規模
	(M)についても兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)や東京湾北
	部地震と同等(M7.3)の大きさを想定している。本市の地震防災
	戦略の目標は、主にこの地震を対象としている。
元禄型関東地震	1703 年の元禄型関東地震の再来を想定した。地震調査研究推
(マグニチュード(M):8.2)	進本部(文部科学省に設置された政府の特別の機関)では海岸
	地形の調査研究から、平均発生間隔が 2,300 年程度であり、今
	後 30 年以内に同様の地震が発生する確率は 0%と推定している
	が、東日本大震災の教訓を踏まえ、発生頻度が低い場合であっ
	ても大きな被害を及ぼすおそれがある地震として、相模トラフ
	沿いを震源とする地震のうち、規模が最も大きく川崎市でこれ
	まで未調査だった地震を選定した。

表 3.1-1 想定地震と特徴等

3.2 想定地震の震源モデル

今回の地震被害想定調査においては、前回調査の震源モデルについて、最新の科学的知見に基 づき見直した。

⇒川崎市直下の地震

東京都地震被害想定調査で想定されている地震については、東京都(2012)で設定されている震 源モデルをそのまま採用した。

⇒元禄型関東地震

3.2.1 川崎市直下の地震

東京湾北部地震と同じく、首都圏付近のフィリピン海プレートと北米プレート境界の地震を想 定し、地震調査研究推進本部による「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価」(2004)²⁾(図 3-2.1) も参照し、フィリピン海プレート上面の地震を想定した。



注:●、▲は過去に発生した地震の震央位置を示し、★は関東地震、元禄地震の震央を示す(深さは色で区別)。

図 3. 2-1 南関東におけるM7程度の地震の評価領域と過去に発生した主要な地震 <「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価」(2004)²⁾より> 地震調査研究推進本部では、上記評価領域で発生する地震について、30年発生確率を70%と評価している

地震の規模、アスペリティの設定、破壊方向等のパラメータは前回調査と同様としたが、前回 調査後に「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の成果として出された首都圏のプレート 構造に係る研究成果³⁾が出され、フィリピン海プレートの上面形状も更新されたため、その新し い知見も踏まえて、断層の設定位置を更新した。図 3.2-2 に前回調査と今回調査の震源モデルを 示す。川崎市域付近では、更新されたフィリピン海プレートの上面の深さは、前回調査時の場合 よりやや深い位置となっており、設定した震源断層位置(深さ)も前回調査に比べると若干深く、 川崎市付近で約2km深い位置に設定している。断層パラメータを表3.2-1に示す。



図 3.2-2 川崎市直下の地震の震源断層モデル(前回調査と今回調査の比較)

