

## 下水道管路の耐震対策優先対象の決定に関する検討

建設省土木研究所 田中修司\*  
京都大学 亀田弘行\*\*  
日本工営(株) 関口隆司\*\*\*

平成5年1月の釧路沖地震以後、大きな地震が頻発している。下水道施設もこれらの地震により被害を受けている。全国の下水道普及率は50%を越えており、大都市では90%以上の普及率になっている。このような状況を受けて既設管路の耐震強化が大きな課題となってきた。本稿では下水道管路の耐震対策の優先対象を決定する手法を検討した。兵庫県南部地震の被害調査から得られた被害率を参考にして、流量期待値を用いて、モデル地域で検討を行った。対策優先対象の決定に流量期待値を導入することにより広範な検討が可能であることを示した。

### 1. 耐震対策優先対象を検討する背景

下水道管路は、ポンプ場やシールド工事により施工された幹線管きょの一部を除き、耐震設計が施されてこなかった。これは、最近まで地震により著しい被害を受けた経験が少なかったためによると思われる。昭和53年6月の宮城沖地震による被害を契機として、下水道施設でも地震対策の重要性が認識された。社団法人日本下水道協会が「地震対策調査専門委員会」を設置し、3年の時間をかけて「下水道施設地震対策と指針」をまとめた。管路には応答変位法が適用できることが記述されているものの、具体的な適用方法について記述されていない。下水道管路の耐震設計方法がはっきりしないまま、最近に至っている。

下水道普及率が50%を越えるようになり、総管きょ延長も22万km以上となってきた。また平成5年1月の釧路沖地震以後大きな地震が頻発するようになった。平成7年1月には兵庫県南部地震が発生した。これらの一連の地震により下水道管路も大きな被害

を受けることとなった。

下水道総管きょ延長が伸びたこと、地震が頻発し下水道整備の進んだ地域で被害を受ける例が多くなったことなどから、既設の下水道管路網の耐震対策が緊急の課題として浮かび上がってきている。本稿は、以上のような背景をふまえ、下水道管路網のうち耐震対策を優先すべき対象を検討したものである。

### 2. 下水道管路が被災した場合の被害の内容

下水道管路が地震により被害を受けた場合には、管の継ぎ目の離れ、管体へのクラック、破損、液状化による管の大幅な変位等により流下能力が減少ないし流下不能になる。このような状態を一次被害と定義する。

下水道管は大部分が自然流下により下水を下流へと流し水を集めるシステムである。供給系のライフラインとは異なり、発生する汚水を受け入れる受動的な施設である。したがって管きょに被害を受けても、被害箇所の上流側では下水を流し続ける事態も生じる。一次被害を受けてさらに上流側で下水道の使用が継続している場合には、マンホール等から汚水があふれてくることになる。あふれる水量が多量になれば周辺に汚水を溢水させ二次的な被害を生じさせる。しかし実際には二次被害が生じるような状況では下水道管きょは圧力流れとなり、必然的に下

キーワード：下水道，対策優先対象，流量期待値

\* 土木研究所下水道研究室 0298-64-2328

\*\* 京都大学防災研究所 0774-32-3111

\*\*\* 日本工営(株)都市土木部 03-3238-8385

水道使用者は排水が困難な状態になる。またマンホールからあふれる状態は、空気抜き穴やマンホール蓋のごくわずかの持ち上げにより、汚水がにじみ出してくる程度であるのが一般的である。さらに現実的にはこのような事態になれば、水中ポンプがマンホール内に投入され被災区間を迂回して下流へ流すなどの応急処置が施される。以上のようなことを考えると、極端な二次的な被害は現実にはまれな現象であり無視できる、と考えられる。

したがって、下水道が被害を受ける状態とは、下水管きょの流下不能ないしは能力の減少を生じさせる状態を指し、間接的にはこれにより被害箇所の上流側の下水道が使用について制限を受ける状態を指すものとする。

