

4. 液状化被害の程度と道路諸条件，地盤条件との相関整理

4.1 整理結果

液状化被災箇所と道路状況および地盤状況との相関関係の整理を行った。整理にあたり，路線を100mごとに分割し，分割した路線ごとに被害，道路状況，地盤状況の整理を行った。整理結果は，巻末資料2「液状化被害の程度，道路諸条件，地盤条件の整理結果」に示す。

4.2 相関分析結果・考察

4.1の結果から液状化被害と各種パラメータとの相関図を作成した。なお，以降の液状化層厚・非液状化層厚のグラフには石原が「地震による地盤災害に関するゾーニングマニュアル¹⁷⁾」において提案している液状化層厚・非液状化層厚による液状化発生の評価の方法(最大加速度200gal, 300gal, 400-500gal)を合わせて掲載した。

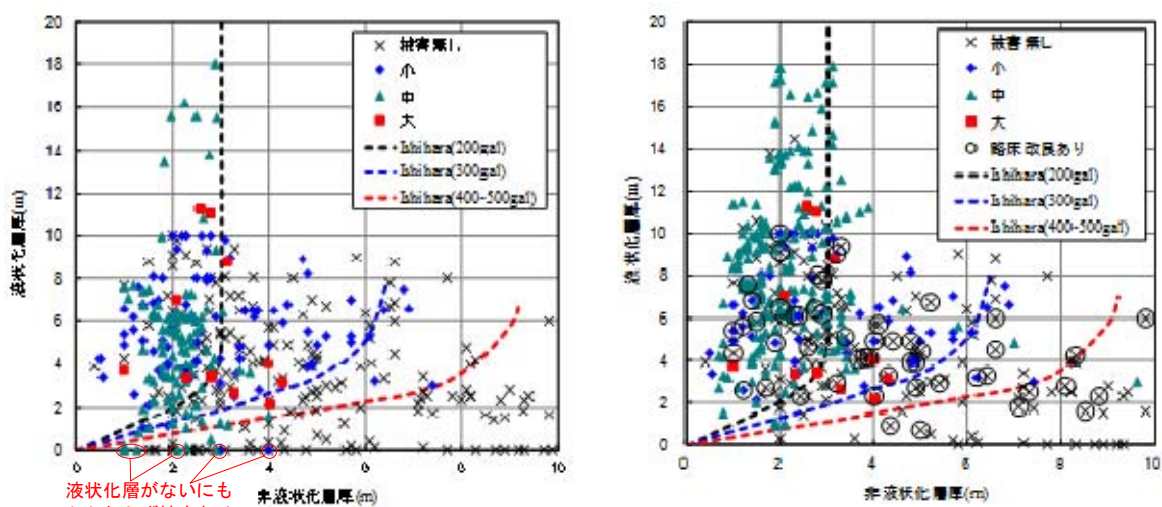
以下に相関図から得られた知見を示す。

4.2.1 香取市のシルト層の取り扱いについて

建築基礎構造設計指針³⁾によると，「埋立地盤など人口造成地盤では，細粒分含有率が35%以上の低塑性シルト，液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので，粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が10%以下，または塑性指数が15%以下の埋立あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。」となっていることから，シルト層については，原則，液状化判定対象とした。

特に土質試験結果の詳細が不明であり，地表面付近でもシルト層が厚く分布する場所がある香取市での検討では，シルト層の液状化判定に及ぼす影響を確認するために，シルト層を液状化判定対象外とした場合の検討も行った。以下に，シルト層を液状化判定対象とした場合と液状化判定対象外とした場合の比較図を図4.2-1及び図4.2-2に示す。

シルト層を液状化判定対象外とした場合は，液状化層がない(液状化層厚0m)にもかかわらず被害が生じているが，シルト層を液状化判定対象とした場合そのような状況はみられない。このため，シルト層を液状化判定対象とする方が，被害の実態に整合していると判断した。

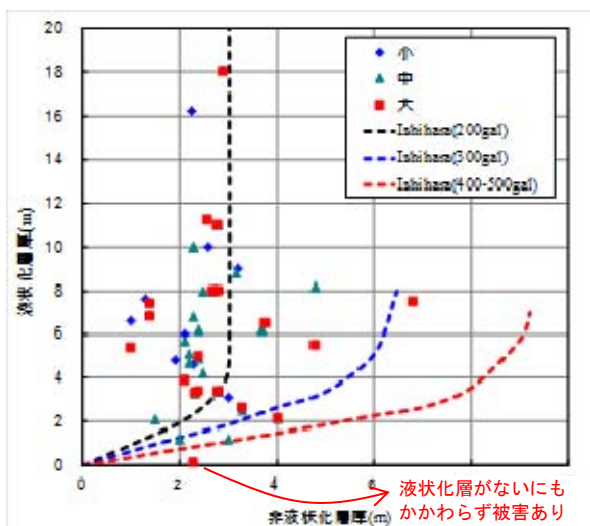


(a) 香取市のシルト層を液状化判定対象外とした場合 (b) 香取市のシルト層を液状化判定対象とした場合

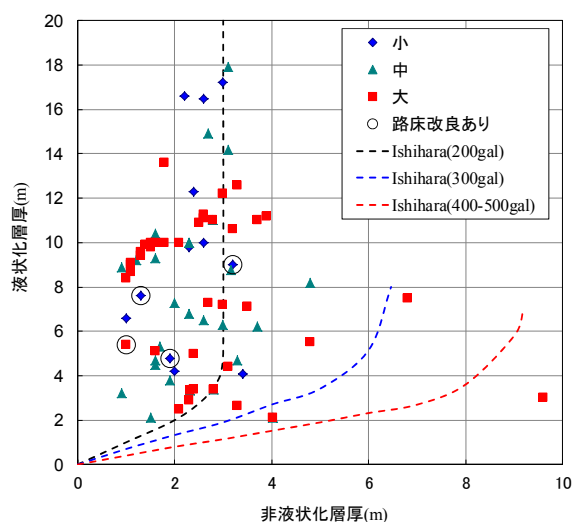
※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

図4.2-1 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係

(香取市のシルト層の取扱方法による比較，交通機能に着目した被害ランクで整理)



(a) 香取市のシルト層を液状化判定対象外とした場合



(b) 香取市のシルト層を液状化判定対象とした場合

※小：鉛直変位0～5cm，中：鉛直変位5～10cm，大：鉛直変位10cm以上

図 4.2-2 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係
(香取市のシルト層の取扱方法による比較，構造的な変形に着目した被害ランクで整理)

4.2.2 液状化層厚・非液状化層厚

液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係を交通機能に着目した被害ランクで整理すると図 4.2-3，構造的な変形に着目した被害ランクで整理すると図 4.2-4 のとおりとなる。これによると，非液状化層厚が概ね 3m 以上になると，液状化被害ランク「小」に対する「中」および「大」の発生の比率が減少する傾向がみられる。

また，これらの図を地区毎にみると，地震動の最大加速度が大きい地区ほど，液状化による被害が大きくなる傾向が見られる。

4.2.3 液状化層厚・舗装厚

液状化被害の程度と，舗装厚・液状化層厚との関係を，交通機能に着目した被害ランクで整理すると，図 4.2-5 のとおりとなる。今回の調査結果では，舗装厚が 0.6m 以上で被害ランク「大」，0.8m 以上で被害ランク「中」が生じておらず，舗装厚が 1.2m 以上になると液状化による被害が生じていないことがわかる。

また，構造的な変形に着目した被害ランクで整理した図 4.2-6 によれば，舗装厚が 0.95m 以上では鉛直変位 10cm 以上となる被害ランク「大」が生じておらず，舗装厚が概ね 1.1m 以上で液状化による被害（鉛直変位）が生じていなかった。

また，液状化層厚によらず舗装厚が薄い箇所では被害ランクの高い液状化被害が生じており，道路平面部での液状化被害の程度は，液状化層厚だけでなく舗装厚の影響も受けることがわかる。

以上の結果から，道路平面部における液状化被害を軽微に抑えるためには舗装厚を概ね 0.8m～0.95m 以上，液状化被害を発生させないためには舗装厚を概ね 1.1m～1.2m 以上確保することが必要であることが示唆された。