*1:アスペリティ:断層面の中で、特に大きくずれて、強い地震動を発生する領域を言う。固着域とも言う。

	地震名	H24川崎市直下の地震					
	基準点 経度(°)	139.712					
	基準点 緯度(°)	35.297					
*****	上端深さd(km)	17					
	走向θ(°)	307.8					
	傾斜δ(°)	17					
	すべり角λ(°)	90					
	長さL(km)	58					
	幅W(km)	35					
	マグニチュード M	7.3					
	モーメントマグニチュード M _w	7.3					
	地震モーメント	1.1F+20					
	$M_0(Nm)$		ioging=1.510W110.1 (亚林/				
	断層面積S(km ²)	2023					
		3.4E+10					
	平均的な応りハウメータ ∆o(MPa)	3					
すべり量D(m)		1.63	M ₀ =µDS				
····································		2.5	Vr=0.72Vs				
高周波遮断周波数		6					
777.0	f _{max} (Hz)	0					
1.	<u>、リナイ寺内部ハフメーダ</u> 総面積s (km ²)	433.5	Sa=S × 0 22				
		3.23	Da=D × 2.01				
	総モーメントM _{0a} (Nm)	4.8E+19	M₀_=uDaSa				
	総応カパラメータ						
	$\Delta\sigma_{a}(MPa)$	14.0	$\sigma a = \sigma \times (S/Sa)$				
	面積S _{a1} (km ²)	289					
第	地震モーメントM _{0a1} (Nm)	3.6E+19	$M_{0a1}=M_{0a1} \times S_{a1}^{1.5} / \Sigma S_{ai}^{1.5}$				
1	平均すべり量D _{a1} (m)	3.61	M _{0a1} =µDa1Sa1				
	応力降下量∆σ _{a1} (MPa)	14.0	$\sigma a \doteq \sigma \times (S/Sa)$				
	面積S _{a2} (km ²)	144.5					
第	地震モーメントM _{0a2} (Nm)	1.3E+19	$M_{0a2} = M_{0a} \times S_{a2}^{1.5} / \Sigma Sai$				
2	平均すべり量D _{a2} (m)	2.56	M _{0a2} =μDaSa				
	応力降下量∆σ _{a2} (MPa)	14.0	$\sigma_{a} \doteq \sigma \times (S/S_{a})$				
背景台	湏域		I				
	面積S _b (km ²)	1589.5	S _b =S-S _a				
	地震モーメントM _{0b} (Nm)	6.4E+19	9 M _{0b} =M ₀ -M _{0a}				
	すべり量D _b (m)	1.2	M _{0b} =µDbSb				
	応力パラメータ _{Δσb} (MPa)	2.8	$\sigma \beta = \sigma \alpha/5$				

3.2.2 元禄型関東地震

相模トラフを震源域とするマグニチュード8.2の地震である。1703年元禄関東地震の再来を想 定する。

東京都(2012)では、前記「首都直下地震防災・減災特別プロジェクトの成果」として出された 首都圏のプレート構造(フィリピン海プレートの上面形状等)³⁾、及び1703年の元禄関東地震に おける地殻変動量の推定等による行谷モデル(2011)⁴⁾の結果を基に、震源モデルを設定している。 この震源モデルでは、これまでの大正関東地震の震源に、さらに南房総にアスペリティを設定し、 さらに房総沖に小断層を追加している。

今回の調査では、この東京都(2012)で設定している震源モデルを採用した。図 3.2-3 に震源断 層モデルを、断層パラメータを表 3.2-2 に示す。



図 3.2-3 元禄型関東地震の震源断層モデル図(M8.2)

