

11.6 上水道の被害予測

11.6.1 被害想定手法

前提条件

一般的に導水管、送水管、配水管、給水管などの埋設管の復旧に要する期間が長期化することから、上水道施設の地震被害予測では、埋設管を対象としている。本被害予測では、過去の被害予測の考え方を踏襲し、埋設管のうち特に配水管を対象に被害予測を実施する。

なお、上水道施設の被害予測手法の取りまとめに際して、東京都(2006)などの最新の地震被害予測調査を参考にし、以下の前提条件を設定した。

東京湾北部で地震が発生した場合、水源付近での地震動は相対的に小さいと考えられ、貯水施設、取水施設、導水施設の被害程度は小規模に留まると考えられることから、これらは予測対象外とする。また、浄水施設は、十分な耐震性能を保有しているものと考え、被害想定の対象外とする。

配水管の被害率は、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づき設定した標準被害率を、液状化危険度ランク別及び管種・管径別に補正する。

地震発生直後(2日目まで)の断水率は、地表速度分布と液状化分布により算出した配水管(配水本管、配水小管)の物的被害率により求める。

変電所被災による広域的な停電が生じた場合、拠点施設の給水機能の停止により一時的な断水が発生する。しかし、系統切り替えによる電力の回復が即時的に進み、それとともに断水も回復することから、拠点施設の被災による機能停止は対象としていない。

予測手法

日本水道協会(1998)⁶が阪神・淡路大震災における水道管路の被害分析に基づいて提案した被害予測方法を用いる。被害予測は、地表の最大速度から推定される標準被害率曲線(普通鋳鉄管)に、管種、管径、地形・地盤、液状化による補正係数を乗ずることにより、対象とする埋設管の単位長さ当たりの被害件数(被害率、箇所/km)を予測する。これに、管路の延長を乗ずることにより被害件数を予測する。最後に、被害件数と復旧速度、復旧人員数から応急復旧期間を予測する。

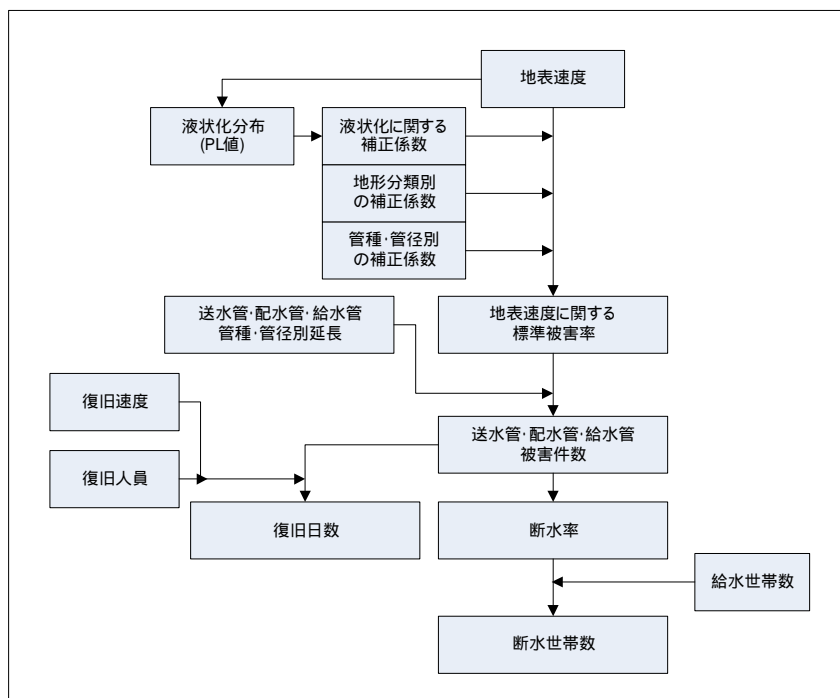


図 11.6-1 上水道施設の被害予測方法

予測式

日本水道協会（1998）により、250mメッシュ単位で被害を予測する。

$$D_1 = \sum_i \sum_j L_{ij} \cdot R_{ij} \dots\dots\dots (11.6-1)$$

$$R_{ij} = C_{gij} \cdot C_{lij} \cdot C_{pij} \cdot C_{dij} \cdot R_s \dots\dots\dots (11.6-2)$$

$$R_s = \begin{cases} 0 & (V_{max} < 15cm/s) \\ 3.11 \times 10^{-3} (V_{max} - 15)^{1.30} & (V_{max} \geq 15cm/s) \end{cases} \dots\dots\dots (11.6-3)$$

