

東日本大震災における上水道管路施設の被害分析

鹿島技術研究所 正会員 ○永田 茂
仙台市水道局 西野雅夫
仙台市水道局 鈴木清一

1. はじめに

東日本大震災では東北から関東の広い範囲で上水道施設が被災しており¹⁾、仙台市でも導水・送水・配水本支管に437箇所、給水管(メー1次側)に522箇所、弁・栓などの属具に105箇所の被害が発生したが、一方で今後の管路施設の耐震化を進めるうえで貴重な情報が得られている。本報告では、東日本大震災における仙台市の管路被害の発生状況から得られた知見を定量的に整理し、今後の耐震化を進める際の基礎資料とするものである。以下では、管路被害と地盤及び地震動強さの係に絞って報告を行う。

2. 管路被害の概要

仙台市内で発生した管路被害の概要を表-1に示す²⁾。導水・送水・配水本支管の被害は、概ね150mm以下のVP、DIPに集中しており、これらは全被害の90%となっている。また、給水管のほぼ全被害は、75mm未満のその他管種(鉛管(LP)・ポリエチレン管(PP)・亜鉛メッキ鋼管(GP))とVPに集中している。属具の被害は、接続されている管種・口径に偏りなく発生している。

表-1 仙台市の上水道管路施設の被害件数

口径区分	管種・継手	鋼鉄管(CIP)		ダクタイル鋼鉄管(DIP)		鋼管(SP・SUS)	塩化ビニル管(VP)		その他	計
		耐震継手	その他継手	耐震継手	その他継手		RR継手	その他継手		
導・送・配水本支管	Φ75未満					3	14	133	11	161
	Φ75				17	1	7	70		95
	Φ100-150				75	6	16	57		154
	Φ200-450				22	1				23
	Φ500-				3	1				4
	小計	0	0	117	12		37	260	11	437
メー1次側給水	Φ75未満					11	4	109	391	515
	Φ75	1					1	4		6
	Φ100-150							1		1
	小計	1	0	0	11		5	114	391	522
付属装置	Φ75未満						3	13		16
	Φ75		1					6		7
	Φ100-150	1	2	18	3		2	3		29
	Φ200-450		13	12	1					26
	Φ500-		6	7	14					27
	小計	1	22	37	18		5	22	0	105

3. 管路被害発生地点と地盤の関係

公開されている宅地造成地盤図³⁾、土地条件図⁴⁾、地質図⁵⁾を用いて管路被害と地盤との関係を分析した。導水・送水・配水本支管に関して丘陵地の宅地造成地盤における被害形態別の被害件数と被害率を表-2に示した。これによれば全被害件数の約60%は丘陵地の宅地造成地盤内で発生しており、宅地造成地盤の被害率0.183件/kmはそれ以外の地盤の被害率0.057件/kmと比べて3倍以上の値となった。

宅地造成地盤図の未整備地域への適用を検討するため、土地条件図と地質図を組み合わせ被害発生地点との関連を分析したところ、仙台市では土地条件が人工地形かつ地質が火山岩石層や古い堆積層(以下、人工地形(丘陵地))は、丘陵地の宅地造成地盤とほぼ重複することが確認できた。表-3に示した土地条件分類ごとの導水・送水・配水本支管の被害件数と被害率の集計結果によれば、人工地形(丘陵地)における被害件数は全被害の約50%、被害率は0.299件/kmとなり、丘陵地の宅地造成地盤における被害予測において利用可能なことが確認できた。

被害形態に着目した場合、丘陵地の宅地造成地盤では管体破損件数(主にVP)が継手破損件数(主にDIP)の約2倍となっていることから、被害発生メカニズムと耐震化において使用する管種等に関しては、今後さらに検討を行う必要がある。