4.2.4 被害数の整理

図 4.2-7 のとおり被害数と地震動の大きさ（最大加速度）の関係については，路線や自治体

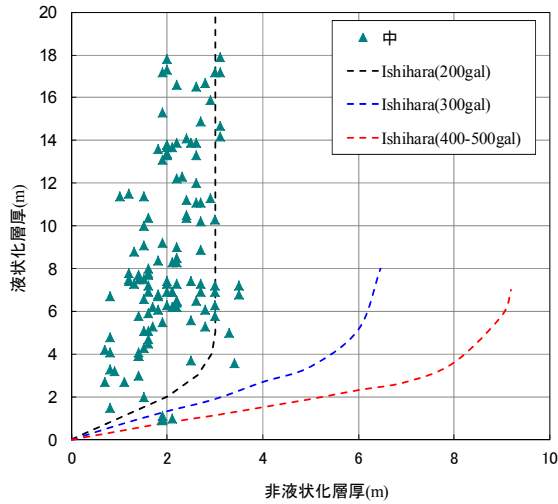
ごとに被害調査の整理結果が異なることから、現状の整理では有意な相関関係は得られなかった。

また、図 4.2-8 のとおり被害数と非液状化層厚との関係については、非液状化層厚が概ね 3m 以上になると、被害数が減少していることがわかる。

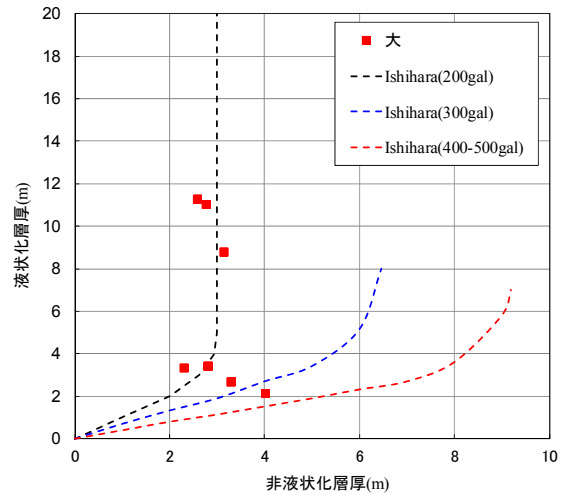
4.2.5 最大鉛直変位と最大加速度・非液状化層厚の関係

図 4.2-9 のとおり地震動の大きさ（最大加速度）と鉛直変位量の関係については、鉛直変位量のバラツキが大きく関係は明確でないものの、おおまかな傾向としては、最大加速度が大きくなる程、鉛直変位も大きくなる傾向が見られる。

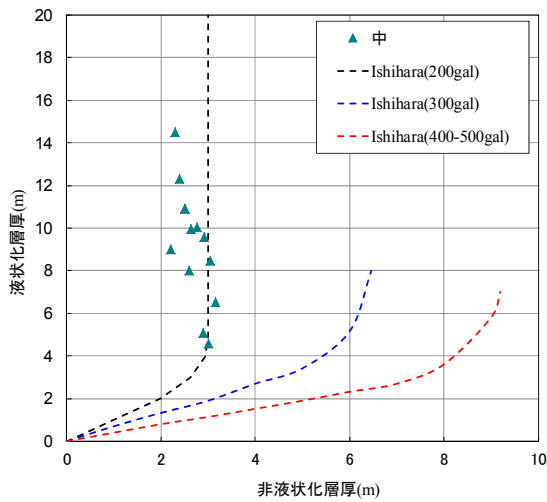
また、図 4.2-10 の非液状化層厚と最大鉛直変位の関係についても、バラツキが大きく関係は明確でないものの、おおまかな傾向としては非液状化層厚が厚くなると、最大鉛直変位は低下する傾向が見られる。



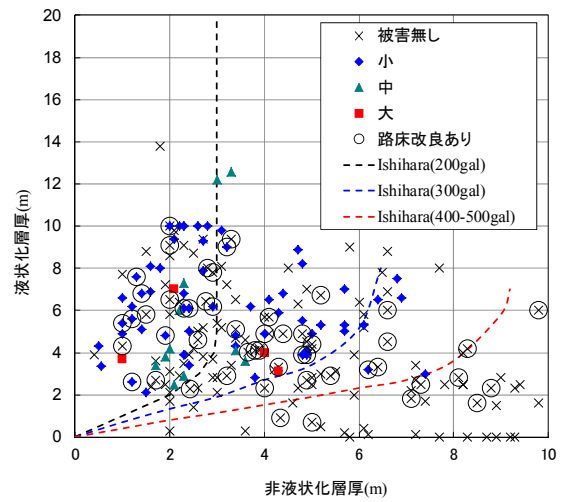
(a) 香取市 (生活道路 最大加速度 250~300gal)



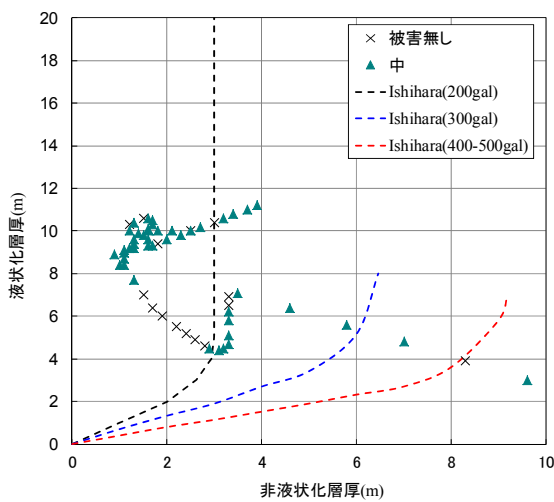
(b) 日立市 (国道 最大加速度 520gal)



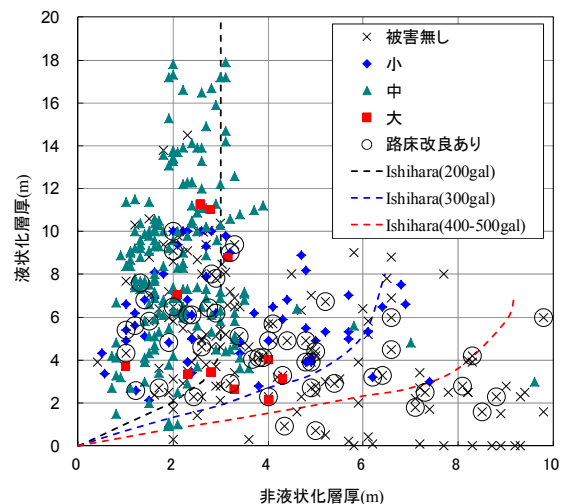
(c) 千葉市 (幹線道路 最大加速度 300gal)



(d) 浦安市 (幹線道路 最大加速度 170gal)



(e) 神栖市 (市道 最大加速度 250gal)

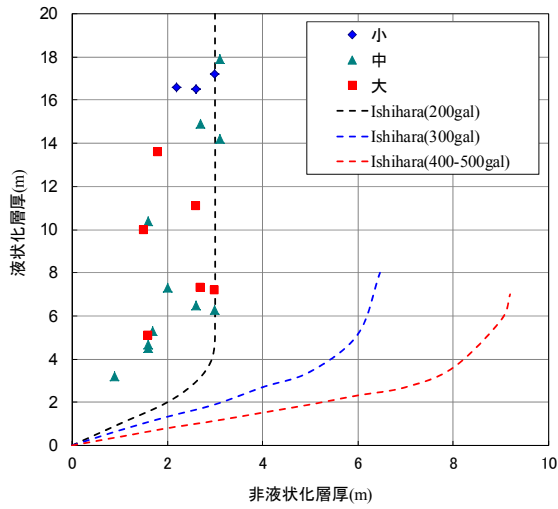


(f) 全地区

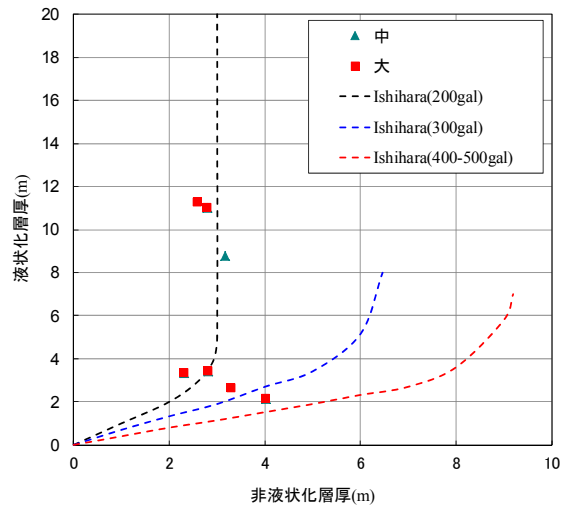
※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