ここで、 D_1 ：総被害件数(件)、 L_{ij} ：管路延長(km)、 R_{ij} ：被害率(件/km)、 R_s ：標準被害率評価式（普通鑄鉄管を基準にしている）、 C_{pij} ：管種補正係数(表 11.6-1)、 C_{dij} ：管径補正係数(表 11.6-2)、 C_{gij} ：地盤補正係数(表 11.6-3)、 C_{lij} ：液状化補正係数(表 11.6-4)、 V_{max} ：地表最大速度(cm/s)、添え字 ij は、管種、管径を表す

表 11.6-1 管種補正係数表

| 管種 | 管種補正係数 C_p |
|----------|--------------|
| 石綿セメント管 | 1.2 |
| 鑄鉄管 | 1.0 |
| 硬質塩化ビニル管 | 1.0 |
| ダクタイル鑄鉄管 | 0.3 |
| ネジ付き鋼管 | 2.0 |
| その他 | 0.3 |
| ポリエチレン管 | 0.1 |

表 11.6-2 管径補正係数

| 管径 | 管径補正係数 C_d |
|-----------|--------------|
| ~ 75 | 1.6 |
| 100 ~ 150 | 1.0 |
| 200 ~ 450 | 0.8 |
| 500 - | 0.5 |

表 11.6-3(1) 地盤補正係数

| 地盤・地形 | 地盤補正係数 C_g |
|-------|--------------|
| 改變山地 | 1.1 |
| 段丘 | 1.5 |
| 谷・旧水部 | 3.2 |
| 沖積平野 | 1.0 |
| 良質地盤 | 0.4 |

表 11.6-4 液状化補正係数

| 危険度 | 液状化補正係数 C_l |
|---------|---------------|
| 液状化なし | 1.0 |
| 液状化危険度小 | 1.0 |
| 液状化危険度中 | 2.0 |
| 液状化危険度大 | 2.4 |

表 11.6-3(2) 地形区分のグループング

| グループ名 | 改變山地 | 段丘 | 谷・旧水部 | 沖積平地 | 良質地盤 |
|-------|--------------|-------------------------|--------------------|---|---|
| 内容 | 切土斜面 土石流堆 | 下位段丘面 中位段丘面 上位段丘面 | 谷底平野 旧水部 旧溜池 | 扇状地、緩扇状地、 自然堤防、砂堆・砂 州、天井川沿い微高 地、海岸平野、後背 地、旧河道、浅い谷 | 人工改變の殆ど無い 洪積地盤、人工改變 の殆ど無い平坦でよ く締った沖積平地 |

250mメッシュ微地形区分のあてはめ

| | | | | | |
|--|--|----------|-----------|--------------|------------|
| | | 9. ローム台地 | 10. 谷底低地 | 11. 扇状地 | 1. 山地 |
| | | | 23. 河川・水路 | 12. 自然堤防 | 2. 山麓地 |
| | | | 24. 湖沼 | 13. 後背湿地 | 3. 丘陵 |
| | | | | 14. 旧河道 | 4. 火山地 |
| | | | | 15. 三角洲・海岸低地 | 5. 火山山麓地 |
| | | | | 16. 砂州・砂礫州 | 6. 火山性丘陵 |
| | | | | 17. 砂丘 | 7. 岩石台地 |
| | | | | 18. 砂州・砂丘間低地 | 8. 砂礫質台地 |
| | | | | 19. 干拓地 | 21. 岩礁・磯 |
| | | | | 20. 埋立地 | 22. 河川敷・河原 |

