

京大大学院 学生員 ○森田信吾
京大工学部 正員 後藤尚男
京大工学部 正員 杉戸真太

1. はじめに 現実の上水道システムには多く存在するにもかかわらず、上水道管路網のシステム信頼度評価法において従来考慮されなかった小スパン水管橋を取り挙げ、実被害データの整理および地震動強度に対する被害予測に関して基礎的考察を行なった。

2. 1978年宮城県沖地震による地震動強度と被害状況との関係

表-1 仙台市および周辺の構造特性、地盤条件および1978年宮城県沖地震による当該地点での地震動強度の期待値

表-1に1978年宮城県沖地震で被害を受けた水管橋のうち、構造特性などの詳細が得られたものを示す。また、各水管橋の伸縮継手における揺動幅をN値状図から求めた地盤パラメータ β_n に対してプロットしたものが図-1である。これを見ると、構造が簡単なパイプビーム形式(表-1でケース4

ケース	橋名	管径 (mm)	橋長 (m)	スパン数	補剛の有無・種類	S_n	$\bar{A}_{max}$ (g a e)	$\bar{V}_{max}$ (kine)	揺動跡 (mm)
1	宮城県企業局 広瀬川水管橋	1000	309	5	有・ランガ-補剛形式	-0.328	128.4	11.69	50~100
2	名取川水管橋	1000	543	8	〃	-0.225	137.7	12.62	50~100
3	七北田川水管橋	1000x2	155	5	有・フランジ補剛形式	0.020	175.4	16.27	60~120
4	大野田水管橋	300	10	1	無・パイプビーム形式	0.126	176.4	16.56	0~10
5	仙台市水道局 広瀬川水管橋	1100x2	413	5	有・ランガ-補剛形式	0.161	184.9	17.37	100~200
6	大森系北田川水管橋	700	40	1	無・パイプビーム形式	0.265	190.5	17.81	0~100
7	土手前水管橋	500	225	6	有・フランジ補剛形式	0.465	217.9	20.66	20~50
8	青生水管橋	600x2	325	7	有・ランガ-補剛形式	0.593	246.0	23.48	30~50
9	船越水管橋	500	237	4	有・トラス補剛形式	0.688	278.3	26.63	30~50

*) 伸縮継手における揺動跡
**) 写真よりの推定値

・6)では揺動幅が非常に小さい。また構造規模が同様な他の7橋では、 β_n の増加とともに揺動幅も増加するが、 β_n が0.3程度以上、すなわち、地盤が軟弱な場合には揺動幅は小さくなっている。被害報告を見ると、地盤が軟弱なケース7・8・9では地盤の永久変形に起因した被害が生じている。一方、地盤が良好なケース1・2では動揺振動が卓越しているが、被害は軽微である。

3. 小スパン水管橋の地震時挙動の解析 比較的簡単な構造であるパイプビーム形式とボックス状のフランジ補剛形式について、地震時の慣性力が作用したときの管体応力を静的解析より算定してみた。モデルは両端固定ばりとし、慣性力は等分布に作用させた。水平方向加速度を500galとしたときの最大曲げ応力を、パイプビーム形式とボックス状のフランジ補剛形式の各々についてスパン長に対してプロットしたものが図-2・3である。図中の破線は溶接部分をもつ鋼管の引張降伏応力・

27.65 kg/m²を表わしている。調査した範囲では現存する各形式の水管橋はいずれも安全領域にあり、水平方向慣性力により管自体に亀裂が生じ漏水することはないと思われる。また、ボックス状のフランジ補剛形式ではねじりを生じるが、最大せん断応力は0.15 kg/m²程度であり非常に小さい。さて、地盤の永久変形に起因する被害としては伸縮継手におけるものが多い。そこで、橋台が変位したときの伸縮継手の挙動を扱った。橋台の変位としては橋台の回転と橋台が一体構造でない場合等に生じる不平等下とを考える。回転角 θ と伸縮継手の抜け出し量 ΔH 、継手のたわみ角 α との関係を図-4・5に示した。なお、図-4・5中の h は橋台の高さを、

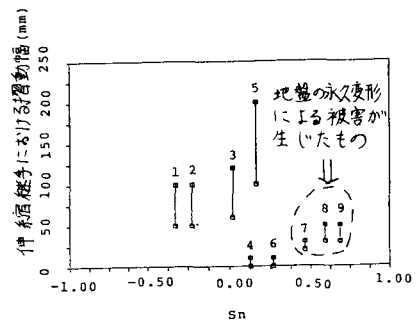


図-1 地盤パラメータ β_n と伸縮継手における揺動幅の関係
(図中の数字は表-1のケース番号に相当する)