図 4.2-3 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係

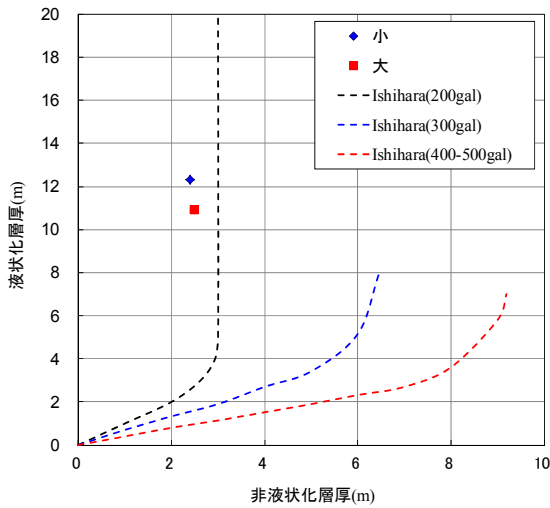
(地区別，交通機能に着目した被害ランクで整理)



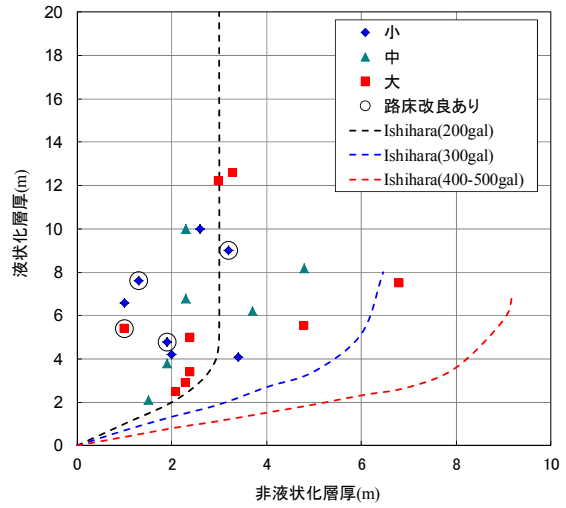
(a) 香取市 (生活道路 最大加速度 250~300gal)



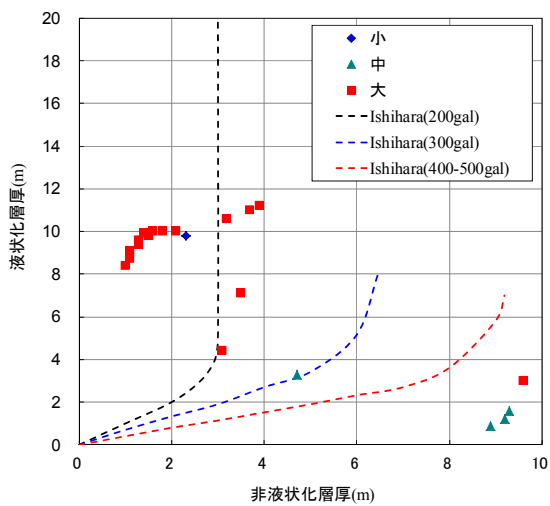
(b) 日立市 (国道 最大加速度 520gal)



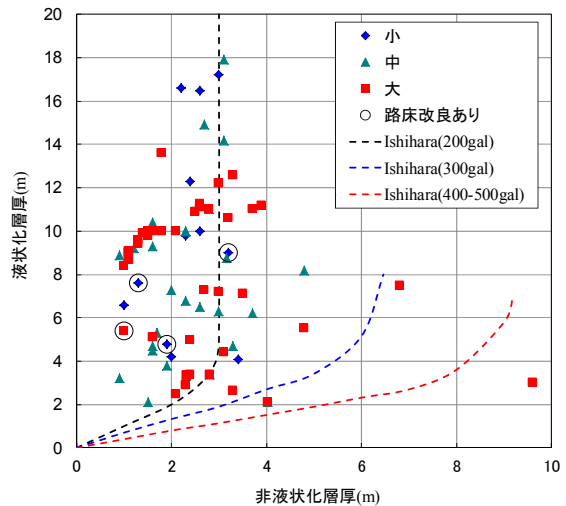
(c) 千葉市 (幹線道路 最大加速度 300gal)



(d) 浦安市 (幹線道路 最大加速度 170gal)



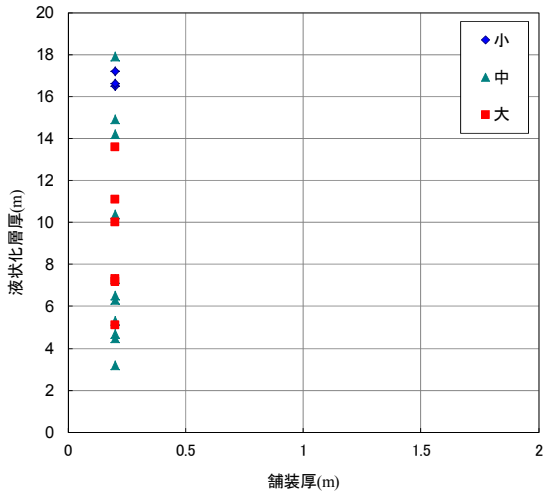
(e) 神栖市 (市道 最大加速度 250gal)



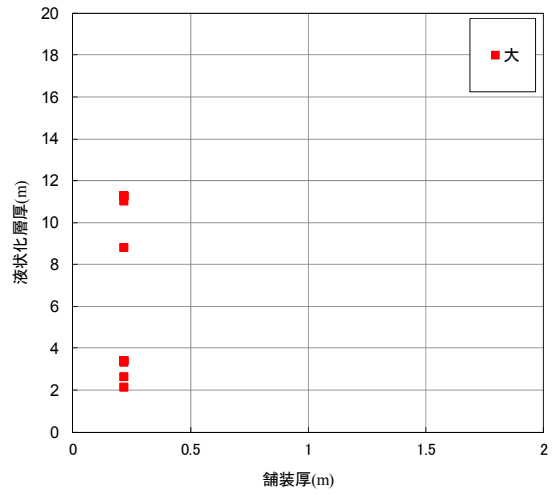
(f) 全地区

※ 小：鉛直変位 0~5cm, 中：鉛直変位 5~10cm, 大：鉛直変位 10cm 以上

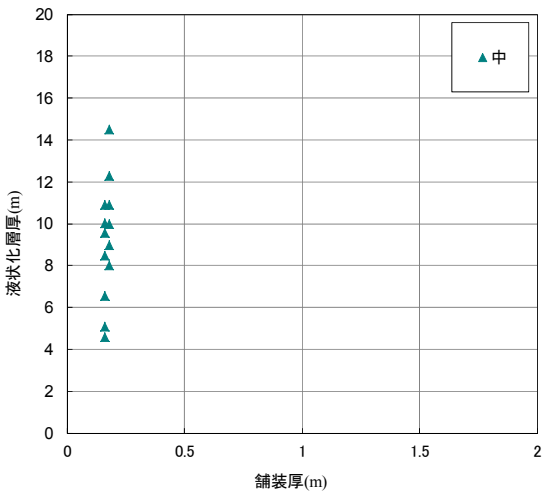
図 4.2-4 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係
(地区別, 構造的な変形に着目した被害ランクで整理)



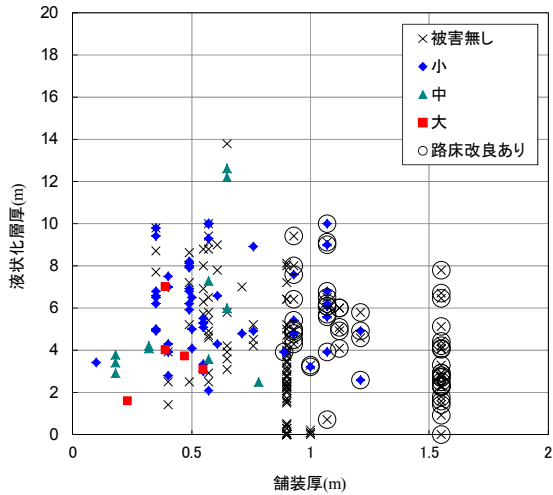
(a) 香取市 (生活道路 最大加速度 250~300gal)



