3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の検討

3.1. 検討背景

「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に記載されている管渠の劣化視覚判定基準は、鉄筋コンクリート管等の剛性管を対象に作られたものである。

一方で、可とう性管特有の構造的異常である塩化ビニル管には、剛性管にはない偏平や変形の劣化傾向がみられる。

さらには、剛性管と同じ劣化項目でも剛性管とは異なる影響を管体に及ぼす破損（軸方向クラック）・クラック（円周方向クラック）、剛性管と異なる継手構造である硬質塩化ビニル管の継手ズレがある。

そのため、偏平・変形、破損（軸方向クラック）・クラック（円周方向クラック）、継手ズレについて判定基準を検討した。

また、異常発生箇所は取付管接続部に多い傾向があるため、取付管接続が管体に及ぼす影響についても検討した。

3.2. 異常項目の影響の把握

3.2.1. 偏平・変形

(1) 検討方法

偏平に関する視覚判定基準を検討するため、図 3-1 に示す偏平試験（JIS K 6741）によりたわみ率と軸方向および円周方向クラックの進行状況の関係を把握した。

偏平試験には、管長が 1.0m の VUφ200 に所定の条件クラック（幅 1mm）を加工した試験体を用い、たわみ量が 100㎜になるまで荷重を加えていき、10㎜ごとに荷重による塩化ビニル管の状態を観察した。

また、試験体の拘束条件を変えることにより、埋設条件の違いを考慮した。管側部の埋戻し土が十分転圧され十分締め固まっている状態（図 3-2 管体拘束条件（左図））と、管側部の埋戻し土の転圧が不十分で十分締め固まっていない状態（図 3-2 管体非拘束条件（右図））の 2 パターンについて、試験ケースを設定した。

クラックについては、クラックの方向、場所、円周方向の角度を変え加工した。

また、クラックの長さについては、軸方向クラックの場合は 500mm、300mm、100mm、50mm とし、円周方向のクラックの場合は円周の 2/3(約 420mm)、円周の 1/4（約 160mm）とした。クラック条件の定期図を図 3-3 に示す。

なお、ここで表記している「軸方向クラック」とは、「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」の「破損」に該当し、また、「円周方向クラック」とは、同指針の「クラック」に該当する。以後、「軸方向クラック」と「円周方向クラック」を明確に区別するため、「破損」を「軸方向クラック」、「クラック」を「円周方向クラック」と表記する。

拘束条件、クラック条件ごとに設定した偏平試験の試験ケースを表 3-1 に示す。

この試験において、偏平の程度と管体の耐荷力の関係について整理した。

また、変形に関しては、TV カメラ調査結果から変形の実態を把握した。

図 3-1　偏平試験

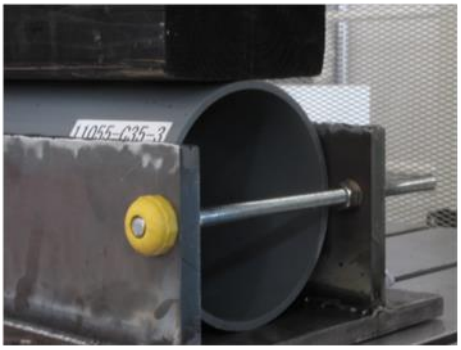


図 3-2　管体拘束条件（左図）、管体非拘束条件（右図）

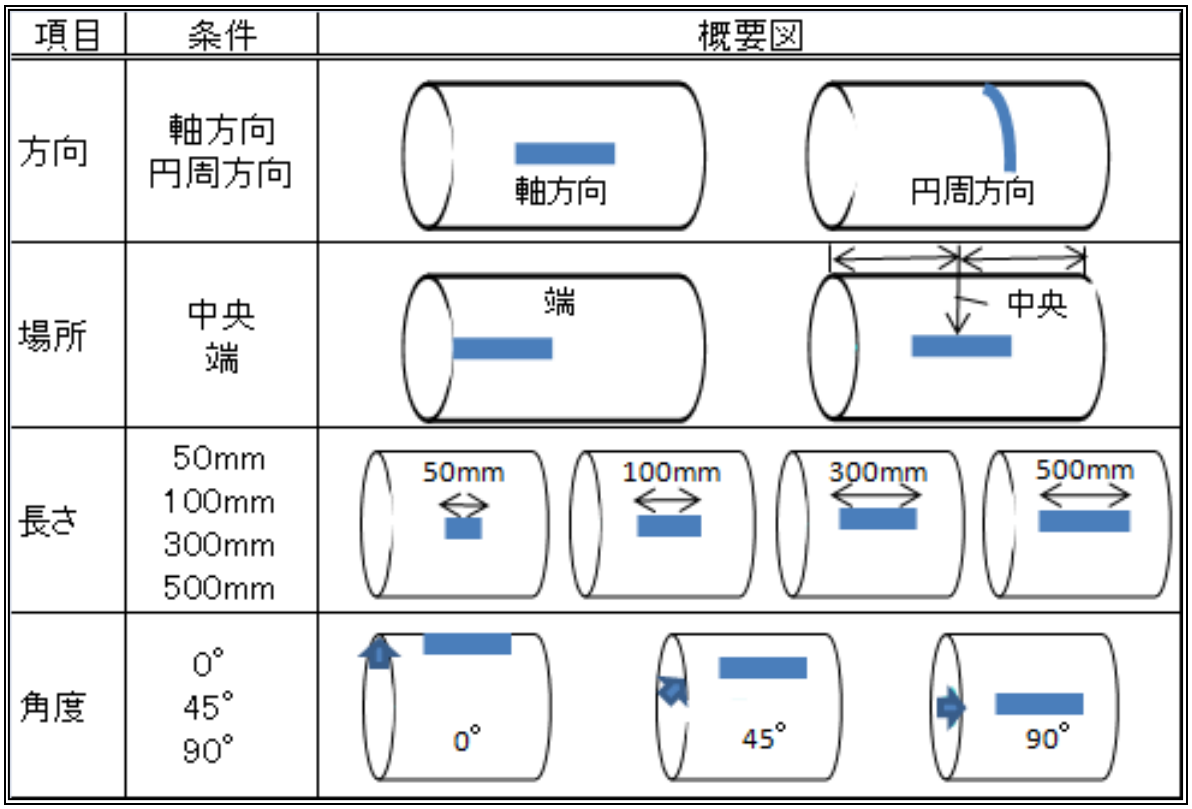


図 3-3　クラック条件の定義

表 3-1　偏平試験ケース

Case	側面拘束	クラック				Case	側面拘束	クラック			
		方向	場所	長さ	角度			方向	場所	長さ	角度
1	非拘束	なし	なし	なし	なし	20	非拘束	軸方向	端	100mm	0°
2	非拘束	軸方向	中央	500mm	90°	21	非拘束	軸方向	端	50mm	0°
3	非拘束	軸方向	中央	300mm	90°	22	非拘束	円周方向	中央	2/3	90°
4	非拘束	軸方向	中央	100mm	90°	23	非拘束	円周方向	中央	1/4	90°
5	非拘束	軸方向	中央	50mm	90°	24	非拘束	円周方向	中央	2/3	45°
6	非拘束	軸方向	中央	300mm	45°	25	非拘束	円周方向	中央	1/4	45°
7	非拘束	軸方向	中央	100mm	45°	26	非拘束	円周方向	中央	2/3	0°
8	非拘束	軸方向	中央	50mm	45°	27	非拘束	円周方向	中央	1/4	0°
9	非拘束	軸方向	中央	300mm	0°	28	拘束	なし	なし	なし	なし
10	非拘束	軸方向	中央	100mm	0°	29	拘束	軸方向	中央	500mm	90°
11	非拘束	軸方向	中央	50mm	0°	30	拘束	軸方向	中央	300mm	90°
12	非拘束	軸方向	端	500mm	90°	31	拘束	軸方向	中央	100mm	90°
13	非拘束	軸方向	端	300mm	90°	32	拘束	軸方向	中央	50mm	90°
14	非拘束	軸方向	端	100mm	90°	34	拘束	軸方向	端	500mm	90°
15	非拘束	軸方向	端	50mm	90°	35	拘束	軸方向	端	300mm	90°
16	非拘束	軸方向	端	300mm	45°	36	拘束	軸方向	端	100mm	90°
17	非拘束	軸方向	端	100mm	45°	37	拘束	軸方向	端	50mm	90°
18	非拘束	軸方向	端	50mm	45°	38	拘束	軸方向	端	50mm	45°
19	非拘束	軸方向	端	300mm	0°	39	拘束	軸方向	端	50mm	0°

(2) 検討結果及び考察

1) 偏平試験結果による検討結果

偏平試験結果を基に、偏平の生じやすさや管体の耐荷性の埋設条件に対する差異について整理した。

クラックが加工されていない Case1（非拘束）と Case28（拘束）を比較したグラフを図 3-4 に示す。

拘束条件においては、非拘束条件と比較し、ある一定のたわみ率までは偏平するために必要な荷重が大きいことが分かる。つまり、拘束条件下では非拘束条件と比較し偏平しにくいことが分かる。

しかし、拘束条件においては、ある一定のたわみ率を超えると試験中の載荷重が下がる事象が確認された。これは、材料が座屈し管体の耐荷性が下がったことによるものと考える（図 3-5）。

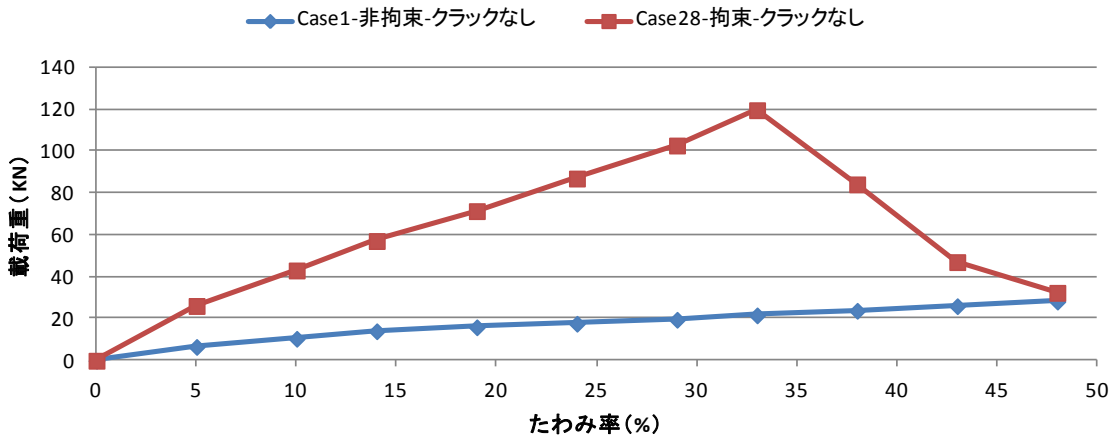


図 3-4　拘束条件と非拘束条件の比較

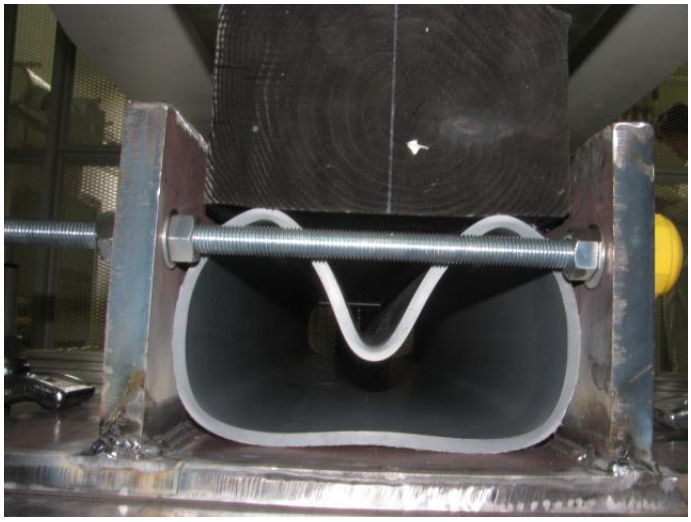


図 3-5　たわみ率 33%時点の試験状況（Case28）

クラックの加工を施していない Case1（非拘束-クラックなし）または Case28（拘束-クラックなし）のたわみ率ごとの載荷重を 1 とし､各クラック条件のたわみ率ごとの載荷重について載荷重比を算出し、クラック条件ごとの耐荷性の差異を示す（図 3-6～図 3-15）。

Case1、Case 28 と比較し各 Case の載荷重が 1 以下となることは、同じたわみ率を発生させるために必要な荷重が小さいことである。

つまり、試験体が偏平しやすい状態にあることであり管の耐荷性が低下したことを示す。

軸方向クラックのクラック角度による耐荷性の差異を図 3-6、図 3-7 に示す。

図 3-6 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1 の載荷重に対する比率を表し、非拘束条件では、クラック角度 90 度の条件の耐荷性が最も低いと言える。

図 3-7 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28 の載荷重に対する比率を表し、拘束条件では、クラック角度に関わらずたわみ率 20%程度から耐荷性が低下し始める傾向がみられ、その後、たわみ率 35%程度から耐荷性が向上する。

これは、拘束条件である側壁に沿って管体形状が変形（側土圧が上昇）したことにより、鉛直荷重に対する耐荷力が増加したものと考える（図 3-7）。

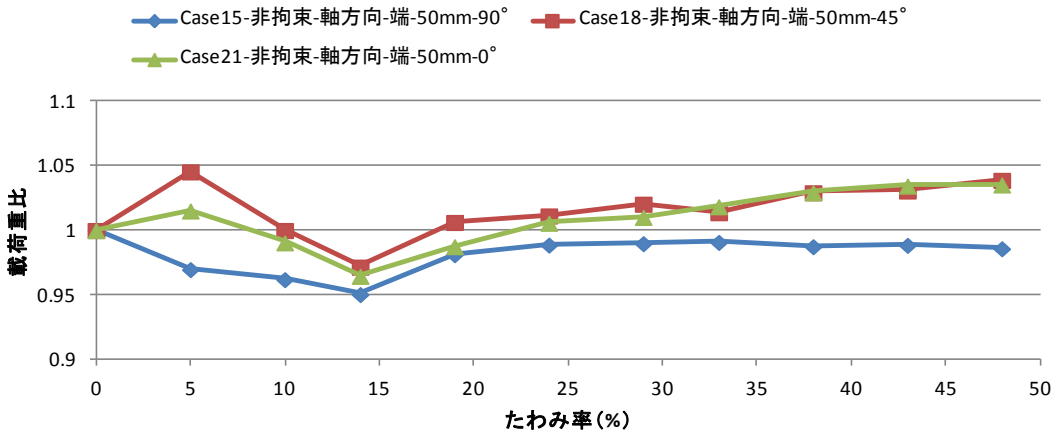


図 3-6　クラック角度と耐荷性の関係（非拘束条件・軸方向クラック）

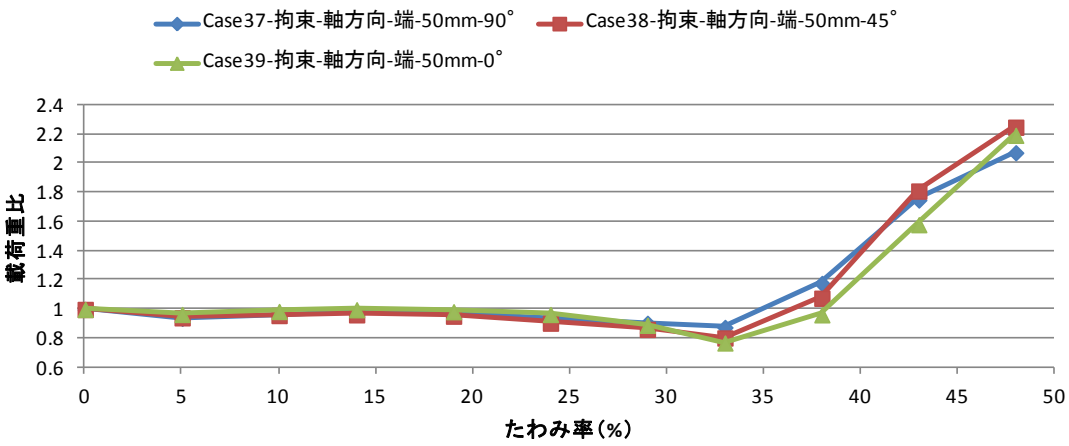


図 3-7　クラック角度と耐荷性の関係（拘束条件・軸方向クラック）

図 3-8　Case39 たわみ率 33%の試験状況

次に、軸方向クラックのクラック長さによる耐荷性の差異を図 3-9、図 3-10 に示す。

図 3-9 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

図 3-10 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28（拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

クラックの長さによる耐荷性については、拘束条件に関わらずクラック長さが長い程、管の耐荷性が低いと言える。

拘束条件である Case34、35 については、たわみ率 30%程度の時点で破壊したため、それ以降のデータは計測されていない。

また Case36、37 はたわみ率 35%程度の時点から載荷重が向上している。この事象は前述、図 3-7 であげた事象と同様と考える。

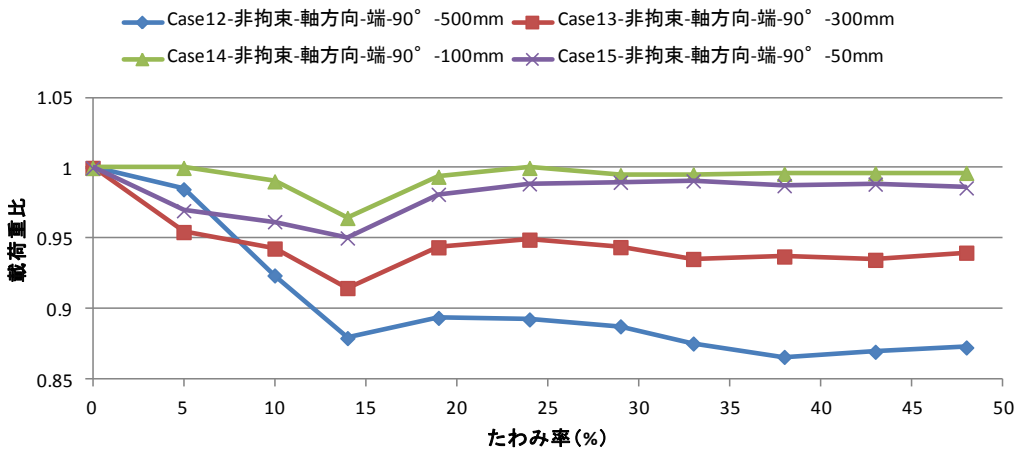


図 3-9　クラック長さと耐荷性の関係（非拘束条件・軸方向クラック）

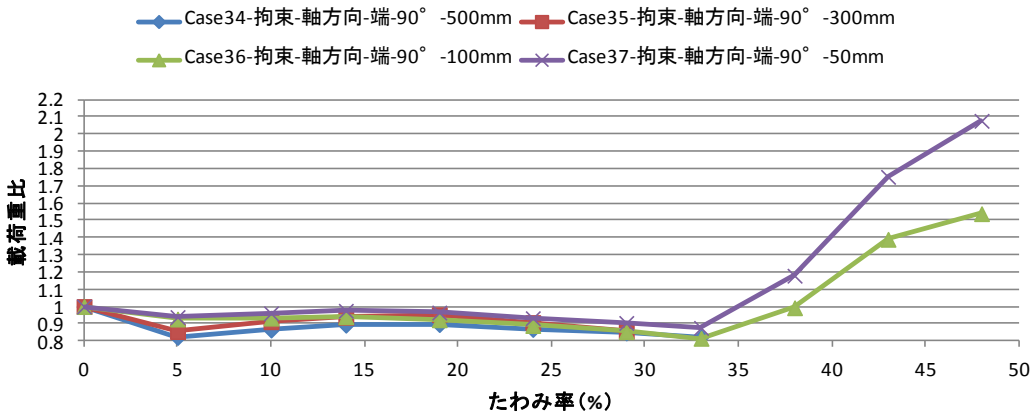


図 3-10　クラック長さと耐荷性の関係（拘束条件・軸方向クラック）

次に、軸方向クラックのクラック場所による耐荷性の差異を図 3-11、図 3-12 に示す。

図 3-11 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。図 3-12 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28（拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

