

京都大学防災研究所	正会員	○清水	康生
京都大学防災研究所	正会員	萩原	良巳
京都大学大学院	学生員	阪本	浩一
大阪ガス(株)	正会員	小川	安雄
大阪ガス(株)	正会員	藤田	裕介

1. はじめに

震災に対して水循環システムを診断するためには、流域レベルの広範な地域を対象とした震度推定が必要である。

阪神・淡路大震災の後、多くの自治体は、活断層による地震の影響を改めて検討するために防災計画の見直しのための地震被害想定調査を行った。しかし、これら見直しの内容は、計画を作成する自治体の行政区域内だけを対象とした震度推定結果に基づいており、周辺までを含めた震度の推定は行われていない。また、震度の推定方法や精度も各自治体で異なっている。

本研究は、都市水循環システムを構成する水道システムの診断を目的とし、活断層による地震の震度推定方法について提案する。また、震度推定結果を震災ハザードとして想定した時の水道システムへの影響について考察する。

2. 活断層による地震の震度推定

震度推定の手順について説明する。まず、想定地震の起震断層の長さ L (km) を、式(1)で示す松田(1990)の式に入力することにより JMA マグニチュード M_j を求める。

$$M_j = (\log L + 2.9) / 0.6 \quad (1)$$

次に、JMA マグニチュードを金森・武村(1977・1990)の式から求められる次式によりモーメントマグニチュード M_w に変換する。

$$M_w = 0.78 M_j + 1.08 \quad (2)$$

求められたモーメントマグニチュードから工学的解放基盤における最大加速度と最大速度を算定する。算定式は式(3)(4)で示す Joyner & Boore (1981)の距離減衰式を用いる。

最大加速度 $A(g)$

$$\log A = -1.02 + 0.249 M_w - \log r - 0.00255r$$

$$r = (d^2 + 7.3^2)^{1/2} \quad (3)$$

最大速度 $V(\text{kine})$

$$\log V = -0.67 + 0.489 M_w - \log r - 0.00256r$$

$$r = (d^2 + 4^2)^{1/2} \quad (4)$$

なお、 d は断層線と震度推定位置の最短距離 (km) である。

この最大加速度 A と最大速度 V にディレクティビティ効果を付加する。ディレクティビティ効果は、小山(1987)の式を参考に式(5)で求まる D_{bi} を最大加速度 A と最大速度 V に乗じることで付加する。

$$D_{bi} = \frac{\sqrt{\left(\frac{c}{V_r}\right)^2 - \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right)}}{\sqrt{\left(\frac{c}{V_r}\right)^2 - \cos^2\theta}} \quad (5)$$

D_{bi} : 断層線中心点からバイラテラル破壊する場合のディレクティビティ効果係数

c/V_r : 断層周辺の岩盤 S 波速度と断層破壊速度の比 (Geller が求めた平均値 1/0.72 を使用)

θ : 断層中心点から見た各地点の方向角 (時計周りが正)

更に、表層地盤の増幅効果を考慮する。これは式(6)で示す小林・翠川(1980)の式を用いて求めた A_{amp} 、 V_{amp} を最大加速度 A と最大速度 V に乗じることで考慮することができる。

$$A_{amp} = \left(\frac{V_{sa}}{V_{sb}}\right)^{-0.374} \quad V_{amp} = \left(\frac{V_{sv}}{V_{sb}}\right)^{-0.6} \quad (6)$$

V_{sa} : 支持基盤以浅の表層地盤内の平均 S 波速度

V_{sb} : 支持基盤内の平均 S 波速度

V_{sv} : 表層地盤内 (GL-30m) の平均 S 波速度

次に、この最大加速度を元に、式(7)で示す気象庁(1996)による加速度～震度変換式を用いて計測震度 I を算出する。

$$I = 2 \log A + 0.94 \quad (7)$$

最後に計測震度より気象庁の震度階を得る。

3. 対象とする活断層

淀川流域の各府県における地震被害想定調査及び文献1)を参考に、活断層の活動度と確実度を考慮し淀川流域内の水供給施設・水処理施設に及ぼす影響が大きいと考えられる11の活断層(花折断層、黄檗断層、西山断層、有馬高槻断層、奈良盆地東縁断層、上町断層、生駒断層、中央構造線、六甲断層、比叡断層及び金剛断層)を抽出した。