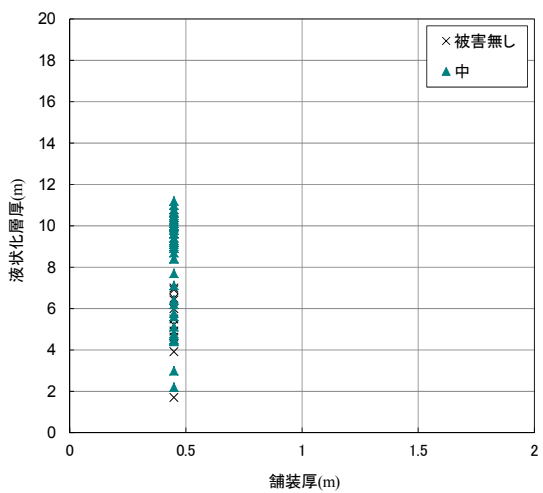
(b) 日立市 (国道 最大加速度 520gal)



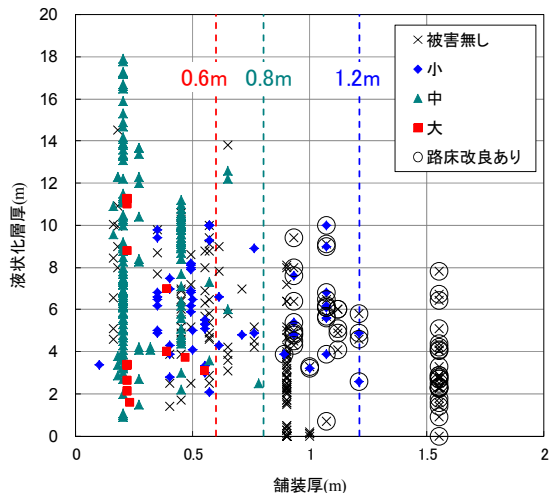
(c) 千葉市 (幹線道路 最大加速度 300gal)



(d) 浦安市 (幹線道路 最大加速度 170gal)



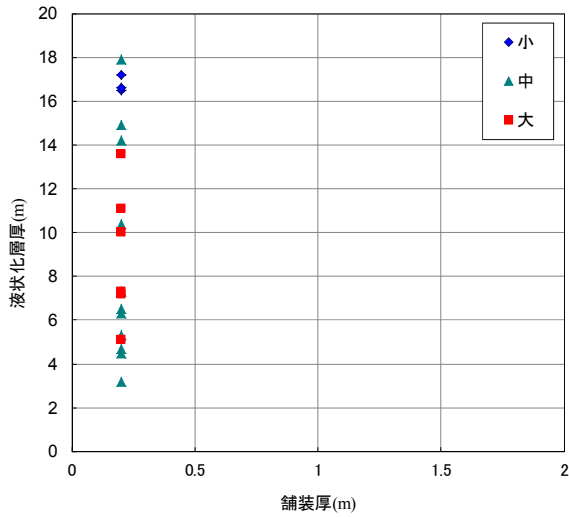
(e) 神栖市 (市道 最大加速度 250gal)



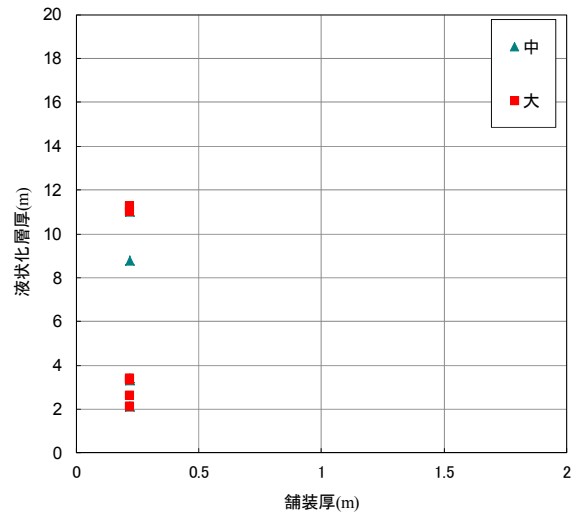
(f) 全地区

※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

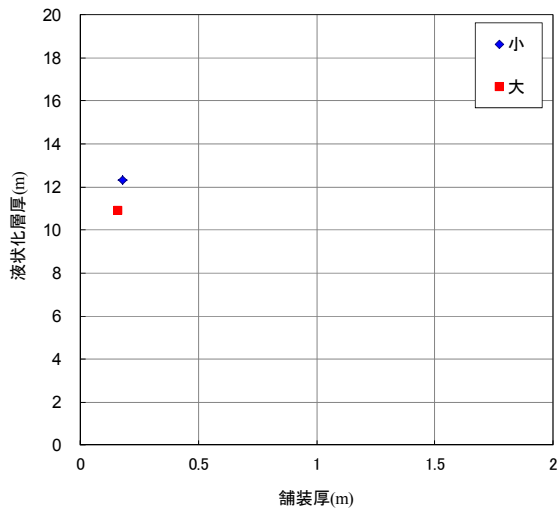
図 4.2-5 液状化被害の程度と舗装厚 (路床改良を含む)・液状化層厚との関係 (地区別，交通機能に着目した被害ランクで整理)



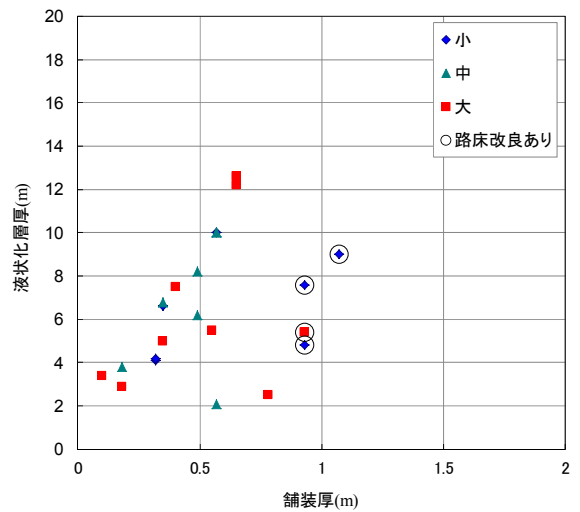
(a) 香取市 (生活道路 最大加速度 250~300gal)



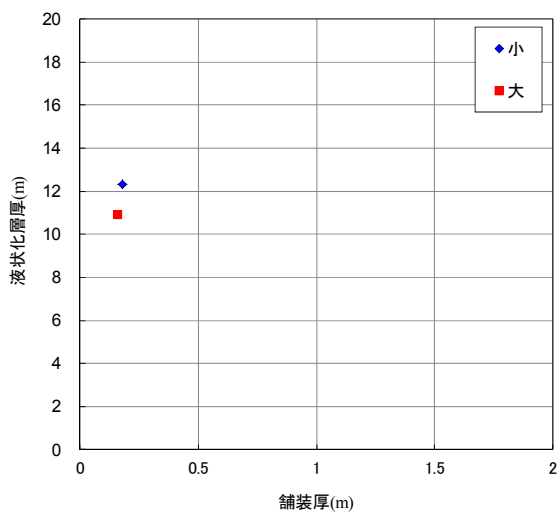
(b) 日立市 (国道 最大加速度 520gal)



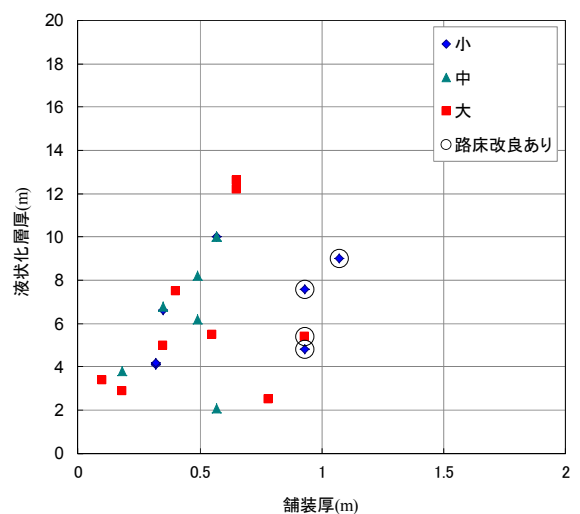
(c) 千葉市 (幹線道路 最大加速度 300gal)



(d) 浦安市 (幹線道路 最大加速度 170gal)