拘束条件、非拘束条件ともに、クラック場所が耐荷性へ与える影響は、その他の条件と比較し一様な傾向は見られない。

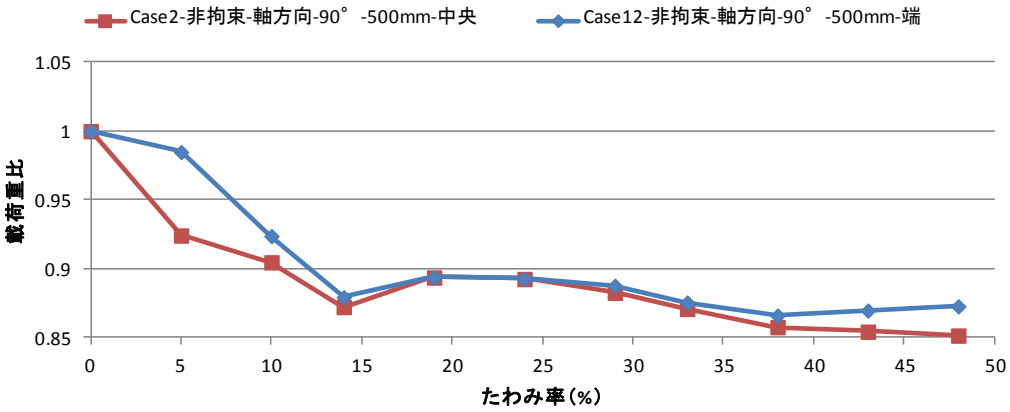


図 3-11　クラック場所と耐荷性の関係（非拘束条件・軸方向クラック）

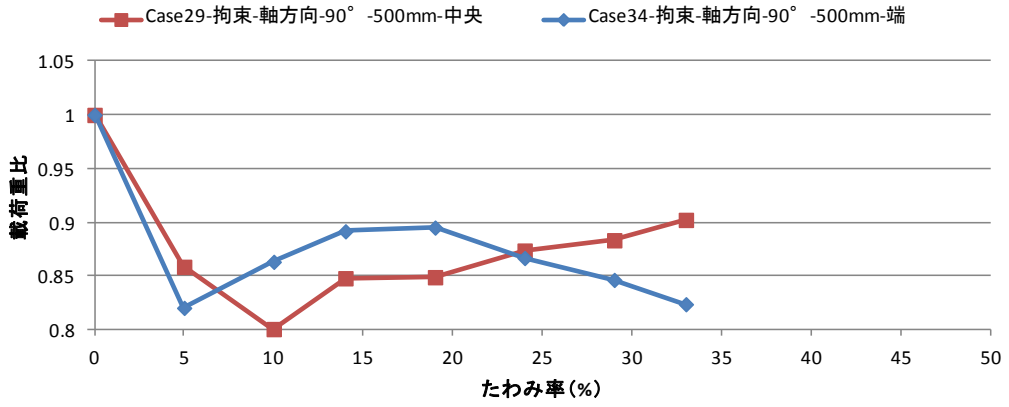


図 3-12　クラック場所と耐荷性の関係（拘束条件・軸方向クラック）

次に、クラック方向による耐荷性の差異を図 3-13 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

軸方向クラックは、耐荷力が低下する傾向であることがいえるが、円周方向クラックは耐荷性への影響は小さい。

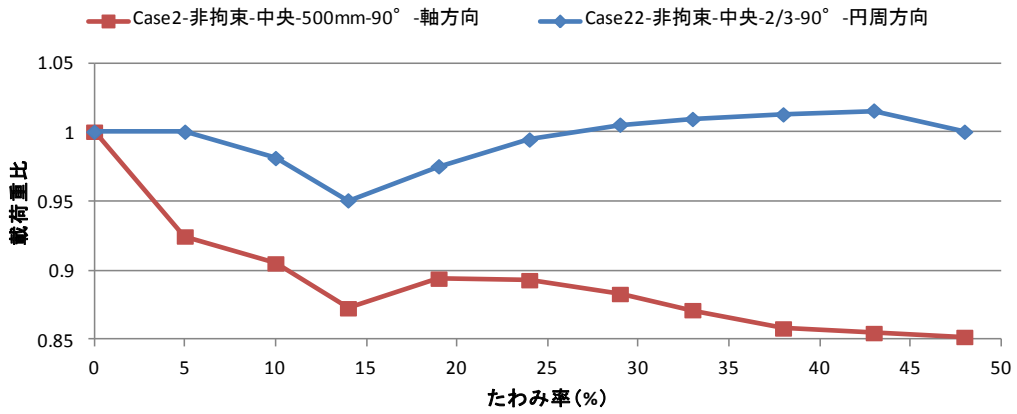


図 3-13　クラック方向と耐荷性の関係（非拘束条件）

次に、円周方向クラックのクラック角度による耐荷性の差異を図 3-14 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

円周方向クラックにおいては、クラック角度による耐荷性へ与える影響に一様な傾向は見られず、また Case1 との差も僅かである。

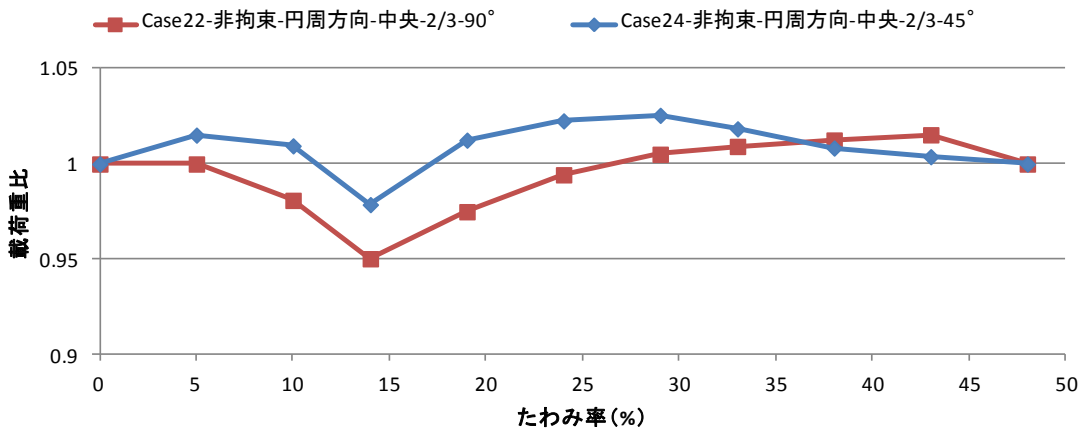


図 3-14　クラック角度と耐荷性の関係（非拘束条件・円周方向クラック）

次に、円周方向クラックのクラック長さによる耐荷性の差異を図 3-15 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

円周方向クラックにおいては、クラック長さによる耐荷性へ与える影響に一様な傾向は見られず、また Case1 との差も僅かである。

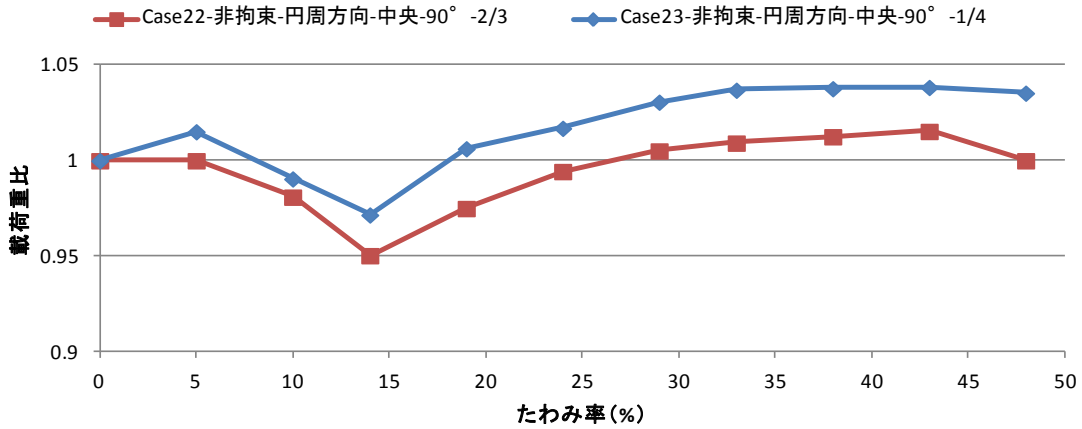


図 3-15　クラック長さと耐荷性の関係（非拘束条件・円周方向クラック）

偏平試験の載荷中に管体の破壊が生じた Case を一覧を表 3-2 に示す。

偏平試験の結果から、クラック方向条件が軸方向の場合、たわみ率が 15%を 超えると管体が破壊に至る事象が拘束・非拘束条件ともに確認された。その他、偏平試験中に管体に生じた視覚情報を表 3-3 にまとめた。

また、管体の破壊時の写真を図 3-20～図 3-21 に示す。

表 3-2　管体が破壊した条件の一覧

Case	側面 拘束条件	クラック				破壊時の たわみ率
		方向	場所	長さ	角度	
12	非拘束	軸方向	端	500 ㎜	90°	15%
13	非拘束	軸方向	端	300 ㎜	90°	30%
29	拘束	軸方向	中央	500 ㎜	90°	15%
30	拘束	軸方向	中央	300 ㎜	90°	20%
34	拘束	軸方向	端	500 ㎜	90°	15%
35	拘束	軸方向	端	300 ㎜	90°	25%
38	拘束	軸方向	端	50㎜	45°	35%

以上の結果、軸方向クラックにおいては、拘束条件、クラック角度・長さ・場所の条件の違いによる耐荷性の差異や破壊の発生有無への影響が確認された。しかし、外的影響（周辺工事）等による突発的な軸方向クラック発生条件の確認は困難である。よって、たわみ率 15%以上においては、突発的な軸方向クラックの発生により即座に破壊に至る可能性が示唆される。

円周方向クラックにおいては、図 3-13～図 3-15 より、クラック場所・長さ・角度やたわみ率により耐荷性への差異がほぼ見られないことが分かる。つまり、円周方向クラックは耐荷性に影響が小さいことが確認された。

2) 変形の検討結果

実態調査において、白化かつ本管内径の 1/10 程度の突出しが確認された。変形は、 砕石等による一定歪みが管体に生じている状態と想定される。白化の事象は塑性域で生じており、また一定歪み下で応力が発生しているため、応力緩和過程でストレスクラックが発生する可能性があると考える。

図 3-16　変形の調査状況

表 3-3　偏平試験中の視覚情報

Case	側面拘束	クラック				偏平量11mm時の結果（5%偏平時）		偏平量100mm時の結果（50%偏平時）	
		方向	場所	長さ	角度	荷重(kN)	クラック(外観)の変化	荷重(kN)	クラック(外観)の変化
1	非拘束	なし	なし	なし	なし	6.6	全て変化なし	28.3	側面が白化
2	非拘束	軸方向	中央	500mm	90°	6.1	全てクラックの変化なし	24.1	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
3	非拘束	軸方向	中央	300mm	90°	6.6	全てクラックの変化なし	27.0	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
4	非拘束	軸方向	中央	100mm	90°	6.6	全てクラックの変化なし	27.9	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
5	非拘束	軸方向	中央	50mm	90°	6.8	全てクラックの変化なし	28.6	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
6	非拘束	軸方向	中央	300mm	45°	6.5	クラックの中央付近がくぼむ	29.5	クラックの中央付近がくぼむ
7	非拘束	軸方向	中央	100mm	45°	6.5	クラックの変化なし	29.1	クラックの変化なし
8	非拘束	軸方向	中央	50mm	45°	6.6	クラックの変化なし	29.3	クラックの変化なし
9	非拘束	軸方向	中央	300mm	0°	6.2	載荷板に隠れて確認できず	28.6	クラックの中央付近がくぼむ
10	非拘束	軸方向	中央	100mm	0°	6.7	載荷板に隠れて確認できず	29.6	管の内面側に湾曲
11	非拘束	軸方向	中央	50mm	0°	6.6	載荷板に隠れて確認できず	29.7	管の内面側に湾曲
12	非拘束	軸方向	端	500mm	90°	6.5	クラックの変化なし	24.7	載荷の途中で破壊
13	非拘束	軸方向	端	300mm	90°	6.3	クラックの変化なし	26.6	載荷の途中で破壊
14	非拘束	軸方向	端	100mm	90°	6.6	クラックの変化なし	28.2	クラックの端部より白化、管端部に広がる傾向
15	非拘束	軸方向	端	50mm	90°	6.4	クラックの変化なし	27.9	クラックの端部より白化、管端部に広がる傾向
16	非拘束	軸方向	端	300mm	45°	6.4	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.5	クラックが管の内側に巻き込むように変形
17	非拘束	軸方向	端	100mm	45°	6.8	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.8	クラックが管の内側に巻き込むように変形
18	非拘束	軸方向	端	50mm	45°	6.9	クラックの変化なし	29.4	クラックが管の内側に巻き込むように変形
19	非拘束	軸方向	端	300mm	0°	6.0	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.8	管の内面側に湾曲
20	非拘束	軸方向	端	100mm	0°	6.5	クラックの変化なし	28.9	管の内面側に湾曲
21	非拘束	軸方向	端	50mm	0°	6.7	クラックの変化なし	29.3	管の内面側に湾曲
22	非拘束	円周方向	中央	2/3	90°	6.6	クラックの変化なし	28.3	クラックの変化なし
23	非拘束	円周方向	中央	1/4	90°	6.7	クラックの変化なし	29.3	クラックの変化なし
24	非拘束	円周方向	中央	2/3	45°	6.7	クラックの変化なし	28.3	クラックの変化なし
25	非拘束	円周方向	中央	1/4	45°	6.6	クラックの変化なし	28.7	クラックの変化なし
26	非拘束	円周方向	中央	2/3	0°	6.9	クラックの変化なし	28.6	クラックの変化なし
27	非拘束	円周方向	中央	1/4	0°	6.8	クラックの変化なし	28.4	クラックの変化なし
28	拘束	なし	なし	なし	なし	26.2	治具に隠れて確認できず	32.5	側面が白化
29	拘束	軸方向	中央	500mm	90°	22.5	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
30	拘束	軸方向	中央	300mm	90°	23.2	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
31	拘束	軸方向	中央	100mm	90°	23.9	治具に隠れて確認できず	43.1	クラックが管端部まで拡大
32	拘束	軸方向	中央	50mm	90°	24.7	治具に隠れて確認できず	51.2	クラックの変化なし
33	拘束	軸方向	端	500mm	90°	21.5	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
34	拘束	軸方向	端	300mm	90°	22.4	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
35	拘束	軸方向	端	100mm	90°	24.3	治具に隠れて確認できず	50.0	クラックの端部が白化、白化の広がりはなし
36	拘束	軸方向	端	50mm	90°	24.6	治具に隠れて確認できず	67.5	クラックの端部が白化、白化の広がりはなし
37	拘束	軸方向	端	50mm	45°	24.7	治具に隠れて確認できず	73.2	載荷の途中で破壊
38	拘束	軸方向	端	50mm	0°	25.3	クラックの変化なし	71.4	外面同士が接触するほど湾曲

＜表内のクラックの変化に関する定義について＞

・巻き込み（図 3-17）：載荷によりクラック部の管が内側と外側にズレて巻き込む様子。

・湾曲（図 3-18）：荷重によりクラック面が突き合ったままズレることなく内側に入り込む様子。

・くぼみ（図 3-19）：荷重によりクラックの直角方向にクラック部がくぼむ様子。

図 3-17　巻き込み

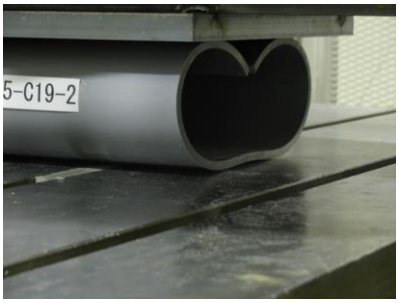


図 3-18　湾曲

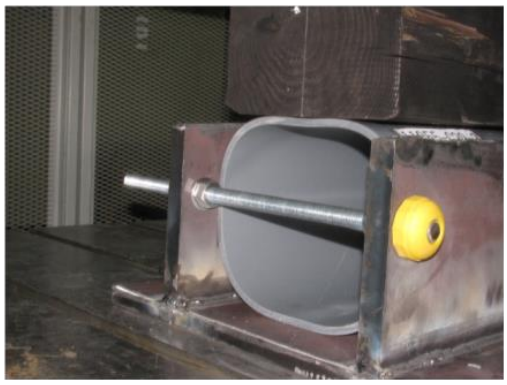
図 3-19　くぼみ

Case 12　破壊前

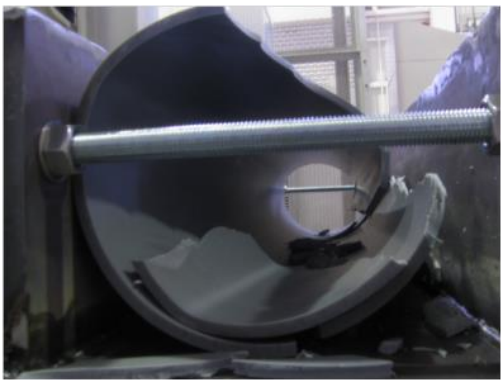
Case 12　破壊後

Case 13　破壊前

Case 13　破壊後



Case 29　破壊前



Case 29　破壊後

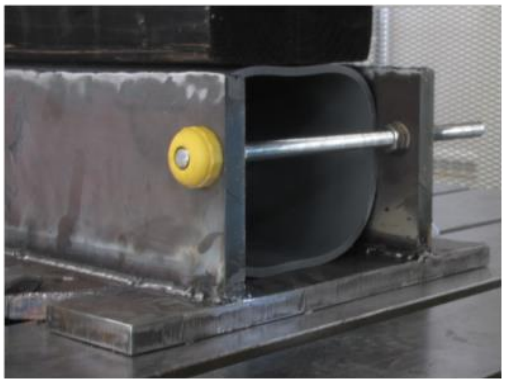
Case 30　破壊前

Case 30　破壊後

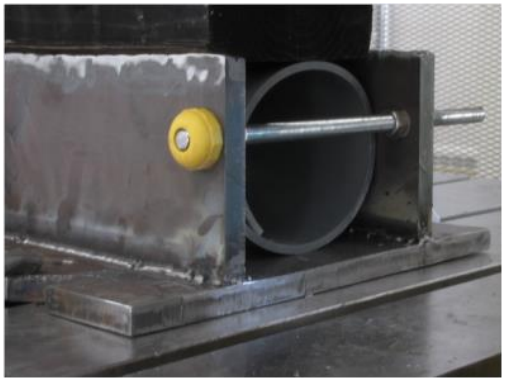
図 3-20　破壊時の写真（Case12、13、29、30）

Case 34　破壊前

Case 34　破壊後

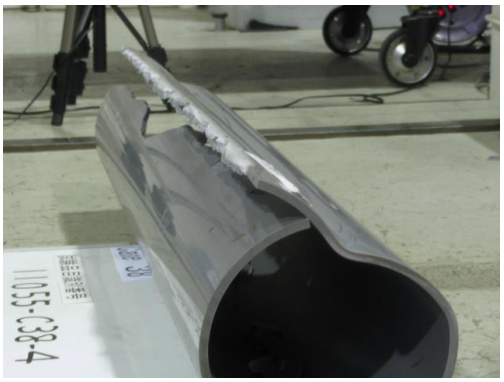


Case 35　破壊前



Case 35　破壊後

Case 38　破壊前



Case 38　破壊後

図 3-21　破壊時の写真（Case34、35、38）

3.2.2. 破損（軸方向クラック）

(1) 検討方法

塩ビ管に発生するたわみ率は、軸方向クラックのランクが大きい程値が大きくなる傾向がある（図2-53）。

このため、軸方向クラックに対する視覚判定基準を策定することを目的とし、二次元非線形静的解析（CAE 解析）を用いて、偏平による軸方向クラック幅および発生する歪みの推移を把握し、軸方向クラックの視覚判定基準を検討した。

解析は、たわみ率とクラック深さによる条件設定を行い行った。

(2) 解析内容

1) 使用ソフト

Abaqus（Standard 6.11）

2) 解析種類

2 次元非線形解析

3) 解析に使用する用語

① CAE

CAE（computer Aided Engineering）とは、コンピュータ技術を活用しての製品の設計、製造や工程設計の事前検討の支援を行うこと、またはそれを行うツール。代表的な解析の手法として、「有限要素法」、「有限差分法」、「境界要素法」等がある。

② ポアソン比

ポアソン比は、弾性限界内で、例えば引張を加えた時に荷重方向の伸び（歪み%）と、荷重に直角方向の寸法の縮み（歪み%）の比をいう。

③ ヤング率

ヤング率は、弾性範囲で単位歪み当たり、どれだけ応力が必要かの値を決める定数。一方向の引張または圧縮応力の方向に対する歪み量の関係から求めるもので、縦軸に応力、横軸に歪みをとった応力歪み曲線の直線部の傾きに相当する。

④ 公称応力

公称応力とは、引張試験や圧縮試験で、試験片にかかる荷重を試験片の断面積で割った値のこと。荷重による断面積の変化（増減）は、計算上の公称応力では無視される。

⑤ 真応力

真応力とは、かけられた荷重を荷重が作用する実際の断面積で割った値のこと。荷重の変化に伴う断面積の変化も考慮に入れた値。

⑥ 公称歪み

公称歪みとは、引張試験や圧縮試験で、試験片の長さの変化量を変形前の長さで割った値。単位当たりの変化量ということができ、荷重が作用して試験片が変形しても、変形前の長さを基準にしている。

⑦ 真歪み

真歪みとは、基本的には公称歪みと同じように長さの変化分を元の長さで割ったものであるが、公称歪みとは元の長さの基準が異なる。真歪みの場合では、変形の仮定を想定し、長さの変化分をその直前の長さで割ったもの。その時々で計算した歪みを、変形前の長さから変形後の長さまで総和をとることで全体の歪みを求める（変形前の長さから変形後の長さまでを積分して歪みを算出する）。

⑧ 塑性歪み

塑性歪みは、荷重を加えて物質を変形させた後、荷重を完全に取り除いた後に残る歪み（伸び、縮み）のことをいい、永久歪みあるいは残留歪みともいう。

⑨ 破断歪み

破断する直前の材料が耐えうる最大の引張応力を与えたときの歪みをいう。

4）モデル形状

・管径

VUφ200：外径 216 ㎜（実内径 202 ㎜　管厚 7 ㎜）

VUφ400：外形 420 ㎜（実内径 394.8 ㎜　管厚 12.6 ㎜）

2 次元の管断面をモデル化し、管軸方向に十分長いことを想定した平面歪み要素を用いる。管頂の内面に軸方向の非貫通クラックを想定し、後述する対象境界条件により処理する。対称性より右半分のみモデル化を行う。

また、管頂の内面の非貫通クラックの大きさを、クラック深さの管厚に対する割合として複数パターン（0%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%）設定する。