4. 水道システムへの影響に関する考察

2に示した方法により、各活断層の震度推定を行った。まず、各活断層の断層の長さ L を文献1)より読み取った。推定結果は、淀川流域を $300 \times 400\text{m}$ のメッシュで分割した中心点の緯度経度の位置情報としてGISを援用して表示した。上町断層による震度推定の例を図1に示す。

阪神・淡路大震災の被害状況をみると震度7の区域で被害が大きいため、都市水循環システムに影響を及ぼす震度として震度7を想定する。本研究では流域全体に対する水循環システムの診断のための計画方法論の構築を目指しているためこのような仮定を設けた。本稿では、これら断層による地震の震度推定分布を水循環システムの一部を構成する水道システムと重ね合わせることで、影響の大きさについて考察を行う。

分析の結果、11の活断層の内6つの活断層(花折断層・西山断層・生駒断層・有馬高槻断層・上町断層・六甲断層)による地震が淀川流域内の水道システムに影響を及ぼすことが分かった。震度7の区域の合併集合図と水道施設(浄水場と幹線管路網)を重ねた結果を図2に示す。想定している6つの活断層を重ねているので、広範な区域で震度7が想定され、水道施設の多くが震度7の区域に立地している。京都市の全浄水場と幹線管路の全て、大阪市・大阪府・阪神水道企業団の主要浄水場も何れかの活断層による区域に含まれている。幹線管路網も随所で分断される結果となる。さらに、図2に示した震度7区域は最大3つの活断層による区域が重なっている。そして、この重複区域にも水道施設が存在している。例えば、大阪市豊野浄水場導水管は、有馬高槻断層、生駒断層、西山断層の3つの区域に、また、大阪

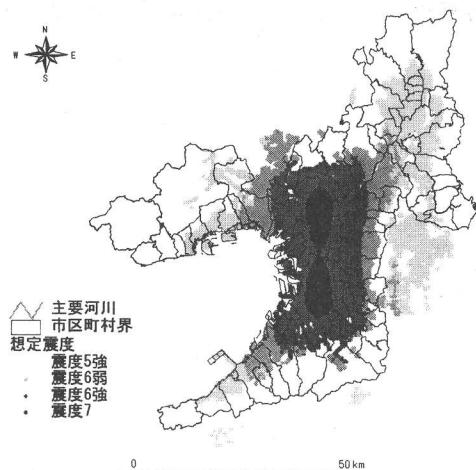


図1 上町断層による地震の震度推定

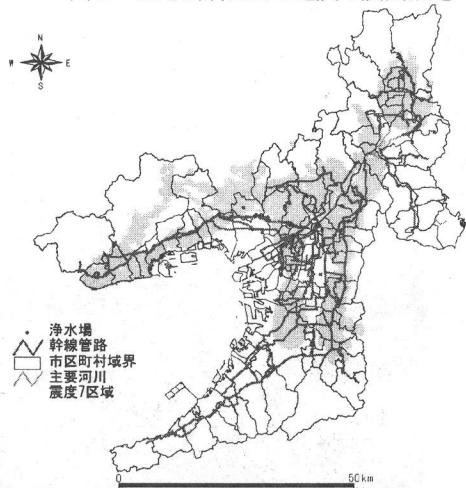


図2 6つの活断層による震度7区域(合併集合)と水道ネットワーク

府営水道の村野浄水場は、有馬高槻断層、生駒断層による震度7区域に立地している。

流域内の水道事業体の多くは、活断層による地震を震災ハザードとして認識することが重要であることが明らかとなった。

5. おわりに

活断層に対して広域をカバーした震度推定が可能となった。上記の震災ハザードは、下水道や河川、水環境汚染の原因となる都市活動施設(工場等)にも影響を及ぼす。これらについても考察が必要である。参考文献1)活断層研究会編：新編日本の活断層・分布図と資料、東京大学出版 1991