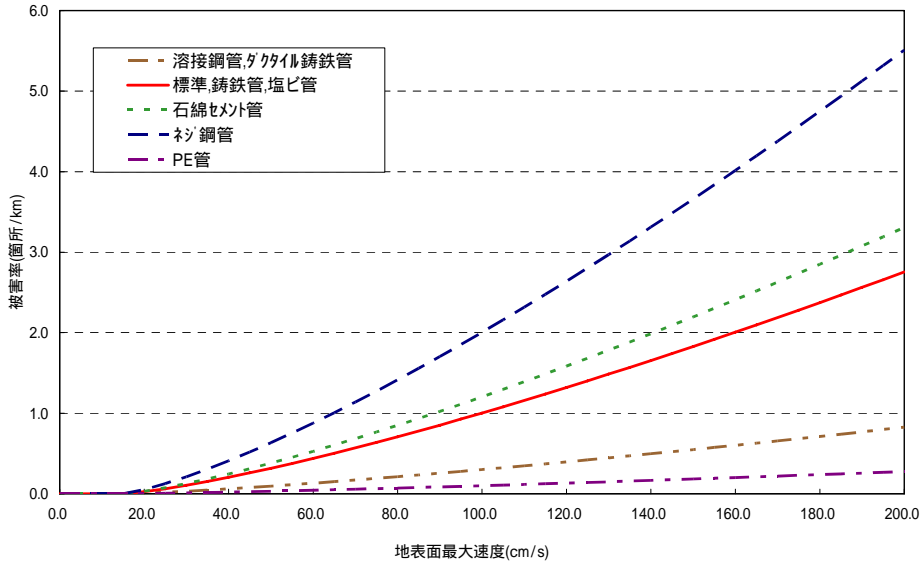


図 11.6-2 送水管・配水管の被害率関数

断水率・断水世帯数

川上の方法⁷により予測する。

$$\text{断水世帯率} = \begin{cases} \frac{1}{(1 + 0.0473 \times x^{-1.61})} & \text{(直後)} \\ \frac{1}{(1 + 0.307 \times x^{-1.17})} & \text{(1日後)} \\ \frac{1}{(1 + 0.319 \times x^{-1.18})} & \text{(2日後)} \end{cases} \quad (11.6-4)$$

