

地震による地中埋設管の被害と地盤との関係 その1 管体部の被害

名古屋大学工学部 正 員 松尾 稔
 名城大学理工学部 正 員 堀内考英
 名城大学理工学部 学 生 〇林 巖

1. まえがき

わが国は、しばしば各地において激震に襲われ、その被害も莫大に及んでいる。そのため、構造物の耐震性に関する研究は、従来から盛んに行なわれ、幾多の業績があげられてきた。しかしながら、地中埋設管や地中構造物に関する耐震性の研究は極めて少なく、したがって、地中埋設管は激震の度に、他の諸構造物に比して、とくに著しい被害を蒙っている。

建物の震害と地盤の良否との間には、きわめて密接な関係のあることが古くから一般に認められている。とくに木造家屋の場合には、地盤の悪いほど震害が大きいことが定量的に既往の資料から、明らかにされている。これに対し、地中埋設管の震害と地盤との関係については現在のところあまり明確にされていない。地中埋設管の被害は地盤によって非常に異なることが、定量的に震害報告書などに述べられている。各種の地盤

に対し、地中埋設管の震害が甚大であったにもかかわらず、これら震害の定量的記録は乏しく、震害と地盤の定量的関係については、現在のところあまり明確でない。したがって、本研究は地中埋設管の震害と地盤との関係を定量的に明らかにするため、関東地震（1923.9.1. $M=7.9$ ）、福井地震（1948.6.28. $M=7.2$ ）および新潟地震（1964.6.23. $M=7.5$ ）における地中埋設管の中でも、とくに上水道配水管の管体部の損傷（折損、切損、亀裂、等）を対象に、震害の実態を把握し、さらに配水管管体部の震害に及ぼす各種要因のうち、とくに地盤の N 値と震害との関係を調べ、要因分析によって要因の寄与率

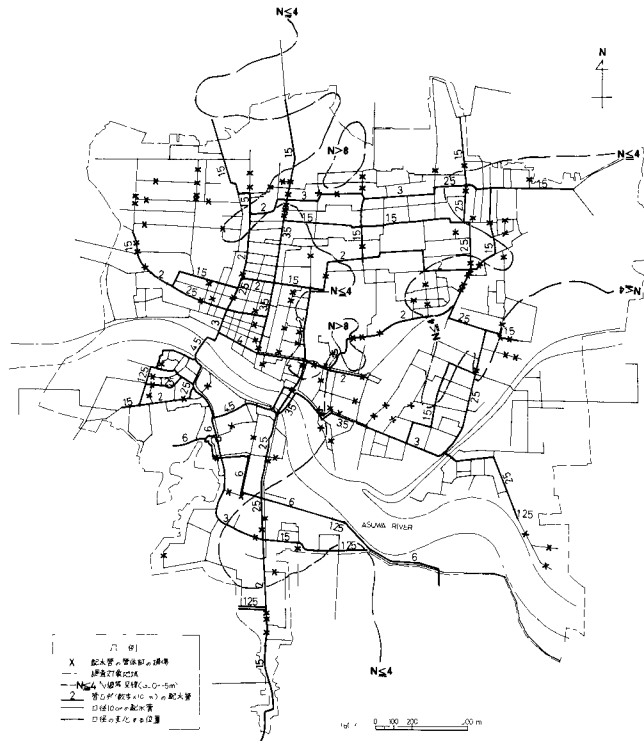


図-1 福井地震による旧福井市の被害分布図

を求めたものである。

2. 震害の実態

地震における上水道配水管の管体部の口径(D)別の損傷件数(n)を布設延長(L)との関係で分析できる詳細な数量的資料は関東地震の震害調査報告書を除いてはない。したがって、福井および新潟地震における配水管の管体部の損傷を数量的に知るために、著者は図-1および図-2を作成した。図-1は福井地震震害調査報告書中の福井市上水道配水管被害状態図をもとに、当時の配水管網詳細図に管体部の損傷箇所を転記したものである。また、図

