

中央防災会議
「東南海、南海地震等に関する専門調査会」
(第 18 回)

説 明 資 料

平成 17 年 2 月 18 日

中央防災会議事務局

1 検討の基本方針

本専門調査会では、中部圏、近畿圏を対象として、大都市地震防災対策（予防対策、応急対策）を検討するにあたり、地震発生メカニズム等についての最近の知見を反映しつつ、防災的な観点から必要と考えられる安全性を勘案の上、中部圏、近畿圏に影響を与える地震を想定し、地震動の強さ等について検討を行う。

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にあたっては、どのような地震形態であっても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、「想定される全ての地震が発生した場合に、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。

1.2 応急対策の検討

実際に地震が発生した場合の“緊急応急対応”を具体的に検討するにあたっては、すべての地震が同時に発生することはないので、特定の一つの地震形態をベースに検討することが現実的、実効的である。したがって、「ある一つの地震を想定し、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がどの程度になるか」を検討する。

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く、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。

1.3 検討対象地域

本専門調査会においては、大都市地域において地震が発生した場合の、一府県のみでの対応が困難な、大規模な被害に対する広域的な防災対策を検討することを目的の一つとしている。このため、近畿圏・中部圏については、このよ

うな広域的な対策が必要な一連の地域を対象地域とする必要がある。

近畿圏、中部圏の捉え方については、様々な考え方があるが、本検討の対象地域としては、広域的な都市地域を規定するために行政区域を越えて設定されている、国勢調査における大都市圏（平成12年、京阪神大都市圏、中京大都市圏）〔注〕の範囲を基本とし、これに防災上重要な役割を担う県庁所在市である和歌山市、津市（連結する市町を含む）及び愛知県の第2の都市である豊橋市を加えた（図1）。

〔注〕政令指定市とこれに社会・経済的に結合している周辺市町村（政令指定都市への通勤・通学者割合が人口の1.5%以上、かつ、政令指定都市と連結等）によって構成されている。

1.4 留意事項

過去に発生した実際の地震をベースとして検討された予防対策に係る投資は、社会的合意は得やすいと考えられることから、東海地震、東南海・南海地震では過去地震の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、ほとんど歴史資料には残っていないため、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となるが、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する。

2 地殻内の浅い地震についての整理

本専門調査会で検討対象とする地殻内の浅い部位で発生する地震を以下のとおり取り扱う。

2.1 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。

2.2 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、調査主体が個別的行うことが適切であり、本調査会では検討対象外とする。

3 予防対策の検討対象とする地震及びその震源域等について

予防対策の検討対象とする地震及びその震源域等については、以下のとおりとする。

3.1 予防対策の対象とする地震及びその震源域等

(1) 活断層で発生する地震

活断層によるM7.0以上の地震を次の手順で選定する。

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。

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を除外する。

以上の手順により選定した活断層を図2、表1に示す。

[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してモデル化する。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に分割してモデル化する。

断層上端の深さは、強い地震波を発生する領域の最も浅い部位とすることが適切と考える。そのような部位は、浅い地震が多く発生し始める深さに相当すると考えられ、近畿圏、中部圏において発生した地震に関する気象庁の震源の深さ分布から推定し、地表から4kmの深さとする。ただし、地震基盤の深さ分布を考慮し、地震が発生する深さが深いと考えられる場合には、断層上端の深さを地震基盤の深さ+2kmとする。

(2) その他の地震

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。

(3) 海溝型の地震

近畿圏、中部圏において対象とする海溝型地震は、東南海・南海地震とする。

3.2 予防対策用震度分布

それぞれの場所での予防対策の検討を行う基となる震度分布を以下の手順で推定する。強震動の推計にあたっては、司・翠川(1999)による経験的手法を用いる。

マグニチュードについては、以下の関係式を用いる。

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る。

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

モーメントマグニチュードの算出

地殻内の浅い地震の規模に関して、モーメントマグニチュード M_w を、以下の式を用いて断層の長さ L から設定する。

$$M_w = 1.5 \log L + 4.8$$

以上の関係式は、応急対策用震度分布の検討においても同様に用いることとする。

[参考]

モーメントマグニチュードは、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た主成分分析法により求められた回帰式により、気象庁マグニチュードMj と次式で示される関係がある（図3）。

$$M_w = 0.88 M_j + 0.54$$

気象庁マグニチュードと断層長さとの関係は、松田の式(1975)により与えられる。

$$\log L = 0.6 M_j - 2.9$$

[地殻内の浅い地震]

次の手順で求めた活断層で発生する地震及びその他の地震による震度を重ね合わせ、その最大値を採用して、想定される内陸地震全てを対象とした予防対策用震度分布を作成する。

(1) 活断層による地震の震度分布

- ・ M7.0以上の地震に対応するそれぞれの活断層について、幾つかの矩形断層に分割してモデル化したものを用いる。
- ・ 地表の震度は、表層地盤の平均速度に応じて増幅することとし、経験的手法により震度を推定する。