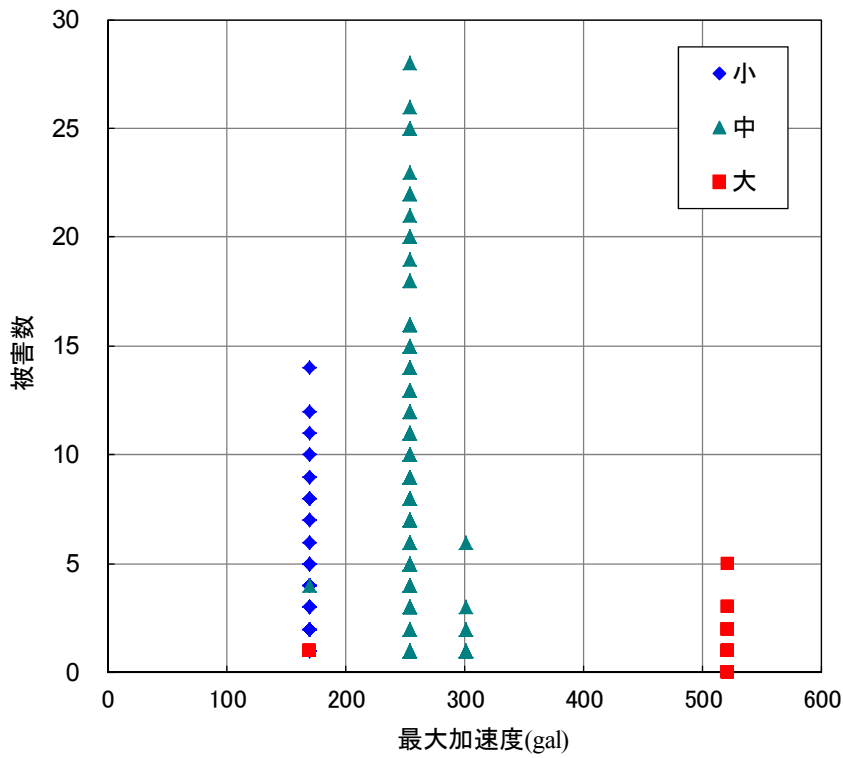
(e) 神栖市 (市道 最大加速度 250gal)



(f) 全地区

※ 小：鉛直変位 0~5cm, 中：鉛直変位 5~10cm, 大：鉛直変位 10cm 以上

図 4.2-6 液状化被害の程度と舗装厚 (路床改良を含む)・液状化層厚との関係 (地区別, 構造的な変形に着目した被害ランクで整理)



※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

図 4.2-7 最大加速度と被害数の関係
(交通機能に着目した被害ランクで整理)