### 3. 耐震対策優先対象の決定の考え方

地震により下水道管路が被害を受けた場合に、被害箇所によって施設全体の機能に大きな影響を与える箇所と、小規模の影響で済むところがある。また施設の状態（敷設深度や地盤条件等）によって被害を受ける確率も異なってくる。これらの被害状態は、最終的には検討しようとする下水道管路システムの最下流点での到達流量に反映されてくる。被害が著しいときは最下流点での到達流量は大幅にダウンすることになり、被害程度が軽微なときは到達流量は平常時とさほど変わらないことになる。

下水流量は、システムを使用している住民の数を反映しており下水道の使用状態を表す指標とも考えられ、この期待値をシステムの信頼性を代表させる指標として扱うのは有効と考えられる。したがって、検討しようとする下水道管路システムのうちあるリンクの強化が最下流点での到達流量の向上にどの程度寄与するかを検討すれば、寄与程度の大小によりシステム全体の信頼性の向上に寄与するリンクを見いだすことができることになる。

具体的には

- ・システムのすべてのリンクに被害確率を与えて、最下流点での流量の期待値を算定する。

- ・次にあるリンクだけが被害確率ゼロとなったと仮定して、同様に流量の期待値を算定する。

- ・この操作をすべてのリンクに対して行い、もっとも流量の期待値の増加が大きいリンクを抽出する。

このリンクがシステムの信頼性を向上させる最優先のリンクとなる。

- ・次に最優先リンクを被害確率ゼロの状態にして、残りのリンクを再度1カ所ごとに被害確率をゼロとして流量の期待値の増加を検討する。

- ・流量期待値の増加のもっとも大きいリンクを第2優先リンクとする。

以下同様の操作を行う。

このような計算操作によってシステム全体の信頼性を高めるリンクの順位をつけることができる。

以上はシステム全体の信頼性の観点からの耐震対策の優先順位の決定方法に関する検討である。

このような観点からの検討の他に、防災拠点や病院等の地震発生後も確実に下水道サービスを必要としている地点を守るための対策優先対象の決定方法も必要である。上記の計算手順は下水道サービスの対象地域の重要性を均一に考えた場合の手法である。しかしながら特定拠点に重点を置く場合には、特定拠点の排水量が他の地域よりもかなり多いと仮定して同様の手法で検討できる。

以下第4章にモデル地域での検討例を示し、第6章に同じ地域を対象にして防災拠点型の場合の優先対象の選定方法の例を示す。

### 4. モデル地域での検討

#### (1) モデル地域

神戸市の東灘区の約1km<sup>2</sup>の、ある地域をモデル地域として検討する。当該地域の下水道システムを簡略化して図-1に示す。表-1に諸元をしめす。対象は一部合流管きょを含む分流式汚水管路であり、樹枝状のシステム形態をしている。ここでは簡略化して全管路分流式管路として検討を進める。