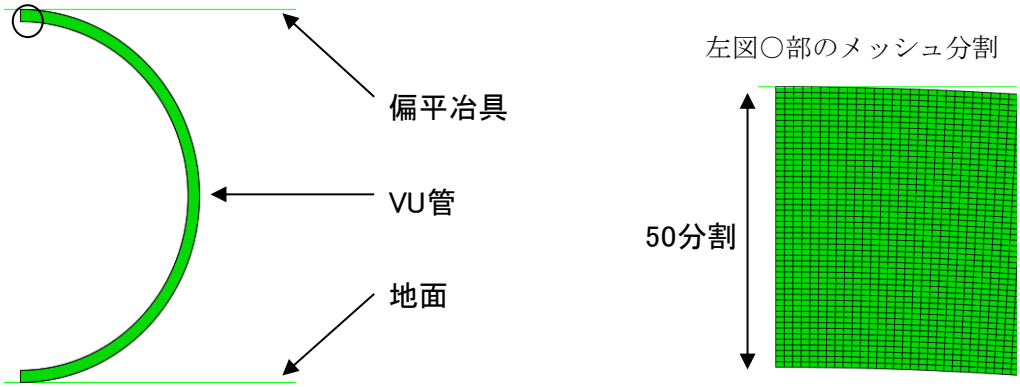


図 3-22　モデルの形状

5）境界条件

前述の境界条件を表 3-4 に示す。

表 3-4　境界条件

固定条件	地面：完全固定（全方向固定）
	偏平冶具：鉛直方向以外を固定
	管の左右対称面：法線方向（左右方向）を固定 ※注）クラック想定部分には境界を設定しない（図 3-23）
載荷条件	偏平冶具：鉛直真下方向に強制変位
接触条件	管と地面（摩擦係数 0.1）
	管と偏平冶具（摩擦係数 0.1）

※注）クラック想定部分（黄色）：右方向に変形可能
通常部（青色）：左右方向に固定

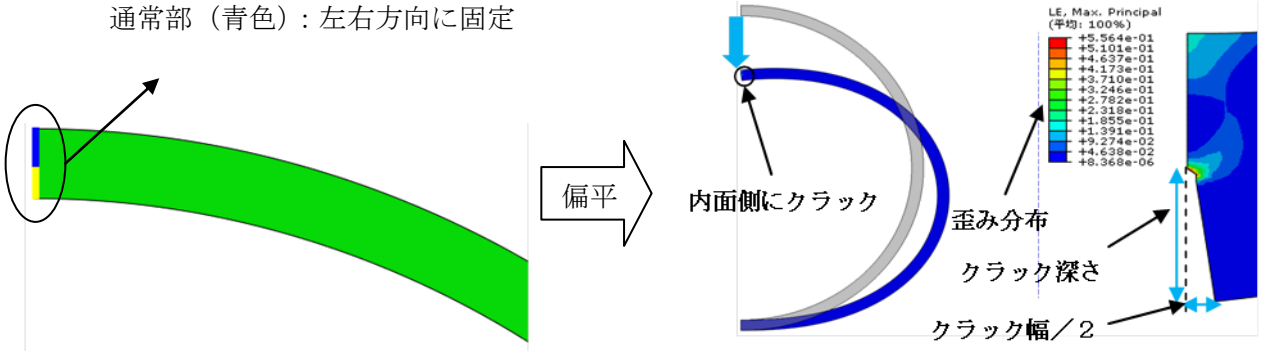


図 3-23　境界条件と解析イメージ

6）材料物性値の設定

①ポアソン比

塩化ビニル管の一般値　0.38

引用文献：塩化ビニル管・継手協会「水道用硬質ポリ塩化ビニル管［技術資料］＜規格・設計編＞ P.50

②ヤング率（MPa）、引張強度(MPa)＜公称応力＞、破断歪み(%)＜公称歪み・真歪み＞

塩化ビニル管の新管、布設後 10 年経過管、布設後 39 年経過管を採取し、これらの管渠を用いて実施した引張試験結果を使用する。

解析に使用する材料物性値を表 3-5 に示す。

表 3-5　材料物性値

材料	ヤング率(MPa)	ポアソン比	引張強度(MPa)	破断歪み(%)	
			公称応力	公称歪み	真歪み
塩化ビニル管（新管）	2,674.3	0.38	52.0	26.4	23.5
塩化ビニル管（10 年経過管）	2,618.5	0.38	56.0	18.4	16.9
塩化ビニル管（39 年経過管）	2,570.9	0.38	53.5	16.2	15.0

7) 径年管の材料データ抽出

経年管の CAE を用いた解析を行うためには、管材料の応力－歪み曲線（破断までの引張データから算出）およびポアソン比が必要となる。

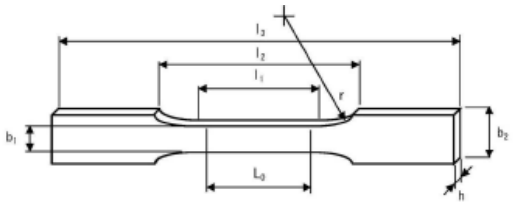
そのため、径年管を用いた引張試験を行い、材料データの抽出を行う。

① 試験概要

・試験ケース：3 ケース（新管、10 年経過管、38 年経過管）

・供試体：1 体（新管）、5 体/ケース（経年管）

・寸法規格：図 3-24 参照



単位：mm

全長 l_3	幅の狭い平行部の長さ l_1	半径 r	幅の広い平行部の間隔 l_2	端部の幅 b_2	狭い部分の幅 b_1	標準厚さ h	標準間距離 L_0
150≦	60.0±0.05	60	106～120	20.0±0.2	10.0±0.2	4.0±0.2	50.0±0.5

1B形試験片（JIS K 7162-1994に準拠）

図 3-24　寸法規格

② 試験結果

引張試験結果による応力－歪み曲線を、新管、10 年経過管、38 年経過管ごとに示す。

なお、経年管の試験結果の採用値は、新管との違いを明確にするため、管材の応力-歪み曲線から歪みの値が最も小さい曲線を採用した。

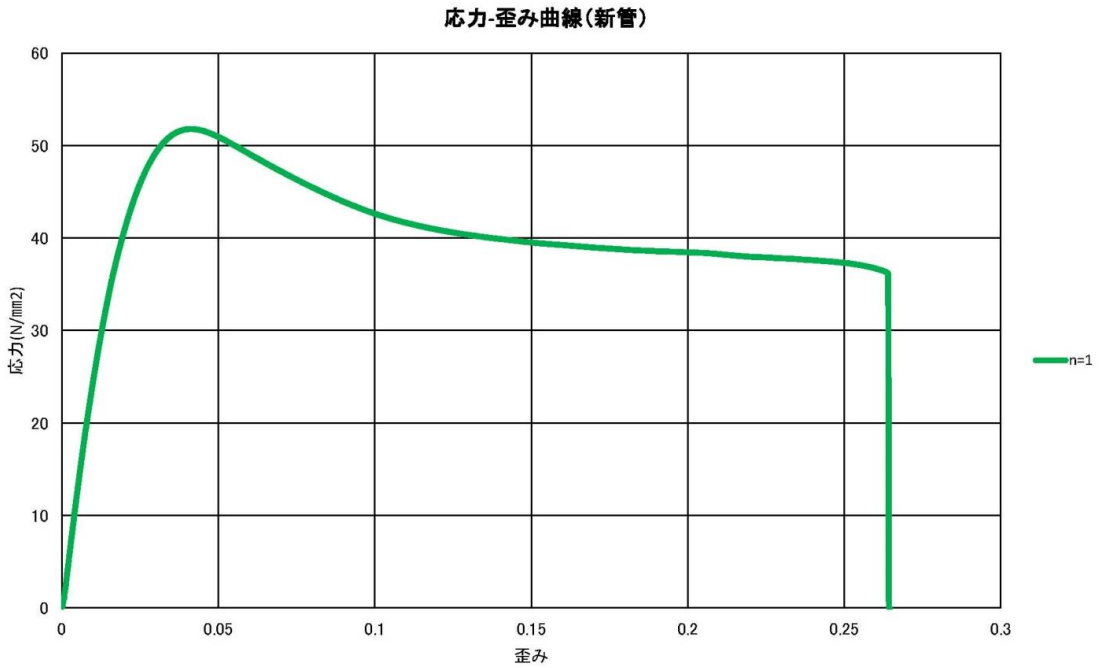


図 3-25　応力-歪み曲線（新管）

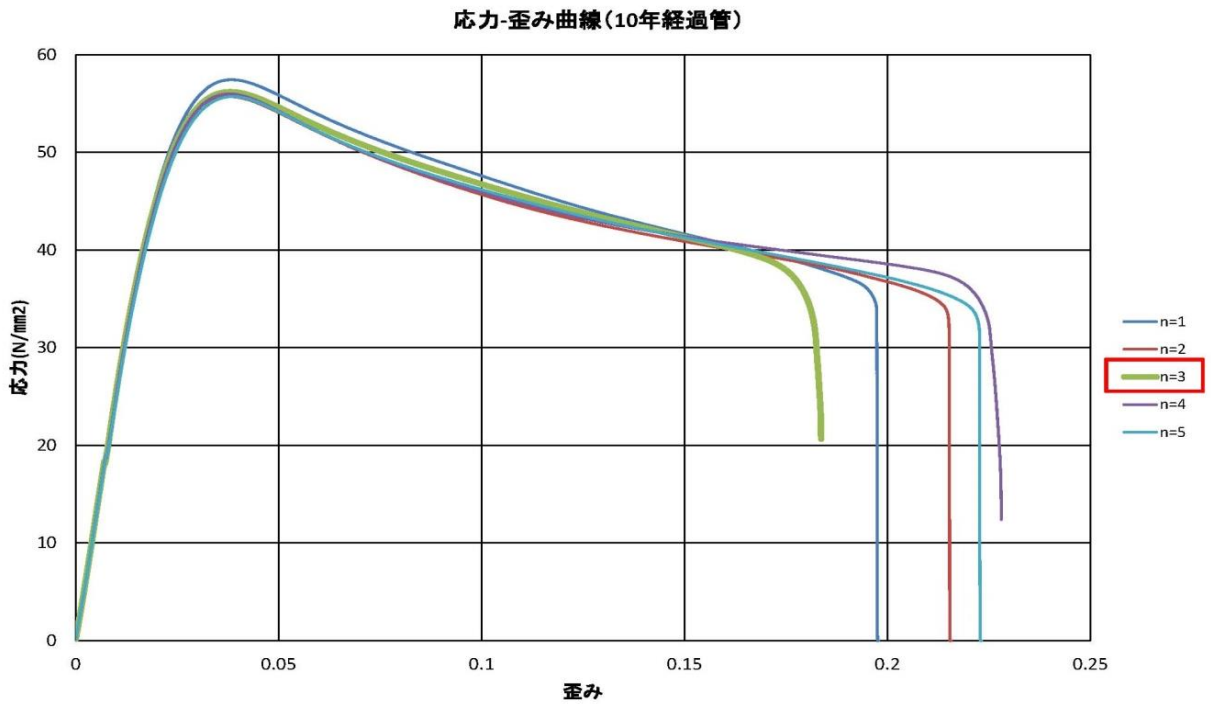


図 3-26　応力−歪み曲線（10 年経過管）

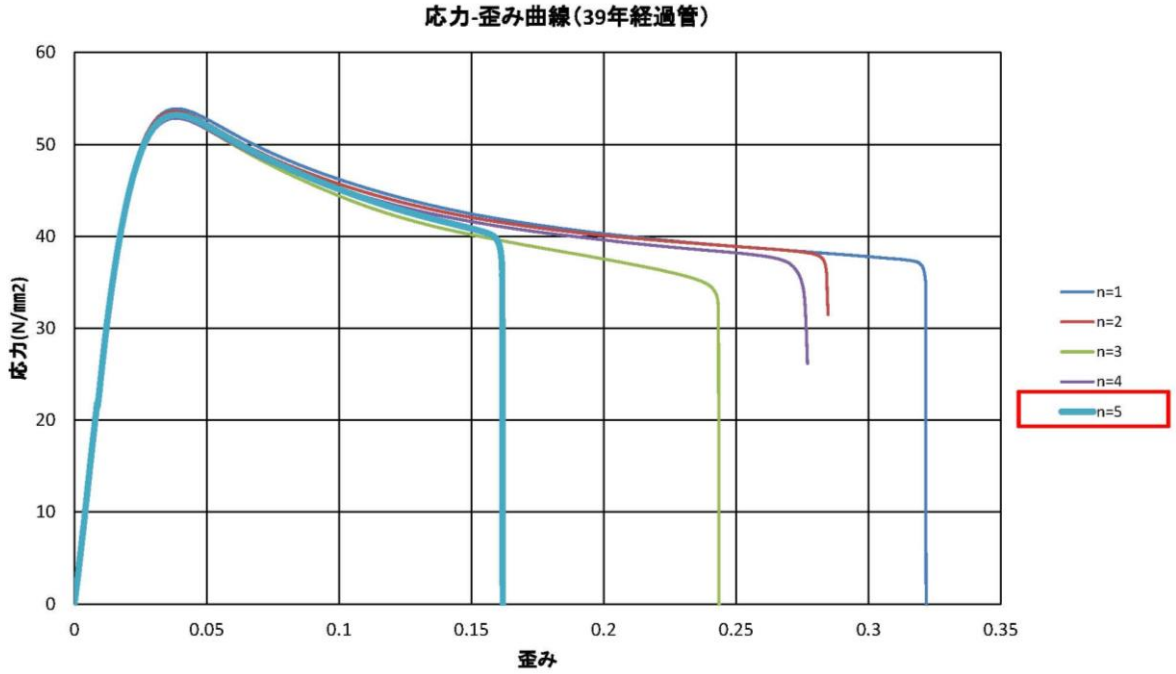


図 3-27　応力−歪み曲線（39 年経過管）

③ 物性値の作成

CAE 解析実施に当たり、前述の応力-歪み曲線データを、解析用物性値データ（表 3-6、表 3-7）に編集した。編集手順を下記に示す。

なお、下記に示す行・列（例：ABC 列）は、表 3-6 に示すエクセルにおける行列名を示している。

【編集手順】

手順１：応力が増加していない 3～10 行を破棄する（EF 列）。

手順２：引張強度の 1/3 までのデータで線形式を求める。

公称応力 max／3＝52.0／3≒17.3N/mm2

手順３：求めた線形式（近似式）の傾きをヤング率とする（2674.3MPa）。

手順４：近似式の y 軸方向のズレを 0 に修正する（HI 列）。

手順５：引張強度以降の応力を引張強度に変更する。

手順６：HI 列でのグラフに合うように、KL 列を作成する。

手順７：公称応力－公称歪みの関係であるため、これを真応力－真歪みの関係に変換（NO 列）。

真応力＝公称応力×（１＋公称歪み）

真歪み＝ｌｎ（１＋公称歪み）

手順８：真応力－真歪みの関係を、塑性応力－塑性歪みの関係に変換（QRS 列）。

塑性歪み＝真歪み－真応力／ヤング率

手順９：この QRS 列のデータを用いて CAE 解析を行う。

表 3-6　解析用物性値データ（その１）

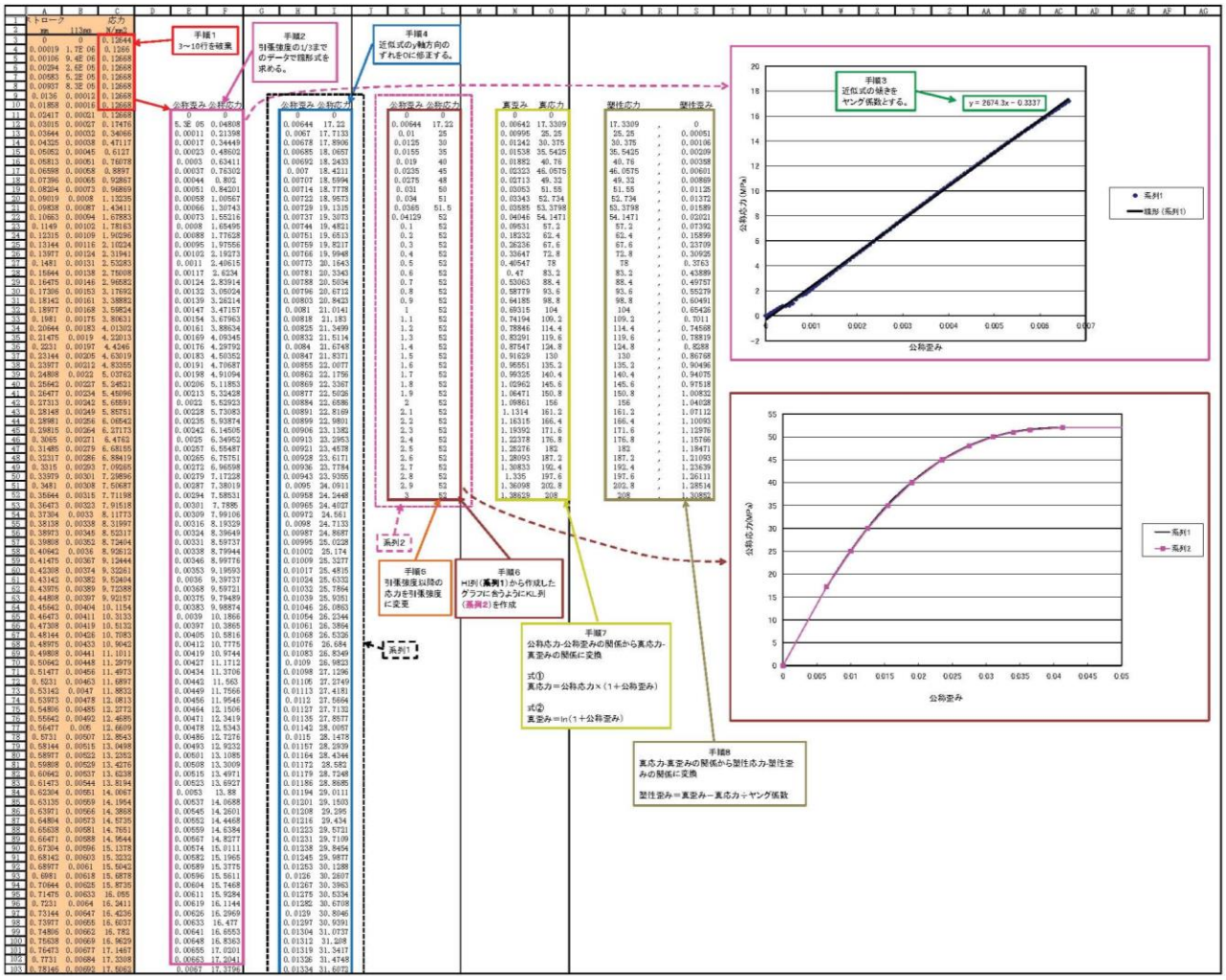
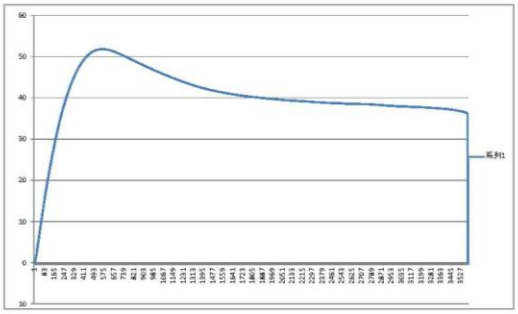