図-5中の一点鎖線は抜
け出して脱管する境界を
示している。

4. 京都市新山科低区幹 線内の水管橋の震害予測

京都市新山科低区幹線
内の水管橋名および各水
管橋位置での地盤パラメ
ータ³⁾・想定地震による
地震動強度を表-2に示
す。斉藤⁴⁾によれば、19
78年宮城県沖地震によ
る仙台市域での実地震動
強度はアラニエーショ

ン式から求めた期待値の2倍
程度である。これに基づき、
「大倉系七田川水管橋」(
表-1でケース6)での最大
加速度・最大速度を380 gal
程度・3.5 kine 程度と考える
と、表-2のケース5・6・
7は地盤条件・地震動強度・
構造特性の点で、漏水のあっ
た「大倉系七田川水管橋」
と近い状況にある。従って、
表-2のケース5・6・7は漏水におよぶ可能
性は高いと考えられる。

5. あとがき 上水道管路網のシステム信頼度
解析において従来考慮されなかった水管橋の耐
震信頼度は決して高くないということができ、
今後は水管橋の破壊基準を考慮して解析を行な
う必要がある。最後に、貴重な御指摘をして頂
いた京大助教授亀田弘行先生ならびに貴重な資
料を提供して下さいた久保田鉄工(株)研究部
岩本利行氏・若井伸彦氏に対し深く感謝の意を
表するものであります。

- 参考文献 1) Kameda, H., Sugito, M., Goto, H., 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, June, 1982.
2) 日本水道鋼管協会: 耐震設計のための水道用鋼管定管引張圧縮試験報告書, 昭和52.1.
3) 後藤尚男, 京都市防災会議, 昭和57.6.
4) 斉藤宏, 京都大学卒業論文, 昭和57.2.

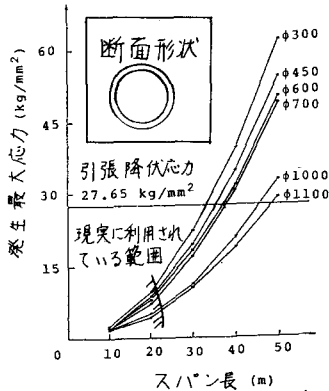


図-2 パイプ・ヒューム水管橋における
スパン長と発生最大応力の
関係
(想定加速度500 gal)

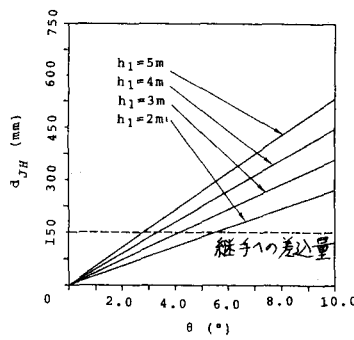


図-4 回転角θと抜け出し量 d_{JH}
の関係
(不等沈下量 $d_d = 0\text{ mm}$)

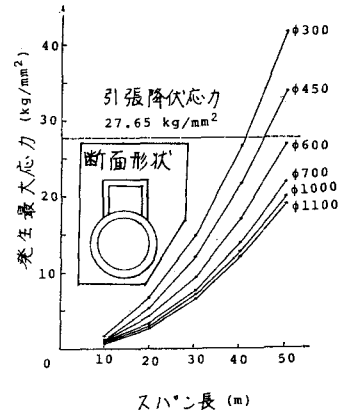


図-3 ボックス状のフランジ補剛水管橋
におけるスパン長と発生最大応力
の関係
(想定加速度500 gal)

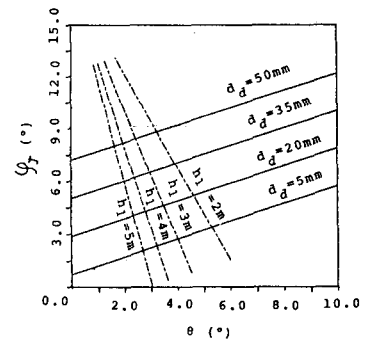


図-5 回転角θと継手のたわみ角φ
の関係 ($\phi/1000\text{ mm}$)

表-2 京都市新山科低区幹線内の水管橋位置
での地盤条件・想定地震に対する地震動強度

ケース	橋名	S_n	想定地震 (A)		想定地震 (B)	
			$\bar{a}_{max}$ (gal)	$\bar{v}_{max}$ (kine)	$\bar{a}_{max}$ (gal)	$\bar{v}_{max}$ (kine)
1	井ノ口橋	-0.139	297.9	18.78	297.9	21.44
2	十条天神橋	-0.082	310.6	19.65	310.6	22.44
3	新上高羽橋	0.004	331.0	21.06	331.0	24.05
4	大平橋	0.012	332.3	20.93	332.9	24.20
5	石田橋	0.238	385.4	24.65	393.3	29.01
6	丹後橋	0.300	405.1	26.01	411.7	30.49
7	新六地藏橋	0.321	404.4	26.03	418.1	31.01