表 3.2-2 元禄型関東地震の断層パラメータ

	項目	数值	備考					
緯度(°)	34.7861						
経度(°)	140.1360						
上端深	さ(km)	3.76 . 1.3	Sato et al.(2005)、行谷ほか(2011)					
走向0(°)	294 290	(a) Collaboration (1) (2) (2) (3) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4					
傾斜角。	δ(°)	16 . 45						
すべり角	ϡ λ(°)	143 、125	Sato et al(2005)のすべり分布から平均して求めた値 行谷ほか(2011)					
長さL(ki	m)	130, 50						
幅W(km))	70,30	Nanamori(19/1)、17合はか(2011)					
面積S(I	(m²)	10600	S=LW					
平均す	べり量D(m)	6.67	D=M ₀ /µ/S					
地震モー	ーメントM ₀ (Nm)	2.12E+21						
モーメン	·トマグニチュードM _w	8.2	logM ₀ =1.5M _w +9.1 [Kanamori(1977)]					
高周波	遮断周波数f _{max} (Hz)	6.0	鶴久・他(1997)、兵庫県南部地震の解析値					
S波速度	€Vs(km/s)	3.7						
平均密	度ρ(g/cm ³)	2.9	Ludwig et al.(1970)					
剛性率	$\mu(N/m^2)$	3.00E+10	Sato et al.(2005)					
平均応	力降下量Δσ(MPa)	4.2	$\Delta \sigma = 7\pi^{1.5}/16 \times M_{\odot}/S^{1.5}$					
破壊伝	播速度V,(km/s)	2.6	Sato et al.(2005)					
-, 1	地震モーメントM _{0a} (Nm)	7.65E+20	$M_{0a} = \mu D_a S_a$					
7~5	総面積S ₂ (km ²)	2307.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値					
¹ ¹ ³	平均すべり量D ₂ (m)	11.04	D _s =2.01D [Somerville(1999)]					
	地震モーメントM _{0a1} (Nm)	4.39E+20	$M_{0a1} = M_{0a}S_{a1}^{1.5} / \Sigma S_{a1}^{1.5}$					
ア スペ第 リ テ	総面積S _{a1} (km ²)	1137.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値					
	すべり量D _{a1} (m)	12.87	$D_{a1}=M_{0a1}/\mu/S_{a1}$					
	応力降下量∆σ, (MPa)	27.9	$\Delta \sigma_{a1} = 7\pi^{1.5}/16 \times M_{0a1}/S_{a1}^{1.5}$					
1	ライズタイムT_1(s)	6.73	T _{m1} =αW _{s1} /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした					
	地震モーメントM ₀₌₂ (Nm)	1.90E+20	$M_{0.32} = M_{0.5} S_{32}^{-1.5} / \Sigma S_{31}^{-1.5}$					
アス	総面積S _{.2} (km ²)	650	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値					
ペ第	すべり量D _{a2} (m)	9.73	$D_{a2}=M_{0a2}/\mu/S_{a2}$					
7	応力降下量∆σ _{a2} (MPa)	27.9	$\Delta \sigma_{a2} = 7\pi^{1.5}/16 \times M_{0a2}/S_{a2}^{1.5}$					
1	ライズタイムTn2(s)	4.81	T _{m2} =aW _{n2} //Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした					
	地震モーメントM _{0a2} (Nm)	1.36E+20	$M_{0a3} = M_{0a} S_{a3}^{1.5} / \Sigma S_{ai}^{1.5}$					
アス	総面積S _{a2} (km ²)	520	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値					
ペ第	すべり量D _{a2} (m)	8.70	D _{a3} =M _{0a3} /μ/S _{a3}					
7	応力降下量∆σ _{a2} (MPa)	27.9	$\Delta \sigma_{a3} = 7\pi^{1.5}/16 \times M_{0a3}/S_{a3}^{1.5}$					
1	ライズタイムTra2(s)	3.85	T _{ra3} =aW _{a3} /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした					
-	地震モーメントM _{0a2} (Nm)	6.20E+20						
アス	総面積S _{a2} (km ²)	1500	行谷ほか(2011)					
ペ第リム	すべり量D _{a2} (m)	12	D _{a4} =M _{0a4} /μ/S _{a4} Vs3.5 ρ2.8(地殻のS波速度と密度の平均)					
Ŧ	応力降下量∆σ _{a2} (MPa)	26.0	$\Delta \sigma_{a4} = 7\pi^{1.5}/16 \times M_{0a4}/S_{a4}^{1.5}$					
1	ライズタイムTrag(s)	5.77	T _{ra4} =aW _{a4} /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした					
	地震モーメントM _{0b} (Nm)	7.35E+20	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$					
背	総面積S _b (km ²)	6792.5	S _b =S-S _a					
景領	すべり量D _b (m)	3.61	$D_b=M_{0b}/\mu/S_b$					
域	応力降下量∆σ _b (MPa)	3.2	$\Delta \sigma_{\rm b} = 7 \pi^{1.5} / 16 \times M_{0b} / S_{\rm b}^{-1.5}$					
	ライズタイムT _{rb} (s)	13.46	T _{rb} =aW _b /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした					

東京都(2012)より

3.3 地震動の予測

3.3.1 予測方針

地震動の予測は、前節で設定した2つの地震について、次のように行った。

震源断層~工学的基盤:統計的グリーン関数法 工学的基盤~地表:等価線形法による応答解析

計算に際して用いる地盤モデルについては、工学的基盤以深については、神奈川県(2009)⁵で 作成されたモデルを基本とし、さらに前記のように更新されたフィリピン海プレート上面の形状 を考慮することとした。

応答解析に用いる浅部地盤モデルについては、前回調査のモデルを用いた。このモデルは、神 奈川県地域については、神奈川県(2009)で作成されたモデルを用い、一部修正を行っており、そ れ以外の東京都地域等については、(独)防災科学技術研究所で作成されたモデルを用いた。

