

图3.34 3月28日被害管路(上流侧复旧)

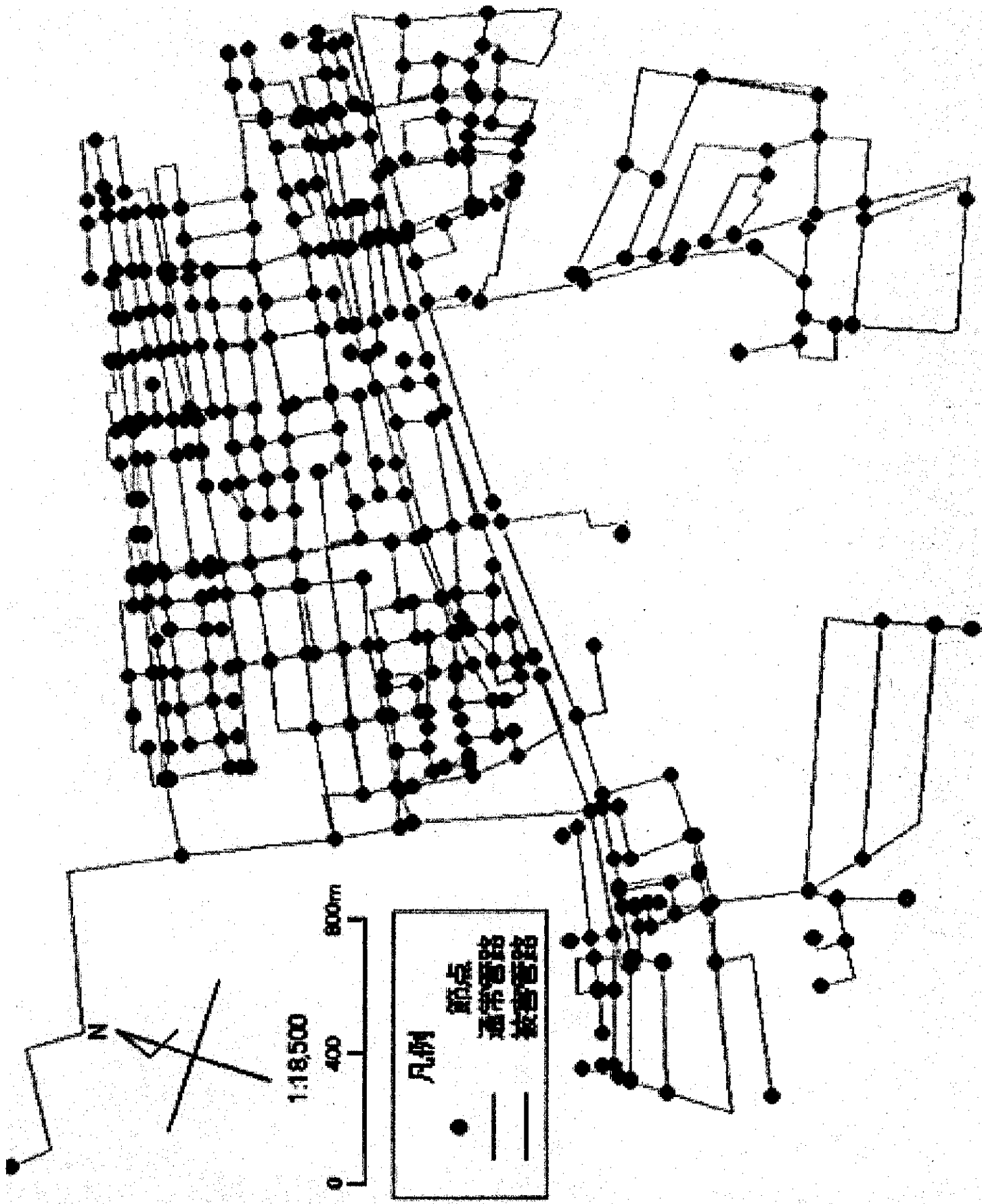


图3.35 4月4日被害管路(上流侧复旧)

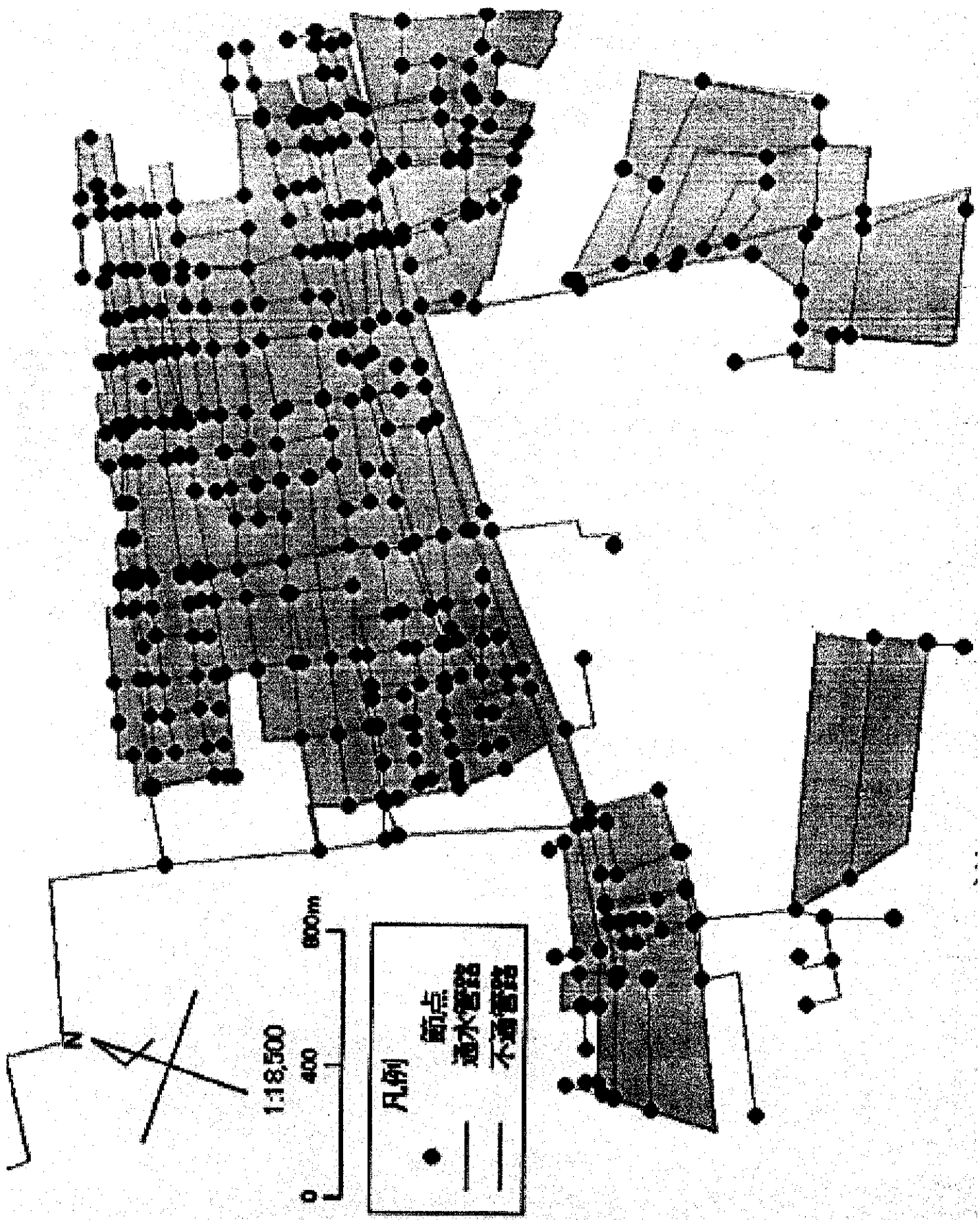


图3.36 1月17日~2月14日通水区域(上流側復旧)