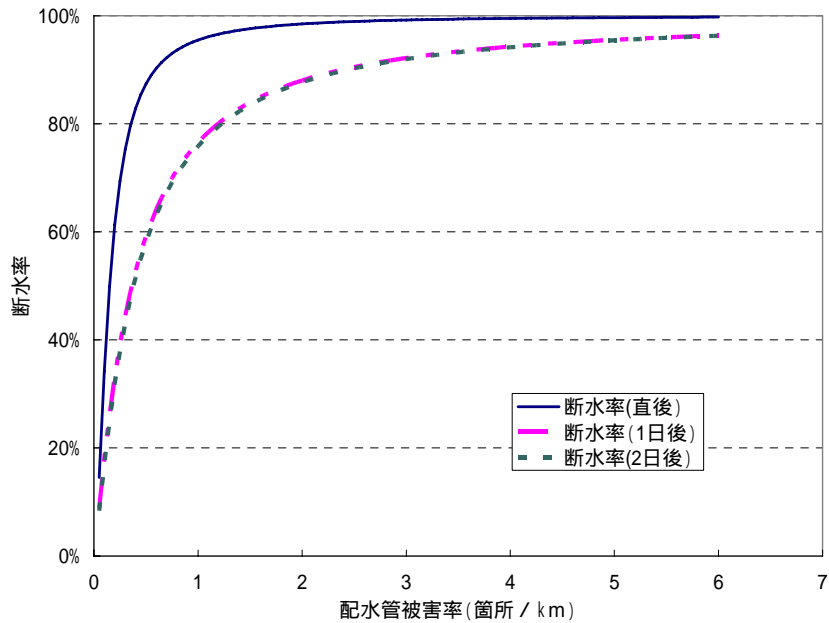


図 11.6-3 断水率の予測関数

応急復旧日数の予測

配水管と給水管の被害箇所数、復旧速度、復旧人員から応急復旧日数を予測する。上水道の復旧については、表 11.6-5～6 のような仮定を置いた。

表 11.6-5 上水道の復旧の仮定 出典：中央防災会議（2003）

| 上水道復旧に関する算定 | |
|----------------------|---|
| 復旧目標日数(首都地域における政策目標) | 30日(阪神・淡路大震災の実態:42日) |
| 復旧曲線 | <ul style="list-style-type: none"> 地震発生直後は被害状況の調査を行い、1日後からの復旧スタートとする(被災直後の変電所被災による一時的な広範囲の断水は想定しない)。ただし、人口の集中する一部地域については4日後までは制水弁閉止とバックアップルートの確保による断水範囲縮小作業を行い、その後、修理作業を行うこととする。 制水弁閉止とバックアップルートの確保による断水範囲の縮小による効果は、地震発生4日後に東京都では、1日目の断水人口の8割が回復すると想定。それ以外の県については、上記のしくみがある地域とない地域があることを勘案し、県全体で断水人口の7割が回復すると想定。 |
| 復旧作業に投入する人員数 | <ul style="list-style-type: none"> 東京都被害想定手法(H9)を参考に、復旧に必要な人員数等を右記のように設定。 本検討では、送水管および配水管被害箇所数の予測結果から、必要となる班数は下式より求まる。 $(\text{送水管・配水本管復旧必要班数}) = (\text{送水管・配水本管被害箇所数}) / (0.5 \times 26日)$、 $(\text{配水小管復旧必要班数}) = (\text{配水小管被害箇所数}) / (1.09 \times 26日)$ これより上記の表から必要となる人員数は下式より求まる。 $(\text{必要人員数}) = (\text{送水管・配水本管復旧必要班数}) \times 20(\text{人}) + (\text{配水小管復旧必要班数}) \times 10(\text{人})$ <参考> (応援班数) = (必要班数) - (首都地域内で編成可能な班数()) 東京都:約2,300人/日(東京都被害想定H9)、埼玉県:約2,000人/日(埼玉県被害想定H10) 等より、各都県概ね2000人/日程度は確保可能と設定。 |

表 11.6-6 上水道の復旧に必要な人員 出典：中央防災会議（2003）

| | 1班あたりの必要人員 | 応急復旧作業効率 |
|----------|-------------|-----------|
| 送水管・配水本管 | 職員2人、作業員16人 | 0.5件/班・日 |
| 配水小管 | 職員2人、作業員8人 | 1.09件/班・日 |

表 11.6-6 より、配水本管と配水小管の割合が等しいと仮定すると、1日あたり人員 28 人で 1.59 件の復旧をすることが可能である。よって、1日あたりの処理能力は $1.59 \div 28 = 0.0568$ 件/人日と仮定した。

11.6.2 被害予測結果

表 11.6-7 および図 11.6-4 に千葉県全体の被害予測結果を示した。東京湾北部地震では地震直後の断水世帯数は、約 147 万世帯になる。

表 11.6-7 上水道被害予測結果

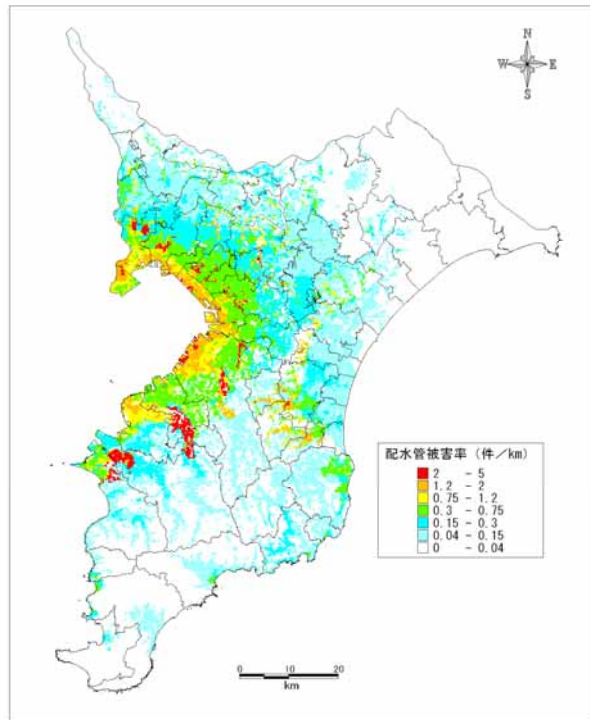
| 地震名 | 総延長(km) | 総被害件数 | 配水管被害率(件/km) | 断水世帯率 | | | |
|----------|---------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 直後 | 1日後 | 2日後 | 4日後 |
| 東京湾北部地震 | 23,574 | 8,055 | 0.342 | 0.790 | 0.481 | 0.469 | 0.144 |
| 千葉県東方沖地震 | 23,574 | 232 | 0.010 | 0.012 | 0.014 | 0.013 | 0.004 |
| 三浦半島断層群 | 23,574 | 469 | 0.020 | 0.037 | 0.032 | 0.030 | 0.010 |