(2) その他の地震による震度分布

- ・ 全ての場所の直下で、M6.9の地震を想定する。
- ・ 断層形状は鉛直で、その上端の深さは地表から4km、もしくは地震基盤+2kmとする。
- ・ 地表の震度は表層地盤の平均速度に応じて増幅するとし、経験的手法により震度を推定する。

[海溝型地震]

海溝型地震を対象とした震度分布は、本専門調査会が先に算定した東南海・南海地震の震度分布を用いる。

[予防対策用震度分布]

内陸地震及び海溝型地震を対象とした震度分布を重ね合わせ、その最大値を採用して、当該地域における最終的な「予防対策用震度分布」とする。

4 応急対策の検討対象とする地震及びその震源域等について

4.1 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、想定される内陸の浅い地震の中から、大都市直下とその近郊、あるいは、複数の都市に甚大な被害を引き起こす蓋然性が高いと考えられ、被害の及ぶ範囲、被害を受ける構造物および機能等、被災パターンのさまざまなケースを想定して選択することとする。

具体的には、名古屋地域、京都地域、大阪地域、阪神地域に加え、文化財保護等の検討の観点から、京都・奈良地域における活断層、またはM6.9の直下で発生する地震を想定することとし、次の12例について検討することとする。

[中部圏]

- 1) 加木屋断層帯で発生する地震
中部空港や衣浦コンビナートに直接的に被害を及ぼす地震。
- 2) 養老一桑名一四日市断層帯で発生する地震
名古屋市近郊で発生する地震。
- 3) 布引山断層帯で発生する地震
津市や四日市臨海コンビナートに直接的に被害を及ぼす地震。
- 4) 名古屋市直下で発生するM6.9の地震
活断層は見られないが、名古屋市に直接的に被害を及ぼす地震。地震規模は気象庁マグニチュードM6.9とし、断層位置は、人口が最も密集する地域に置く。

[近畿圏]

- 5) 三方・花折断層帯南部の地震
京都市および大津市に直接的に被害を及ぼす地震。
- 6) 京都西山断層帯の地震
京都市の近郊で発生する地震。
- 7) 京都盆地一奈良盆地断層帯の地震
奈良市および宇治市に直接的に被害を及ぼす地震。
- 8) 生駒断層帯の地震
大阪市近郊で発生する地震。
- 9) 上町断層帯の地震

大阪市に直接的に被害を及ぼす地震。

10) 山崎断層帯の地震

神戸市近郊で発生する地震。

11) 中央構造線断層帯（当麻 - 和歌山北断層）の地震

和歌山市に直接的に被害を及ぼす地震。

12) 阪神地域直下で発生する M6.9 の地震

活断層は見られないが、阪神間に直接的に被害を及ぼす地震。地震規模は気象庁マグニチュード M6.9 とする。

4.2 応急対策用震度分布の推計手法

応急対策の検討を行う基となる震度分布は、予防対策用震度分布と同様の経験的手法を用いて個々の地震の震度分布を推定する。併せて、統計的グリーン関数法を用いた強震波形計算により震度を推定し、経験的手法による震度分布との比較により必要な調整を行い、最終的な震度分布を推定する。

統計的グリーン関数法による震度分布の推計にあたっては、基本的には東南海・南海地震、首都直下地震等の強震波形計算と同様に、アスペリティに関する相似則にしたがってパラメタを設定する。

4.2.1 巨視的な断層パラメータの設定

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)から次式を用いてモーメントマグニチュード (M_w) を決定する。

$$M_w = 1.5 \log L + 4.8$$

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。

$$M_0 = \mu DS$$

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)。

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 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 程度の小断層に分割してモデル化した。

4.2.2 微視的な断層パラメータの設定

アスペリティ配置

[M7.0 以上の活断層の地震]

断層は、基本的には幾つかのセグメントに分け、そのセグメント単位にアスペリティは一つあるいは2つとする。セグメントにアスペリティを2つ置く場合は、アスペリティの面積比をおよそ 7:3 とする。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%程度とする。アスペリティの位置は、長さ方向には、原則としてセグメントの中心に置き、深さ方向には比較的浅い部位を中心とする。ただし、アスペリティの上端は、断層の上端よりはやや深い場所とする。推計された震度分布と、経験的手法による震度分布を比較し、必要な調整を行う。

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、防災上の観点から都市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。

なお、断層近傍における強震動の算定、乱数時系列に対する処理は以下のとおりとする。

- ・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おり、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おり、実際の地震による観測からも確認され、経験的手法においても同様の形で表現されている。このため、「首都直下地震対策専門調査会」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する。 C の値は、今回の試算においては、「首都直下地震対策専門調査会」と同様の 8 km とした。

- ・乱数時系列に対する処理

統計的グリーン関数法による強震動は、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、収束性を確認するとともにその平均値をとることとする。ここでは、上町断層帯で発生する地震について、乱数時系列 15 とおりの計算を行い、平均値の収束性を確認した。