3.3.2 予測手法

1) 統計的グリーン関数法

工学的基盤における地震動計算は、前回と同様、統計的グリーン関数法により行った。図 3.3-1 に統計的グリーン関数法による地震動計算の概要を示す。



図 3.3-1 統計的グリーン関数法による地震動計算の概要

統計的グリーン関数法では、グリーン関数として、 ω^{-2} 則に従う震源特性に従うスペクトルモデル(Boore, 1983)⁶⁾を考え、これに経験的な位相特性を与えたものを使用する。深部地盤構造は一次元成層構造として Haskell⁷⁾ Matrix により地盤応答を考慮する。この波形をグリーン関数と考え、Irikura(1986)⁸⁾に従い波形合成を行い、大地震の地震動波形を求める。次に具体的な作業内容を示す。

①対象とする断層面を小断層に分割し、小断層毎に、Boore(1983)の手法によりω⁻²を満たす振幅 スペクトルの形状を求める。このスペクトル形状は次のとおりである。

$$S_{A}(\omega) = \frac{R_{\phi\theta}}{4\pi\rho\beta^{3}} Mo \cdot \frac{\omega^{2}}{1 + (\omega/\omega_{c})^{2}} \cdot \frac{1}{1 + (\omega/\omega_{max})^{2}} \frac{e^{-\omega R/2Q\beta}}{R}$$

 $\Box \Box \heartsuit \omega_c = 2\pi f_c, \qquad f_c = 4.9 \times 10^6 \,\beta (\Delta \sigma/Mo)^{1/3}$

 $\omega_{\text{max}} = 2\pi f_{\text{max}}$, $f_{\text{max}} = 6Hz$ [鶴来・他(1997)⁹⁾、兵庫県南部地震の解析値]

なお、Moは地震モーメント、ρは密度、βは媒質のS波地震波速度である。

- ②上式中の R_{θθ}はラディエーション係数であるが、これは、各小断層から計算地点への方位角、 射出角により計算する。この時、Kamae and Irikura(1992)¹⁰⁾と同様に、周波数依存型の放射 特性を導入した。これは、周波数 0.25Hz 以下では理論的放射特性に従い、2.0Hz 以上では等方 的な放射特性となるものである。ここではS 波のみを考えているため、SH 波、SV 波毎に振幅ス ペクトルを求める。
- ③小断層毎にすべり量・モーメント解放量が異なる場合は、それに応じて各小断層の Mo、Δσ を設 定する。
- ④Q 値は木下(1993)¹¹⁾ により、Q=100 f^{0.7}(f > 1 Hz), Q=100(f < 1 Hz)とする。
- ⑤以上は、振幅スペクトルについて考えているが、ここで、Boore(1983)に従ってホワイトノイズ に包絡形を施した波形のスペクトルをかけ合わせ、位相を与える。なお、全ての小断層に対し て共通の位相波形を使用する。
- ⑥上記手法で作成した計算地点での地震基盤におけるスペクトルに対して、工学的基盤までの地 盤構造による増幅を考慮するため、SH 波については斜め入射の SH 波動場を、SV 波については、 P-SV 波動場の応答計算を行う。
- ⑦求められた工学的基盤での Transverse、Radial、UD 波形を NS、EW、UD に射影する。
- ⑧工学的基盤での各小断層からの波形を Irikura(1986)及び入倉ほか(1997)¹²⁾ に従って、それぞ れの成分毎に足し合わせる。これより、工学的基盤での3成分波形を求める。
- ⑨地震基盤で要素波の位相部分を乱数を用いて作成する。この際、乱数の選択によっても地震動にばらつきが生じる。ここでは、10通りの乱数を用いて計算を行い、地震動の平均値を求めるとともに、最も平均に近い値となった乱数を採用した。

2) 地震時応答解析

地表の地震動の計算については、地盤の非線形性を考慮するために、一次元の等価線形法を用 いた。ただし、通常の等価線形計算では、高周波数での地震動の減衰が大きくなりすぎるため、 今回は有効ひずみの周波数依存性を考慮した等価線形計算を行った。