表 3-7　解析用物性値データ（その２）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
416	3.38973	0.03	49.207		0.02978	49.0804		0.03642	51.5338
417	3.3981	0.03007	49.2453		0.02986	49.1186		0.03649	51.6408
418	3.40644	0.03015	49.282		0.02993	49.1554		0.03657	51.6501
419	3.41477	0.03022	49.3149		0.03001	49.1883		0.03664	51.6647
420	3.4231	0.03029	49.3512		0.03008	49.2245		0.03672	51.675
421	3.43142	0.03037	49.3911		0.03015	49.2644		0.03679	51.6868
422	3.43975	0.03044	49.4253		0.03023	49.2986		0.03686	51.6958
423	3.44808	0.03051	49.4639		0.0303	49.3372		0.03694	51.7089
424	3.45642	0.03059	49.4982		0.03037	49.3715		0.03701	51.7192
425	3.46475	0.03066	49.5345		0.03045	49.4078		0.03708	51.7313
426	3.47308	0.03074	49.5726		0.03052	49.4459		0.03716	51.7377
427	3.48144	0.03081	49.6049		0.0306	49.4783		0.03723	51.7431
428	3.48977	0.03088	49.6395		0.03067	49.5129		0.03731	51.7562
429	3.49808	0.03096	49.6704		0.03074	49.5437		0.03738	51.7698
430	3.50642	0.03103	49.7048		0.03082	49.5781		0.03745	51.7788
431	3.51479	0.0311	49.7365		0.03089	49.6088		0.03753	51.7843
432	3.52313	0.03118	49.7701		0.03096	49.6434		0.0376	51.7958
433	3.53146	0.03125	49.8004		0.03104	49.6737		0.03767	51.8031
434	3.53979	0.03133	49.8381		0.03111	49.7034		0.03775	51.8136
435	3.54813	0.0314	49.8621		0.03119	49.736		0.03782	51.8213
436	3.55646	0.03147	49.8981		0.03126	49.7714		0.0379	51.83
437	3.56479	0.03155	49.9212		0.03133	49.8046		0.03797	51.8383
438	3.57313	0.03162	49.9631		0.03141	49.8371		0.03804	51.846
439	3.58146	0.03169	49.9948		0.03148	49.8681		0.03812	51.8551
440	3.58979	0.03177	50.0194		0.03155	49.8927		0.03819	51.8618
441	3.5981	0.03184	50.0488		0.03163	49.9221		0.03826	51.8699
442	3.60644	0.03192	50.0813		0.0317	49.9547		0.03834	51.8778
443	3.61475	0.03199	50.1114		0.03178	49.9848		0.03841	51.8842
444	3.62304	0.03206	50.1427		0.03185	50.0161		0.03849	51.8894
445	3.63135	0.03214	50.1727		0.03192	50.046		0.03856	51.8991
446	3.63971	0.03221	50.1989		0.032	50.0722		0.03863	51.9096
447	3.64806	0.03228	50.2261		0.03207	50.0995		0.03871	51.9109
448	3.6564	0.03236	50.2541		0.03214	50.1274		0.03878	51.9149
449	3.66471	0.03243	50.282		0.03222	50.1553		0.03885	51.9179
450	3.67304	0.0325	50.3108		0.03229	50.1841		0.03893	51.926
451	3.68138	0.03258	50.3371		0.03236	50.2105		0.039	51.9345
452	3.68973	0.03265	50.3628		0.03244	50.2361		0.03908	51.9344
453	3.69808	0.03273	50.3885		0.03251	50.2618		0.03915	51.9427
454	3.70642	0.0328	50.4165		0.03259	50.2898		0.03922	51.9496
455	3.71475	0.03287	50.4431		0.03266	50.3165		0.0393	51.9538
456	3.7231	0.03295	50.4725		0.03273	50.3459		0.03937	51.9564
457	3.73146	0.03302	50.494		0.03281	50.3673		0.03945	51.9604
458	3.73977	0.0331	50.5136		0.03288	50.3869		0.03952	51.9637
459	3.74806	0.03317	50.5398		0.03295	50.4131		0.03959	51.9633
460	3.75638	0.03324	50.5658		0.03303	50.4392		0.03967	51.9685
461	3.76473	0.03332	50.5923		0.0331	50.4657		0.03974	51.9746
462	3.77306	0.03339	50.6158		0.03318	50.4892		0.03981	51.9811
463	3.78142	0.03346	50.638		0.03325	50.5114		0.03989	51.9812
464	3.78977	0.03354	50.6597		0.03332	50.533		0.03996	51.9821
465	3.7981	0.03361	50.6838		0.0334	50.5569		0.04004	51.9841
466	3.80646	0.03369	50.7058		0.03347	50.5791		0.04011	51.9822
467	3.81481	0.03376	50.7287		0.03355	50.602		0.04018	51.9867
468	3.82315	0.03383	50.7554		0.03362	50.6287		0.04026	51.9897
469	3.83148	0.03391	50.7812		0.03369	50.6545		0.04033	51.9907
470	3.83981	0.03398	50.803		0.03377	50.6764		0.0404	51.9927
471	3.84813	0.03405	50.8258		0.03384	50.6991		0.04048	51.9951
472	3.85646	0.03413	50.8424		0.03391	50.7157		0.04055	51.9919
473	3.86475	0.0342	50.8646		0.03399	50.7379		0.04062	51.9965
474	3.87304	0.03427	50.8881		0.03406	50.7614		0.0407	51.9958
475	3.88135	0.03435	50.907		0.03413	50.7803		0.04077	51.9964
476	3.88973	0.03442	50.9308		0.03421	50.8042		0.04085	52.002
477	3.8981	0.0345	50.951		0.03428	50.8243		0.04092	52.0015
478	3.90644	0.03457	50.9662		0.03436	50.8396		0.04099	52.001
479	3.91477	0.03464	50.9843		0.03443	50.8577		0.04107	52.0003
480	3.9231	0.03472	51.0097		0.0345	50.883		0.04114	52.0005
481	3.93142	0.03479	51.0253		0.03458	50.8986		0.04121	52.0009
482	3.93975	0.03487	51.0442		0.03465	50.9175		0.04129	52.0026
483	3.94808	0.03494	51.0644		0.03472	50.9377			
484	3.95642	0.03501	51.0796		0.0348	50.953			
485	3.96475	0.03509	51.0962		0.03487	50.9696			
486	3.9731	0.03516	51.1166		0.03495	50.99			
487	3.98144	0.03523	51.1359		0.03502	51.0092			
488	3.98977	0.03531	51.1479		0.03509	51.0213			
489	3.99808	0.03538	51.1663		0.03517	51.0396			
490	4.00642	0.03546	51.1856		0.03524	51.0589			
491	4.01477	0.03553	51.2015		0.03532	51.0748			
492	4.02313	0.0356	51.2198		0.03539	51.0931			
493	4.03148	0.03568	51.2347		0.03546	51.108			
494	4.03979	0.03575	51.2499		0.03554	51.1232			
495	4.04813	0.03582	51.2591		0.03561	51.1324			
496	4.05646	0.0359	51.2736		0.03568	51.1469			
497	4.06479	0.03597	51.2931		0.03576	51.1664			
498	4.07313	0.03605	51.3061		0.03583	51.1794			
499	4.08146	0.03612	51.3209		0.03591	51.1942			
500	4.08979	0.03619	51.3362		0.03598	51.2096			
501	4.09813	0.03627	51.3494		0.03605	51.2227			
502	4.10644	0.03634	51.3669		0.03613	51.2402			
503	4.11475	0.03641	51.3828		0.0362	51.2562			
504	4.12304	0.03649	51.3949		0.03627	51.2682			
505	4.13135	0.03656	51.4082		0.03635	51.2815			
506	4.13971	0.03663	51.4285		0.03642	51.2999			
507	4.14806	0.03671	51.4338		0.03649	51.3071			
508	4.1564	0.03678	51.4431		0.03657	51.3164			
509	4.16471	0.03686	51.4577		0.03664	51.331			
510	4.17304	0.03693	51.468		0.03672	51.3413			
511	4.18138	0.037	51.4798		0.03679	51.3531			
512	4.18971	0.03708	51.4887		0.03686	51.3621			
513	4.19806	0.03715	51.4998		0.03694	51.3732			
514	4.20642	0.03722	51.5122		0.03701	51.3856			
515	4.21475	0.0373	51.5243		0.03708	51.3976			
516	4.2231	0.03737	51.5307		0.03716	51.404			
517	4.23146	0.03745	51.5361		0.03723	51.4094			
518	4.23979	0.03752	51.5491		0.03731	51.4225			
519	4.24808	0.03759	51.5628		0.03738	51.4361			



(3) 解析結果および考察

解析結果は、塩化ビニル管に初期にあるクラック深さのクラックが存在するものとし、たわみ率 0%から順に強制的に偏平させ、その際に発生する真歪みおよびクラック幅を算出する。

各管材（新管、10 年経過管、38 年経過管）および管径（200mm、400mm）の解析結果を表 3-8～表 3-13 に示す。

解析結果表の行はクラック深さ（管厚に対する割合）、列はたわみ率を表している。

各表の上表は、各たわみ率およびクラック長さにおけるクラック幅(mm)、下表は、各たわみ率およびクラック深さにおける真歪み(%)の算出値を示している。

1) 新管

表 3-8　新管（管径 200mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 200	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.03	0.05	0.12	0.15	0.16	0.16
		20	0.06	0.12	0.25	0.34	0.38	0.41
		30	0.10	0.21	0.44	0.66	0.83	0.96
		40	0.16	0.33	0.78	1.22	1.61	1.92
		50	0.24	0.53	1.32	2.01	2.64	3.22
		60	0.37	0.86	1.99	2.94	3.85	4.71
		70	0.56	1.30	2.73	3.94	5.10	6.22
		80	0.82	1.75	3.46	4.91	6.26	7.59
		90	1.07	2.13	4.07	5.71	7.23	8.71
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.68	1.36	2.77	3.40	3.68	6.82
		10	1.63	3.63	10.19	13.61	14.21	14.40
		20	2.29	5.60	14.88	22.05	25.56	27.34
		30	2.94	7.74	22.94	38.89	51.17	59.19
		40	3.74	10.26	36.99	63.42	81.13	92.84
		50	4.72	15.18	55.64	81.44	99.89	114.00
		60	5.93	22.81	65.15	88.88	107.70	123.10
		70	7.51	26.40	64.17	86.86	105.10	120.90
		80	8.02	23.30	52.98	74.00	90.16	104.60
		90	6.30	16.44	35.63	50.85	63.51	75.93

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

表 3-9　新管（管径 400mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 400	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.04	0.09	0.19	0.25	0.26	0.26
		20	0.10	0.20	0.40	0.55	0.61	0.64
		30	0.16	0.34	0.71	1.05	1.31	1.50
		40	0.26	0.54	1.26	1.99	2.63	3.14
		50	0.41	0.87	2.20	3.39	4.47	5.44
		60	0.62	1.44	3.42	5.08	6.66	8.16
		70	0.97	2.24	4.80	6.95	8.98	10.97
		80	1.44	3.09	6.16	8.77	11.18	13.54
		90	1.91	3.82	7.31	10.29	12.99	15.64
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.63	1.25	2.52	3.13	3.31	5.76
		10	1.47	3.22	8.72	11.85	12.34	12.49
		20	2.06	4.94	12.90	18.86	21.50	22.74
		30	2.65	6.81	19.08	32.64	42.77	49.50
		40	3.36	8.99	32.51	56.48	73.48	84.32
		50	4.26	12.92	49.55	75.60	92.73	106.40
		60	5.41	19.54	60.64	83.96	101.90	117.20
		70	6.96	24.09	61.03	82.97	100.30	115.80
		80	7.65	22.01	50.44	71.13	86.83	100.50
		90	6.21	16.01	34.96	50.67	63.46	75.58

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

新管の解析結果から以下のことが言える

・管径 200mm と 400mm を比較すると、たわみ率およびクラック深さが等しい場合、管径 400mm のクラック幅は 1.6～1.8 倍程度大きい。

・クラック深さが同じ場合、たわみ率が大きい程クラック幅および真歪みは大きくなる。

・たわみ率が同じ場合は、クラック深さが大きい程、クラック幅は大きい。一方、真歪みはクラック深さが 60～80%で最大となり、以降は小さくなる。クラック深さがある値よりも大きくなると、歪み最大値の発生箇所がクラック先端から管頂に移動することにより、クラック先端への歪み集中が低減したものと考える（図 3-28）。

クラック深さ 70%　たわみ率 20%　　クラック深さ 90%　たわみ率 20%

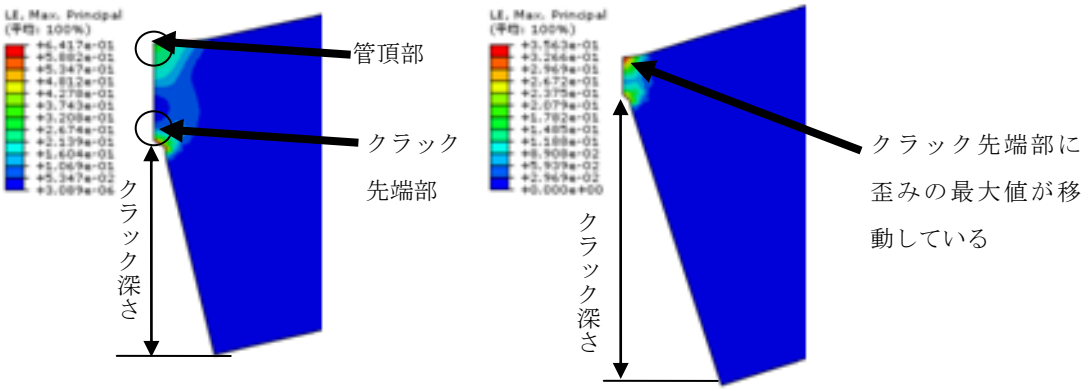


図 3-28　クラック深さと歪みの最大値の発生箇所

2）経過管

表 3-10　布設後 10 年経過管（管径 200mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 200	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.03	0.05	0.12	0.16	0.16	0.17
		20	0.06	0.11	0.24	0.34	0.39	0.42
		30	0.10	0.20	0.42	0.65	0.84	0.97
		40	0.15	0.31	0.73	1.19	1.59	1.91
		50	0.23	0.49	1.25	1.95	2.58	3.15
		60	0.35	0.80	1.93	2.87	3.76	4.59
		70	0.54	1.24	2.69	3.90	5.03	6.12
		80	0.80	1.72	3.44	4.91	6.24	7.53
		90	1.06	2.12	4.08	5.74	7.24	8.69
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.68	1.32	2.65	3.40	3.61	6.76
		10	1.57	3.39	9.81	14.13	14.88	15.11
		20	2.18	5.18	14.38	22.54	26.66	28.70
		30	2.78	7.08	21.75	38.76	52.06	60.66
		40	3.51	9.19	34.57	62.65	81.21	93.25
		50	4.37	13.14	53.18	80.26	99.06	113.30
		60	5.42	19.40	63.29	87.96	106.80	122.00
		70	6.91	25.09	63.76	86.78	104.80	120.30
		80	7.62	22.83	53.08	74.51	90.50	104.70
		90	6.07	16.11	35.45	50.72	63.05	75.08

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

表 3-11　布設後 10 年経過管（管径 400mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 400	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.04	0.09	0.18	0.25	0.26	0.27
		20	0.10	0.19	0.39	0.54	0.62	0.65
		30	0.16	0.32	0.68	1.03	1.31	1.50
		40	0.26	0.49	1.18	1.93	2.58	3.11
		50	0.40	0.81	2.07	3.27	4.35	5.30
		60	0.60	1.34	3.29	4.94	6.49	7.94
		70	0.93	2.14	4.70	6.85	8.85	10.76
		80	1.40	3.03	6.12	8.76	11.13	13.40
		90	1.90	3.80	7.32	10.34	13.01	15.61
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.63	1.22	2.41	3.13	3.23	5.75
		10	1.43	3.00	8.31	12.23	12.86	13.05
		20	1.97	4.57	12.35	19.14	22.26	23.68
		30	2.51	6.23	17.88	32.30	43.31	50.55
		40	3.16	8.10	29.91	55.13	73.06	84.37
		50	3.97	11.22	46.59	74.04	91.69	105.50
		60	4.96	17.16	58.65	82.77	100.70	115.70
		70	6.38	22.62	60.40	82.77	99.94	115.10
		80	7.24	21.53	50.41	71.55	87.10	100.60
		90	5.98	15.66	34.72	50.59	63.05	74.77

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

表 3-12　布設後 39 年経過管（管径 200mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 200	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.03	0.05	0.12	0.16	0.16	0.17
		20	0.06	0.11	0.24	0.34	0.40	0.42
		30	0.10	0.20	0.43	0.67	0.86	0.99
		40	0.15	0.31	0.75	1.22	1.62	1.94
		50	0.24	0.50	1.28	1.98	2.62	3.19
		60	0.36	0.81	1.95	2.90	3.79	4.63
		70	0.54	1.26	2.71	3.92	5.05	6.15
		80	0.80	1.73	3.45	4.91	6.25	7.55
		90	1.06	2.13	4.08	5.74	7.24	8.70
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.68	1.33	2.68	3.40	3.66	6.89
		10	1.58	3.44	10.08	14.22	14.91	15.13
		20	2.20	5.27	14.74	22.96	27.03	29.07
		30	2.82	7.22	22.54	39.98	53.41	62.06
		40	3.56	9.44	35.93	64.03	82.39	94.45
		50	4.44	13.69	54.42	81.16	99.89	114.10
		60	5.54	20.20	64.01	88.53	107.30	122.50
		70	7.06	25.59	64.13	87.03	105.10	120.60
		80	7.74	23.04	53.18	74.47	90.49	104.70
		90	6.17	16.27	35.61	50.84	63.25	75.37

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

表 3-13　布設後 39 年経過管（管径 400mm）の解析結果

	クラック幅(mm)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
VU 400	クラック深さ(%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.04	0.09	0.19	0.25	0.26	0.27
		20	0.10	0.19	0.39	0.55	0.62	0.66
		30	0.16	0.33	0.69	1.06	1.34	1.54
		40	0.26	0.52	1.21	1.97	2.64	3.17
		50	0.40	0.82	2.11	3.32	4.41	5.38
		60	0.61	1.36	3.34	5.00	6.55	8.02
		70	0.94	2.17	4.73	6.90	8.90	10.83
		80	1.41	3.05	6.14	8.77	11.16	13.46
		90	1.90	3.81	7.33	10.34	13.01	15.62
	真歪み(%)		偏平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
	クラック深さ(%)	0	0.63	1.22	2.42	3.13	3.27	5.83
		10	1.43	3.05	8.53	12.35	12.95	13.12
		20	1.99	4.65	12.65	19.52	22.64	24.07
		30	2.54	6.36	18.51	33.42	44.66	52.06
		40	3.21	8.29	31.17	56.68	74.42	85.72
		50	4.03	11.66	47.73	74.90	92.49	106.30
		60	5.06	17.89	59.52	83.40	101.40	116.40
		70	6.53	23.18	60.78	83.04	100.20	115.40
		80	7.37	21.73	50.53	71.56	87.12	100.60
		90	6.08	15.81	34.89	50.73	63.26	75.08

破断歪みの50%以下
破断歪みの50%以上
破断歪み以上

材料の経年変化に対する影響については、以下のことが言える。

・新管および掘り起こし採取した布設後経過管の材料データを比較すると、ヤング率や引張強度とも相違が少ない。そのため、解析により算出された管体に発生する歪みやクラック幅は材料による差異は少なく、材料の経年変化の影響は小さい。
・新管および掘り起こし採取した布設後経過管の材料データを比較すると、破断歪みは経過年数とともに小さくなる傾向にある。そのため、表の赤枠の領域に差異が現れ、経過年数が大きい材料ほど、小さいたわみ率または小さいクラック深さにおいて、破断歪みに至る。
・たわみ率 5%を超えると、クラック深さ 60%以上の非貫通クラックに発生する歪みは、破断歪みに達しする。そのため、非貫通クラックが貫通クラックに進行する可能性がある。その際のクラック幅は 1mm 未満である。

以上より、新管と経過管ともに軸方向クラック幅が 1mm 未満において破断歪みに達している可能性はある。

しかしながら、現状の TV カメラ調査等の視覚調査技術においては、クラック深さを正確に計測することや、1mm 未満のクラック幅を正確に計測することは困難である。

そのため、クラック深さやクラック幅の規定値を定めたとしても、正確に計測を行い異常程度の判定をすることは、困難であると考える。

3.2.3. 継手ズレ

(1) 検討方法

塩化ビニル管と鉄筋コンクリート管・陶管では、図 3-29 に示すように継手の構造が異なるため、一様な基準を適用することは不適当である。また、管種だけでなく、管径によっても継手の受け口寸法が異なる。ここでは、継手の抜出し量に伴う水密性に着目して検討する。

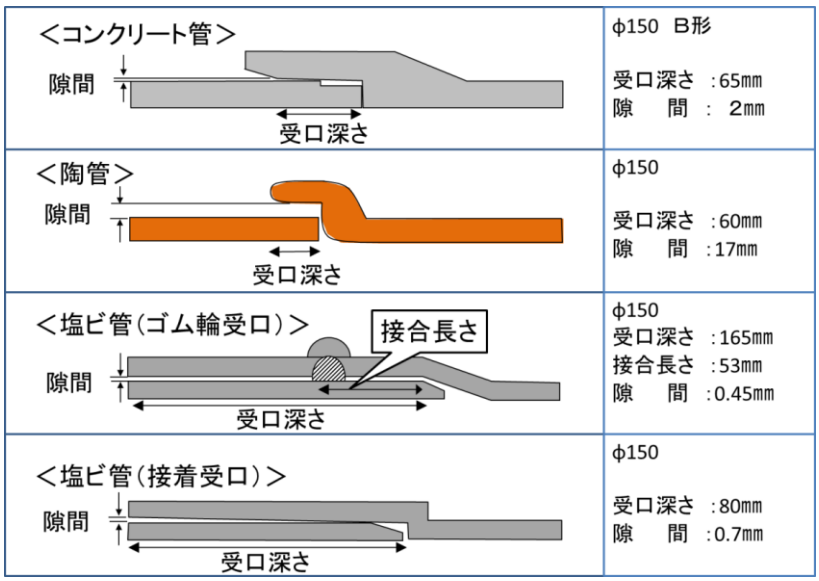


図 3-29 管種別における継手構造

(2) 検討結果

塩化ビニル管の継手の抜出しによる水密性は、採用実績の多いゴム輪受け口を基本に考える。

ゴム輪受け口タイプの塩化ビニル管の水密性は、ゴム輪による止水機能に依存しており、接合長さによって決まる。

「下水道施設耐震計算例－管路施設編－前編（(社) 日本下水道協会)」では、レベル 1 地震動の使用限界状態とレベル 2 地震動の終局限界状態の抜け出し量が規定されている（表 3-14)。

抜け出し量が多いほど接合長さが短くなり水密性が低下する。

したがって、継手ズレは抜け出し量を基準に判定ランクの設定が必要と考える。

表 3-14 塩化ビニル管継手の使用限界・終局限界の抜け出し量

管径	JSWAS K-1 JSWAS K-7		JSWAS K-13	
	使用限界	終局限界	使用限界	終局限界
φ150	26mm	53mm	30mm	61mm
φ200	27mm	54mm	30mm	61mm
φ250	28mm	57mm	34mm	69mm
φ300	31mm	62mm	38mm	77mm
φ350	33mm	67mm	38mm	77mm
φ400	36mm	72mm	51mm	103mm
φ450	38mm	77mm	51mm	103mm
φ500	41mm	82mm	51mm	103mm
φ600	46mm	93mm	－	－

3.2.4. 取付管

前章で述べた通り、破損・クラックは取付管接続付近で発生する傾向がある。そこで、本節において、取付管穿孔の下水道本管強度への影響を把握する。

(1) 検討方法

1) 試験概要

試験方法は、日本下水道協会規格「JSWAS K-1　下水道用硬質塩化ビニル管」の偏平試験方法に準じて試験を実施し、線荷重（管の単位長さ当たりの偏平荷重）を測定した。