ある区間（図のマンホール間）での流量は管きょ延長に比例するものとし、接続する上流からの流量と併せて、各区間の流量とした。

#### (2) 被害率の設定

管きょの被害率は、兵庫県南部地震の被害分析結果を参考にして、表-2の様な関係にあるものとした。

#### (3) 被害確率の設定

あるリンクでの被害確率P<sub>f</sub>は以下ようになる。

$$P_f = 1 - \exp(-R_f \cdot L)$$

表-2 管きよの被害率

土被り (m)	被害率 (箇所/km)
0.5	0.5
1.0	1.0
1.5	1.5
2.0	2.0
2.5	0.5
3.0~	0.01

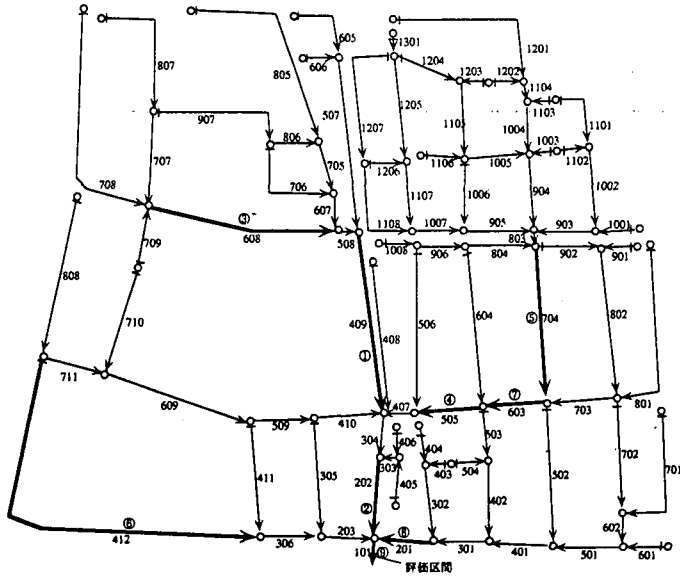


図-1 モデル流域

表-1 モデル地域の諸元

管番号	土被り(m)	被害確率	延長(m)
101	2.5	0.0149	30
201	2.0	0.1131	60
202	1.0	0.0723	75
203	1.5	0.0723	50
301	1.5	0.0792	55
302	1.5	0.1064	75
303	1.0	0.0198	20
304	3.0	1.0004	45
305	1.0	0.1086	115
306	1.5	0.0861	60
401	1.5	0.0929	65
402	1.0	0.0769	80
403	1.0	0.0198	30
404	1.5	0.0440	45
405	1.0	0.0040	30
406	1.5	0.0040	30
407	3.0	0.0003	30
408	2.0	0.2517	145
409	2.0	0.2882	170
410	1.0	0.0629	65
411	1.0	0.1086	115
412	1.0	0.3330	405
501	0.5	0.0344	70
502	1.0	0.1306	140
503	1.5	0.0723	50
504	1.0	0.0296	30
505	1.5	0.0929	65
506	1.0	0.1935	215
507	2.0	0.2811	165
508	2.0	0.0392	20
509	1.0	0.0629	65
601	0.5	0.0222	45
602	1.0	0.0296	30
603	1.0	0.0582	60
604	1.5	0.2811	220
605	1.5	0.1197	85
606	1.0	0.0344	35
607	2.0	0.0676	35
608	2.0	0.3363	205
609	1.0	0.1393	150
701	1.0	0.1306	140
702	1.0	0.1042	110
703	1.0	0.0676	70
704	1.0	0.1350	145
705	2.0	0.0952	50
706	1.0	0.0952	100
707	1.5	0.1263	90
708	2.0	0.3812	240
709	1.0	0.0582	60
710	1.0	0.1042	110
711	1.0	0.0582	60
801	1.0	0.1689	185
802	1.0	0.1350	145
803	1.5	0.0149	10
804	1.5	0.0997	70
805	2.0	0.3495	215
806	1.0	0.0488	50
807	2.0	0.2442	140
808	1.0	0.1436	155
901	1.0	0.0392	40
902	1.0	0.0629	65
903	1.5	0.0861	60
904	2.0	0.1393	75
905	1.5	0.0997	70
906	1.0	0.0488	50
907	1.5	0.1894	140
1001	2.5	0.0222	45
1002	1.0	0.0247	25
1003	1.0	0.0247	25
1004	1.0	0.0488	50
1005	1.5	0.0929	65
1006	1.5	0.0929	65
1007	1.5	0.0723	50
1008	2.0	0.0861	45
1101	1.0	0.0723	75
1102	1.0	0.0296	30
1103	1.0	0.0247	25
1104	1.5	0.0296	20
1105	1.0	0.0723	75
1106	1.0	0.0440	45
1107	1.5	0.0929	65
1108	2.0	0.1975	110
1201	1.0	0.1605	175
1202	1.0	0.0296	30
1203	1.0	0.0247	25
1204	2.0	0.1219	65
1205	2.0	0.1813	100
1206	2.0	0.0861	45
1207	1.0	0.1219	130
1301	1.0	0.0100	10

ここで  $Rf$  は被害率 (箇所/m)、 $L$  はリンク延長 (m) である。

(4) 流量期待値の算定

モデル地域の最下流での流量期待値を算定する。流量は管きよの単位長さに比例するとしてここでは管きよの単位長さ (1m) あたり 1 の流量とした。

リンク番号  $\alpha$  の流量期待値  $E(\alpha)$  は次式で与えられる。

$$E(\alpha) = (Q\alpha + E(\beta)) \times (1 - Pfa)$$

ここで  $Q\alpha$  はリンク番号  $\alpha$  での発生流量、 $E(\beta)$  はリンク番号  $\alpha$  の直上流の流量期待値の和、 $Pfa$  はリンク番号  $\alpha$  の被害確率。