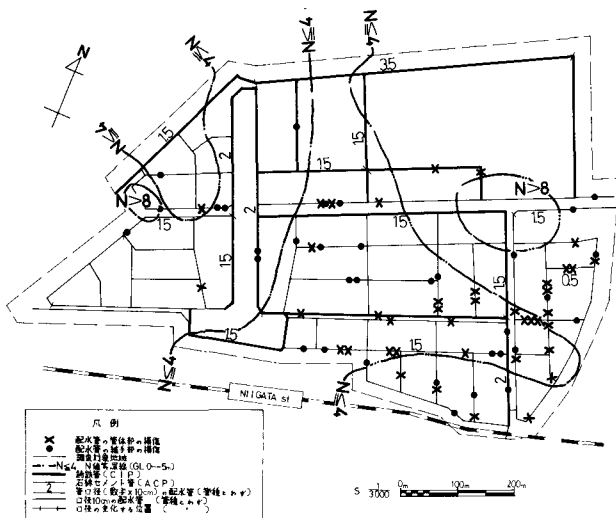


図-2 新潟地震による新潟駅前地区の被害分布図

-2は新潟市水道局による新潟駅前地区の配水管復旧調査資料をもとに被害分布図を作成したものである。これらの図をもとに福井および新潟地震に関しては口径別の損傷件数を布設延長との関係で求めた。

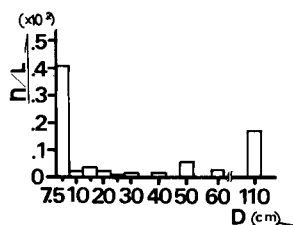


図-3 口径別の損傷件数(東京)

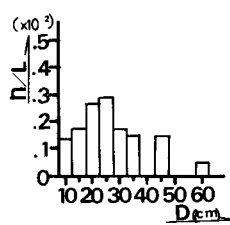


図-4 口径別の損傷件数(福井)

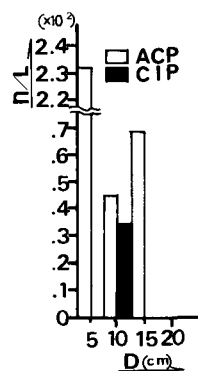


図-5 口径別の損傷件数(新潟)

図-3～5は各地震における配水管の管体部の損傷件数を単位長さ当たり(100m)で示したものである。関東地震においては7.5cmの小口径および110cmの大口径管を除いては口径による損傷の差はほとんど認められず。福井地震においては口径20～25cmに損傷が99%。新潟地震においては口径15cm未満の小口径にのみ損傷が認められ、また、管種別には石綿管(ACP)の損傷が鋳鉄管(CIP)より99%多いことがわかる。

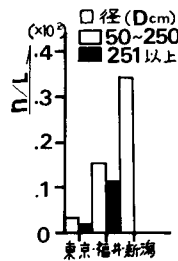


図-6 各地震口径別の損傷件数

図-6は各地震における小口径管と大口径管の損傷の傾向をみるために示したもので、各地震とも直接需要者への水の供給のための口径25cm未満の管に損傷が99%多いことが認められる。

以上は、各地震による口径別の管体部の損傷の傾向を示したものであるが、関東および福井地震に関しては旧市域全域を、新潟地震では特定の地区のものであり、また、地震の規模、震源からの距離も異なり、これらの地震による配水管の管体部の損傷を直接比較することはできないが傾向を知ることができる。

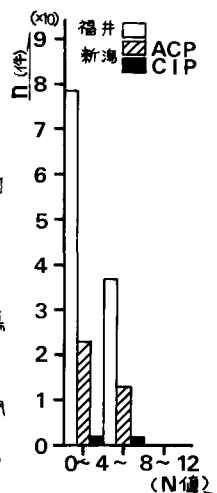


図-7 各地震によるN値別の損傷件数

3. 地盤との関係

地震による配水管の管体部の損傷に及ぼす要因は複雑多岐にわたるが、ここでは地盤要因についてのみ検討を加える。管体部の損傷に関連する地盤要因といっても土の種類、N値、土の密度、地下水位、地盤・地質構成、地盤の卓越周期等があげられる。しかし、ここでは地盤のN値と損傷について追求する。