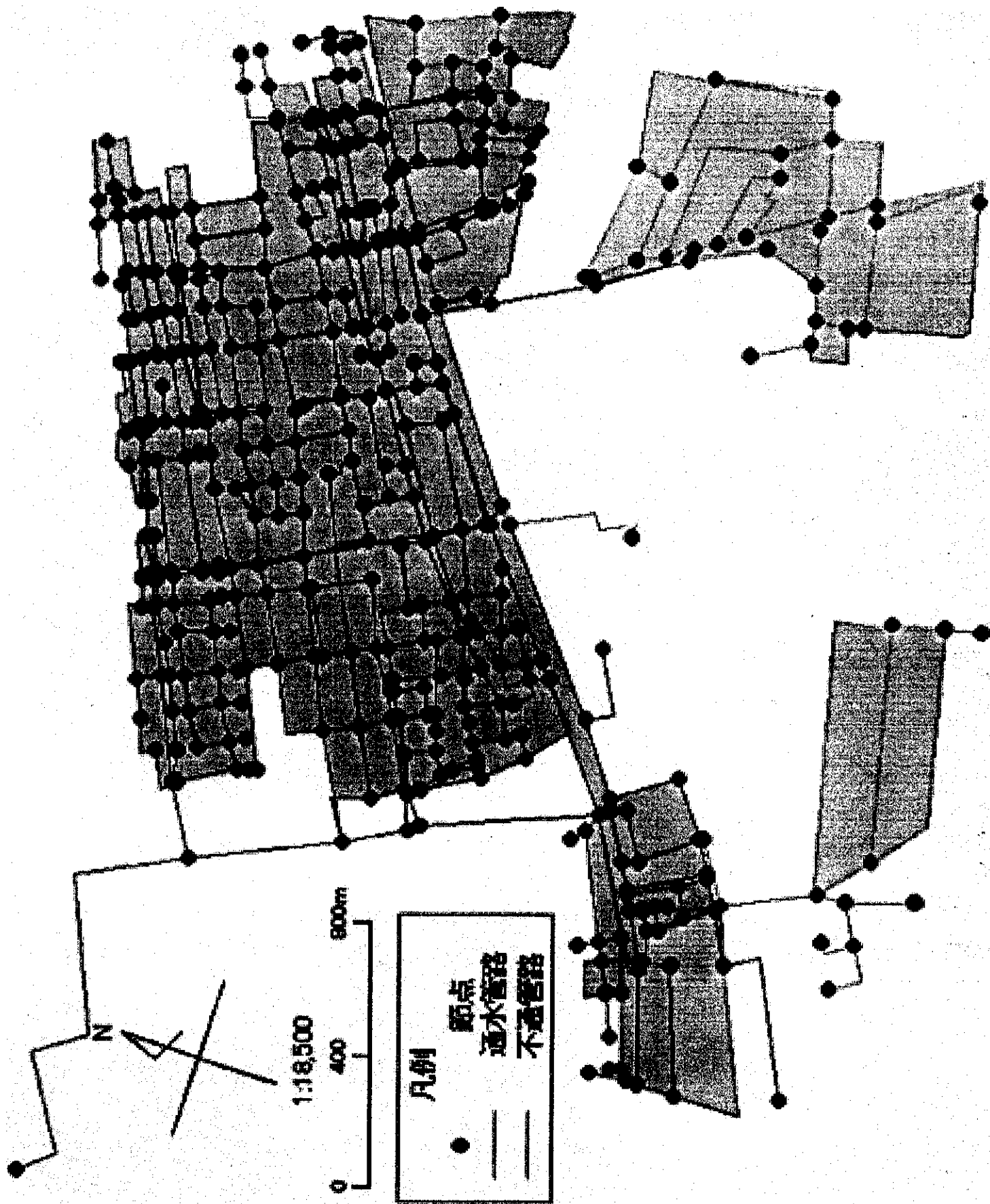


图3.37 2月21日通水区域(上流侧复旧)

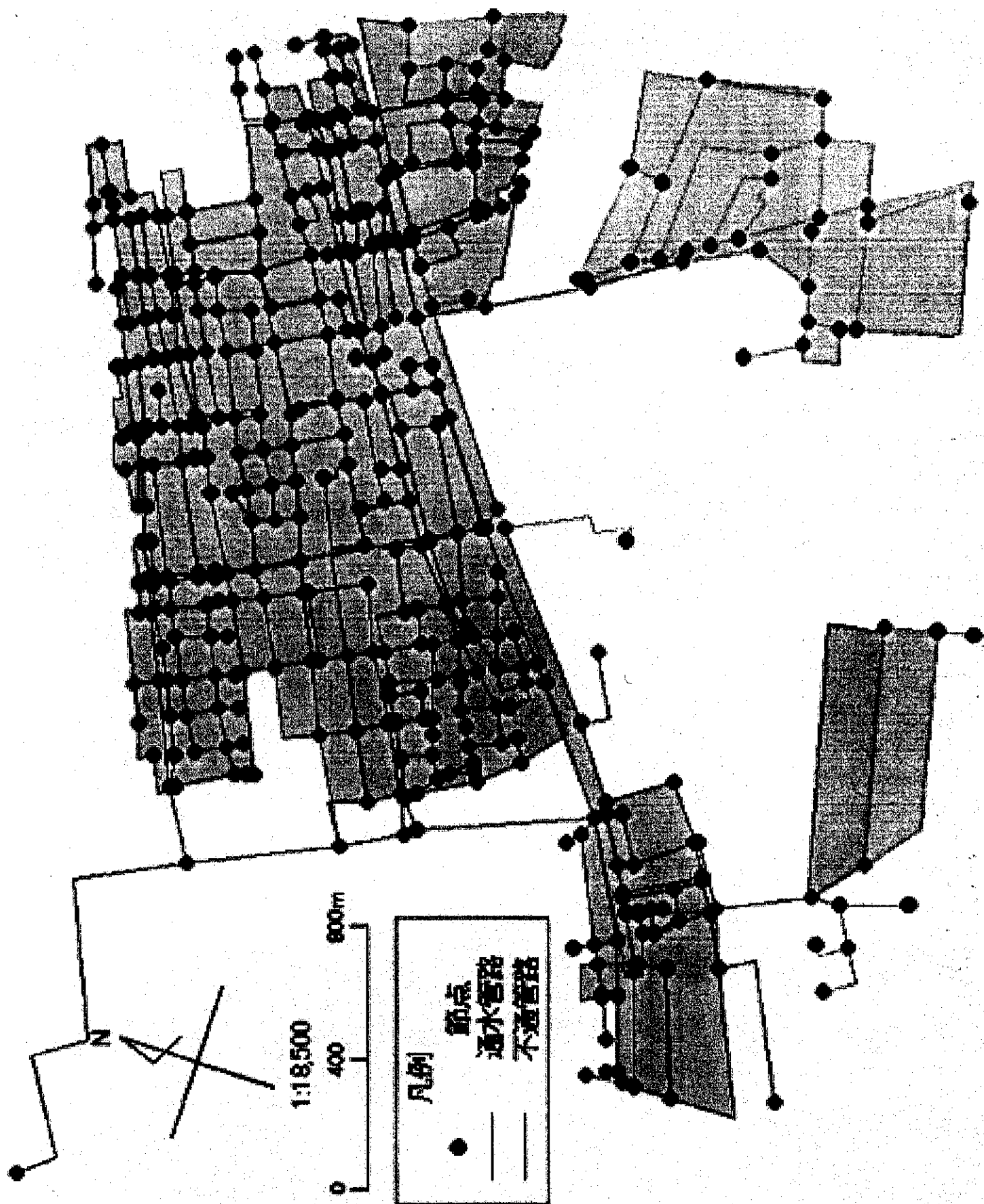


图3.38 2月28日通水区域(上流侧复旧)