最下流点での流量期待値は、上式を上流側から計算を開始し、目的とする最下流点まで続けることで得られる。

得られた流量期待値は 4,375、地震を受けない場合の最下流点での流量は 7,510 となる。すなわち地震時には管きよの被害により平常時の約 58% の流量となると予測される。兵庫県南部地震時には地震直後は水道がほとんど使えなかったことから下水道へ流入する水量は平常時より大幅に少なかった。

(5) 対策優先対象の抽出

次に特定のリンクだけを被害確率ゼロに設定して上記と同様の流量期待値を算定する。この操作をすべてのリンクに対して行い、流量期待値の増加の大きい順番に並べる。流量期待値の増加の大きい方から 20 番目までを表示したのが表-3 の左側の欄である。この中で最大の流量期待値の増加を与えるリンク 409 番が最優先のリンクとなる。

そこで最優先リンク 409 番が何らかの形で耐震強化されたとする。この場合にはリンク 409 番は被害確率ゼロとする。この状態で残りのリンクをそれぞれ被害確率ゼロにした場合の流量期待値を出し、リ

リンク409番が被害確率ゼロの時に比較して流量期待値がどの程度増加するかを検討する。この場合の流量期待値の増加の大きい方から20番までを表示したのが表-3の左から第2番目の欄である。この欄の最大の流量期待値の増加を与えるリンク202番が第2優先のリンクとなる。

以下同様にして計算をした結果を表-3に示す。

モデル地区における対策優先順位は優先度が高い方からリンク409番、202番、608番、505番、704番、412番、603番、201番、101番・・・となる。

(6) 優先度が高いリンクの特徴

優先度が高いリンクは、比較的下流に位置し、かつリンクの延長が長いものが多い。

下水道管渠網は樹枝状のシステムであるので、下流のリンクの信頼性がシステム全体の信頼性を大きく左右する。このような観点からは最下流のリンクから順番に優先度をつけたいが、リンクの被害確率とそのリンクを流れる流量に左右されて必ずしも最下流リンクの補強優先度が高くなるとは限らないことが、モデル地区の検討結果から得られた。

また優先度の高い上位9番目までのリンクは、優先順位の違いは多少あるものの、表の左の欄の上位9番目までにすべて入っている。したがって簡便法としては特定のリンクだけを被害率ゼロにした場合の流量期待値の増加の大きいリンクの上位グループを対策優先度が高いリンクとして採用しても大筋では間違いないと判断される。

5. 耐震強化方法の選択

第4章で第一優先順位が与えられたリンク409番に対して、耐震強化方法の一つとしてバイパス化を行い信頼性を高める方法について検討する。

計画流入量(上流からの流入量(979)+区間発生

量(170))に409番の被害確率(0.2882)を乗じたもの(331)がバイパス化により接続された管きよの上流マンホールに、上流からの流入量として流入するものとして第4章と同様に流量期待値を算定した。表-4に結果を示す。

耐震強化方法の選択は表-4の流量期待値の増分をそれぞれのバイパス方法のための建設費で割り、もっともその値が小さいものを採用するのが合理的である。

6. 防災拠点等の優先対象が存在するときの優先対策対象の検討例

(1) 流量の配分

兵庫県南部地震が発生した後、処理場への流入水量は半減した。そこで図-1と同じ地域を想定して、図-2に示す4箇所の防災拠点にそれぞれ破線で囲まれた範囲の流量の4割を与え、その他の管きよに平常時の1割の流量を与える。合計流量は平常時の5割となる。