解析コードとしては、一次元等価線形計算プログラムである吉田ら(1996)¹³⁾による DYNEQ を 用いた。図 3.3-2 に一般的な等価線形地震応答解析プログラムの概要を示す。また、図 3.3-3 に 有効ひずみの周波数依存性を考慮した場合の動的変形特性曲線の概念図を示す。

図 3.3-3の第4象限に示すように、有効ひずみの周波数依存性を考慮する場合、周波数が高くなると、剛性率比(G/G0)は増加し、減衰比(h)は減少する傾向を示す。

図 3.3-4 に計算結果後の剛性率(G)及び減衰比(h)の周波数依存性について、数種類の計算手法 を比較した図を示す。今回は、KiK-net 鉛直アレイ記録から解析した結果(山本・笹谷(2007)¹⁶) で、計算地表波形と観測地表波形とが最もよく対応した、図の緑色の曲線(Proposed method)の手 法を用いている。



図 3.3-2 等価線形地震応答解析プログラムの概要(盛川(2005)¹⁴⁾)

なお、今回採用した等価線形応答計算は、軟弱な地盤では深い岩盤からの地震動が減衰されて 小さくなる地盤の非線形性を考慮した手法で、予測震度が実態に近い。非線形性を考慮した手法 は神奈川県、横浜市等でも採用されているが、東京都ではこの非線形性を考慮せず、地域によっ ては予測震度がやや高くなる線形応答計算に近い手法を採用している。



図3.3-3 有効ひずみの周波数依存性を考慮した場合の動的変形特性性曲線の概念図 (Kausel & Assimaki (2002)¹⁵⁾)



図 3.3-4 剛性率(G)及び減衰比(h)の周波数依存性(山本・笹谷(2007)¹⁵⁾)

地震応答解析に用いるための物性値については、神奈川県(2009)⁵⁾の考え方を踏襲した。

すなわち、土質とS波速度との関係については、横浜市被害想定による関係(表 3.3-1)を用いた。ただし、地震応答計算に用いる動的変形特性曲線については、神奈川県(2009)において新たに神奈川県内の試験データを収集し、土質区分ごとに設定している(表 3.3-2、図 3.3-5)。今回の調査でもこの設定を用いた。

					想定物性值						
地質	区分		地質名	記号	N値	平均	密度 ρ	S波速度	動的変形		
						N値	(g/cm^3)	Vs(m/s)	曲線No.		
		盛土	内陸造成地	B1	1~5	3	1.7	120	Bc		
現	世	およ	[ローム主体]	B2	6~10	8	1.8	190			
		び埋	臨海埋立地	B3	1~10	5	1.7	140	Bs		
		立土	[砂主体]	B4	11~	15	1.8	190	Bs		
			腐植土	Ap1	0~2	0	1.1	50	Ap		
				Ap2	3~5	3	1.3	100			
	沖		粘性土	Ac1	0~2	1	1.5	100	Ac		
				Ac2	3~5	4	1.6	140			
				Ac3	6~10	8	1.7	200			
	積			Ac4	11~	12	1.7	250			
			砂質土	As1	1~10	5	1.7	130	As*		
第				As2	11~30	20	1.8	210	As*		
	世			As3	31~50	40	1.9	250	As*		
				As4	51~	50	1.9	300			
			礫質土	Ag1	~20	10	1.9	200	Ag^*		
四				Ag2	21~50	30	2.0	250			
				Ag3	51~	50	2.0	400			
		<u>п</u> -	ームおよび	Lm1	1~5	3	1.3	130	Lm		
		凝	恢質粘土	Lm2	6~10	7	1.4	190			
紀	洪			Lm3	11~	15	1.4	230			
			粘性土	Dc1	~8	5	1.6	190	Dc		
				Dc2	9 ~ 15	10	1.7	250			
	積			Dc3	16~30	20	1.7	300			
				Dc4	31~	40	1.8	400			
			砂質土	Ds1	10~30	20	1.8	250	Ds*		
	世			Ds2	31~50	40	1.8	300	Ds*		
				Ds3	51~	50	1.9	500	Ds [*]		
			礫質土	Dg1	~50	30	2.0	300	Dg^*		
				Dg2	51~	50	2.1	500	Dg [*]		
新第	三紀	-	上総層群	Т	50 ~	50	2.1	700	—		