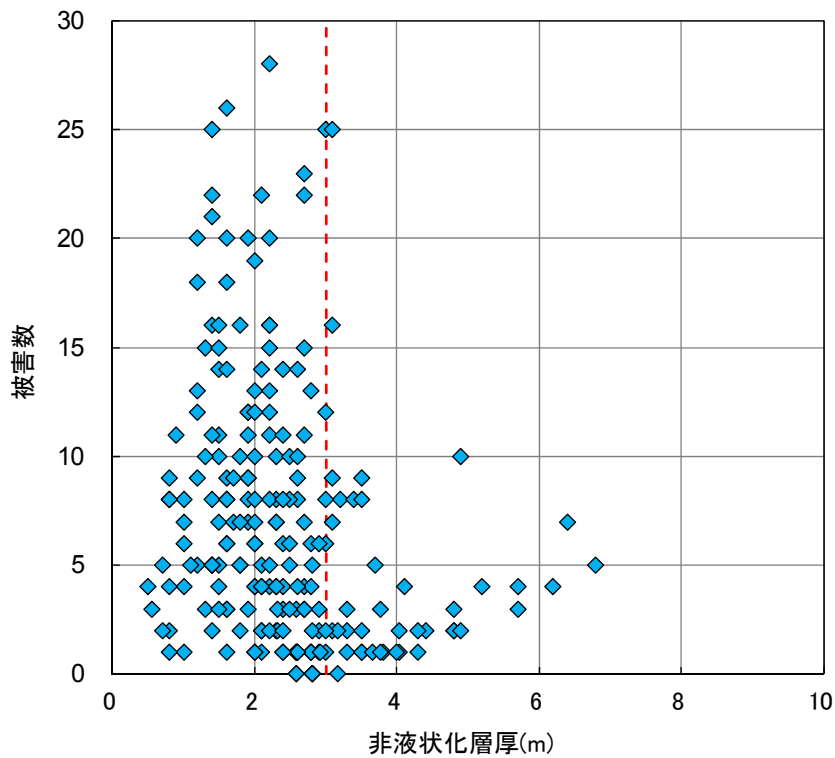


図 4.2-8 非液状化層厚と被害数の関係

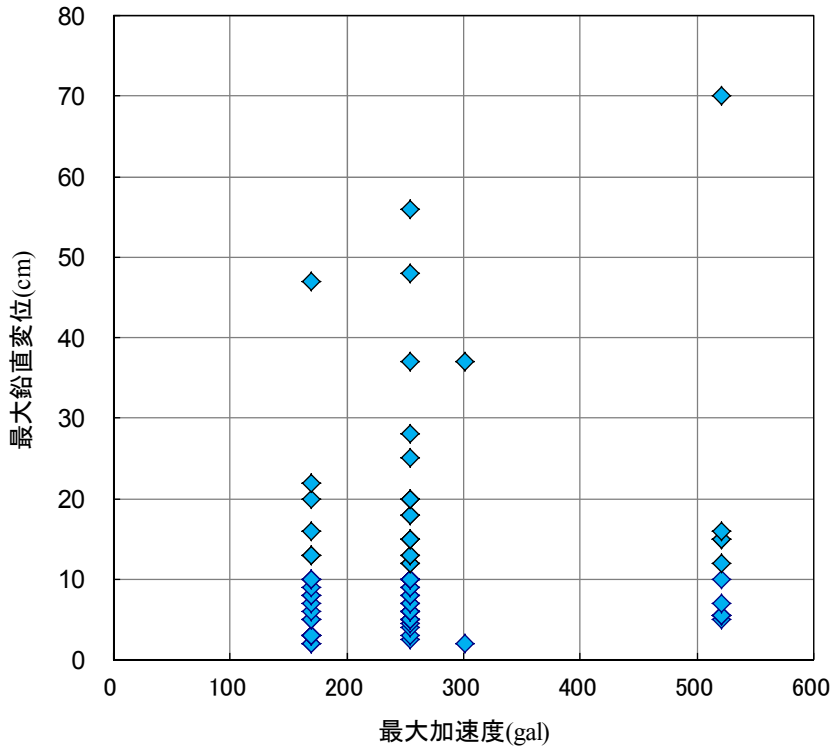


図 4.2-9 最大加速度と最大鉛直変位の関係

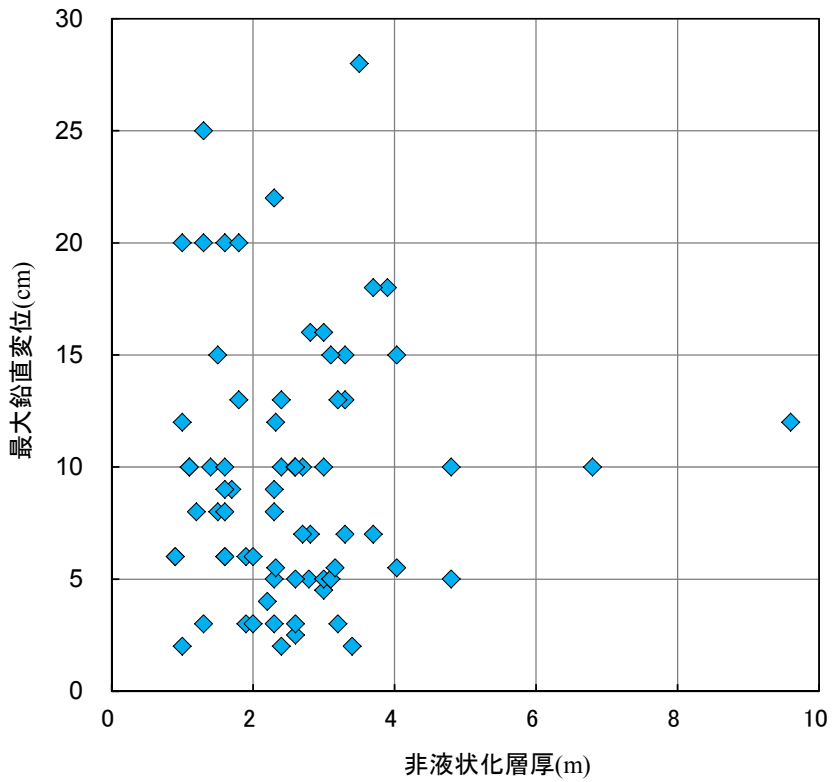
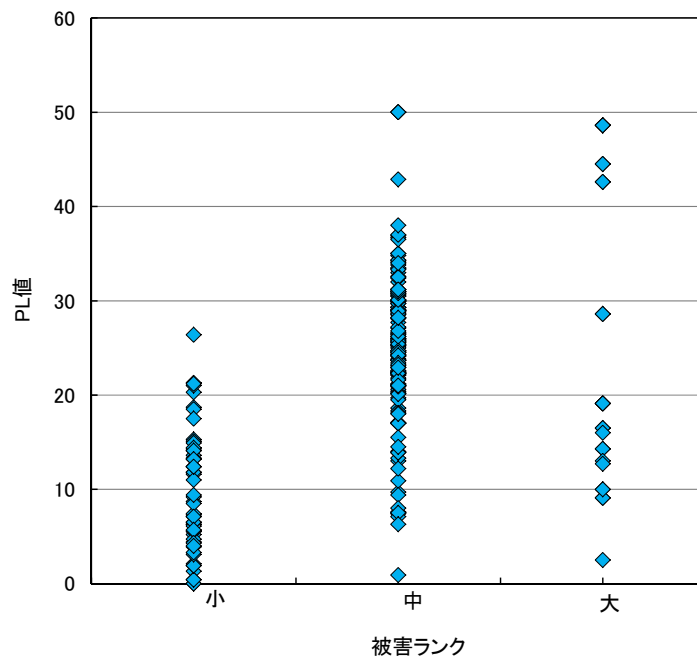


図 4.2-10 非液化化層厚と最大鉛直変位の関係

4.2.6 P_L 値と液状化被害の関係について

液状化被害の程度と P_L 値との相関関係について検討を行った。図 4.2-11 に P_L 値と液状化被害ランクの関係を示す。

若干バラツキは見られるが、 P_L 値が大きくなるにつれ、液状化被害も大きくなる傾向が見られる。なお、被害ランク「大」には液状化の有無にかかわらず通行止めした路線が含まれているため、 P_L 値との相関が低い部分がある。



※右記以外の路線，中：復旧を行った路線，大：緊急工事，通行止めがあった

図 4.2-11 液状化被害ランクと P_L 値の関係

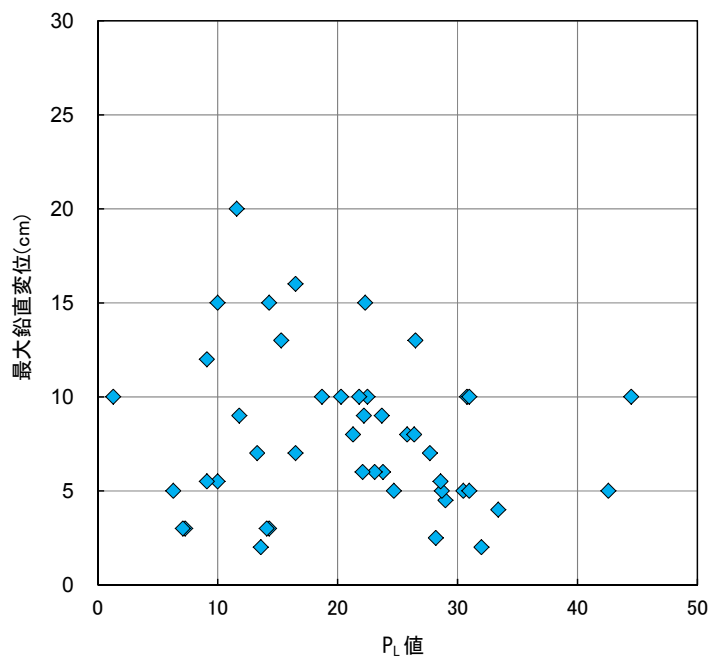


図 4.2-12 P_L 値と最大鉛直変位の関係

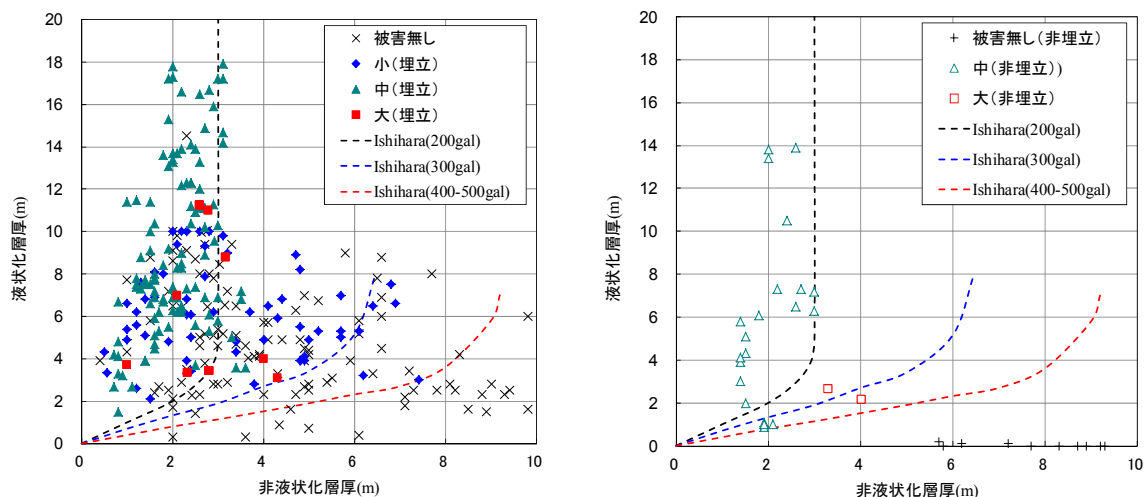
4.2.7 埋立履歴と液状化被害の関係について

埋立造成履歴の資料等を用いて、液状化被害の程度と埋立履歴との関係について検討を行った。図 4.2-13 に被害ランクを埋立・非埋立で細分した非液状化層厚と液状化層厚の関係のグラフを示す。

今回整理した被災箇所は、埋立造成を実施した場所が大部分であったことがわかる。また、非埋立地点は Ishihara(200gal)のラインに概ね沿った整理結果となった。なお、非埋立の被害ランク「大」の地点は、最大加速度が 500gal の場所である。

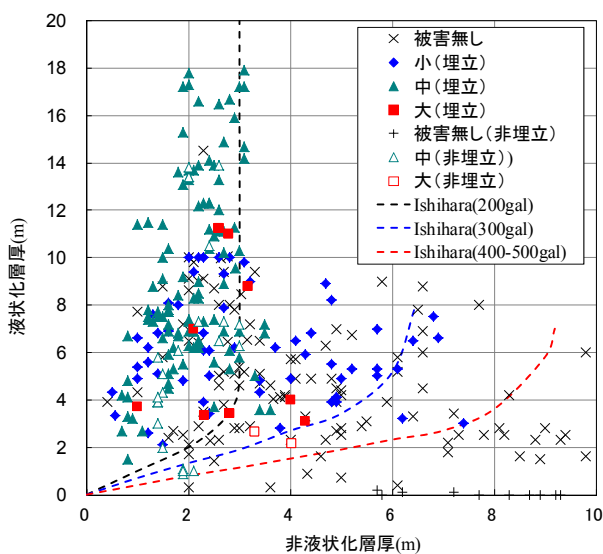
また、図 4.2-14 に示す、液状化層厚と最大鉛直変位の関係を埋立・非埋立で分類した結果では、有意な相関関係は得られなかった。

図 4.2-15 に示す、埋立年と液状化による被害ランクの関係については、今回収集できた被害データは、埋立年が古いデータの数に被害ランク「中」に偏っていると同時に、埋立年が比較的新しいデータの被害ランクの「小」「中」「大」の数に大きな差が見られず、有意な相関関係は得られなかった。



(a) 埋立地盤のみ

(b) 非埋立地盤のみ



(c) 埋立地盤＋非埋立地盤

※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

図 4.2-13 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係
(埋立・非埋立を区分)