塩化ビニル管への取付管の設置は、図 3-30 に示す 5 ケース（ブランク含む）とし、供試体は各ケース 3 体とした。載荷位置は、図 3-31 に示す 3 パターンの載荷位置と取付管の位置関係とする。また、取付管 2 箇所設置のケースは、図 3-32 のような配置とする。

下水道用硬質塩化ビニル管との比較のため、下水道用鉄筋コンクリート管についても「JSWAS A-1　下水道用鉄筋コンクリート管」の外圧試験方法に準じ、試験を実施した。

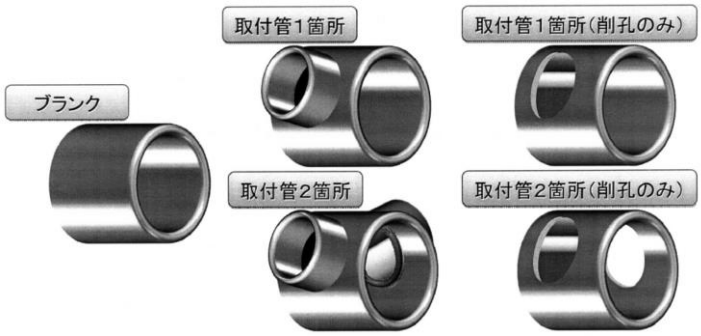


図 3-30　実験ケース

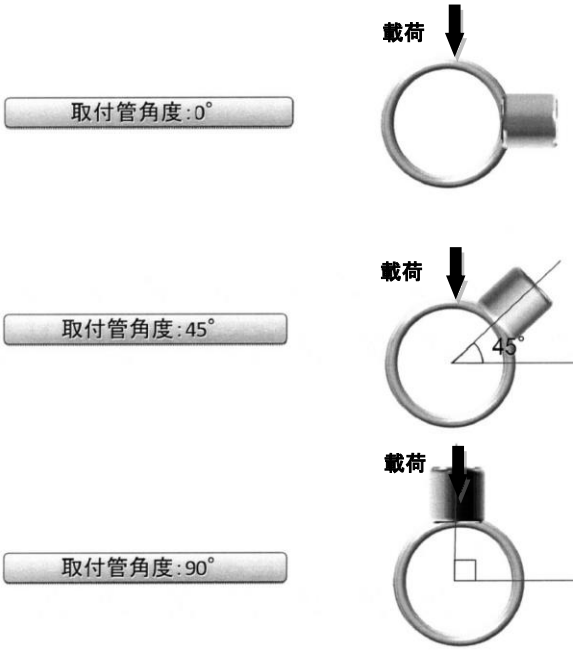


図 3-31　載荷位置

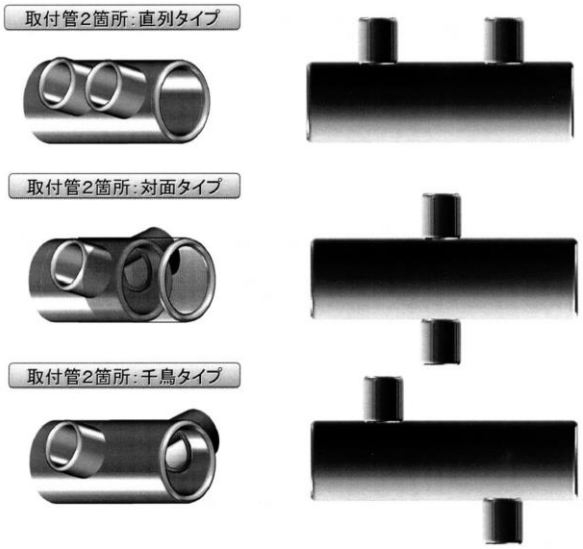


図 3-32　取付管 2 箇所の配置

2) 供試体概要

供試体の規格、供試験体作成過程、穿孔間隔および供試体数量一覧を示す。

① 管および支管の規格・仕様

・硬質塩化ビニル管：VUφ150

・硬質塩化ビニル製支管：SVRφ150×100　（但し、載荷を阻害しないようくら部のみ使用する）

※管、支管ともに　JSWAS K-1　下水道用硬質塩化ビニル管　規格品

・鉄筋コンクリート管：Ｂ型１種管φ250　有効長 1000mm

※JSWAS A-1　下水道用鉄筋コンクリート管　規格品

② 供試体製作過程

・硬質塩化ビニル管：

メーカーより購入した硬質塩化ビニル管（以下、塩化ビニル管という）を所定長さに切断後に、ホルソーにて塩化ビニル管用φ100 の孔を穿孔する。支管（くら部のみ、図 3-34）にエポキシ樹脂系支管接合剤を塗布後に管に取り付け、番線にて支管２箇所を締上げて固定、常温にて 24 時間以上静置養生する（図 3-36）。試験時に載荷の障害となる番線を、養生後に除去する。また、取付管角度が 45 度（直列・千鳥形式）で載荷する供試体は、支管の一部が載荷の障害となるため、これを切り欠くものとする（図 3-37）。

図 3-33　塩化ビニル管 VU150（穿孔後）

図 3-34　支管くらぶ（φ150mm×100mm）

図 3-35　支管へのエポキシ樹脂接合剤塗布

図 3-36　番線による支管の固定

図 3-37　取付管角度 45 度位置での載荷を行う供試体の加工

・鉄筋コンクリート管：メーカー工場にて穿孔加工したものを購入し使用した。

③ 穿孔間隔

支管の千鳥配置または直列配置で管に 2 箇所の穿孔を行う場合は、供試体管軸方向の中心と削孔部中心を合わせ、削孔間隔を 700mm とした。

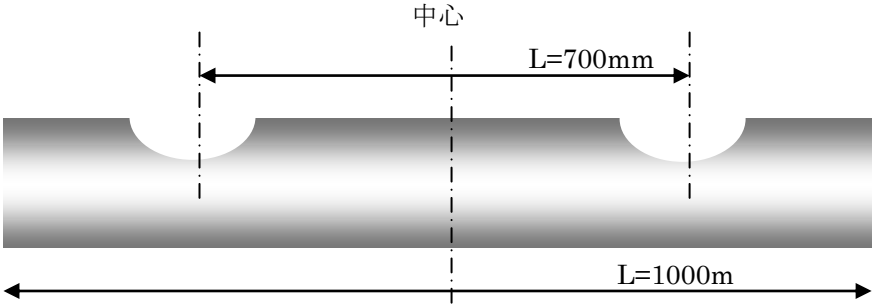


図 3-38　穿孔位置

④ 試験ケースおよび供試体数量

本試験における検討ケースおよび供試体数量を表 3-15 に示す。

表 3-15　検討ケースおよび供試体数量

	供試体名	供試体長さ	本管		取付管				支管設置形式	試験数量
			管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式		
塩ビ管	ブランク150	500mm	VU	150	―	―	―	―	―	3
	15-10-0-1-0	500mm			100	0°	1	―	せん孔のみ	3
	15-10-45-1-0	500mm				45°	1	―	せん孔のみ	3
	15-10-90-1-0	500mm				90°	1	―	せん孔のみ	3
	15-10-0-1-1	500mm			100	0°	1	―	支管接合	3
	15-10-45-1-1	500mm				45°	1	―	支管接合	3
	15-10-90-1-1	500mm				90°	1	―	支管接合	3
	15-10-0-2-0	1,000mm			100	0°	2	対面	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-0	1,000mm				0°	2	千鳥	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-0	1,000mm				0°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-45-2-0	1,000mm			100	45°	2	千鳥	せん孔のみ	3
	15-10-45-2-0	1,000mm				45°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-90-2-0	1,000mm				90°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-1	1,000mm			100	0°	2	対面	支管接合	3
	15-10-0-2-1	1,000mm				0°	2	千鳥	支管接合	3
	15-10-0-2-1	1,000mm				0°	2	直列	支管接合	3
	15-10-45-2-1	1,000mm			100	45°	2	千鳥	支管接合	3
	15-10-45-2-1	1,000mm				45°	2	直列	支管接合	3
	15-10-90-2-1	1,000mm				90°	2	直列	支管接合	3
									合計	57
HP	ブランク250	1,000mm	HP	250	―	―	―	―	―	3
	25-10-0-1-0	1,000mm			100	0°	1	―	せん孔のみ	3
	25-10-45-1-0	1,000mm				45°	1	―	せん孔のみ	3
	25-10-90-1-0	1,000mm				90°	1	―	せん孔のみ	3
									合計	12

※表中の HP とは鉄筋コンクリート管を示す

3) 試験設備

① 塩化ビニル管試験用

テンシロン圧縮試験機 UCT-10T（能力 100kN）を使用し、上部載荷板に幅 50mm×長さ 1050mm のH鋼を固定し、下部に支持台としてH鋼を設けたものを試験装置とする（図 3-39）。

② 鉄筋コンクリート管試験用

圧縮能力確保および供試体飛散時の安全確保のために、塩化ビニル管用と異なるテンシロン圧縮試験機（能力 300kN）を使用する。塩化ビニル管用と同様に幅 50mm×長さ 1050mm のH鋼を上部載荷板に固定したものを試験装置とする（図 3-40）。

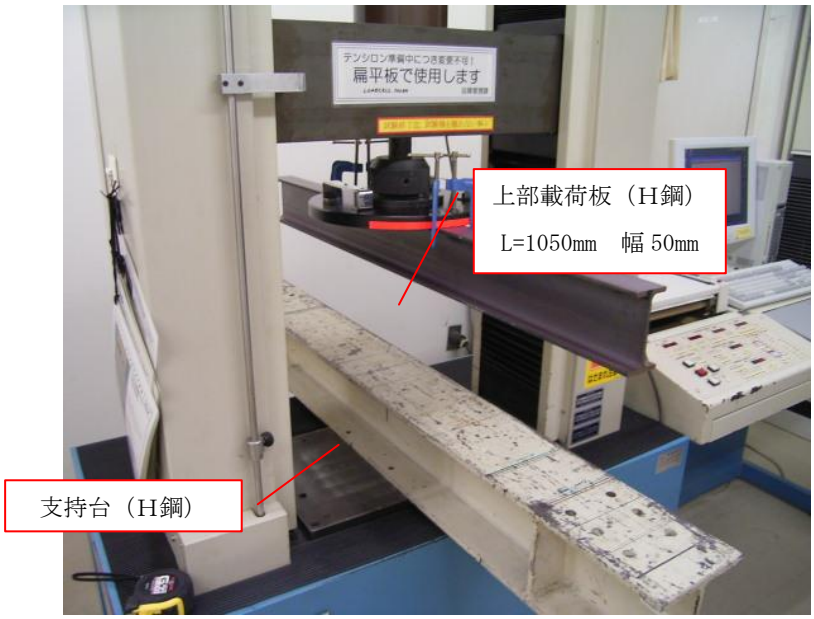


図 3-39　塩化ビニル管に使用する、テンシロン圧縮試験機（100ｋN）

図 3-40　鉄筋コンクリート管に使用する、テンシロン圧縮試験機（300ｋN）

4) 試験方法

試験方法は、日本下水道協会規格「JSWAS K-1-2010　下水道用硬質塩化ビニル管」の偏平試験方法および「JSWAS A-1-2003　下水道用鉄筋コンクリート管」の外圧試験に準じる。

塩化ビニル管の偏平圧縮量については JSWAS K-1 に準拠し、呼び径 150：8mm とする。供試体の上下のＨ鋼の間隔の初期状態（供試体をセットした状態を示す。後述）から 8mm 圧縮された状態を偏平圧縮量 8mm とする。なお、支管（くら部のみ）を設置した供試体についても同様に扱うものとする。

※塩化ビニル管の試験載荷時の留意点

支管を 2 箇所配置している供試体は、支管くら部での外径が供試体毎に異なる。これは、塩化ビニル管と支管くら部の間に充填する接合剤の厚さを供試体毎に一様にするのが困難なためである。そのため、支管くら部の外径に載荷板（上部Ｈ鋼）が接する圧縮載荷の開始の際に、ひとつの供試体の２箇所の支管のうち 1 箇所のみが載荷板と接触する状態が生じる場合がある。

そのため、本試験では 2 箇所の支管に載荷板が接触する位置までわずかに載荷し、この状態を基準（初期状態）として、これより圧縮変位 8mm の荷重を測るものとする。

一方、鉄筋コンクリート管の試験方法は JSWAS A-1 に準拠するが、荷重測定については、図 3-41 に示す鉄筋コンクリート管の圧縮試験時の荷重－変位曲線における、荷重の変化点Ａの荷重を測定する。載荷速度は試験開始時より一定速度の 1mm/min とした。なお、各試験条件について 3 体ずつ試験を行い、測定結果の平均値を整理する。

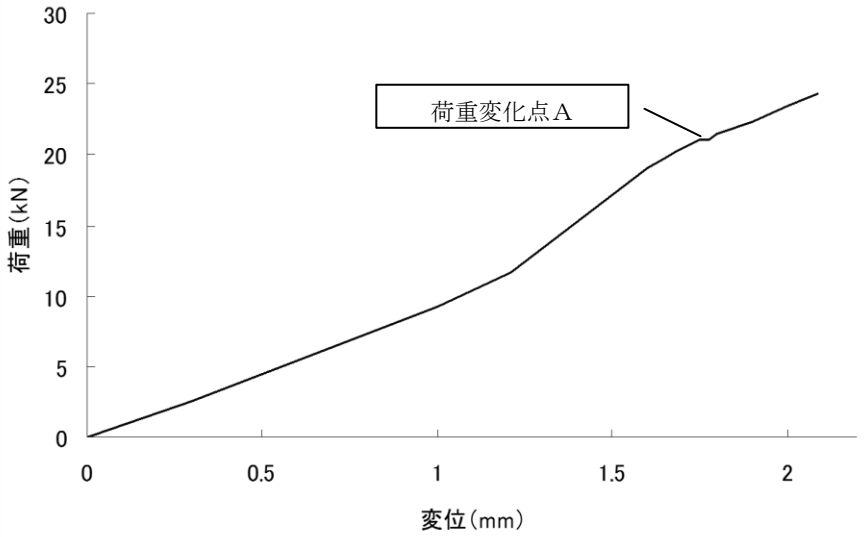


図 3-41　鉄筋コンクリート管の圧縮偏平試験　荷重－変位曲線（モデル）

(2) 検討結果及び考察

1) 塩化ビニル管試験結果

塩化ビニル管の試験結果を表 3-16～表 3-18 に示し、条件毎の平均値のみをまとめたグラフを図 3-42 に示す。

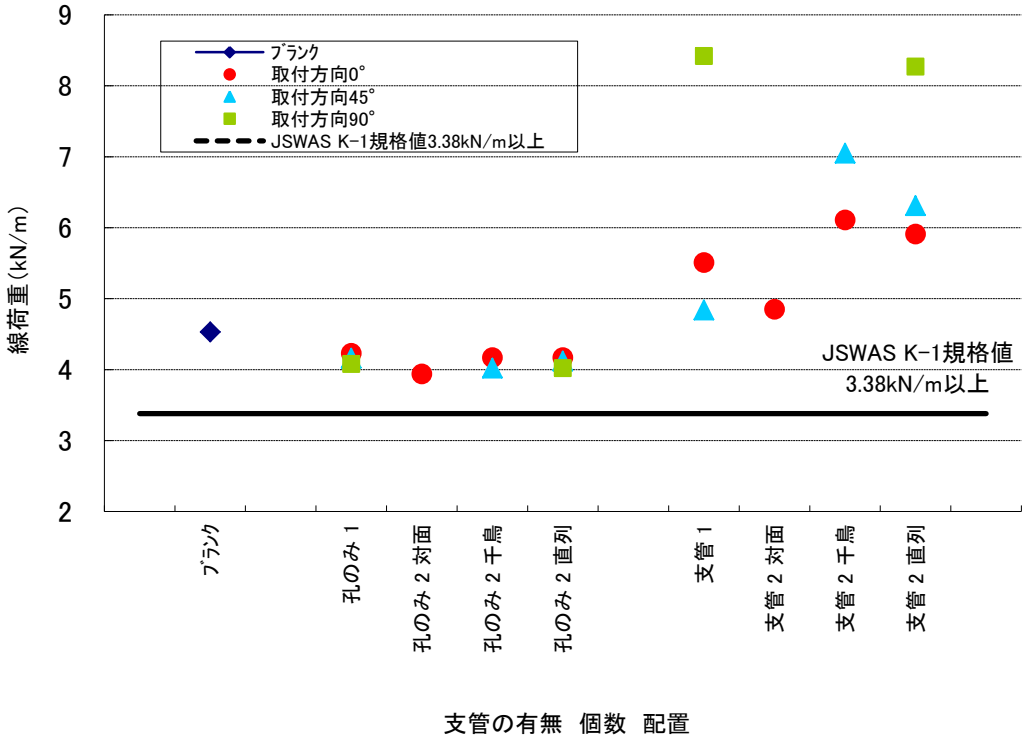


図 3-42 塩化ビニル管 試験結果

① ブランクと取付管 1 箇所の供試体試験結果の比較

穿孔 1 箇所のみの供試体の線荷重値は、載荷角度 0°～90°の範疇では、ブランクの値に対し 90.1%～93.4%となり、穿孔による偏平強度低下がみられる。載荷角度による差異はわずかであるが、各載荷角度条件での各 3 つずつのデータのバラツキを考慮すると、図 3-43 に示すように 0°、45°、90°の順で強度低下がみられる。

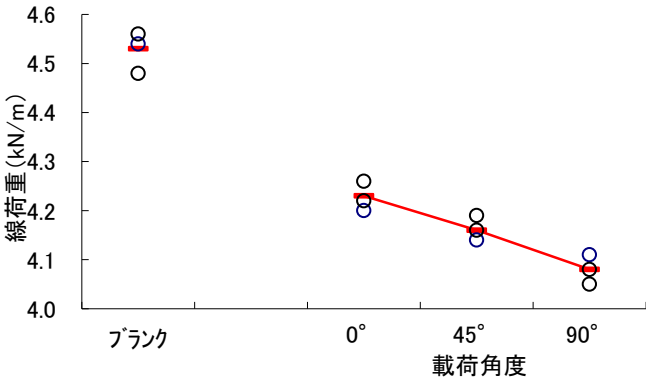


図 3-43 穿孔のみの 試験結果（○は n=3 個々のデータ、赤線は平均値）

支管１箇所接合した供試体の線荷重値は、載荷角度 0°～90°の範囲では、ブランクの値に対し 106.8%（45°）～185.9%（90°）となり、支管設置による偏平強度上昇がみられる。載荷角度による差異は大きく、各載荷角度条件での各３つずつのデータのバラツキを考慮しても、図 3-44 に示すように顕著に差異がみられる。

穿孔のみと異なり、載荷角度 90°、0°、45°の順で強度低下がみられる。支管設置により事実上 VU150 の管厚が増加したことによる偏平強度上昇であるが、載荷位置と管厚増加部の位置関係による供試体の剛性による差異と、45°供試体の一部を切欠いて載荷していることによる載荷方法の差異とも考えられる。

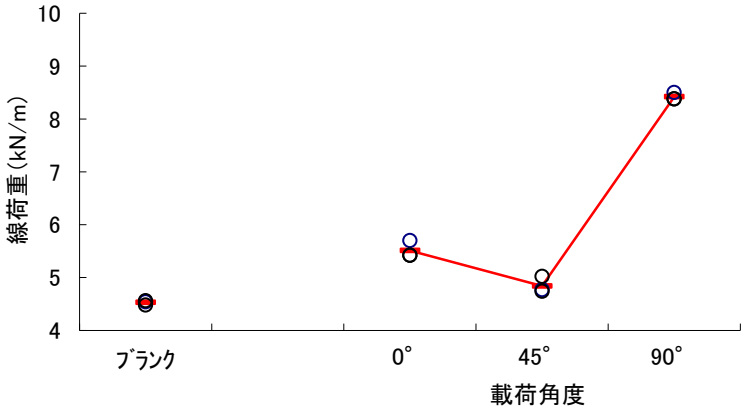


図 3-44　支管１箇所設置　試験結果（○は個々のデータ、赤線は平均値）

② 取付管２箇所と取付管１箇所の供試体試験結果の比較

載荷角度 0°での穿孔のみ２箇所（対面・千鳥・直列配置）と穿孔のみ１箇所の供試体の線荷重値を比較する。

穿孔のみ２箇所の千鳥配置と直列配置は、穿孔のみ１箇所の供試体の形状と管の長さ方向に相似であるため、1m 当たりの線荷重値はほぼ同等の結果と予測され、結果としても、(穿孔のみ１箇所:4.23kN/m) および（穿孔のみ２箇所　千鳥配置・直列配置：4.17kN/m）であった。

穿孔のみ２箇所の対面配置である供試体では 3.94kN/m の結果であり、長さ方向に分散して２箇所配置がある千鳥や直列と比較して、局所的に弱い構造部となり低い偏平強度なっていると考えられる。

穿孔のみ２箇所の供試体の載荷角度 45°および 90°の結果を、穿孔のみ１箇所の供試体の結果と比較する。穿孔のみ２箇所の結果は、

45°：4.16kN/m（45°穿孔１箇所）＞4.12kN/m（45°直列）＞4.02kN/m（45°千鳥）

90°：4.08kN/m（90°穿孔１箇所）＞4.02kN/m（90°直列）

であり、載荷角度 0°の結果と同様に穿孔１箇所と２箇所の大差はない。

支管を設置した供試体の結果では、支管１箇所の結果と同様に載荷角度 90°での結果が最も高く 8.27kN/m となっているが、0°の結果(6.11kN/m(千鳥)および 5.90kN/m(直列))と、45°の結果(7.05kN/m（千鳥）および 6.31kN/m（直列））が支管１箇所の結果と異なる。これも 45°供試体の一部を切欠いて載荷していることによる載荷条件の差異とも考えられ、本試験全般に載荷角度 45°の試験結果の取り扱いに留意が必要と考える。