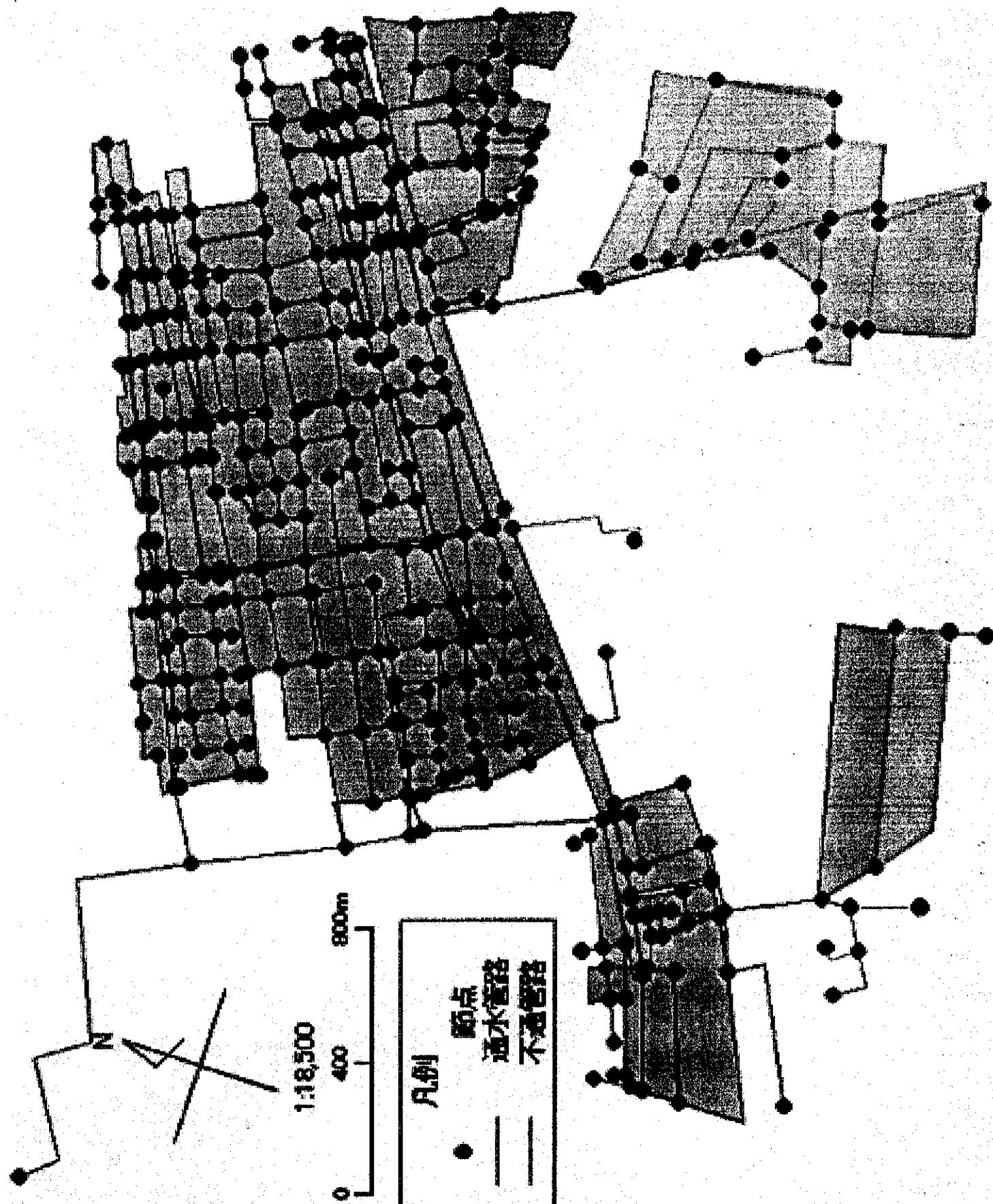


图3.39 3月7日通水区域(上流侧复旧)

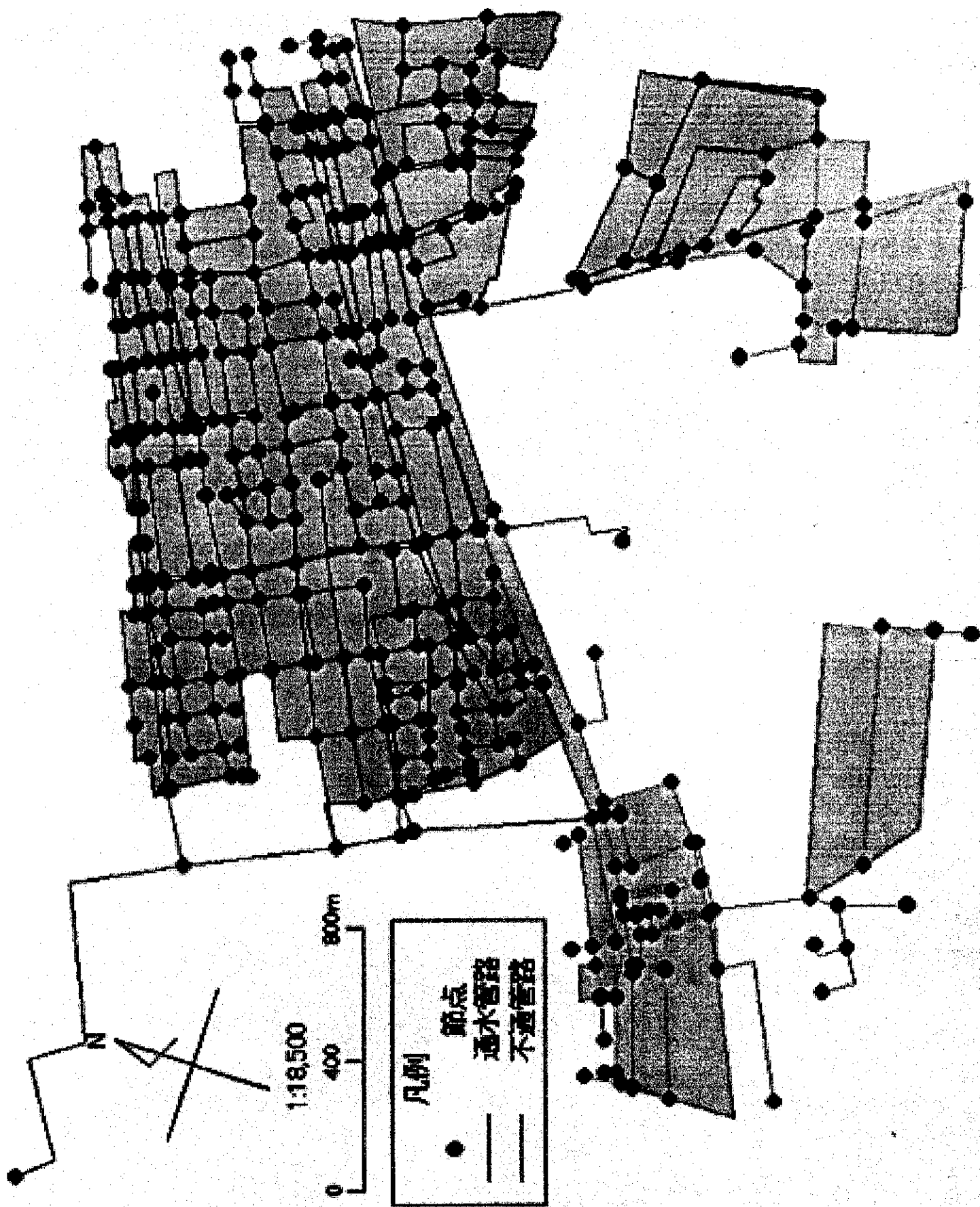


图3.40 3月14日通水区域(上流侧复旧)