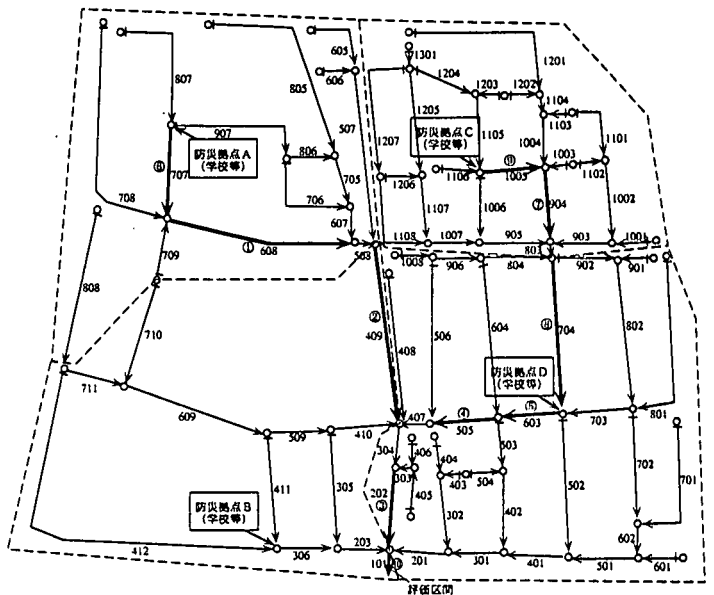


図-2 拠点型の時のモデル地域

(2) 計算手法と結果

計算手法は第4章と同じ手法をとる。

計算結果は表-5となる。優先順位の高い方から608、409、202、505、603、707、904、704、1005、101のリンクとなる。

第4章で計算した結果と比較すると、4章の結果

表-4 耐震強化方法の選択(409番リンクのバイパス)

バイパス先	流量期待値	増加分
408	4601	226
1008から906へ	4550	175
1008から506へ	4605	230
506	4619	244

表一3 モデル地域での対策優先対象の検討表

第1 優先対象			第2 優先対象			第3 優先対象			第4 優先対象			第5 優先対象			第6 優先対象			第7 優先対象			第8 優先対象			第9 優先対象							
優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分					
1	409	4,678	302	1	202	4,946	269	1	608	5,131	185	1	704	5,479	180	1	412	5,592	113	1	603	5,701	109	1	201	5,790	89	1	101	5,878	88
2	202	4,620	245	2	608	4,849	172	2	505	5,114	168	2	704	5,295	164	2	412	5,295	164	2	603	5,589	109	2	201	5,788	87	2	708	5,871	87
3	505	4,531	156	3	505	4,833	156	3	704	5,110	164	3	603	5,397	98	3	201	5,568	89	3	708	5,679	87	3	101	5,787	86	3	904	5,869	78
4	704	4,527	152	4	704	4,829	152	4	412	5,059	113	4	603	5,388	89	4	708	5,566	87	4	101	5,677	85	4	904	5,780	78	4	504	5,866	76
5	608	4,497	122	5	412	4,790	113	5	603	5,035	89	5	708	5,386	87	5	101	5,562	83	5	507	5,668	76	5	507	5,777	76	5	604	5,851	61
6	412	4,488	113	6	201	4,766	89	6	201	5,035	89	6	708	5,379	80	6	507	5,555	76	6	904	5,666	74	6	604	5,762	61	6	805	5,850	60
7	201	4,464	89	7	603	4,760	83	7	507	5,022	76	7	101	5,209	78	7	507	5,375	76	7	904	5,553	74	7	604	5,761	60	7	301	5,843	53
8	603	4,458	83	8	101	4,748	71	8	101	5,021	75	8	507	5,207	76	8	904	5,363	64	8	805	5,652	60	8	609	5,753	52	8	609	5,842	52
9	101	4,441	66	9	507	4,748	70	9	805	5,006	60	9	604	5,360	61	9	805	5,359	60	9	609	5,644	52	9	905	5,750	49	9	905	5,839	49
10	604	4,429	54	10	805	4,733	56	10	904	5,004	58	10	904	5,359	60	10	609	5,531	52	10	203	5,640	48	10	203	5,749	48	10	203	5,838	48
11	904	4,426	51	11	904	4,731	53	11	708	5,004	57	11	609	5,351	52	11	301	5,346	47	11	301	5,639	47	11	301	5,748	47	11	401	5,835	45
12	507	4,425	50	12	708	4,731	53	12	604	5,002	55	12	609	5,183	52	12	301	5,346	47	12	905	5,526	46	12	306	5,746	45	12	306	5,835	45
13	609	4,423	48	13	604	4,729	51	13	609	4,998	52	13	301	5,178	47	13	506	5,340	41	13	506	5,637	45	13	506	5,742	41	13	506	5,831	41
14	301	4,422	47	14	609	4,726	48	14	301	4,993	47	14	506	5,172	41	14	905	5,339	40	14	401	5,519	40	14	401	5,741	40	14	401	5,829	39
15	401	4,415	40	15	301	4,725	47	15	506	4,987	41	15	401	5,339	40	15	203	5,339	40	15	203	5,632	40	15	508	5,740	39	15	408	5,826	36
16	805	4,415	40	16	401	4,717	40	16	401	4,986	40	16	203	5,170	39	16	203	5,338	39	16	508	5,518	39	16	508	5,737	36	16	1108	5,826	36
17	203	4,414	39	17	203	4,717	39	17	203	4,985	39	17	508	5,338	39	17	508	5,338	39	17	408	5,515	36	17	408	5,737	36	17	802	5,820	30
18	506	4,413	38	18	506	4,716	38	18	905	4,983	36	18	408	5,335	36	18	408	5,335	36	18	1108	5,628	34	18	802	5,732	30	18	410	5,819	29
19	708	4,413	38	19	306	4,712	34	19	408	4,982	36	19	408	5,333	34	19	1108	5,513	34	19	1108	5,621	29	19	410	5,731	29	19	705	5,819	29
20	306	4,409	34	20	905	4,711	34	20	306	4,980	34	20	410	5,328	29	20	410	5,328	29	20	705	5,621	29	20	705	5,730	29	20	703	5,819	29