2) 鉄筋コンクリート管試験結果

鉄筋コンクリート管の試験結果を表 3-19 に示し、条件毎の平均値をまとめたグラフを図 3-45、図 3-46 に示す。

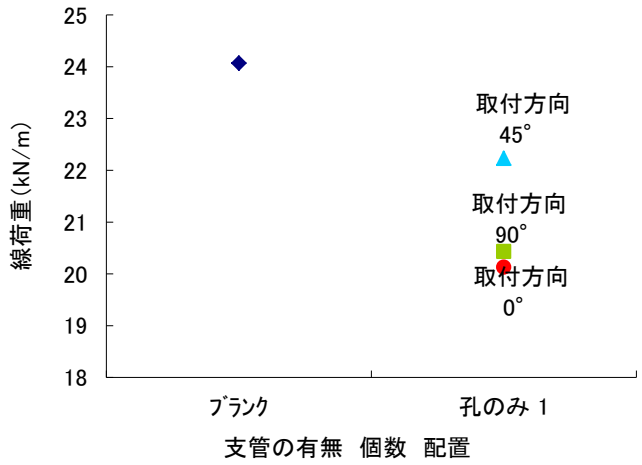


図 3-45 鉄筋コンクリート管 試験結果

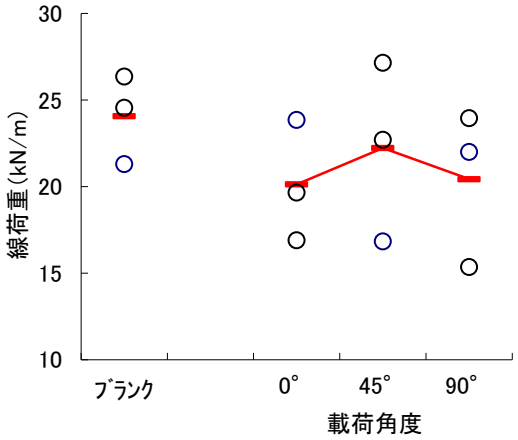


図 3-46 穿孔のみの 試験結果

（○は個々のデータ、赤線は平均値）

① ブランクと取付管 1 箇所の供試体試験結果の比較

穿孔 1 箇所のみの供試体の線荷重値の平均値は、0° ～90° の載荷角度の範疇では、ブランクの線荷重平均値に対し 83.6%～92.4%となり、偏平強度低下がみられる。しかしどの載荷角度においても個々の線荷重値のバラツキが大きく、ブランクに対して明確に差異が認められるとは判断しにくい結果である。しかし、どの供試体においても、試験後には管頂部と管底部に、図 3-47 に示すような亀裂が生じていたことが認められた。

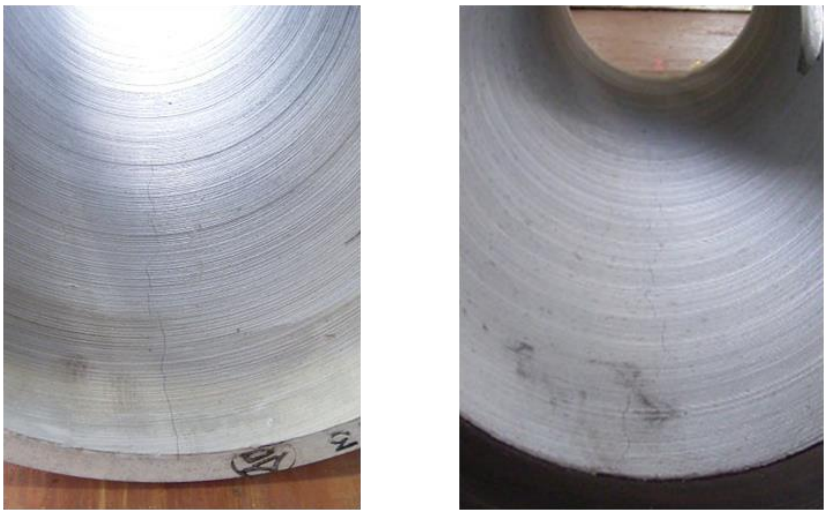


図 3-47 試験後の供試体亀裂（左側 差し口管底部 右側 受口管底部）

以上より、塩化ビニル管の穿孔 1 箇所のみの場合、ブランクの約 9 割程度の線荷重値を示し、穿孔による影響が認められる。また、塩化ビニル管の穿孔 2 箇所の場合に関しても、同様にブランクの約 9 割程度の線荷重値を示し、穿孔 1 箇所との差異はほぼ見られない。しかし、どのケースも規格値以上の線荷重値を示しており、穿孔による影響は、強度上は問題ないと考える。

表 3-16　塩化ビニル管の試験結果（その１）

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ	扁平荷重値	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式			(m)	(kN)	(kN/m)	ブランクに対する比率	
ブランク150	VU	150	－	－	－	－	－	1	0.500	2.27	4.54		異常なし
								2	0.500	2.28	4.56		異常なし
								3	0.500	2.24	4.48		異常なし
								平均			4.53	－	
15-10-0-1-0	VU	150	100	0°	1	－	せん孔のみ	1	0.500	2.10	4.20		異常なし
								2	0.500	2.11	4.22		異常なし
								3	0.500	2.13	4.26		異常なし
								平均			4.23	93.4%	
15-10-45-1-0	VU	150	100	45°	1	－	せん孔のみ	1	0.500	2.07	4.14		異常なし
								2	0.501	2.10	4.19		異常なし
								3	0.500	2.08	4.16		異常なし
								平均			4.16	91.8%	
15-10-90-1-0	VU	150	100	90°	1	－	せん孔のみ	1	0.501	2.06	4.11		異常なし
								2	0.501	2.03	4.05		異常なし
								3	0.500	2.04	4.08		異常なし
								平均			4.08	90.1%	
15-10-0-1-1	VU	150	100	0°	1	－	支管接合	1	0.500	2.85	5.70		異常なし
								2	0.500	2.71	5.42		異常なし
								3	0.500	2.71	5.42		異常なし
								平均			5.51	121.6%	
15-10-45-1-1	VU	150	100	45°	1	－	支管接合	1	0.501	2.39	4.77		異常なし
								2	0.500	2.51	5.02		異常なし
								3	0.500	2.37	4.74		異常なし
								平均			4.84	106.8%	
15-10-90-1-1	VU	150	100	90°	1	－	支管接合	1	0.501	4.26	8.50		異常なし
								2	0.500	4.19	8.38		異常なし
								3	0.500	4.19	8.38		異常なし
								平均			8.42	185.9%	

※備考　表中の偏平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 偏平した荷重値を示す。

表 3-17　塩化ビニル管の試験結果（その２）

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ	扁平荷重値	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式			(m)	(kN)	(kN/m)	ブランクに対する比率	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	対面	せん孔のみ	1	1.000	3.91	3.91		異常なし
								2	1.000	4.03	4.03		異常なし
								3	1.001	3.87	3.87		異常なし
								平均			3.94	87.0%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	千鳥	せん孔のみ	1	1.000	4.14	4.14		異常なし
								2	1.000	4.14	4.14		異常なし
								3	1.000	4.22	4.22		異常なし
								平均			4.17	92.1%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.18	4.18		異常なし
								2	1.000	4.16	4.16		異常なし
								3	1.000	4.18	4.18		異常なし
								平均			4.17	92.1%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	千鳥	せん孔のみ	1	1.000	3.89	3.89		異常なし
								2	1.001	4.09	4.09		異常なし
								3	1.000	4.09	4.09		異常なし
								平均			4.02	88.7%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.11	4.11		異常なし
								2	1.001	4.14	4.14		異常なし
								3	1.000	4.11	4.11		異常なし
								平均			4.12	90.9%	
15-10-90-2-0	VU	150	100	90°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.00	4.00		異常なし
								2	1.000	4.03	4.03		異常なし
								3	1.000	4.03	4.03		異常なし
								平均			4.02	88.7%	

※備考　表中の偏平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 偏平した荷重値を示す。

表 3-18　塩化ビニル管の試験結果（その３）

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ	扁平荷重値	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式			(m)	(kN)	(kN/m)	ブランクに対する比率	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	対面	支管接合	1	1.001	5.20	5.19		異常なし
								2	1.000	4.26	4.26		異常なし
								3	1.000	5.08	5.08		異常なし
								平均			4.84	106.8%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	千鳥	支管接合	1	1.000	5.74	5.74		異常なし
								2	1.000	6.51	6.51		異常なし
								3	1.000	6.07	6.07		異常なし
								平均			6.11	134.9%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	直列	支管接合	1	1.001	5.26	5.25		異常なし
								2	1.000	6.25	6.25		異常なし
								3	1.000	6.21	6.21		異常なし
								平均			5.90	130.2%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	千鳥	支管接合	1	1.000	7.27	7.27		異常なし
								2	1.000	7.10	7.10		異常なし
								3	1.000	6.78	6.78		異常なし
								平均			7.05	155.6%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	直列	支管接合	1	1.000	5.95	5.95		異常なし
								2	1.000	6.16	6.16		異常なし
								3	1.000	6.83	6.83		異常なし
								平均			6.31	139.3%	
15-10-90-2-0	VU	150	100	90°	2	直列	支管接合	1	1.000	8.47	8.47		異常なし
								2	1.001	8.26	8.25		異常なし
								3	1.000	8.08	8.08		異常なし
								平均			8.27	182.6%	

※備考　表中の偏平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 偏平した荷重値を示す。

表 3-19　鉄筋コンクリート管の試験結果

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ	扁平荷重値	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式			(m)	(kN)	(kN/m)	ブランクに対する比率	
ブランク250	HP	250	－	－	－	－	－	1	1.000	21.30	21.30		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	24.55	24.55		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	26.35	26.35		管頂部および底部に亀裂
								平均			24.07	－	
25-10-0-1-0	HP	250	100	0°	1	－	せん孔のみ	1	1.000	23.85	23.85		管頂部および底部に亀裂
								2	1.001	19.65	19.63		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	16.90	16.90		管頂部および底部に亀裂
								平均			20.13	83.6%	
25-10-45-1-0	HP	250	100	45°	1	－	せん孔のみ	1	1.001	16.85	16.83		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	22.70	22.70		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	27.15	27.15		管頂部および底部に亀裂
								平均			22.23	92.4%	
25-10-90-1-0	HP	250	100	90°	1	－	せん孔のみ	1	1.000	22.00	22.00		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	15.35	15.35		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	23.95	23.95		管頂部および底部に亀裂
								平均			20.43	84.9%	

※備考　表中の偏平荷重値は、荷重変化点Ａの荷重値を示す。

3.3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の提案

前述の通り、「下水道維持管理指針　前編　－2003 年版－」に記載のある現行の視覚判定基準は、剛性管である鉄筋コンクリート管及び陶管等の異常判定には適しているものの、塩化ビニル管等の可とう管の異状の発生状況が必ずしも考慮された視覚判定基準とはなっていない。しかしながら、現状では、塩化ビニル管のための視覚判定基準が存在しないため、現行の鉄筋コンクリート管等の剛性管の視覚判定基準を適用している事例が大半である。そのため、塩化ビニル管を TV カメラ調査により異常を適正に判定できていない。図 3-48 を例にとって見てみると、軸方向のクラックは、クラック幅を計測すると幅が 2 ㎜以下であるため、剛性管の判定基準においては、c ランクと判定される。しかし、塩化ビニル管には鉄筋等の補強材は入っておらず、管体の破断が懸念される。また、現行の剛性管の視覚判定基準には記載のない偏平や変形などの可とう管特有の異常が確認されており、視覚判定基準への反映が必要と考える。継手ズレに関しても、管種により継手構造が異なるため、管種ごとに視覚判定基準が定められる必要があると考える。

以下に、各異常項目の視覚判定基準（案）を示す。

図 3-48　破損（軸方向クラック）　左図：直視画像、右図：側視画像

3.3.1. 偏平・変形

国総研で収集した既存のデータを整理した結果、偏平・変形は可とう管特有の異常として確認された。そのため、剛性管の視覚判定基準にある異常項目に加え、これらの 2 つの項目を記載すべきと考える。判定ランクについては、偏平試験の結果から、たわみ率 15%以上では軸方向クラックが生じた際に管体破壊に至る可能性があるため a ランクとし、また、JSWAS　K-1 規格でたわみ率 5%未満を許容たわみ率としていることから、たわみ率 5%以上を b ランクとした（表 3-20）。

表 3-20　偏平の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

ランク／項目	a	b	c
偏平	たわみ率 15%以上	たわみ率 5%以上	－

変形の実態調査において、白化かつ本管内径の 1/10 程度の突出しが確認されている。本事象では、白化が生じているため、一定歪み状況下での塑性変形と考える。そのため、応力緩和過程でストレスクラックが生じる可能性がある。よって、変形の判定ランクについては、本管内径の 1/10 以上の内面突出しを a ランク、本管内径の 1/10 未満を b ランクとした（表 3-21）。

表 3-21　変形の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

ランク／項目	a	b	c
変形	本管内径の1/10以上の内面に突出し	本管内径の1/10未満の内面に突出し	―

3.3.2. 破損（軸方向クラック）

「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に記載のある視覚判定基準においては、「破損」は軸方向クラック、「クラック」は円周方向クラックを表している。非線形解析結果から、軸方向クラック幅が 1 ㎜未満においても破断歪みに達している可能性があると言えるが、幅が 1 ㎜未満のクラックを TV カメラ調査等の視覚調査により正確に計測し判定することは困難であると考える。よって、軸方向クラックの判定ランクについては、視覚調査により軸方向クラックと判別された時点で管体破損の可能性が有ると考え、a ランクとした。また、軸方向だけでなく、多方向にクラックが発生している（以下、「亀甲状に割れている」）ケースも存在し、本ケースも軸方向クラックと同等の危険性があると考え、a ランクとした。（表 3-22）

表 3-22　破損の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

ランク／項目	a	b	c
管の破損	亀甲状に割れている	―	―
	軸方向クラック		

3.3.3. 継手ズレ

管種により、継手構造は異なる。そこで、塩化ビニル管における継手ズレの判定ランクについては、JSWAS　K-1 規格を基に、終局限界状態にある脱却および水密性が失われる使用限界状態である接合長さの 1/2 の継手抜出しを基準とする。そこで、道路陥没を引き起こす危険性の高い脱却については、「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に記載のある剛性管の視覚判定基準と同様に a ランク、接合長さの 1/2 以上を b ランク、および接合長さの 1/2 未満を c ランクとした（表 3-23）。

表 3-23　継手ズレの判定ランク（塩化ビニル管における基準）

ランク／項目	a	b	c
管の継手ズレ	脱却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満

3.3.4. その他の異常項目

塩化ビニル管・継手協会で実施された 35 年経過管の追跡調査における材料物性試験、耐薬品試験等の結果が新管の規格値と比較し遜色なく、性能低下は認められなかったとされている。そこで、塩化ビニル管の腐食について考慮する必要性が低いと考える。たるみは、土砂の堆積を誘発する異常であり、たるみの大きさと土砂堆積の生じやすさの関係は、管種により差ー異は小さいと考え、塩化ビニル管の基準に剛性管の視覚判定基準を準用することとする。クラック（円周方向クラック）に関しては、偏平試験の結果から耐荷性にはほぼ影響がないと言える。しかし、円周方向クラックからの土砂流入等の観点から「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に記載の視覚判定基準と同様に、クラック幅の基準を設けることとする [1)]。また、浸入水・取付管突出し・油脂付着・木根侵入・モルタル付着に関しては、管種により異なる現象ではないと考えるため、「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に記載の視覚判定基準を準用する。

3.3.5. 塩化ビニル管視覚判定基準（案）

前述で設定した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）の一覧を表 3-24 に示す。

塩化ビニル管の異常を適正に判定するため、青枠に囲まれる範囲が「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」の視覚判定基準から追記・修正された箇所である。

表 3-24　塩化ビニル管の視覚判定基準（案）

	ランク		A	B	C
スパン全体	項目	適用			
	上下方向のたるみ	管きょ内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	管の破損及び軸方向クラック		亀甲状に割れている	—	—
			軸方向のクラック		
	管の円周方向クラック		円周方向のクラックで幅：5㎜以上	円周方向のクラックで幅：2㎜以上	円周方向のクラックで幅：2㎜未満
	管の継手ズレ		脱　却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満
	偏平		たわみ率15％以上の偏平	たわみ率5％以上の偏平	—
	変形※（内面に突出し）		本管内径の1/10以上内面に突出し	本管内径の1/10未満内面に突出し	—
	浸　入　水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	取付け管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

※材料の白化を伴う変形は、aランクとする。

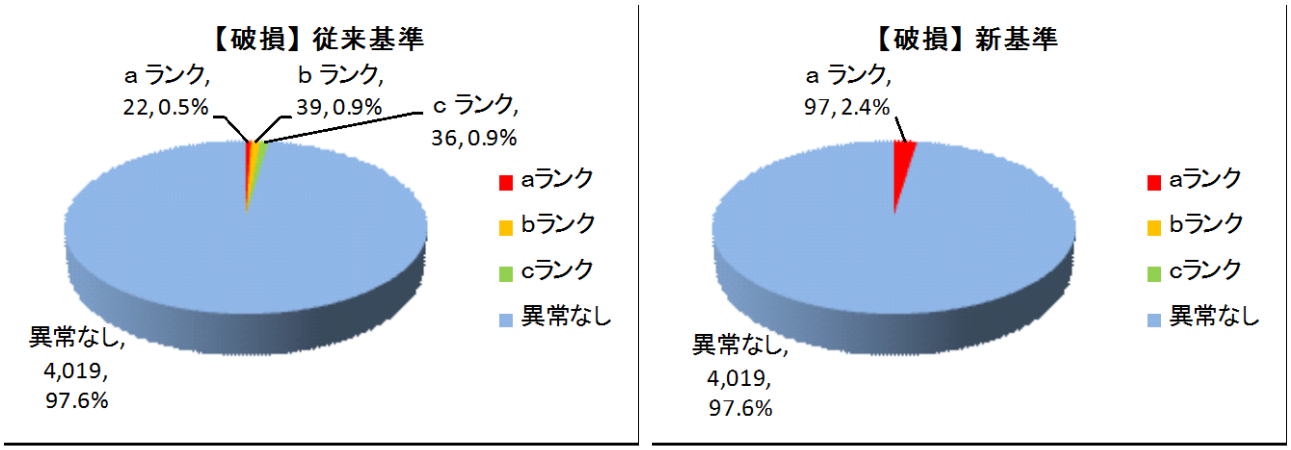
3.4. 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）による再判定結果および異常発生傾向の分析

各自治体から収集した TV カメラ調査データ※を前節 3.3 にて提案した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に基づき再判定を実施し、また、再判定した結果から各種管属性、各異常項目、各異常項目ランク、ならびに異常発傾向の関係を把握する。

※平成 22、23 年度に 12 自治体（政令市 3、中小都市 9）より、4,116 スパンの TV カメラ動画映像、調査記録表、調査集計表のデータを収集

3.4.1. 再判定結果

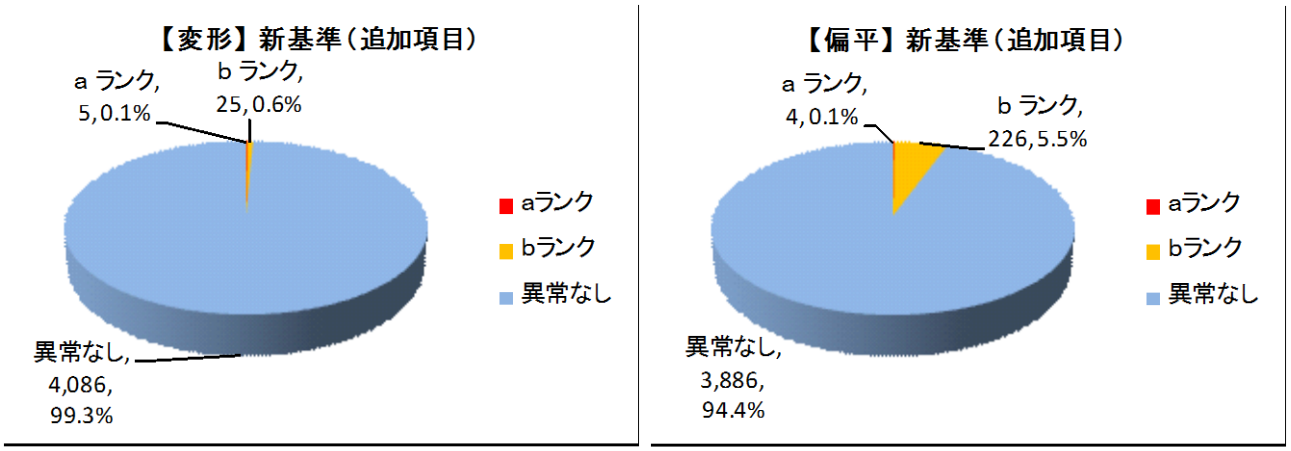
破損に関しては、「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」の視覚判定基準（以下、「従来基準」）と再判定したスパン数の集計結果を横並びに示す（図 3-49）。また、塩化ビニル管の視覚判定基準に追加した、変形と偏平の判定結果を図 3-50 に示す。