表 3.3-1 地盤モデルに用いた物性値(横浜市による)

注)動的変形曲線*は拘束圧によって曲線を変更

		拘束圧	
	記号	(kN/m²)	試験個数
盛土(粘性土)	Bc	_	3
盛土(砂質土)	Bs-50	~75	5
	Bs-100	75 ~	6
沖積粘性土	Ac	—	62
腐植土	Ар		1
関東ローム	Lm		5
洪積粘性土	Dc	_	29
沖積砂質土	As-50	~75	14
	As-100	75 ~ 125	9
	As-150	125~175	6
	As-200	175~225	4
洪積砂質土	Ds-50	~75	1
	Ds-300	250~350	3
沖積礫質土	Ag-250	200~300	1
洪積礫質土	Dg-250	200~300	2
上総層群	Kc	_	4
合計			155

表 3.3-2 神奈川県内の動的変形特性試験一覧







図 3.3-5(1) 採用した動的変形特性曲線



図 3.3-5(2) 採用した動的変形特性曲線

3.3.3 予測結果

1) 工学的基盤における地震動

予測結果として、工学的基盤及び地表における、震度分布・最大速度分布を図 3.3-6~図 3.3-7 に示す。

工学的基盤における地震動の大きさは、最大速度についてみると、次のとおりである。

- ・H24 川崎市直下の地震:市全域が 40~70cm/sec の範囲となっており、市東部の方が揺れの大きい地域が広く広がっている。
- ・元禄型関東地震:市全域では20~90cm/secの範囲となっている。臨海部の一部で揺れが大き くなっているが、市の大半は20~40cm/secと比較的小さな揺れとなっている。



図 3.3-6(1) 工学的基盤最大速度分布(H24川崎市直下の地震)



図 3.3-6(2) 工学的基盤震度分布(H24川崎市直下の地震)



図 3.3-7(1) 工学的基盤最大速度分布 (元禄型関東地震)



図 3.3-7(2) 工学的基盤震度分布 (元禄型関東地震)

2) 地表における地震動

次に、予測結果として、地表における、震度分布・最大速度分布を図 3.3-8~図 3.3-9 に示す (図 3.3-10~図 3.3-12 は前回調査の結果を参考として示す)。

- ・H24 川崎市直下の地震:川崎市内においては、震度5強~7となっている。震度7となる地 域があるのは幸区、中原区、高津区、宮前区、多摩区のごく一部の地域である。 震度6強以上となる地域が多く占めるのも、幸区、中原区、高津区である。震度 5強にとどまる地域は、市内のごく限られた地域のみである。
- ・元禄型関東地震:川崎市内においては、震度5強~6強となっている。震度6強となる地域 が最も多く占めるのは宮前区である。大半の区で震度6弱となる割合が多いが、 各区とも震度5強にとどまる地域も点在している。



図 3.3-8(1) 地表最大速度分布(H24 川崎市直下の地震)



図 3.3-8(2) 地表計測震度分布(H24川崎市直下の地震)



図 3.3-9(1) 地表最大速度分布 (元禄型関東地震)



図 3.3-9(2) 地表計測震度分布 (元禄型関東地震)



図 3.3-10(1) 地表最大速度分布(川崎市直下の地震)(前回調査)



図 3.3-10(2) 地表計測震度分布(川崎市直下の地震)(前回調査)



図 3.3-11(2) 地表計測震度分布(南関東地震)(前回調査)



図 3.3-12(1) 地表最大速度分布(東京湾北部地震)(前回調査)



図 3.3-12(2) 地表計測震度分布(東京湾北部地震)(前回調査)