表-2 宅地造成地盤分類と上水道管路施設の被害状況

丘陵地における宅地造成地盤分類	管体破損(件)		継手破損(件)		その他(件)			総計	
	折損	亀裂	継手亀裂	接合不良	腐食	残存	その他	被害件数(件)	被害率(件/km)
丘陵地における宅地造成地盤	118	21	38	87	3	1	0	268	1.468
丘陵地における宅地造成地盤以外	57	32	13	48	17	1	1	169	2.990
総計	175	53	51	135	20	2	1	437	4.458

表-3 土地条件分類と上水道管路施設の被害状況

土地条件分類	管体破損(件)		継手破損(件)		その他(件)			総計	
	折損	亀裂	継手亀裂	接合不良	腐食	残存	その他	被害件数(件)	被害率(件/km)
斜面	36	7	7	35	1			86	0.096
台地・段丘	6	7	5	11	2			31	0.036
山麓堆積地形		1	1	3				5	0.468
低地の微高地	5	8	3	4	3			23	0.034
低地の一般面	12	7	3	11	4			37	0.051
頻水地形	1							1	0.109
人工地形(丘陵地)	104	20	29	63	6	2	1	225	0.299
人工地形(その他)	8	3	3	6	3			23	0.093
水部	1			1				2	0.122
土地条件図の範囲外	2			1	1			4	0.015
総計	175	53	51	135	20	2	1	437	4.458

キーワード 東日本大震災, 水道管路施設, 被害件数, 被害率, 地盤特性

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6379

さらに、K形継手(DIP)の被害発生箇所に関して表層地盤データを用いた方法⁶⁾により耐震適合性を判断したところ、全て不適合地盤と判断されており、簡易評価法としての有効性を実データから確認できた。

4. 管路被害と地震動強さの関係

管路被害と地震動強さの関係を調べるため、全管路施設を対象として地表最大速度(PGV)が10cm/s刻みで被害延長と管路延長を集計して被害率を算出した(表-4)。また、これまでに提案されている配水本支管及び属具の被害予測式^{7),8),9)}との比較検討を行った(図-1)。PGVは、仙台市内及び周辺の強震観測記録^{10),11)}から求めたり、公表された値¹²⁾を速度増幅度ARV¹³⁾で割って基盤最大速度に変換した後に基盤面での補間を行い、再度250mメッシュごとにARVを乗じて求めた。

図-1に示すように、80cm/s以下ではDIP(耐震継手以外)、VPは既往の被害予測式の被害率と同程度であり、90~130cm/sの範囲(主に国道4号線より東側の地域)の被害率は低くなっている。これは、この範囲の耐震化率が約27%(その他の耐震化率は18%)と高く、管路施設の耐震化の効果が確認できた例と考える。属具は、既往の被害予測式と比べて低めの値となっている。

5. まとめ

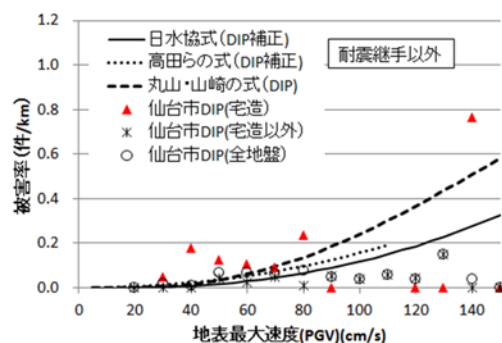
東日本大震災における仙台市の水道管路施設に着目し、被害と地形、地質、宅地造成地盤、地震動との関係に関して検討を行った。この結果、宅地造成地盤での被害の特徴や軟弱地盤での耐震化の効果を確認することができた。今後は、これらの知見を活用しながら効率的な地震対策を進める必要がある。

謝辞 本研究は科研費(21310122)の助成を受けて実施したものです。また、独立行政法人防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netの強震観測記録を使用しました。また、東北工業大学・イテク・リサーチセンター・リアルタイム強震観測センターのSmall-Titan強震観測記録を使用しました。関係者各位に深甚なる感謝の意を表します。