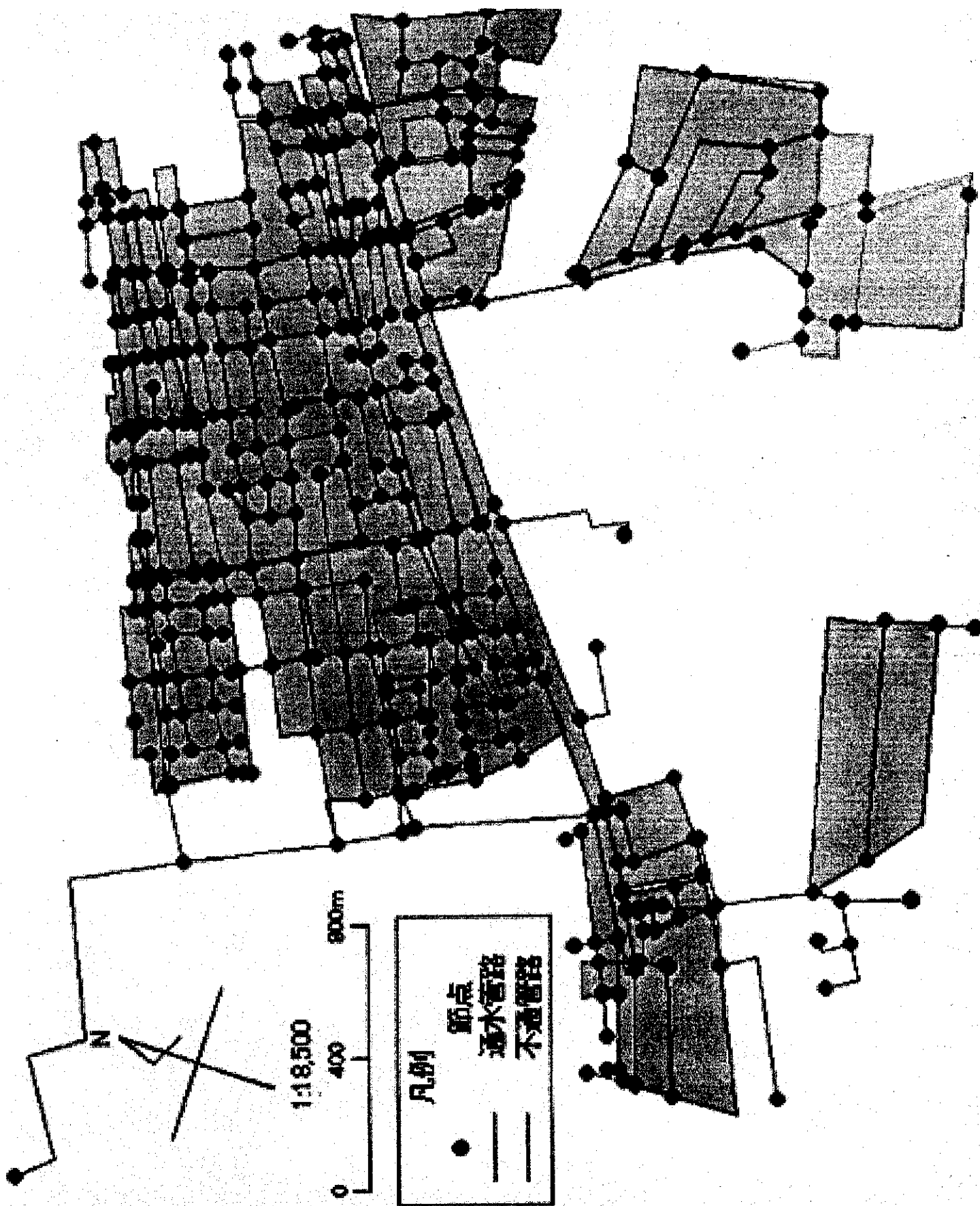


图3.41 3月21日通水区域(上流側復旧)

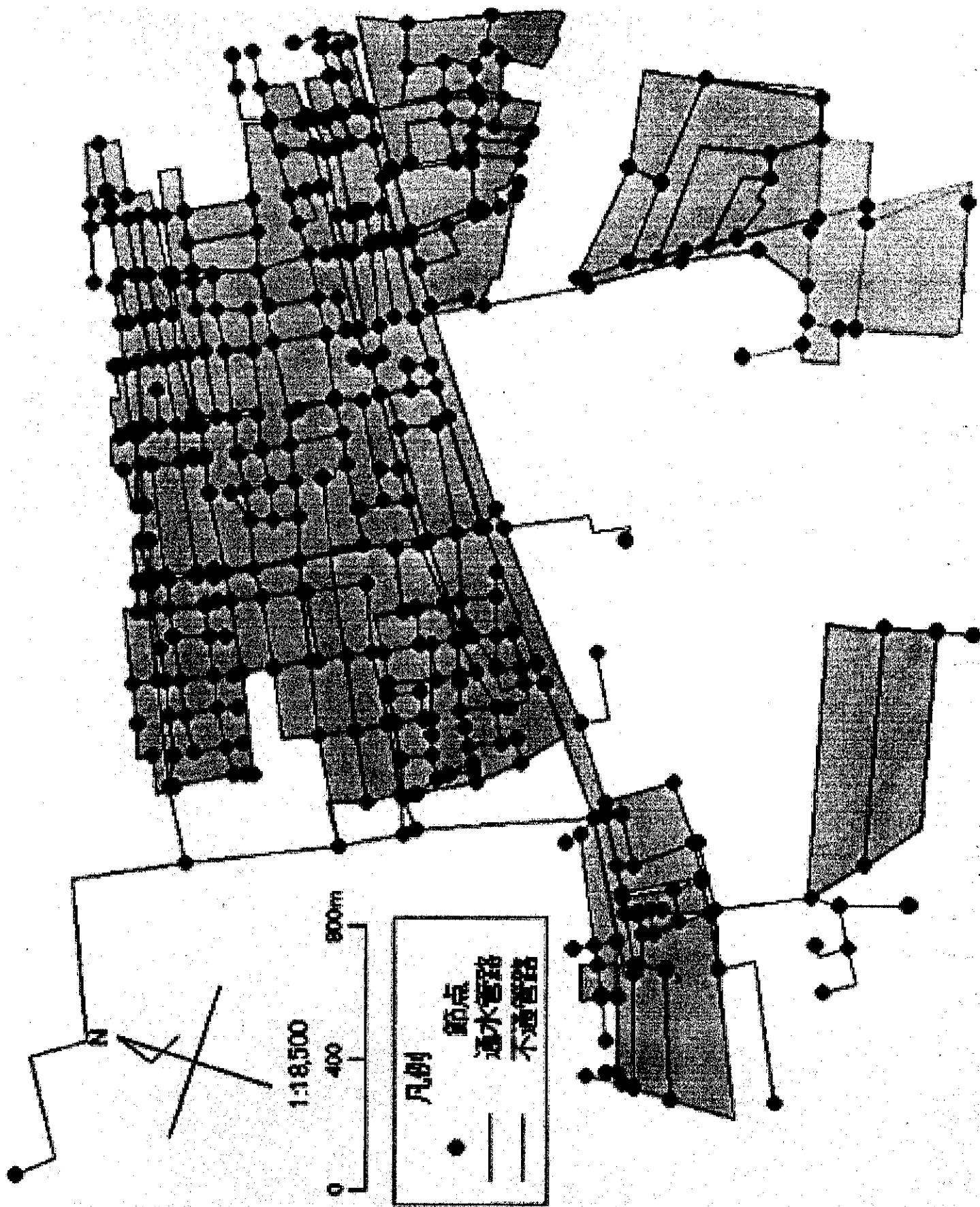


图3.42 3月28日通水区域(上流侧复旧)