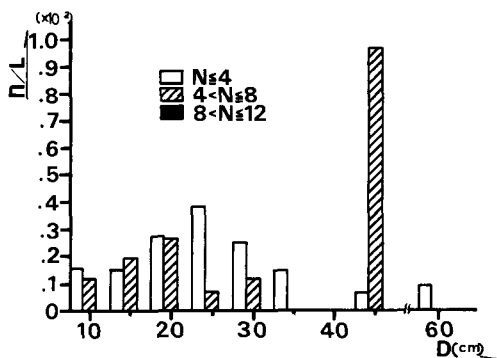


図-8 N値口径別破壊件数 (福井)

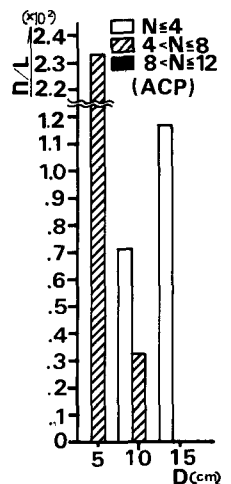


図-9 N値口径別破壊件数 (新潟)

(1) 管体部の損傷とN値

管体部の損傷と地盤のN値との関係を追求するにあたり配水管網と損傷箇所が明確な福井と新潟について検討を加える。

図-1および図-2には表層5mまでの土質を無視した平均N値分布を併記してある。これらの図からわかるように、福井、新潟ともに管体部の損傷は平均N値8以下の地域に分布していることがわかる。とくに、N値4以下の地域には損傷件数が集中していることが認められる。

したがって、各震害調査報告書などに記述されているように、地盤の軟弱なところに明確に示している。これらの分布図をもとに、福井および新潟地震によるN値

別の損傷件数を示したものが図-7で、この図からN値の小さい、いわゆる軟弱地盤において被害の多いことがわかる。また、口径別の単位長さ当たりの損傷件数をN値との関係で示したものが図-8、9である。

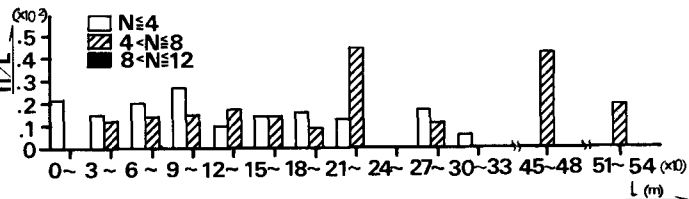


図-10 N値分岐点間距離別の損傷件数 (福井)

これらの図からもわかるように各口径ともN値の小さいところに損傷が多い傾向が認められる。また、N値が8以上の地域には両地震とも損傷を生じていないことは注目すべきである。さらに新潟については管種別にN値と損傷との関係を示してあるが、これより石綿管 (ACP) の

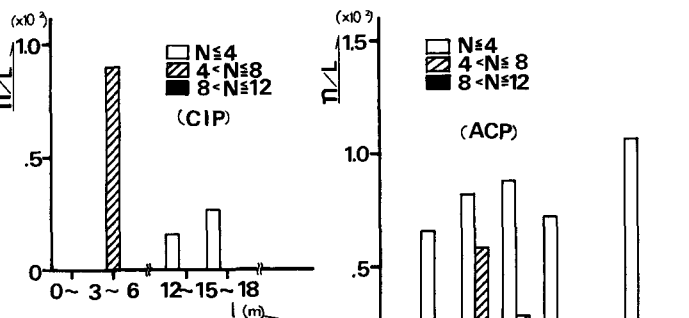


図-11 N値分岐点間距離別の損傷件数 (新潟)

損傷が、鉄管 (CIP) に比しはるかに損傷件数が多いことは、管種が地盤に大きく影響することがわかる。

図-11 N値分岐点間距離別の損傷件数 (新潟)