3.4 長周期地震動について

3.4.1 長周期地震動予測

今回の調査では、前述までの被害想定時に想定した地震のうち、元禄型関東地震について長周 期地震動の想定を行った。

震源モデルは、3.2節で示した元禄型関東地震のモデルとし、有限差分法による理論計算により、工学的基盤における地震動を計算した。

図 3.4-1 に川崎市内の各区役所(川崎区は市役所)における計算結果(3成分の時刻歴速度波 形と速度フーリエスペクトル、速度応答スペクトル)を示し、図 3.4-2 に最大速度分布図を示す。

川崎市内においては、速度分布としては、多摩区以西では 50cm/s 程度であるが、川崎区の東部 では 100cm/s 程度を超える結果となっている。









図 3.4-1(2) 長周期地震動計算結果(速度波形、速度フーリエスペクトル、速度応答スペクトル)





3-27









度证



3DFD:元禄関獎_Vel_Bpf(0.0-0.5_20).WVMB と計4: と計5:

麻生区役所

図 3.4-1(4) 長周期地震動計算結果(速度波形、速度フーリエスペクトル、速度応答スペクトル)



図 3.4-2 長周期地震動:最大速度分布図(周期2秒以上)(水平2成分の最大)

3.4.2 長周期地震動による被害と影響

高層ビルやタンクなどの構造物は、各々の構造物固有の揺れやすい周期(固有周期)を持って おり、その固有周期と長周期地震動が共振することで、長時間揺れるなどの現象が起こる。

被害の状況としては、構造物が長周期地震動の周期に共振することで長時間揺れ、躯体構造に 負荷がかかり、建物倒壊や固定されていない屋内什器類等が動くことにより、内部の人が死傷す るなどがあると考えられる。

地震調査研究推進本部が平成21年に公表した「「長周期地震動予測地図」2012年試作版の公表 について」によれば、「一般的な超高層ビルにおいては、その建物の頂部の揺れ方は、応答スペク トルの値の20~30%程度増しになる場合もある」とされていることから、このような超高層ビル の揺れ方が大きくなる可能性がある。

川崎市内の高層ビルの建物数を表 3.4-1 に示す。

	階数										
四百	10~19	20~29	30~39	40以上							
川崎区	330	5	0	0							
幸区	125	16	10	1							
中原区	96	7	1	5							
高津区	99	3	4	0							
宮前区	24	0	0	0							
多摩区	44	1	0	0							
麻生区	59	0	0	0							
合計	777	32	15	6							

表 3.4-1 川崎市内の高層ビルの建物数(棟)

今回の長周期地震動計算結果を見ると、例えば、30階程度の高層ビルであれば、地震調査研究 推進本部資料(図 3.4-3)によれば、建物の固有周期はおおよそ2秒程度となり、2秒での速度 応答は幸区役所、中原区役所では70cm/sec程度であることから、資料中の揺れの強さ・周期と被 害の関係によれば、「書棚が転倒する」という被害が発生する可能性が高いと考えられ、心理的不 安もかなり大きく、避難行動にも支障をきたす可能性も考えられる。

また、45 階程度の高層ビルであれば、建物の固有周期はおおよそ3秒程度となり、3秒での速 度応答は、幸区役所、中原区役所では2秒の場合と同様の70cm/sec 程度であり、揺れの強さ・周 期と被害の関係によれば、「書棚が転倒する」という被害が発生する可能性は30 階の場合よりも やや小さいと考えられる。ただし、心理的不安感はかなり大きく、避難行動にも支障をきたす可 能性は考えられる。

東日本大震災においては、地震後に気象庁により、高層ビルにおける実態調査が行われている。 その調査結果によれば、観測記録では東京都内で 50~100cm/sec 程度の速度応答という揺れであ り、この時の都内の高層ビルでは、構造躯体の損傷はなかったものの、天井や内装材等の非構造 部材の被害や、室内什器の転倒・移動が発生している。また、上層階では「歩けない」、「立って いられない」という状況も発生しており、人の行動に対する困難さが発生している(調査結果の 抜粋は巻末に掲載)。

「長周期地震動予測地図」の資料中にも記述されているように、高層ビル内における人的被害 軽減策として、家具やオフィスの書棚、他の什器の固定、収納物への配慮、また、安全な場所の 確保など、事前の対策の重要性があげられている。今回の東日本大震災の状況により、その重要 性がさらに増したものと考えられる。