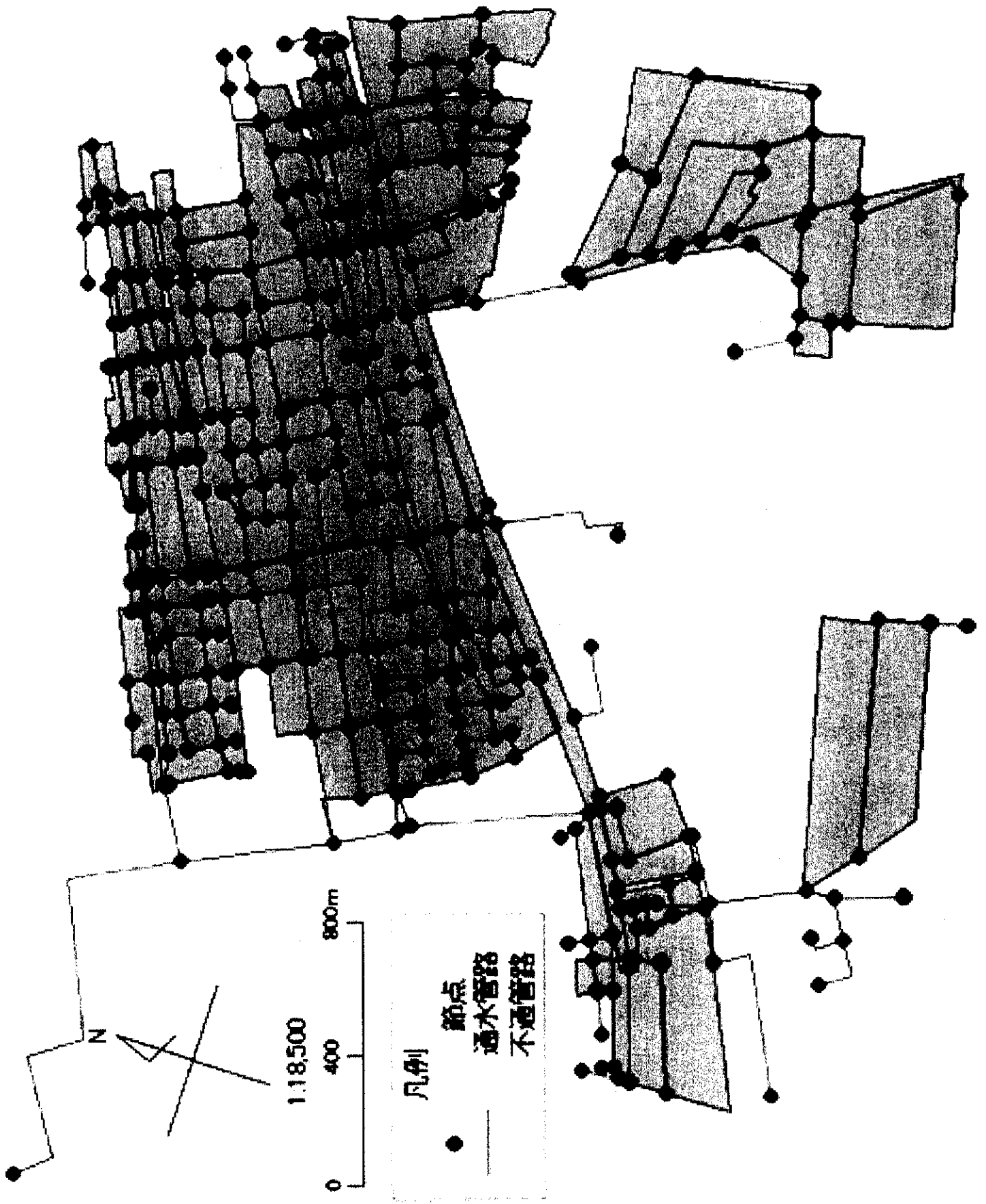
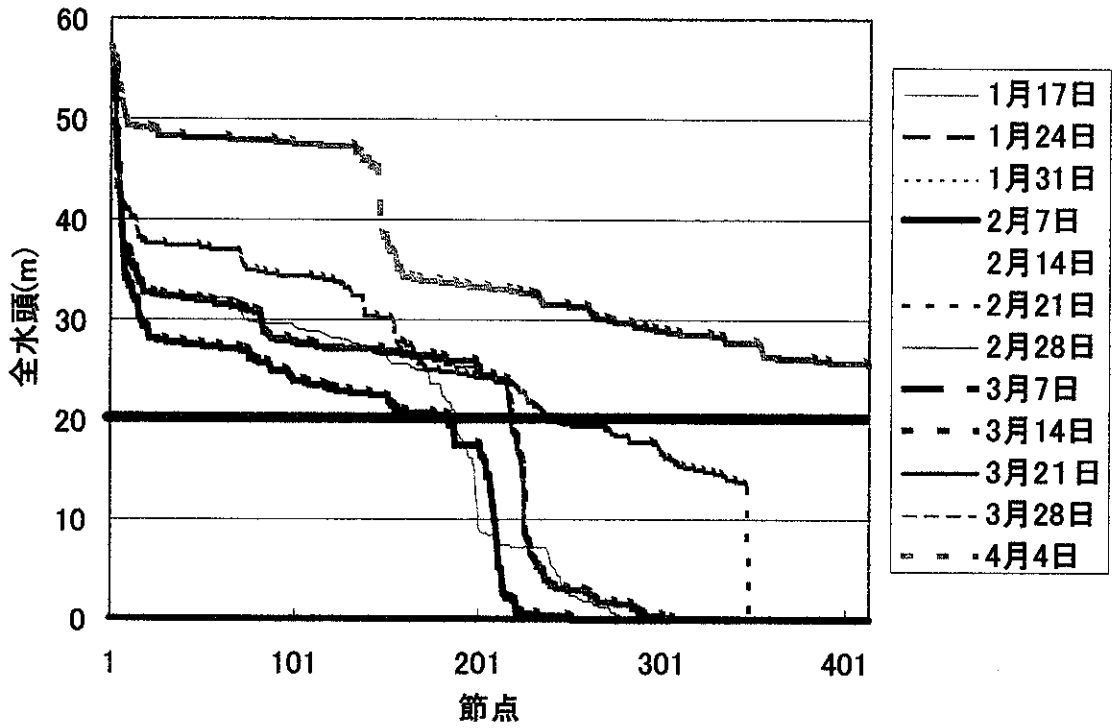
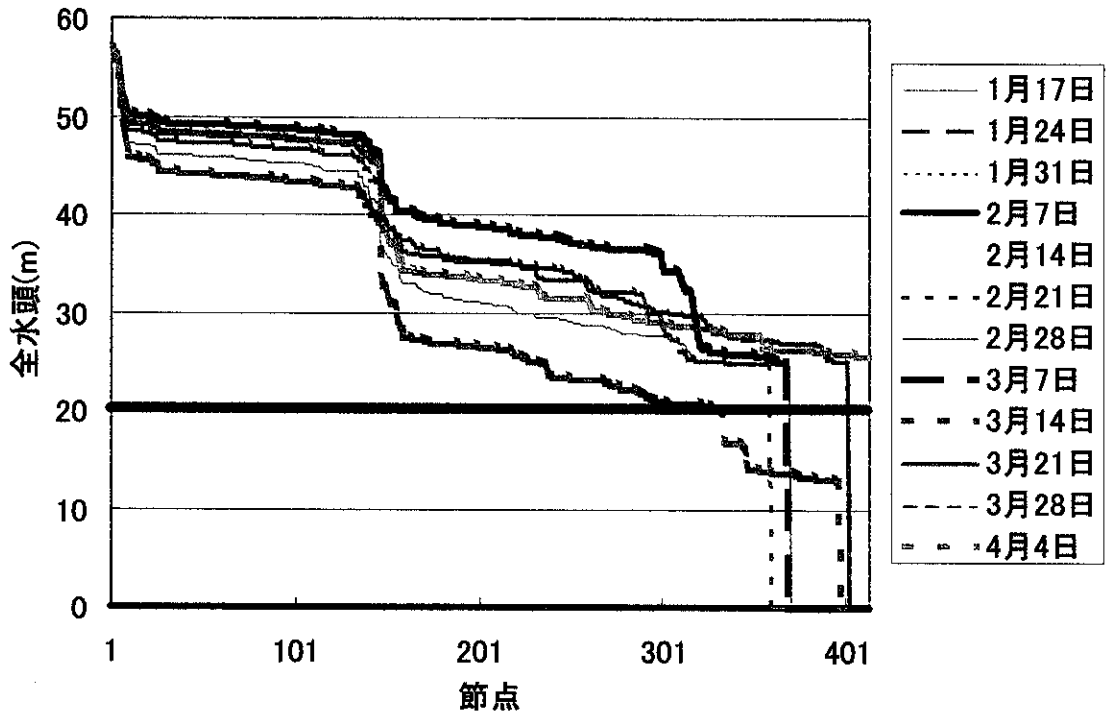


图3.43 4月4日通水区域(上流侧复旧)



(a)実際の復旧プロセスによる



(b)上流側からの復旧プロセスによる

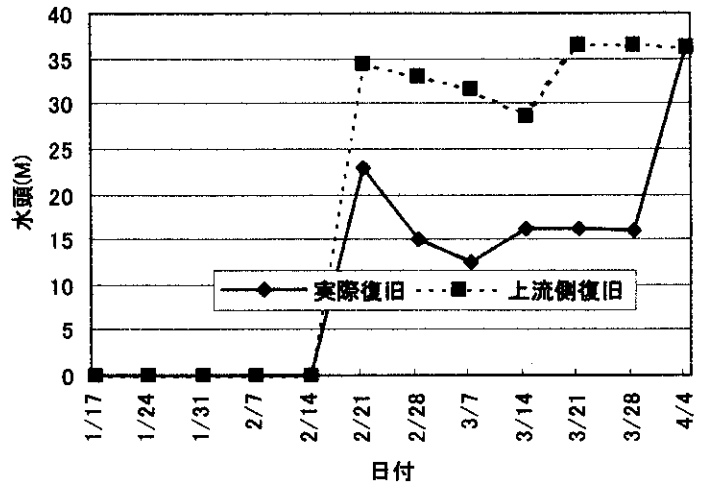
図 3.44 水頭変化

(3)管網解析による通水プロセス解析

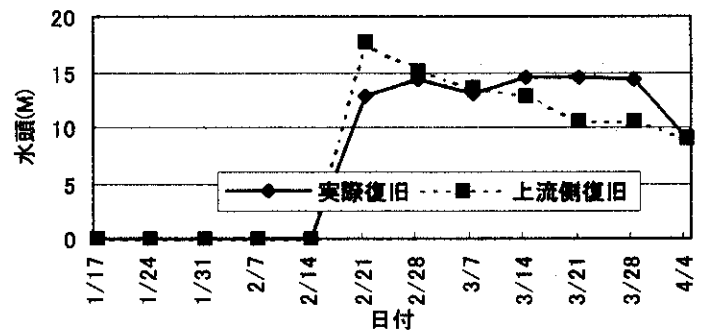
本研究では2種類の物理被害復旧プロセスに対して通水状況を検討するための管網解析を実施した。1つは表3.1に示す地震発生後からの日数経過に伴う実際の復旧工事の状態に対応して被害管路を特定し、その期日における配水池流量を与えることによって各節点位置での水頭計算を実施した。全水頭が20m以下の場合には不通水と判断した。各日時の被災状況とそれに対応した管路解析の実施から得られた不通水地域を図3.6～図3.24に示している。また、2つ目には上流側から復旧するとの原則にしたがって、復旧工事を実施したと仮定した場合の管路網に対して管網解析を実施した場合の結果を図3.25～図3.43に示している。一方、神戸市水道局の発表による東灘第2低層の復旧の期日経過は図3.4に示す通りである。