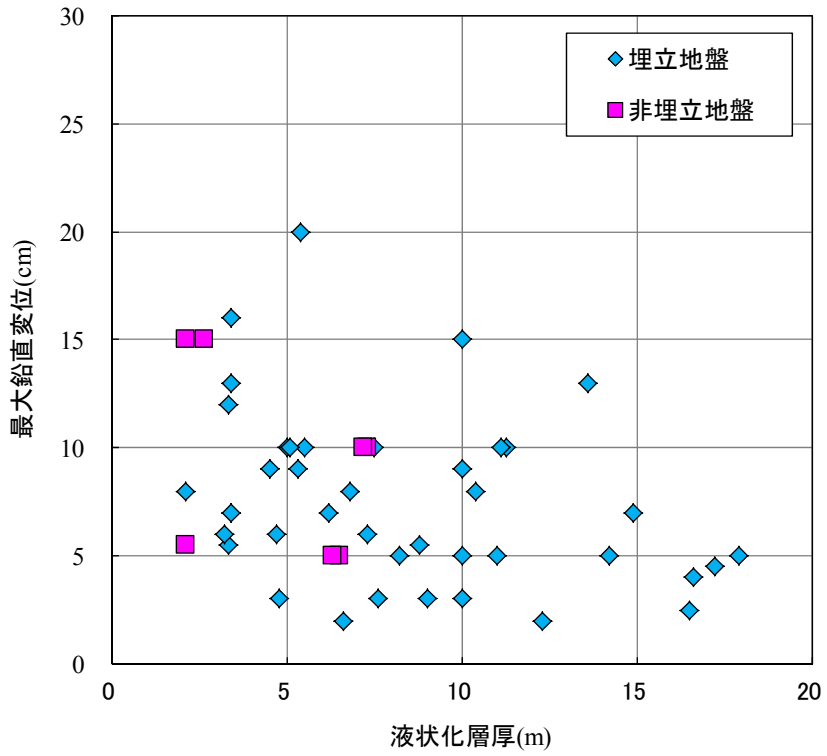


図 4.2-14 液状化層厚と最大鉛直変位の関係（埋立・非埋立で区分）

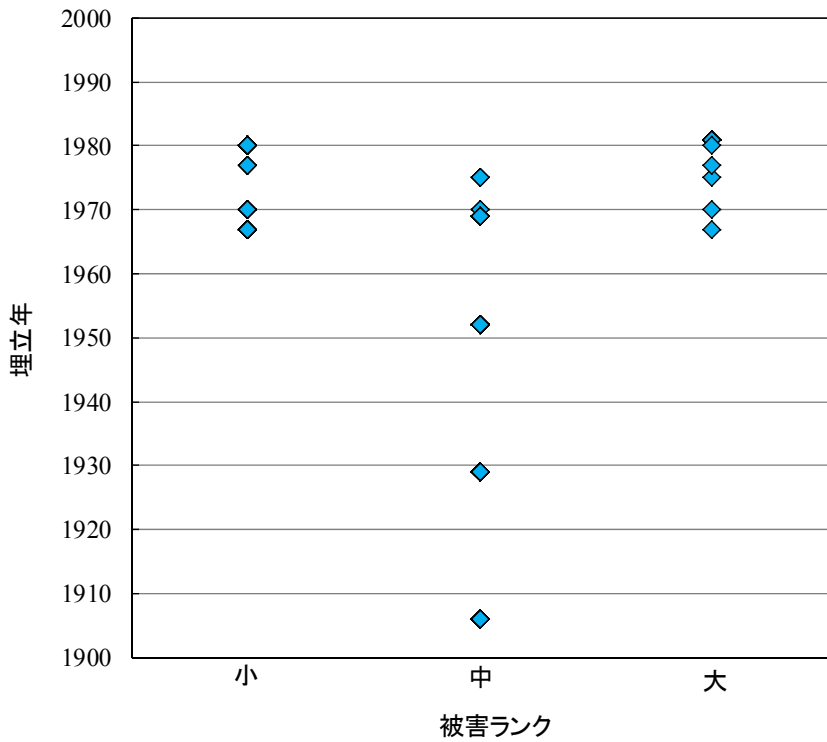


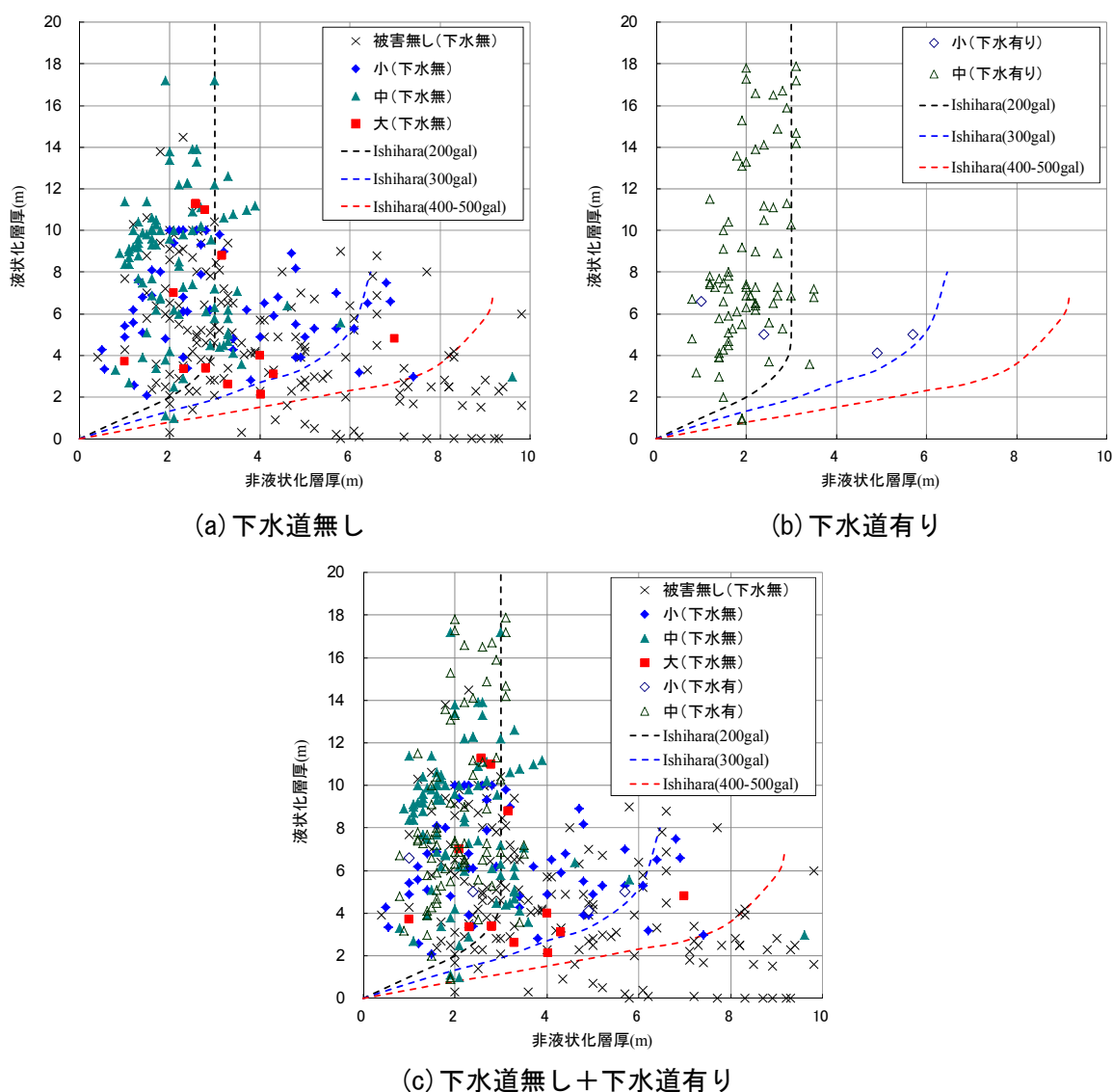
図 4.2-15 液状化被害ランクと埋立年の関係

4.2.8 下水道位置と液状化被害の関係について

下水道埋設の有無と液状化被害の関係について検討を行った。被害ランクを下水道の有無で細分した非液状化層厚と液状化層厚の関係のグラフを図 4.2-16～図 4.2-18 に、被害箇所数及びその割合を表 4.2-1 に示す。