| 地震名 | 給水世帯数 | 断水世帯数 | | | |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| | | 直後 | 1日後 | 2日後 | 4日後 |
| 東京湾北部地震 | 2,180,568 | 1,471,675 | 997,484 | 813,496 | 314,744 |
| 千葉県東方沖地震 | 2,180,568 | 26,450 | 19,382 | 1,988 | 0 |
| 三浦半島断層群 | 2,180,568 | 113,956 | 73,539 | 34,294 | 21,081 |

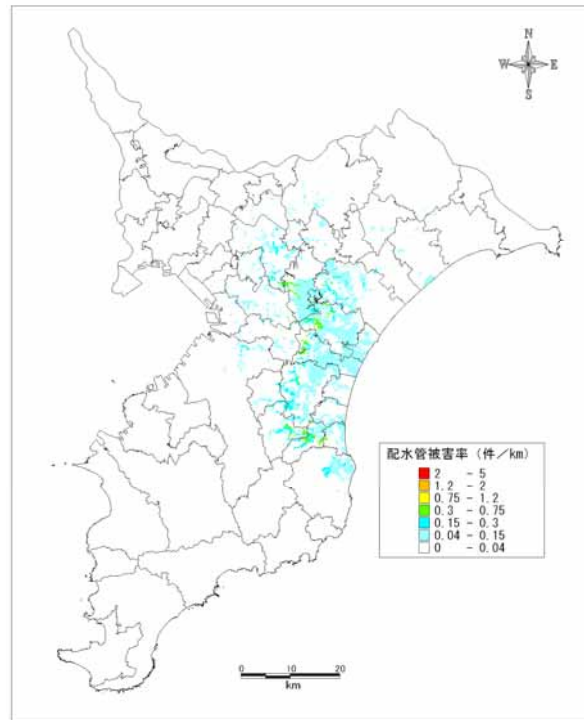
表 11.6-8 に千葉県全体の応急復旧日数を示した。

表 11.6-8 上水道の被害件数および復旧日数

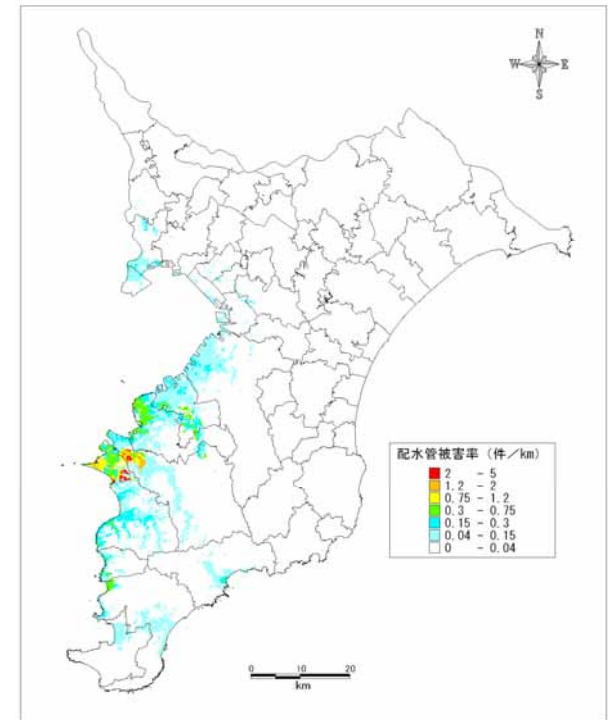
| 地震名 | 1日あたり人数 | 1日あたり処理件数 | 復旧日数 |
|--------------|---------|-----------|------|
| 東京湾北部地震 | 2,000 | 113.6 | 70.9 |
| 千葉県東方沖地震 | 2,000 | 113.6 | 2.0 |
| 三浦半島断層群による地震 | 2,000 | 113.6 | 4.1 |



(東京湾北部地震)



(千葉県東方沖地震)



(三浦半島断層群による地震)

図 11.6-4 上水道配水管被害率 (被害件数 / 管路延長(km)) 分布図