図-3.4は工事完了の期日であり、工事箇所の修復が通水につながらなかった可能性がある。漏水を防ぐために通水可能箇所ではバルブを締めていたり、水供給が優先される施設への供給を考慮して復旧したこと、などが理由として考えられる。

図-3.44は実際の工事箇所に即して管路の復旧を行った場合の通水節点状況および効率が良いと考えられる配水池に近い上流側からの復旧における各節点の水頭を比較



(a) 平均



(b)標準偏差

図 3.45 全水頭の変化

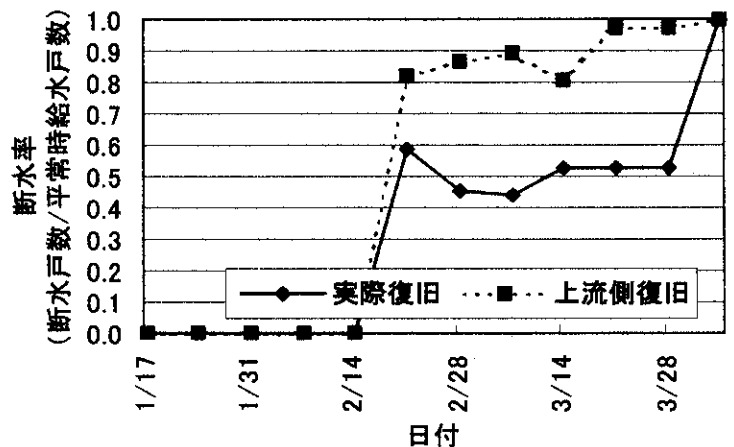


図-3.46 供給区域変化

してみたものである。実際の被害を与えたものは、徐々に水頭が回復して行き、最終的な被害箇所を修復した時点で一気に供給が回復することが知られる。

実際の被害の結果と後者の場合を比較してみると、上流側からの場合は2つある人工島を後回しにし、管径の大きな管から修復していく。そのことにより最初に供給可能地域が急速に広がり、後は徐々に供給がなされていない区域が減っていく結果になっている。図-3.45(a)は各期日における全水頭の平均で、図-3.45(b)は標準偏差である。これら2つのデータを見る限りでは平均水頭は上流側復旧の方が大きいため優れているように見られる。図-3.44(b)から分かるように、上流側復旧では、必要水頭があるところとないところがはっきりしており、図-3.46を見ても必要水頭が存在する節点数は常に上流側復旧の方が多い。水頭が僅かに存在しても、一定以上の値を保たなければ、供給がなされないため、全く水頭がない部分が存在することは漏水を防ぐためにも寧ろ好ましいとも考えられる。

4. 配水システム特性に関する考察

4.1 被害率と断水率の関係

図-4.1には被害率と断水率の関係を示した。本図は所定の被害率になるように東灘第2低層の配水管網に乱数によって被災箇所を与え、そのもとで管網解析を行って、非通水となる節点の割合を断水率と見なして両者の関係を見たものである。一方、図中の実線は兵庫県南部地震時における各水道事業体における被害率と断水率の関係を川上⁵⁾がプロットしたものであるが、本管網解析の結果と良い相関を示している。他の配水管網についても同様の解析を行って、図4.1の一般性を確認する必要があるが、水張りをして漏水を確認しながら通水を再開するという復旧プロセスを考えると物理的被害率を与えると概略的にはシステムによらず断水率が決まってくる可能性もある。

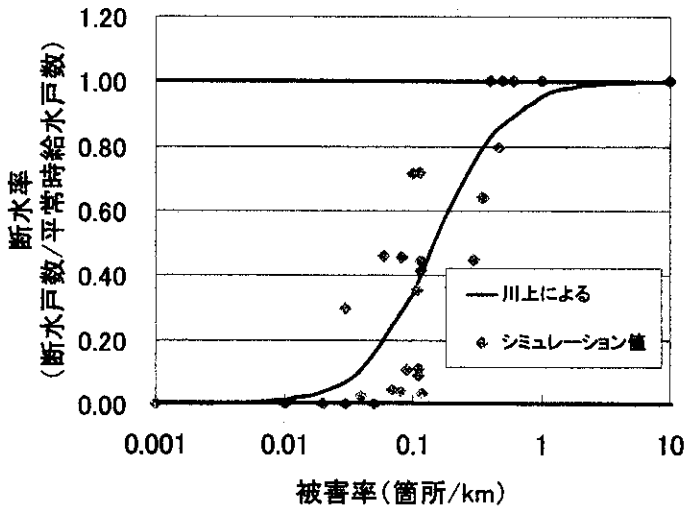
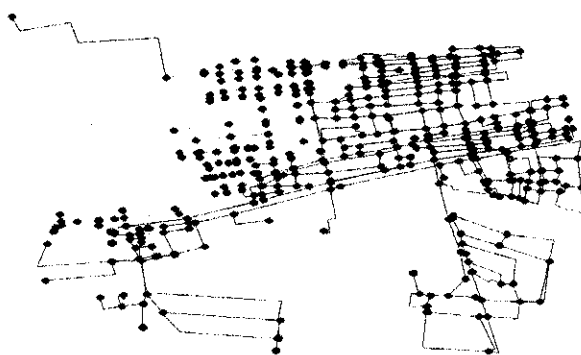


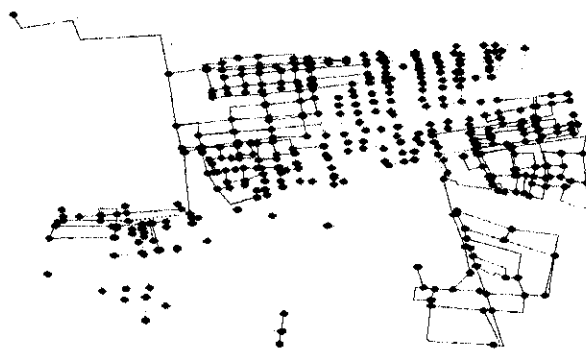
図-4.1 被害率と断水率の関係

4.2 管路被災位置と断水率の関係

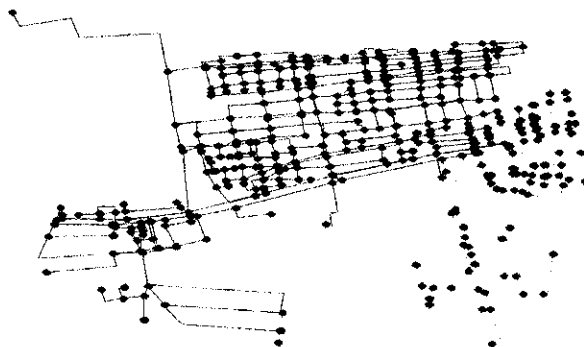
東灘第2低層配水区において配水池からの距離が図-4.2に見られるように1000m～2000m, 2000m～3000m, 3000m～4000mの3区間に分け, それぞれに0.2(箇所/km), 0.4(箇所/km), 0.6(箇所/km)の被害を乱数を発生させて与え, それぞれの状態に対して管網解析を実施してその各節点の水頭を図-4.3で比較した. ただし, 0.2(箇所/km)のときを小, 0.4(箇所/km)を中, 0.6(箇所/km)を大と表記している.