従来基準	破損				
	aランク	bランク	cランク	異常なし	総計
集計	22	39	36	4,019	4,116

新基準	破損				
	aランク	bランク	cランク	異常なし	総計
集計	97	0	0	4,019	4,116

図 3-49　異常ランク別スパン数の集計（破損）



新基準	変形				
	aランク	bランク	cランク	異常なし	総計
集計	5	25	－	4,086	4,116

新基準	偏平				
	aランク	bランク	cランク	異常なし	総計
集計	4	226	－	3,886	4,116

図 3-50　異常ランク別スパン数の集計（左図：変形、右図：偏平）

再判定結果を以下にまとめる。

・破損は、従来基準の b および c ランクは新基準においは a ランクとなる。そのため、新基準においては、a ランクが全スパンのうち 2.4%で発生している。なお、新基準の a ランクの箇所数は従来基準による a～b ランクの合計と同じである。

・変形は全スパンのうち 0.7%、偏平は全スパンのうち 5.6%で発生している。

・構造的異常のうち、変形および偏平は従来基準に追加された項目であり、全体の異常箇所数が増えることから、新基準に基づく緊急度に影響を与える異常である可能性が示唆される。

3.4.2. 異常発生傾向の分析

異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位、異常項目ごとの管口からの発生距離（以下、「異常発生距離」）、および異常項目ごとの発生位置（以下、「異常発生位置」）について整理し、異常発生傾向を把握する。図 3-51～図 3-53 に、異常発生部位、異常発生距離および異常発生位置の概念図を示す。

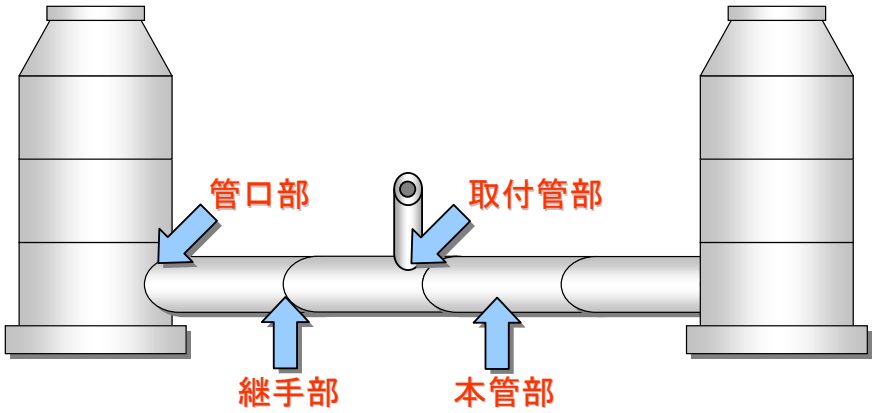


図 3-51　異常発生部位（概念図）

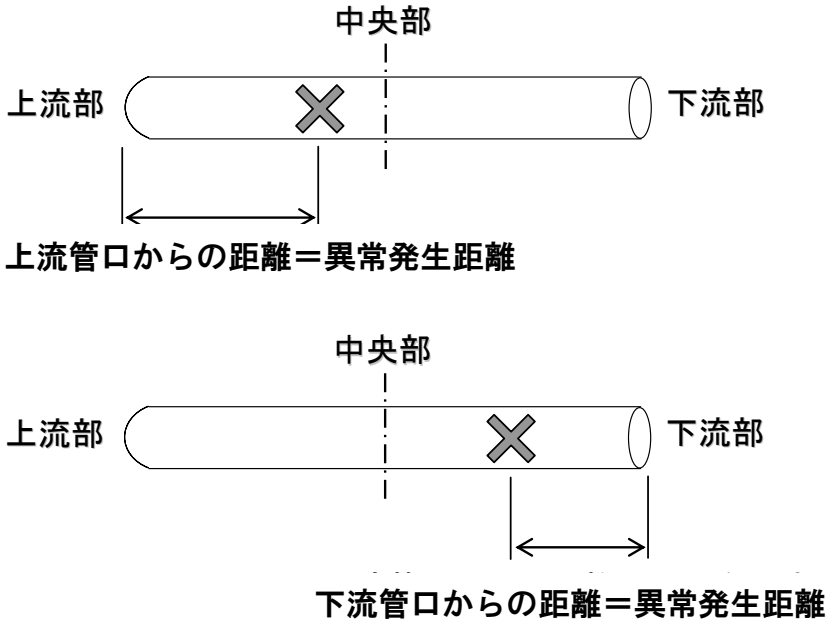


図 3-52　異常発生距離（概念図）

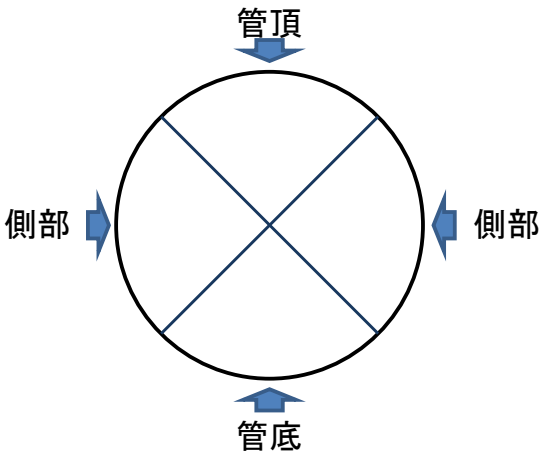


図 3-53　異常発生位置（概念図）

異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位、異常発生距離および異常発生位置について整理するにあたり、対象とする異常項目は、構造的異常である「破損」・「クラック」・「偏平」・「変形」、機能的異常（水密性）である「浸入水」、ならびに機能的異常（流下性能）「木根侵入」とする。「たるみ」に関しては、スパン全体で判定するため発生箇所数の整理の対象外とする、また、「モルタル付着」および「油脂の付着」についても人為的な異常であるため傾向把握しがたいと考え、対象外とする。

表 3-25 は、視覚判定基準の異常項目ごとのランク別発生箇所数の一覧を示したものである。また、異常項目ごとのランク別発生箇所数の積み上げグラフを図 3-54 に、また異常項目ごとのランク別発生箇所数の構成比を図 3-55 に示す。

表 3-25　異常項目ごとのランク別発生箇所数

異常項目		ランク			総計
		a	b	c	
破損	箇所数	118	－	－	118
	割合（%）	100.0	0.0	0.0	100.0
クラック	箇所数	6	9	11	26
	割合（%）	23.1	34.6	42.3	100.0
継手ズレ	箇所数	2	99	73	174
	割合（%）	1.1	56.9	42.0	100.0
浸入水	箇所数	51	168	594	813
	割合（%）	6.0	21.0	73.0	100.0
木根侵入	箇所数	19	35	－	54
	割合（%）	35.2	64.8	0.0	100.0
変形	箇所数	6	48	－	54
	割合（%）	11.1	88.9	0.0	100.0
偏平	箇所数	5	494	－	499
	割合（%）	1.0	99.0	0.0	100.0
総計（箇所数）		207	853	678	1,738

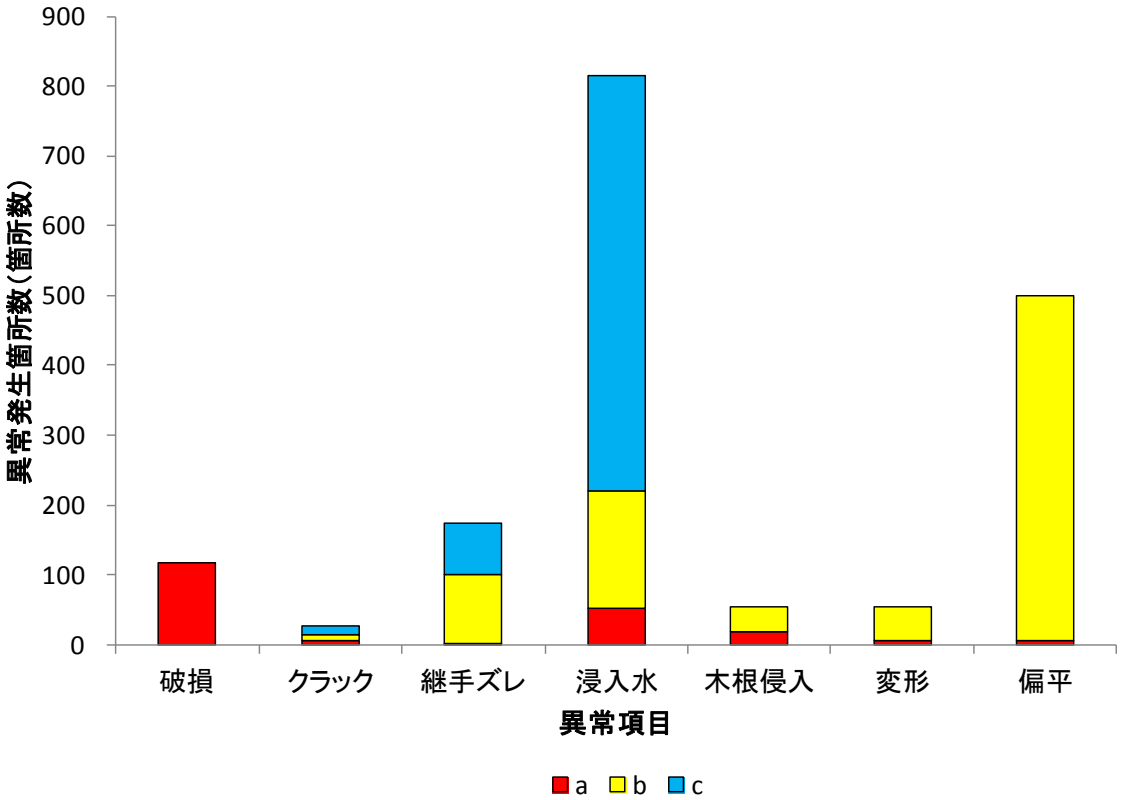


図 3-54　異常項目別ごとのランク別異常発生箇所数

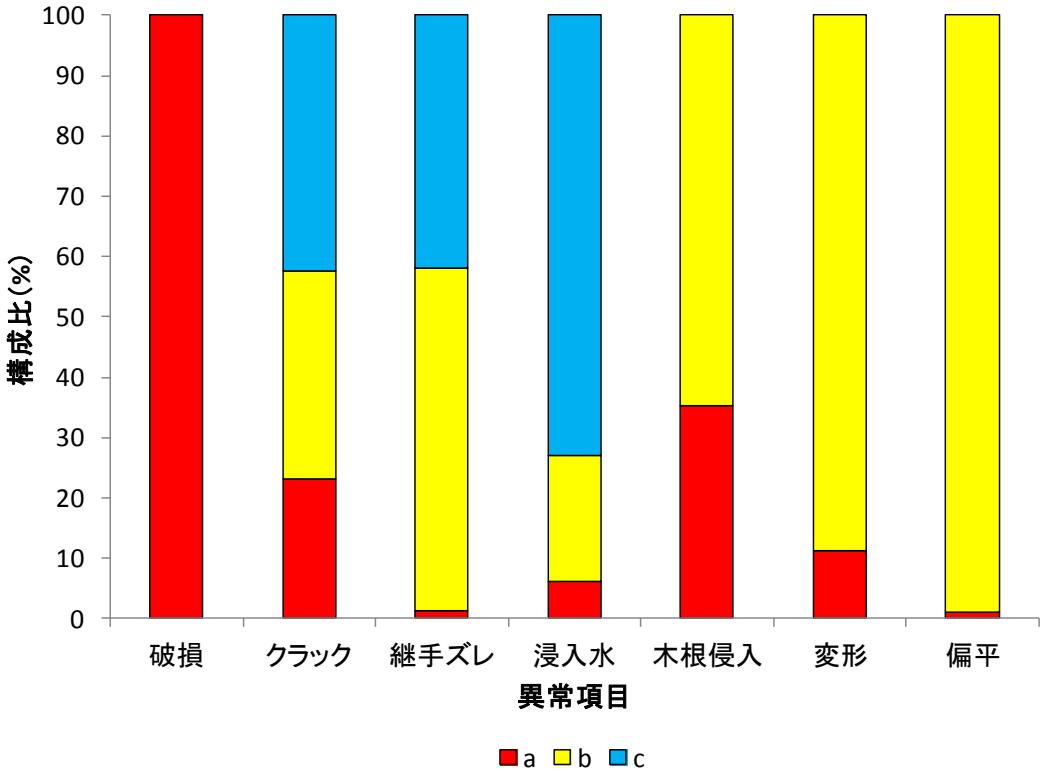


図 3-55　異常項目ごとのランク別異常発生箇所数の構成比

(1) 異常発生部位

管渠の部位別に異常項目ごとの発生しやすさを把握するため、異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位別に集計を行った。集計にあたり、「管口部」は、マンホールと管渠の継手部の異常と、本管部のうち管口より 0.5m 以下にある異常を対象として集計した。

異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の一覧を表 3-26 に示す。異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数を図 3-56 に示し、異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の構成比を図 3-57 に示す。

また、偏平は継手部および管口で計測しており、継手ズレは継手部のみで発生する。異常発生部位が継手部と管口部に限られるため、図 3-56 と図 3-57 の整理対象から外す。

表 3-26　異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数

異常項目	異常発生部位	異常発生箇所数（箇所数）	割合（%）
破損	管口部	24	20.3
	継手部	7	5.9
	取付管部	0	0.0
	本管部	87	73.7
破損総計		118	100.0
クラック	管口部	1	3.8
	継手部	0	0.0
	取付管部	1	3.8
	本管部	24	92.3
クラック総計		26	100.0
継手ズレ	管口部	0	0.0
	継手部	174	100.0
	取付管部	0	0.0
	本管部	0	0.0
継手ズレ総計		174	100.0
浸入水	管口部	215	26.4
	継手部	143	17.6
	取付管部	428	52.6
	本管部	27	3.3
浸入水総計		813	100.0
木根侵入	管口部	19	35.2
	継手部	1	1.9
	取付管部	30	55.6
	本管部	4	7.4
木根侵入総計		54	100.0
変形	管口部	0	0.0
	継手部	1	1.9
	取付管部	0	0.0
	本管部	53	98.1
変形総計		54	100.0
偏平	管口部	30	6.0
	継手部	469	94.0
	取付管部	0	0.0
	本管部	0	0.0
偏平総計		499	100.0
総計		1,738	－

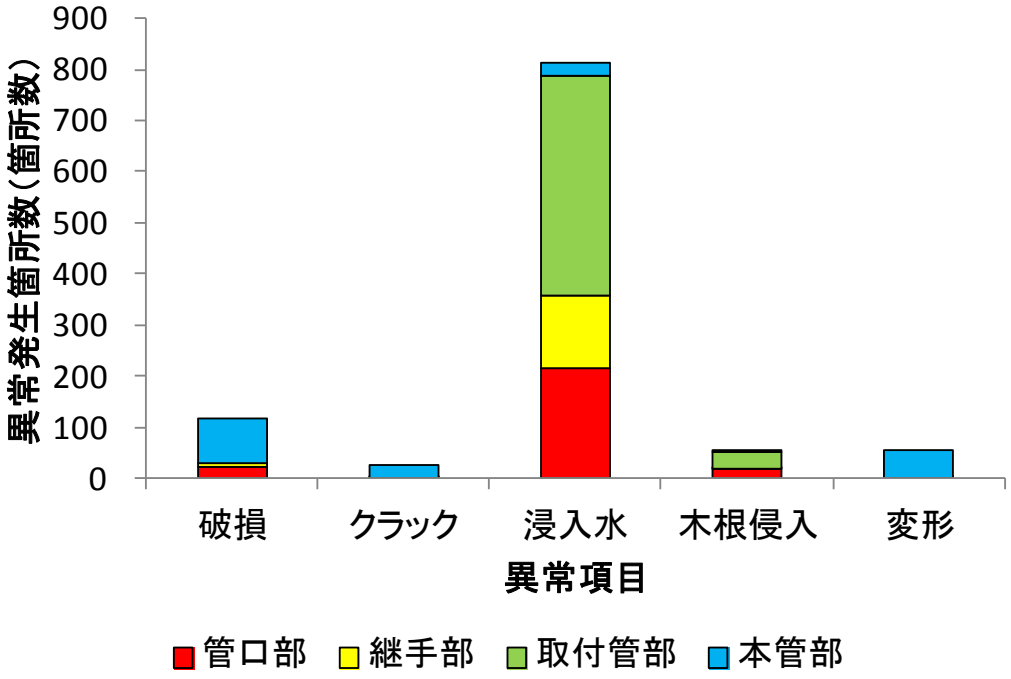


図 3-56　異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数

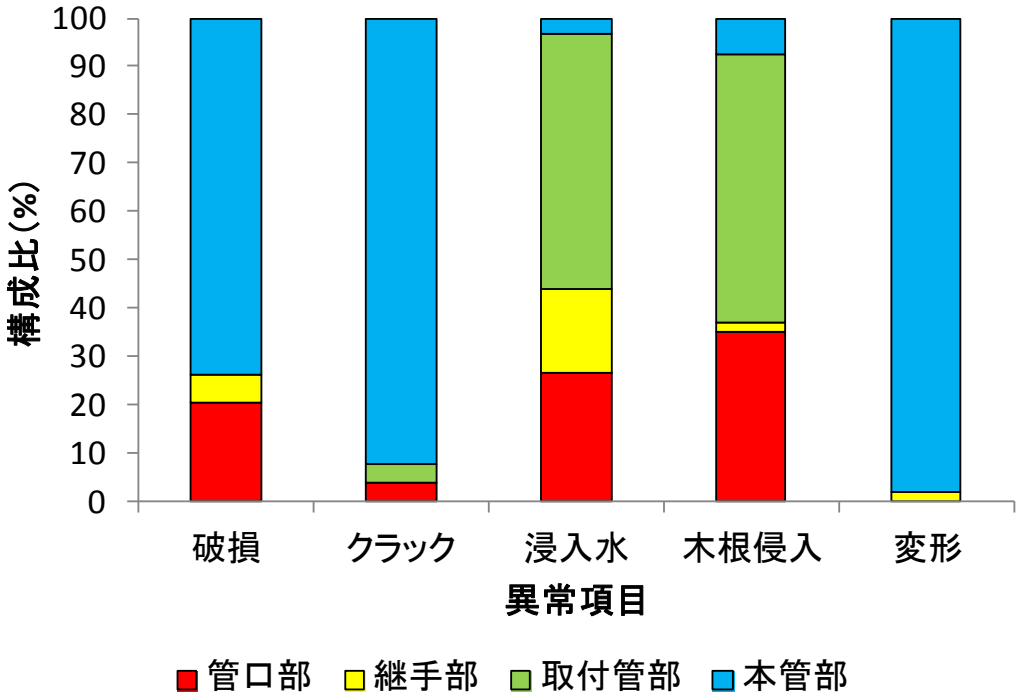


図 3-57　異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の構成比

図 3-56 と図 3-57 より明らかになったことを以下にまとめる。

・破損、クラックおよび変形は、本管部で発生する割合が大きい（破損：74%、クラック：92%、変形：98%）。
・破損は、本管部の次に管口部で発生する割合（20%）が大きく、管口部発生割合は他の 2 つの構造的異常（クラック・変形）と比較し大きい。
・浸入水及び木根侵入は、取付管部で最も発生している（浸入水：53%、木根侵入：56%）。一方、本本管部では発生していないことから、破損やクラック箇所から浸入水や木根侵入が発生するよりも、継手部、管口部、取付管部から浸入水や木根侵入が生じることが圧倒的に多い。

次に、異常発生部位別に異常発生項目ごとの発生箇所数を整理する。異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数の数量一覧を表 3-27 に示す。異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数を図 3-58 に示し、その構成比を図 3-59 に示す。

図 3-58 と図 3-59 より明らかになったことを以下にまとめる。

・管口部および取付管部に発生する異常は、浸入水の割合が大きい（管口部：74%、取付管部：93%）。
・本管部に発生する異常は、破損（45%）、変形（27%）、クラック（12%）の順に発生割合が大きく、構造的異常が大半(84%)を占める。

表 3-27　異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数

異常項目	異常発生部位	異常発生箇所数（箇所数）	割合（%）
管口部	破損	24	8.3
	クラック	1	0.3
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	215	74.4
	木根侵入	19	6.6
	変形	0	0.0
	偏平	30	10.4
管口部総計		289	100.0
継手部	破損	7	0.9
	クラック	0	0.0
	継手ズレ	174	21.9
	浸入水	143	18.0
	木根侵入	1	0.1
	変形	1	0.1
	偏平	469	59.0
継手部総計		795	100.0
取付管部	破損	0	0.0
	クラック	1	0.2
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	428	93.2
	木根侵入	30	6.5
	変形	0	0.0
	偏平	0	0.0
取付管部総計		459	100.0
本管部	破損	87	44.6
	クラック	24	12.3
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	27	13.8
	木根侵入	4	2.1
	変形	53	27.2
	偏平	0	0.0
本管部総計		195	100.0
総計		1,738	－