(2) 分岐点間距離とN値

北中埋設管は、ほぼ道路網に沿って埋設されているので、配水管の分岐点までの間隔は道路区画によって異なる。したがって、分岐点間距離(L)による相異が管体部の損傷にどの程度影響を及ぼすかを地盤のN値と関連づけて検討した。各分岐点間距離と分岐点間内のN値区分内における損傷件数に関しては図-1および図-2より求め、単位長さ当たり(100m)の損傷件数として示したのが図-10および11である。

分岐点間距離によって管体部の単位長さ当たりの損傷件数はほとんど変わらない。むしろ分岐点間距離の短い区間では単位長さ当たりの損傷件数がN値に大きく影響される傾向が認められる。

4. N値と分岐点間距離に関する要因分析

表-1 分散分析結果

前章において、配水管管体部の損傷要因とその傾向を大略的に調べた結果、地盤のN値が要因として卓越することがわかった。そこで、N値と分岐点間距離が配水管損傷に対して量的にどの程度影響するかを調べるために、N値とLに限定して2元配置による分散分析を行った。分散分析に当たっては、各分岐点間距離内の損傷件数をN値区分ごとに求め、単位長さ当たり(100m)の件数に換算した値を用いて計算した。

N値の水準は、 $N \leq 4$ 、 $4 < N \leq 8$ 、 $8 < N \leq 12$ の3水準を、また、分岐点間距離の水準は、30m以下、30～60m、60～90m、90～120m、120～150m、150m以上の6水準とした。

表-1は分散分析結果を示したもので、有意でない要因効果については誤差eに組み入れた最終誤差eにてF検定を行なったもので、表中の()の値がそれに該当する。表からわかるように、地震時における配水管の管体部の損傷に及ぼすN値の寄与率は48～76%を示したことは、従来からいわれている軟弱地盤に配水管の被害が99%ということが量的に明らかとなった。

5. まとめ

関東地震、福井地震および新潟地震における配水管の管体部の損傷記録を再整理分析し、その実態を把握し、とくに、福井地震および新潟地震に関しては、口径、管種、分岐点間距離との関係を地盤のN値との関連で検討を加えた結果、地震による管体部の損傷は地盤のN値と関係することが認められた。さらに、配水管の管体部の損傷に及ぼす要因を量的に検討するため、地盤のN値と分岐点間距離に関し分散分析を行なった結果、地震による管体部の損傷に及ぼす地盤のN値の寄与率が48～76%を示し、従来から通説とされている、軟弱地盤に配水管の被害が99%という根拠が明らかとなった。

参考文献 省略

**1%の危険度で有意なことを示す

地震	口径 管種 水準	要因	変動 (S)	自由度 (V)	分散 (V)	分 岐 (F)	比	寄与率 (%)
福井	C I P D10.0 (N×6(L))	N	0074	2	00370	1423	** (1370)**	4777 (4764)
		I	0014	5	00028	108		069
		e	0026	10	00026			5154
		e	0040	15	00027			(5236)
		T	0114	17				10000 (10000)
	C I P TOTAL 3(N×6(L))	N	0099	2	00495	3536	** (2750)**	7634 (7571)
		I	0013	5	00026	186		476
		e	0014	10	00014			1890
		e	0027	15	00018			(2429)
		T	0126	17				10000 (10000)
新潟	A C P D10.0 3(N×6(L))	N	1505	2	0753	1931	** (1602)**	6460 (6388)
		I	0314	5	0063	162		539
		e	0390	10	0039			3001
		e	0704	15	0047			(3612)
		T	2209	17				10000 (10000)
	A C P TOTAL 3(N×6(L))	N	156	2	078	1560	** (1300)**	5817 (5737)
		I	041	5	008	160		637
		e	054	10	006			3546
		e	095	15	006			(4263)
		T	251	17				10000 (10000)
A C P C I P TOTAL 3(N×6(L))	N	080	2	0400	1739	** (1212)**	5954 (5646)	
	I	027	5	0054	235		1192	
	e	023	10	0023			2854	
	e	050	15	0033			(4354)	
	T	130	17				10000 (10000)	