(a) 区間 a

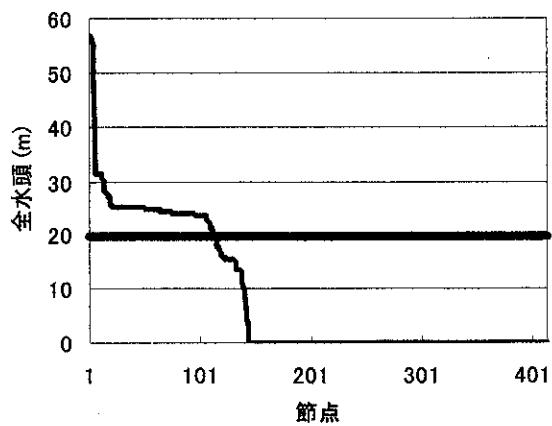


(b) 区間 b

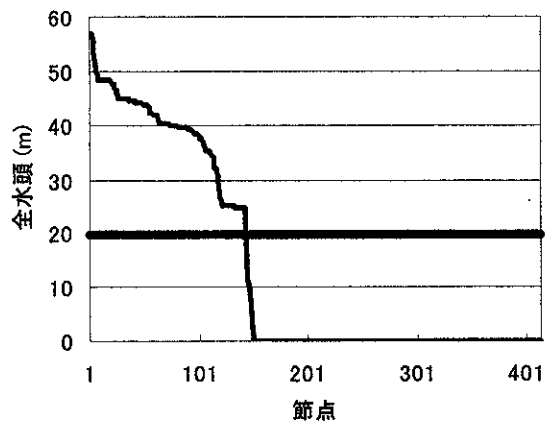


(c) 区間 c

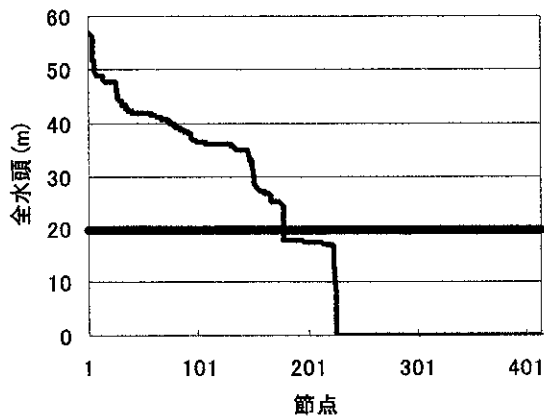
図 4.2 区域分類



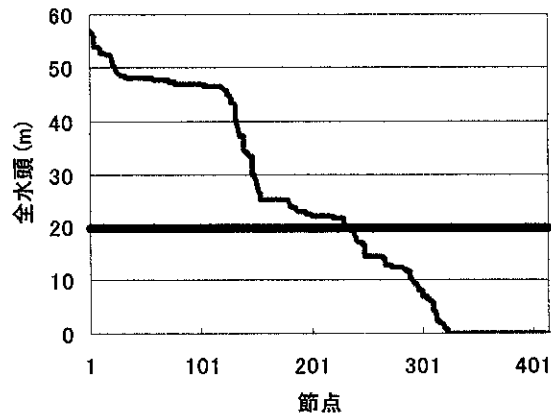
(a) a 大 b 中 c 小



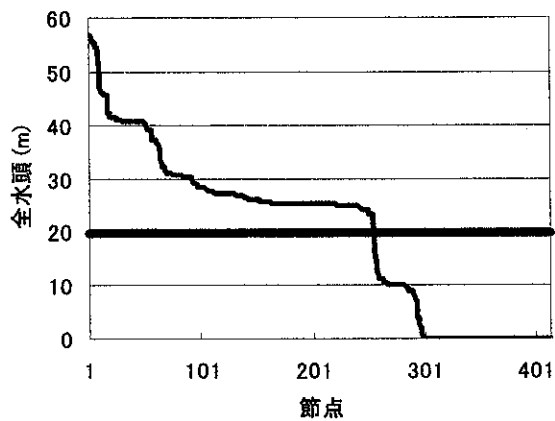
(b) a 大 b 小 c 中



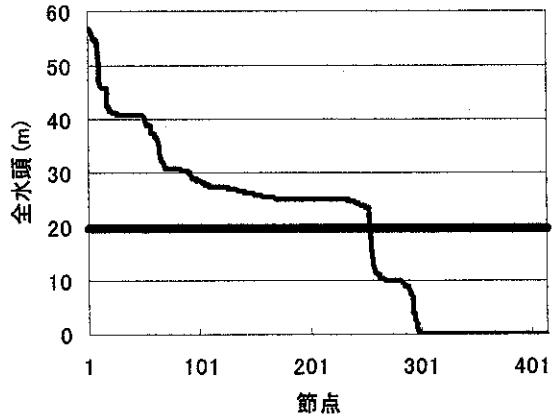
(c) a 中 b 大 c 小



(d) a 中 b 小 c 大



(e) a 小 b 大 c 中



(f) a 小 b 中 c 大

图-4.3 全水頭

図-4.3に見られるように通水特性は a の区間の被害率に左右されるところが大きい。1000m, 2000m, 3000m と区間を単純に区切ったことから区間別の総管路長が区間 a,b,c についてそれぞれ 56069.8m, 146758.5m, 153908.6m となっている。そのため、同じ被害率では被害数は区間 a が最も小さくなる。それにも関わらず区間 a の被害率が大きく寄与することから、詳細には被害箇所と配水池との位置関係の影響が大きいことが分かる。このことから、配水池に近い管路すなわち管径の大きな管ほど耐震性の高いものが要求される。

区間 a, b, c の被害特性値 I

を

$$I = \sum_{i=1}^3 \frac{r_i}{R_i} \quad (4.1)$$

r_i : 被害率

R_i : 距離

i : 区間番号

と定義すると図-4.4のように被害率と断水率に重みづけをした特性値の間に良い相関がみられる。すなわち、配水池近くに高い被害率で管路が被災した場合にはその配水区の断水率が高くなると云える。

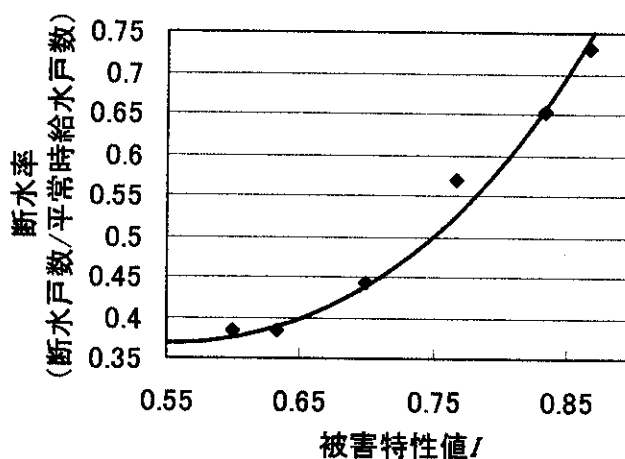


図-4.4 被害特性値と断水率の関係

5 まとめ

本文では阪神・淡路大震災でもっとも被害の大きかった配水区である東灘第2低層を対象に管網解析を実施して、各節点の水頭から通水範囲の判定を行った。本文で得られた成果は以下のようなものである。

- 実際の管路被害の復旧工事の過程に応じて、管網解析によって通水区域の判定を行った。ある区域における実際の通水開始期日は必ずしも明確でないため、解析の妥当性の検討は困難であるが、配水システムに弱体管路が存在する場合など、地震時管路被害による断水区域を予測するのに有用な手法である。
- 効率の良い復旧をした場合、より広い範囲に早くから供給が回復し、なおかつ水頭の差が大きいため、供給が回復していない区域での漏水が防げる。
- 被害箇所数が等しくても、復旧順序によって断水率の推移が大きく変わってくるということが知られた。復旧順序は早期の断水解消の重要な要因となっている。
- 管路被害箇所の配水池からの距離が配水システム全体の供給可能区域の復旧過程

に大きく寄与している。しかし、全体的には被害率と断水率には一定の傾向が見受けられる。

- 重みづけをした被害率から断水率を推定することができ、配水池からの距離が短いほど影響が大きくなることが知られた。管網システムを構築する際の耐震化の指針にすることが可能である。

参考文献

- 1) 神戸市水道局:阪神・淡路大震災, 水道復旧の記録, 1996.2.
- 2) 社団法人日本水道協会:1995 年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析, pp.76-116, 1996.5.
- 3) 高桑哲夫:配水管網解析の基礎と応用, 財団法人水道管路技術センター, 1992.6..
- 4) 松下眞, 橋上重弘, 小西亮:阪神・淡路大震災における復旧過程の分析とその短縮方策の検討, ダクタイト鉄管, 1999.11
- 5) 川上英二:地震対策を考える, 水道公論, pp.28-39, 1997.10

運搬労力を考慮した応急復旧対策
に関する基礎研究

—住民を中心とした応急給水復旧対策の評価法—

平成12年3月

鳥取大学工学部

細井 由彦

1. 研究の全体概要

住民を中心においた水道の地震対策を図-1に示すような枠組みで検討を進める。応急的な給水、復旧対策と恒久的な対策により応急給水環境が整えられる。この環境の下で都市の特性に対応した応急給水の負担を住民が負うことになる。いかなる対策を行うかの決定に当たっては、都市構造により発生する状況と、考えられる住民の負担を予測するとともに、住民の災害に対する認識や対策の要求水準を考慮することが多かれ少なかれ行われると考えられる。すなわちライフスタイル等に関連する住民の要求水量や応急給水環境に関するミクロな視点による検討と、都市構造やライフスタイル、住民マインドに関連するマクロな視点の双方からの検討が必要であろう。