整理結果によると、下水道の有無による被害発生状況に有意な差異は認められなかったが、下水道が埋設されている地点では、被害ランク「大」が確認されていない一方、被害ランク「小」と比較して「中」の被災割合が高くなっていることから、今回収集した資料の範囲では、下水道に関わる大きな被害が道路平面部では発生していなかったが、中小規模の被災においては下水道の存在が被害を拡大したことが考えられる。

今回収集した資料は平面的な配置しか確認できず、設置深さや埋戻し材等の情報が得られなかった。設置深さや埋戻し材等の情報が得られれば、より進んだ検討を行うことができたものと考えられる。



※大：緊急工事・通行止めがあった路線，中：復旧を行った路線，小：緊急工事・通行止めがなく復旧も行わなかった路線

図 4.2-16 液状化被害の程度と液状化層厚・非液状化層厚との関係
(下水道無・下水道有を区分)

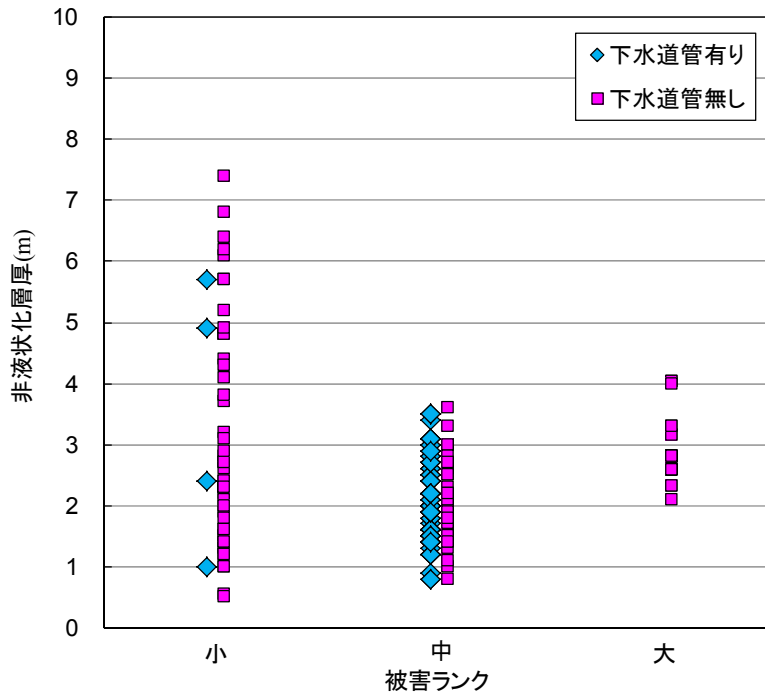


図 4.2-17 液状化被害ランクと非液状化層厚の関係（下水道無・下水道有を区分）

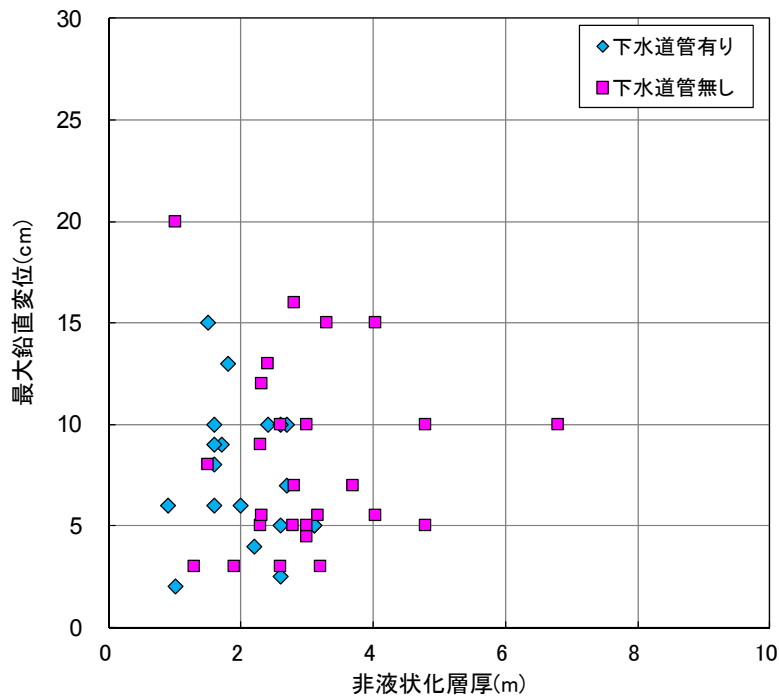


図 4.2-18 非液状化層厚と最大鉛直変位の関係（下水道無・下水道有を区分）

表 4.2-1 下水道の有無による被災発生状況

区分		全被害	小	中	大
下水道有	被害数	83	4	79	0
	割合	100.0%	4.8%	95.2%	0.0%
下水道無	被害数	108	47	36	25
	割合	100.0%	43.5%	33.3%	23.1%

4.2.9 道路周辺状況の影響について

道路周辺状況の影響について検討を行った。以下に周辺状況で細分した被害ランクと被害数および最大鉛直変位の関係のグラフを図 4.2-19～図 4.2-20 に示す。

整理結果より、「中」分類の被害が生じた場所は住宅地および河川護岸の周辺環境が多いことがわかる。また、工業地帯では「小」分類の被害しか発生していない。

「大」分類の被害は平地でのみ発生している結果となっているが、これは国道 245 号（日立市）の液状化被害であり、国道 245 号は周辺環境の影響より、津波による浸水と噴砂の影響により通行止めになった経緯がある。そのため、本整理結果では「大」分類の結果は、周辺状況の影響はあまり無いと考えられる。

被害ランクと最大鉛直変位との関係では有意な相関は得られなかった。

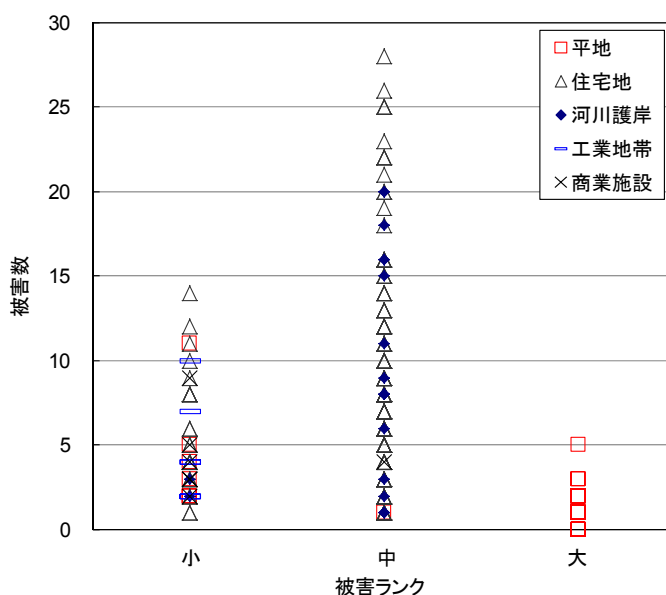


図 4.2-19 被害ランクと被害数の関係（周辺環境で分類）

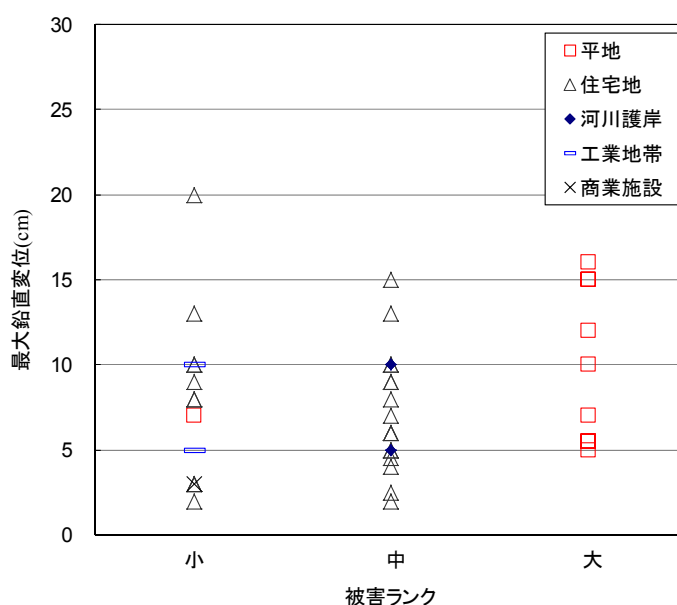


図 4.2-20 被害ランクと最大鉛直変位の関係（周辺環境で分類）