表一5 防災拠点型の優先対象の検討表

第1 優先対象			第2 優先対象			第3 優先対象			第4 優先対象			第5 優先対象			第6 優先対象			第7 優先対象			第8 優先対象			第9 優先対象			第10 優先対象								
優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分	優先 順位	管理 番号	対策後 期待値 増加分						
1	608	2,493	143	1	409	2,686	193	1	202	2,850	163	1	505	2,998	148	1	603	3,095	97	1	707	3,182	88	1	904	3,266	73	1	704	3,361	95	1	1005	3,419	59
2	505	2,487	137	2	202	2,642	148	2	505	2,824	137	2	603	2,938	88	2	707	3,085	88	2	704	3,178	83	2	704	3,265	72	2	1005	3,317	51	2	101	3,411	51
3	202	2,487	137	3	505	2,631	137	3	603	2,768	82	3	707	2,937	88	3	704	3,076	78	3	904	3,168	73	3	1005	3,237	44	3	101	3,315	49	3	306	3,408	47
4	409	2,485	135	4	603	2,575	82	4	707	2,768	81	4	704	2,921	71	4	904	3,066	69	4	306	3,142	47	4	101	3,230	37	4	306	3,313	47	4	203	3,401	40
5	603	2,432	82	5	704	2,559	66	5	704	2,752	66	5	306	3,045	47	5	101	3,141	47	5	306	3,230	37	5	203	3,306	40	5	508	3,393	32	5	412	3,431	11
6	704	2,416	66	6	904	2,551	58	6	904	2,744	58	6	306	3,045	47	6	1005	3,138	44	6	203	3,223	30	6	508	3,298	32	6	412	3,372	11	6	803	3,430	11
7	904	2,416	66	7	707	2,551	58	7	306	2,734	47	7	1005	3,039	41	7	203	3,039	41	7	203	3,135	40	7	508	3,214	21	7	412	3,278	11	7	803	3,371	10
8	306	2,397	47	8	306	2,541	47	8	101	2,727	41	8	203	2,990	40	8	203	3,038	40	8	508	3,123	28	8	803	3,201	8	8	201	3,275	9	8	201	3,370	9
9	203	2,390	40	9	203	2,534	40	9	203	2,727	40	9	1005	2,887	37	9	508	3,026	28	9	412	3,104	9	9	805	3,199	6	9	803	3,275	9	9	507	3,368	8
10	707	2,388	38	10	1005	2,528	35	10	1005	2,721	35	10	508	2,878	28	10	412	3,009	11	10	201	3,103	9	10	905	3,197	4	10	507	3,274	8	10	604	3,367	6
11	1005	2,385	35	11	1005	2,528	35	11	508	2,712	26	11	508	2,861	11	11	201	3,006	9	11	708	3,103	9	11	803	3,196	3	11	604	3,272	6	11	805	3,367	6
12	1005	2,385	35	12	508	2,512	18	12	412	2,698	11	12	201	2,859	9	12	708	3,006	9	12	803	3,102	8	12	1108	3,196	3	12	805	3,272	6	12	609	3,366	5
13	508	2,363	13	13	412	2,505	11	13	201	2,695	9	13	708	2,858	9	13	507	3,005	8	13	507	3,102	8	13	802	3,196	3	13	609	3,272	5	13	905	3,366	5
14	412	2,351	11	14	201	2,502	9	14	708	2,694	8	14	507	2,857	8	14	803	3,005	7	14	604	3,101	6	14	801	3,196	3	14	301	3,271	5	14	301	3,365	5
15	201	2,351	9	15	803	2,499	6	15	507	2,693	7	15	507	2,856	7	15	604	3,004	6	15	1007	3,195	2	15	905	3,195	2	15	905	3,270	4	15	506	3,365	4
16	803	2,356	6	16	708	2,499	6	16	803	2,692	6	16	805	2,856	6	16	805	3,004	6	16	609	3,100	5	16	907	3,195	2	16	506	3,270	4	16	401	3,365	4
17	604	2,355	5	17	604	2,498	5	17	805	2,692	6	17	604	2,855	6	17	609	3,003	5	17	301	3,099	5	17	401	3,195	2	17	401	3,270	4	17	408	3,364	4
18	507	2,355	5	18	507	2,498	5	18	604	2,691	5	18	301	3,002	5	18	301	3,002	5	18	905	3,099	4	18	808	3,195	2	18	408	3,270	4	18	1108	3,364	4
19	609	2,355	5	19	609	2,498	5	19	609	2,691	5	19	306	3,002	4	19	506	3,002	4	19	506	3,099	4	19	903	3,195	2	19	807	3,269	3	19	807	3,364	3
20	301	2,355	5	20	301	2,498	5	20	301	2,691	5	20	506	2,854	4	20	905	3,002	4	20	401	3,099	4	20	804	3,194	1	20	1108	3,269	3	20	410	3,364	3