地震対策の効果を考えるためには、住民にもたらされる水利用環境を予測し、それを住民がどのように評価するかを予測することが重要である。応急給水環境を予測するために図-2に示すようなシミュレーションモデルを作成した。

本シミュレーションモデルでは応急給水環境下での住民行動を水獲得のために要する費用と、それにより得られる効用を比較する効用最大化モデルによりモデル化した。そして地震対策の効果を住民の満足度を定義して評価することを試みた。図-3は応急給水と利用者の満足度の関係を示している。実際は Q_0 の水量が使いたい、給水拠点から水を運ぶ労力や、そのために消費する時間などの応急給水環境を考えるならば、 Q_1 の水量で我慢をしようとする。実際に給水拠点に行ってみると、給水車が来る回数が少なかったり、給水を受けるのに時間がかかったために Q_2 の水量しか得られなかったとする。 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 の水量で得られる効用をそれぞれ U_0 、 U_1 、 U_2 とすると、 U_1/U_0 は給水環境に対する満足度を示し、 U_2/U_1 は給水方法に対する満足度を示している。そして応急給水に関する満足度はこの2つの満足度の積で表すことができるとした。

2. 本年度の内容

対策に要する費用と効果をより具体的に検討するために応急給水によって得られる住民便益について考えた。表-1に整理したように、応急給水により住民は生活用水を、都市施設はその活動用水を得ることができる。地震対策を行うことにより給水環境が整えられればそれだけ用水を獲得することによる便益は増大する。事業者にとっては応急給水費用の低減を図ることができるとともに、破損が少なくなれば復旧工事費用の削減につながる。費用面の計算は比較的行いやすいが、住民に及ぼす影響については、その計量化法が明確に示されていないわけではない。本研究で

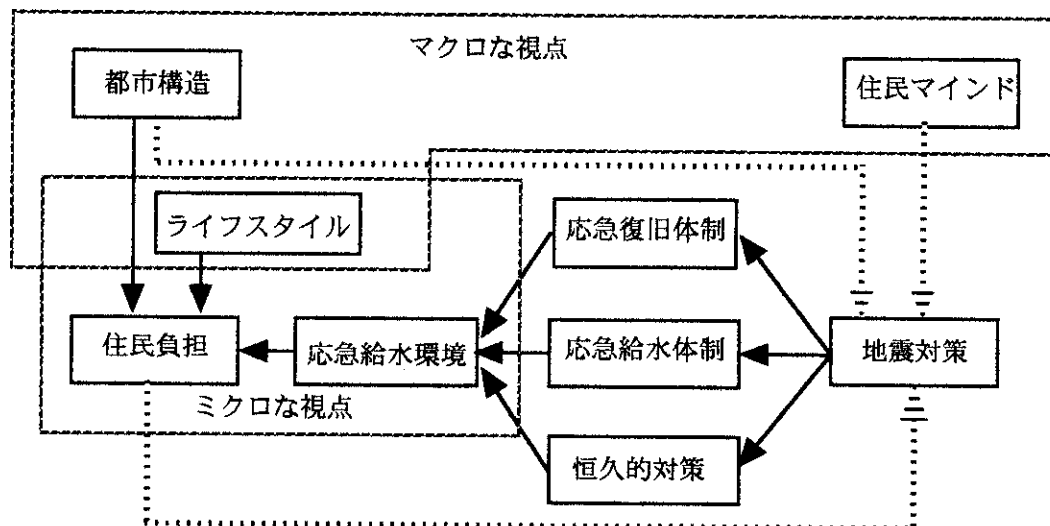


図-1 水道の地震対策と住民との関係

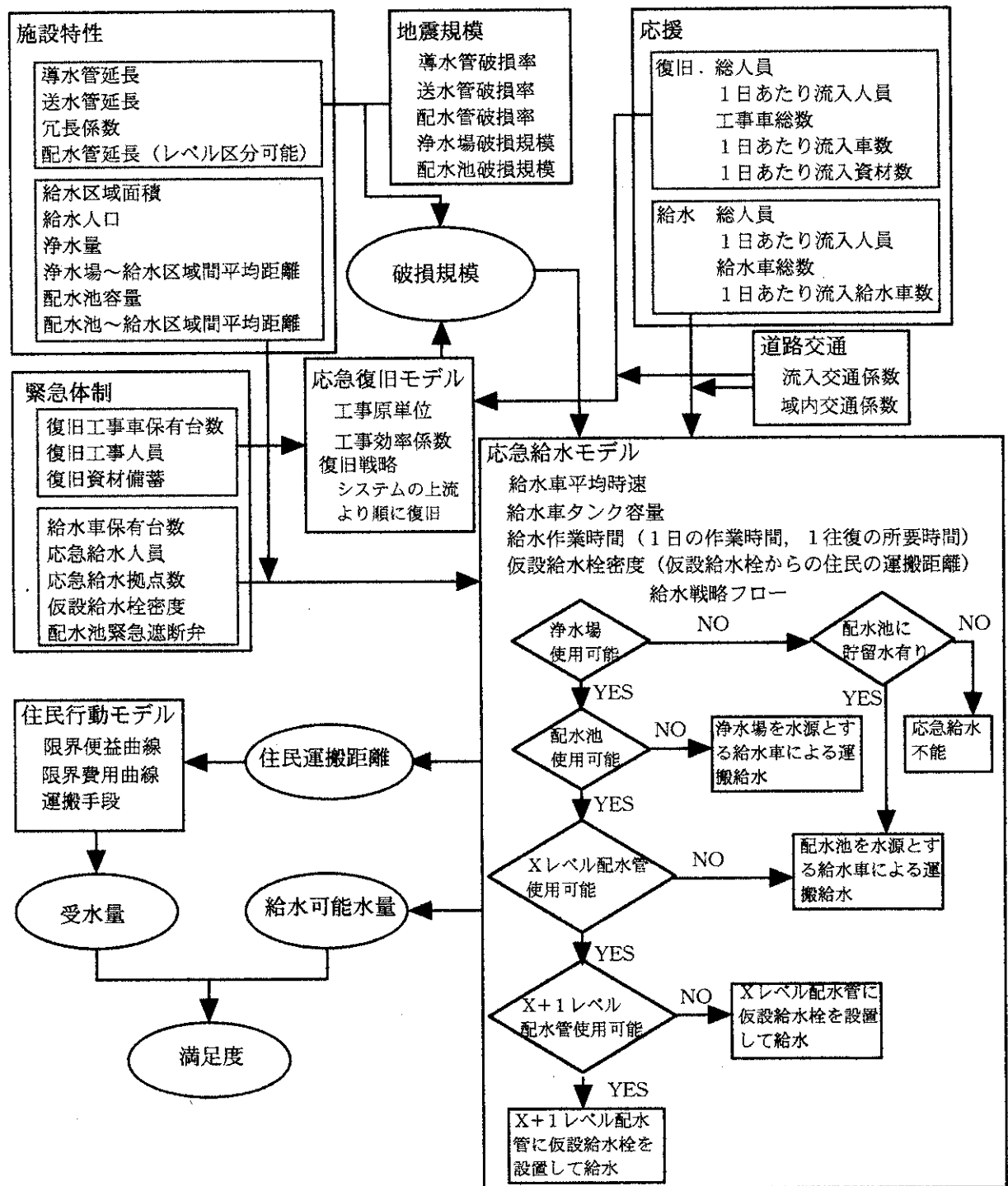


図-2 シミュレーションモデルの概要

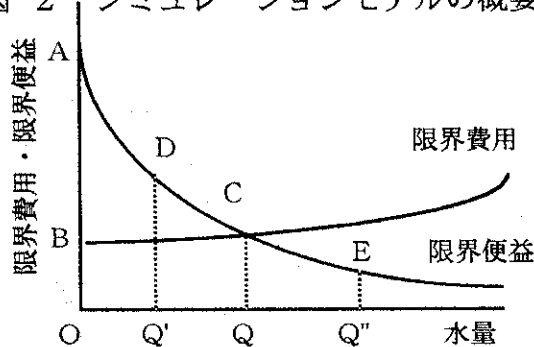


図-3 獲得する水量と費用，便益の関係