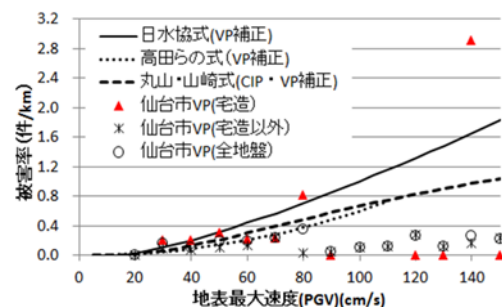
参考文献 1)厚生労働省・日本水道協会：平成23年(2011年)東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書，2011。2)仙台市水道局：被害概要説明書(内部資料)。3)榊復建技術コンサルタント：造成宅地地盤図の公開について，<http://www.fgc.jp/solution/technical/kouzou01/index.html>。4)国土地理院：数値地図25000(土地条件図)，2011。5)産業総合研究所 地質調査総合センター：20万分の1日本シェルス地質図DVD版，2009。6)水道技術研究センター：K形継手等を有するダクタイル鋳鉄管の耐震適合地盤判定支援ハンドブック，2010。7)磯山ほか：水道管路の地震被害予測に関する研究，水道協会雑誌，No. 761，1998。8)高田ほか：直下型地震災害特性に基づく管路被害予測手法の研究，水道協会雑誌，Vol. 70，No. 3，2001。9)丸山・山崎：近年の地震データを考慮したマクロな配水管被害予測式，第30回土木学会地震工学研究発表会論文集，2009。10)防災科研：強震観測網(K-NET, KiK-net)，http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshin_index.html。11)神山：2011年東北地方太平洋沖地震における東北工業大学アレー強震観測システムSmall-Titanによる強震記録について(速報Ver. 1)，2011。12)大野ほか：東北大学災害制御研究センターによる2011年東北地方太平洋沖地震の仙台市強震記録(速報)，東北大学災害制御研究センター，2011。13)若松・松岡：地形・地盤分類250mメッシュマップ全国版の構築，日本地震工学会大会-2008梗概集，2008。

表-4 PGVと水道管路施設の被害件数，被害率

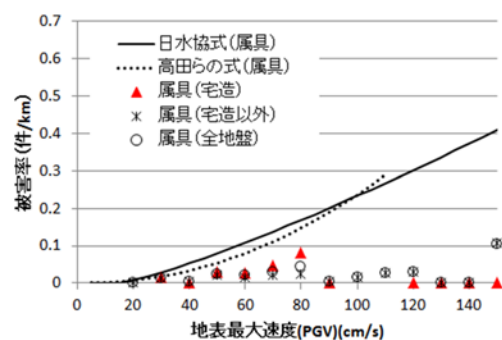
PGV	導・送・配水本支管			属具			メーター・1次側給水設備		
	管路延長 (km)	被害件数 (件)	被害率 (件/km)	被害件数 (件)	被害率 (件/km)	被害率 (件/km)	管路延長 (km)	被害件数 (件)	被害率 (件/km)
~25	10	0	0.000	0	0.000	0.4	0	0.000	
25~35	153	11	0.072	2	0.013	5.3	3	0.561	
35~45	200	10	0.050	1	0.005	10.9	21	1.919	
45~55	1128	110	0.098	27	0.024	44.1	100	2.268	
55~65	1261	120	0.095	28	0.022	36.0	159	4.411	
65~75	485	59	0.122	15	0.031	21.0	73	3.468	
75~85	409	71	0.173	18	0.044	22.2	41	1.845	
85~95	215	10	0.047	1	0.005	12.7	43	3.380	
95~105	245	11	0.045	4	0.016	11.0	32	2.920	
105~115	146	10	0.068	4	0.027	8.0	29	3.620	
115~125	67	9	0.135	2	0.030	1.2	9	7.370	
125~135	54	6	0.111	0	0.000	1.1	6	5.355	
135~145	56	6	0.106	0	0.000	0.8	5	6.195	
145~	29	4	0.139	3	0.105	0.9	1	1.082	
合計	4458	437	0.098	105	0.024	175.8	522	2.969	



(a)DIP (耐震継手以外)



(b)VP



(c)属具

図-1 PGVと被害率の関係