と同じくリンク608-409のシリーズの方がリンク704-603-505のシリーズよりも優先度が高くなっている。

## 7. まとめ

兵庫県南部地震で神戸市をはじめ下水道施設の普及率の高い都市で大きな施設被害を生じた。このため既存施設の耐震対策が急務となっている。管路施設は地域的に広い範囲に広がっており、全延長も長い。このため管路施設の耐震対策を行うに際して、時間的及び予算的な制約下でどの部分に優先的な対策を施すかが課題である。

この問題を検討するため、兵庫県南部地震での被害調査から得られた被害率を参考にして、流量期待値をモデル地域で算定した。

下水道システムは樹枝状のシステムをしているため、耐震強化の優先順位は、樹枝状のシステムの根元（下流）側から与えるのが一見合理的であるよう

に考えられるが、計算例では被害確率とそこを流れる流量の関係から中流部で第一優先順位を与えた。以下最下流のリンクまで優先番号が与えられたるまで計算を行った。

耐震強化手法を検討するにあたっては代替案の検討（ネットワーク化）に流量期待値を用い、優劣を検討した。

対策優先順位の決定に概念が単純な流量期待値を導入し、広範な検討に使えることを示した。

## 【参考文献】

- 1) 磯山龍二, 片山恒雄: 大規模水道システムの地震時信頼度評価法, 土木学会論文報告集第321号, p p37-48, 1982年5月

## A study for quake-proof priority list making of a sewer system

By Shuji TANAKA, Hiroyuki KAMEDA, Takasi SEKIGUCHI

Wastewater systems received heavy damages due to recent earthquakes in Japan. As sewers have not been designed in quake-proof, it becomes great problem to reinforce existing sewer systems. In this paper we discussed how to establish priority lists for reinforcement in sewer systems. Flow quantity expected value is used for discussing the priority evaluation in model area. It is shown that a wide examination is possible with introducing the flow quantity expected value in determining the priority list for sewer networks.