図 3.4-3 高層建物の固有周期と建物高さ・階数との関係



図 3.4-4 人体間隔・家具転倒に長周期地震動が及ぼす影響

東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態に関する 調査結果(長周期地震動に関する情報のあり方検討会(2011))より





高層ビルにおける什器転倒等の状況

大多数のビルでは、什器の転倒は 生じていない。什器の転倒は全て 固定していないもので発生。

転倒が生じなかった理由について (聞き取り調査回答)

- ・消防署等の指導を受け、特に高層 階に対しては耐震固定の徹底を呼 びかけている。
- ・什器は作り込みになっており、転 倒は生じない。
- 液晶テレビが普及し、置き型では なく、壁に固定するなど、不安定 な置き方をしていない。

17

東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態に関する 調査結果(長周期地震動に関する情報のあり方検討会(2011))より



高層ビル上層階における地震時の人の歩行等の困難さ



ていられない」といった証言があった。

20



編末資料:津波浸水予測(神奈川県調査(2009)⁵⁾、(2012)¹⁷⁾より)

編末図-1 津波浸水予測図(1)

^{※: &}lt;元禄型関東地震>、<慶長型地震>の浸水予測図は神奈川県(2012)¹⁷⁾の調査結果によるもの。今回調査で、 川崎市防災対策検討委員会「東日本大震災対策検討部会」委員から、科学的に想定が過大であるとの意見も あったが、安全性を考慮して新たに神奈川県の成果を使用した。



編末図-2 津波浸水予測図(2)

※:<南関東地震>、<東京湾北部地震>の浸水予測図は神奈川県(2009)⁵⁾の調査結果によるもの。前回調査時に 使用した。 参考文献

- 1) 東京都(2012):東京都地震被害想定調査報告書
- 2) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):相模トラフ沿いの地震活動の長期評価 について、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04aug_sagami/index.htm.
- 3) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所(2012):首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等(平成 23 年度)成果報告書
- 4) 行谷佑一・佐竹健治・宍倉正展(2011):南関東沿岸の地殻上下変動から推定した1703年 元禄型関東地震と1923年大正関東地震の断層モデル,(独)産業技術総合研究所活断層・ 地震研究センター,活断層・古地震研究報告, No.11, 107-120.
- 5) 神奈川県(2009):神奈川県地震被害想定調査報告書
- Boore, D. M. (1983) : Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismoogical models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Amer., 73, 1865-1894.
- Haskell., N. A. (1964) :Radiation pattern of surface waves from point sources in a multi-layerd medium, Bull. Seism. Soc. Amer., 54, 377-393.
- Irikura, K. (1986) :Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., 151-156
- 9) 鶴来・田居・入倉・古和田(1997):経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討,地震 2,50,215-228.
- Kamae and Irikura (1992) : Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proc. 10th WCEE, Vol.2, 801-806
- 11) 木下繁夫(1993): 地震観測に基づく観測点特性と経路減衰特性の評価, 地震 2, 46, 161-170.
- 12)入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997):経験的グリーン関数を用いた強震動予測方 法の改良,日本地震学会講演予稿集,No.2,B25.
- 13) 吉田望, 末富岩雄(1996): DYNEQ: 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プ ログラム, 佐藤工業(株) 技術研究所報, pp. 61-70
- 14) 盛川 仁(2005): 非線形地震応答解析と SHAKE の使い方, 強震動予測-その基礎と応用, 日本地震学会強震動委員会
- 15) Kausel, E. and Assimaki, D. (2002) : Seismic simulation of inelastic soils via frequency-dependent moduli and damping, J. Eng. Mechanics, vol. 128, January, 34-47.
- 16) 山本明夫・笹谷努(2007): 2003 年十勝沖地震における地盤の非線形応答: KiK-net 鉛直 アレー記録の活用,日本地震工学会論文集,第7巻,第2号(特集号),pp.144-159.
- 17) 神奈川県(2012):神奈川県津波浸水予測図