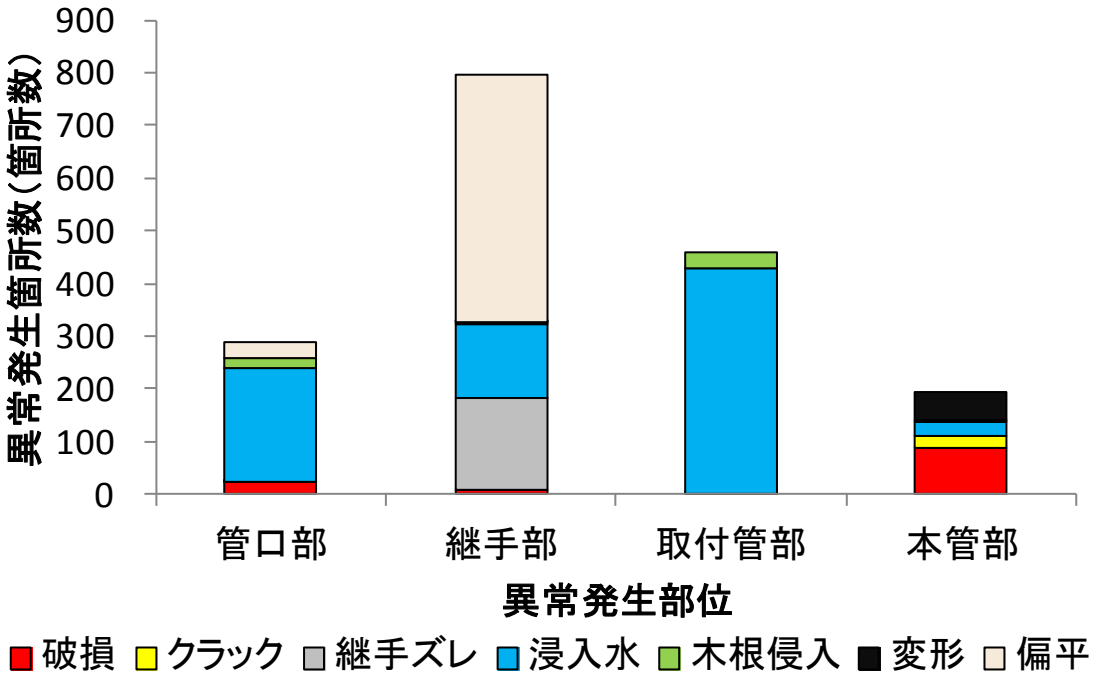


図 3-58　異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数

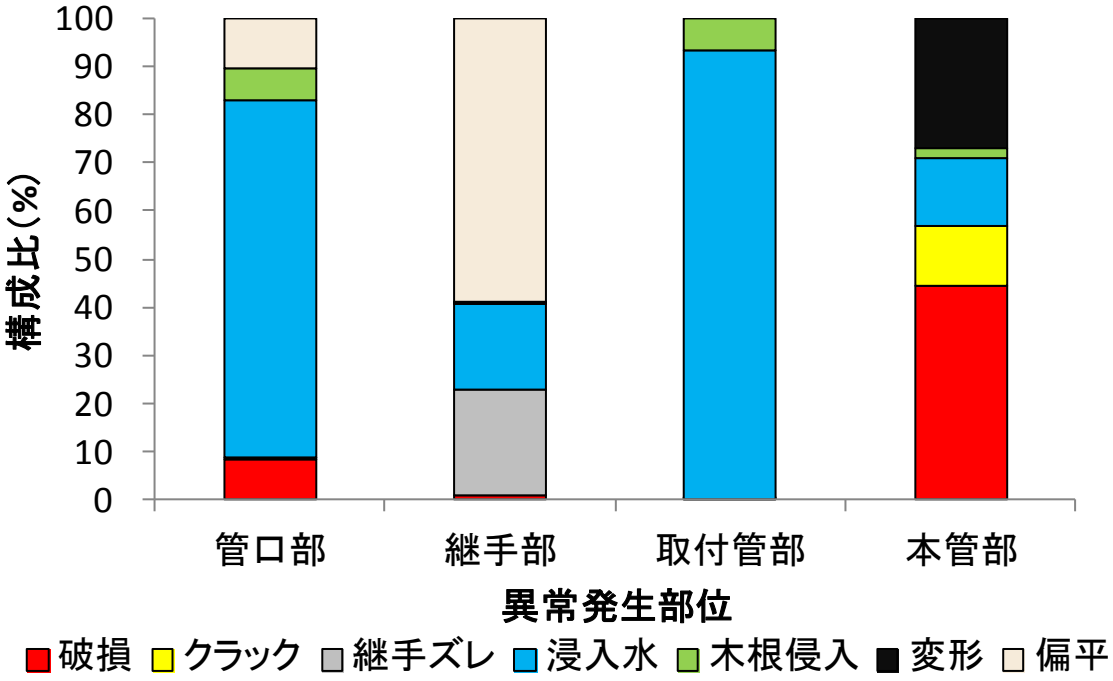


図 3-59　異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数の構成比

(2) 異常発生距離

1) 異常発生距離

管口からの距離別に異常の発生しやすさを把握するために、管口からの距離を 5m 間隔に区分し、各距離区分別に異常発生箇所数を集計した。集計結果を以下に示す。

表 3-28　異所発生距離別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

異常発生距離区分（m以上-m未満）	スパン延長(m以上-m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													1	1	1.0
40-45													0	0	0.0
35-40													0	0	0.0
30-35													4	4	3.0
25-30											1	0	0	1	1.0
20-25									0	1	1	0	2	4	3.0
15-20							4	1	2	2	0	0	1	10	8.0
10-15					2	1	3	2	3	2	0	0	2	15	13.0
5-10			0	2	9	3	1	1	2	1	1	0	1	21	18.0
0-5	2	10	9	5	11	9	2	4	3	3	1	1	2	62	53.0
総計	2	10	9	7	22	13	10	8	10	9	4	1	13	118	100.0
延長区分別データ割合(%)	2.0	8.0	8.0	6.0	19.0	11.0	8.0	7.0	8.0	8.0	3.0	1.0	11.0	100.0	-

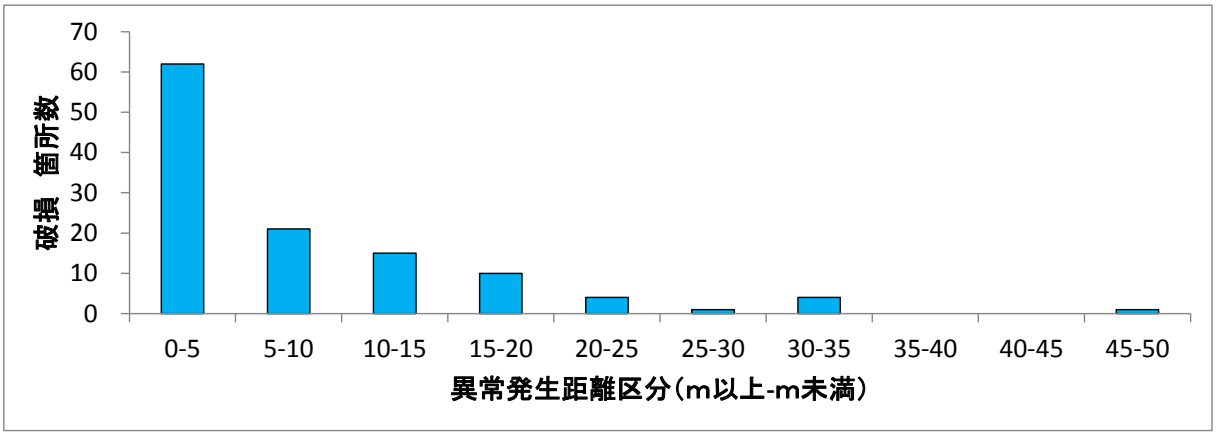


図 3-60　異常発生距離区分別異常発生箇所数【破損】

表 3-29　異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

異常発生距離区分（m以上-m未満）	スパン延長(m以上-m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													0	0	0.0
40-45													0	0	0.0
35-40													0	0	0.0
30-35													0	0	0.0
25-30											0	0	0	0	0.0
20-25									0	0	0	0	0	0	0.0
15-20							0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
10-15					0	3	0	0	1	0	0	0	0	4	15.0
5-10			0	0	1	3	0	2	0	3	0	0	0	9	35.0
0-5	0	1	1	1	1	2	0	3	0	1	0	1	2	13	50.0
総計	0	1	1	1	2	8	0	5	1	4	0	1	2	26	100.0
延長区分別データ割合(%)	0.0	4.0	4.0	4.0	8.0	31.0	0.0	19.0	4.0	15.0	0.0	4.0	8.0	100.0	-

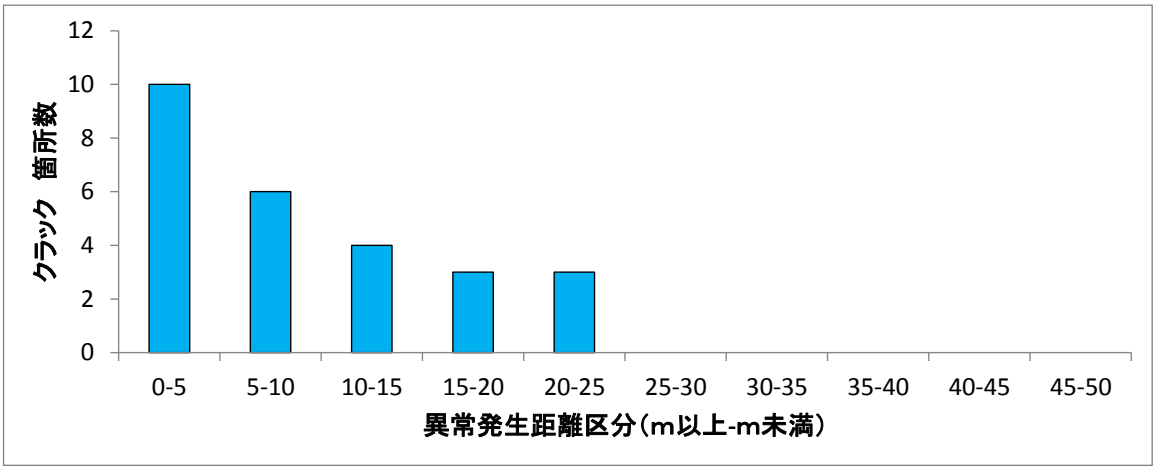


図 3-61　異常発生距離区分別異常発生箇所数【クラック】

表 3-30　異常発生距離区分別スパン長ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

異常発生距離区分（m以上−m未満）	スパン延長(m以上−m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合（%）
	0−5	5−10	10−15	15−20	20−25	25−30	30−35	35−40	40−45	45−50	50−55	55−60	60m以上		
45−50													0	0	0.0
40−45													0	0	0.0
35−40													3	3	2.0
30−35													2	2	1.0
25−30											1	0	3	4	2.0
20−25									0	1	1	0	2	4	2.0
15−20							3	2	1	0	0	0	2	8	5.0
10−15					2	3	5	1	1	0	0	0	1	13	7.0
5−10			2	12	11	2	7	1	0	2	3	0	0	40	23.0
0−5	1	20	10	21	16	4	8	2	1	3	2	7	5	100	57.0
総計	1	20	12	33	29	9	23	6	3	6	7	7	18	174	100.0
延長区分別データ割合（%）	1.0	11.0	7.0	19.0	17.0	5.0	13.0	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	10.0	100.0	−

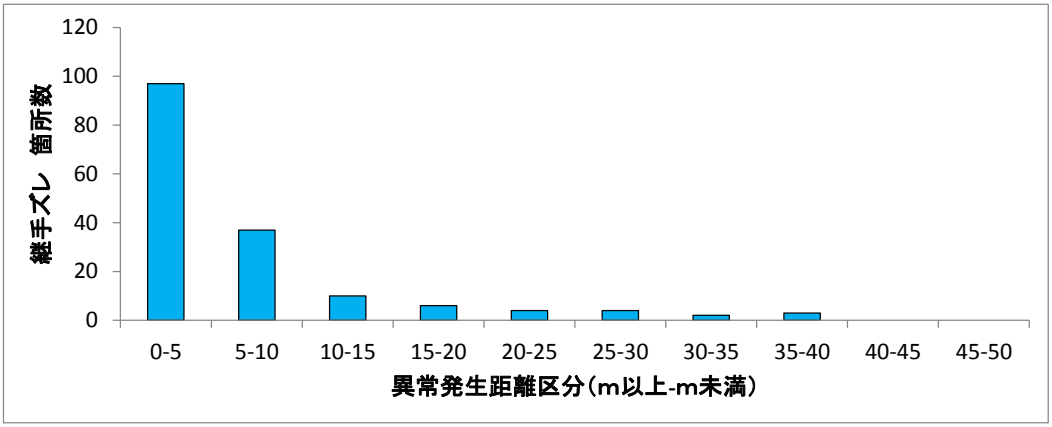


図 3-62　異常発生距離区分別異常発生箇所数【継手ズレ】

表 3-31　異常発生距離区分別スパン長ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

異常発生距離区分（m以上−m未満）	スパン延長(m以上−m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合（%）
	0−5	5−10	10−15	15−20	20−25	25−30	30−35	35−40	40−45	45−50	50−55	55−60	60m以上		
45−50													0	0	0.0
40−45													4	4	0.0
35−40													9	9	1.0
30−35													11	11	1.0
25−30											2	4	15	21	3.0
20−25									6	14	12	10	8	50	6.0
15−20							3	9	22	16	7	10	10	77	9.0
10−15					6	12	16	12	23	15	4	12	6	106	13.0
5−10		0	5	22	27	15	10	14	16	21	3	7	3	143	18.0
0−5	18	38	46	56	43	39	41	23	33	24	6	10	15	392	48.0
総計	18	38	51	78	76	66	70	58	100	90	34	53	81	813	100.0
延長区分別データ割合（%）	2.0	5.0	6.0	10.0	9.0	8.0	9.0	7.0	12.0	11.0	4.0	7.0	10.0	100.0	−

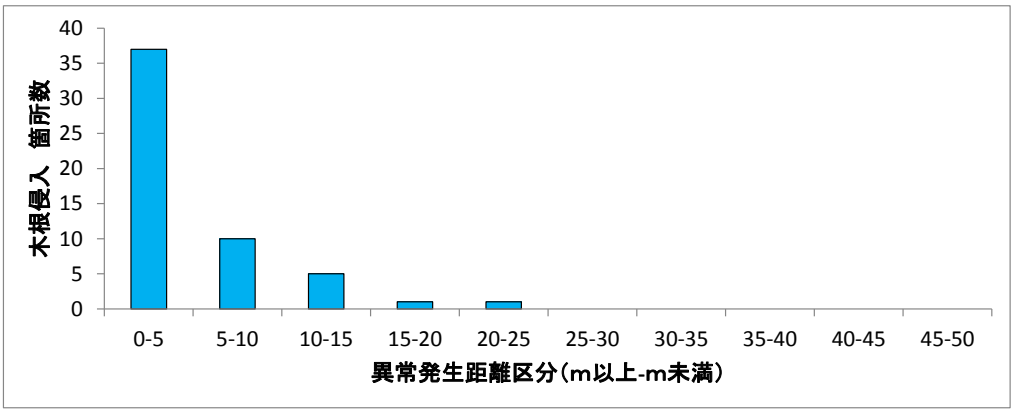


図 3-63　異常発生距離区分別異常発生箇所数【木根侵入】

表 3-32　異常発生距離区分別スパン長ごとの別異常発生箇所数【変形】

異常発生距離区分（m以上-m未満）	スパン延長(m以上-m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													0	0	0.0
40-45													0	0	0.0
35-40													0	0	0.0
30-35													0	0	0.0
25-30											0	0	1	1	2.0
20-25									0	1	2	0	0	3	6.0
15-20							0	1	1	3	2	2	0	9	17.0
10-15					0	2	1	4	0	1	2	2	1	13	24.0
5-10		0	0	0	2	4	1	0	1	0	1	1	0	10	19.0
0-5	0	3	3	3	2	2	0	0	2	1	2	0	0	18	33.0
総計	0	3	3	3	4	8	2	5	4	6	9	5	2	54	100.0
延長区分別データ割合(%)	0.0	6.0	6.0	6.0	7.0	15.0	4.0	9.0	7.0	11.0	17.0	9.0	4.0	100.0	-

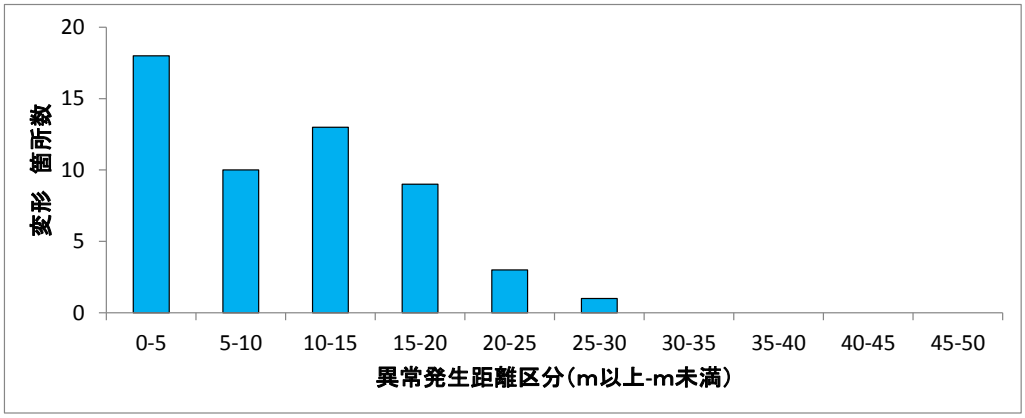


図 3-64　異常発生距離区分別異常発生箇所数【変形】

表 3-33　異常発生距離区分別スパン長区分ごとの発生箇所数【偏平】

異常発生距離区分（m以上-m未満）	スパン延長(m以上-m未満)													総計（箇所数）	距離別異常発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													0	0	0.0
40-45													2	2	0.0
35-40													7	7	1.0
30-35													5	5	1.0
25-30											0	0	13	13	3.0
20-25									7	15	3	0	9	34	7.0
15-20							1	4	20	15	4	0	10	54	11.0
10-15					3	5	9	11	19	21	3	1	11	83	17.0
5-10		0	4	17	24	17	13	12	15	17	2	1	14	136	27.0
0-5	3	6	18	17	24	16	19	11	9	18	4	5	15	165	33.0
総計	3	6	22	34	51	38	42	38	70	86	16	7	86	499	100.0
延長区分別データ割合(%)	1.0	1.0	4.0	7.0	10.0	8.0	8.0	8.0	14.0	17.0	3.0	1.0	17.0	100.0	-

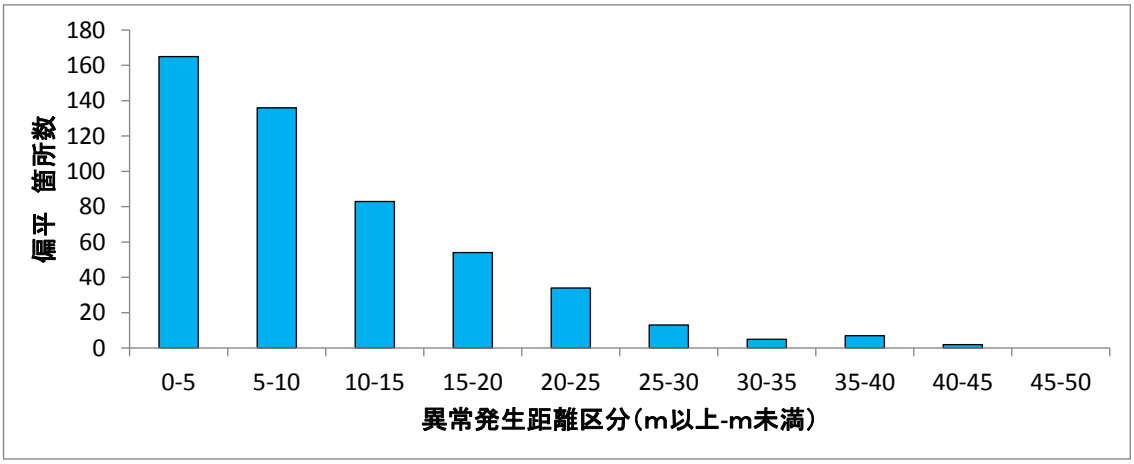


図 3-65　異常発生距離区分別異常発生箇所数【偏平】

2) 相対的異常発生距離

異常発生距離をスパン長で除して、相対的な異常発生距離を求め（0%が管口、50%がスパンの中央を表す）、相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの集計を行った。集計結果を以下に示す。

表 3-34　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	3	6	9	1	0	1	2	22
0-10%	1	3	8	2	6	1	1	22
10-20%	2	3	3	3	1	1	2	15
20-30%	1	1	3	3	6	0	2	16
30-40%	2	2	8	3	3	0	3	21
40-50%	3	1	4	6	3	2	3	22
総計（箇所数）	12	16	35	18	19	5	13	118

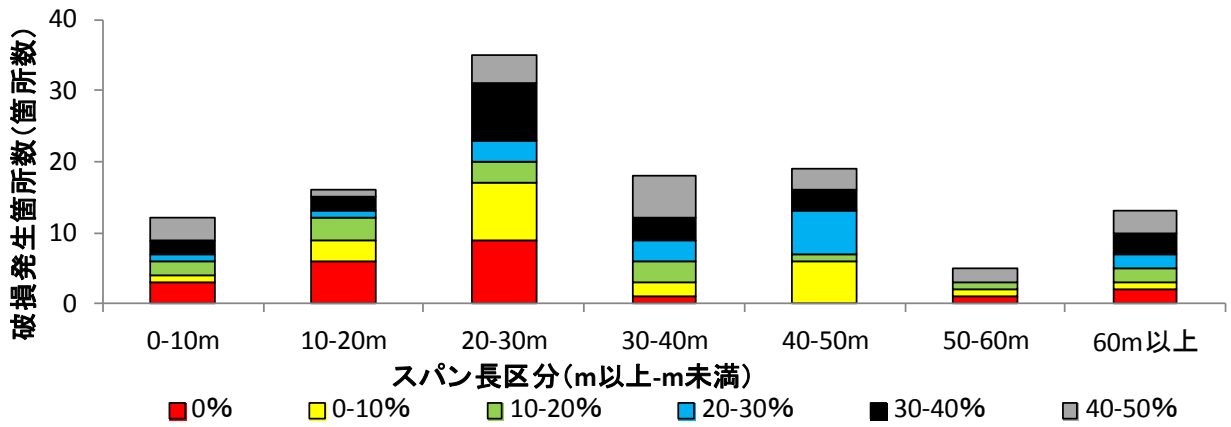


図 3-66　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

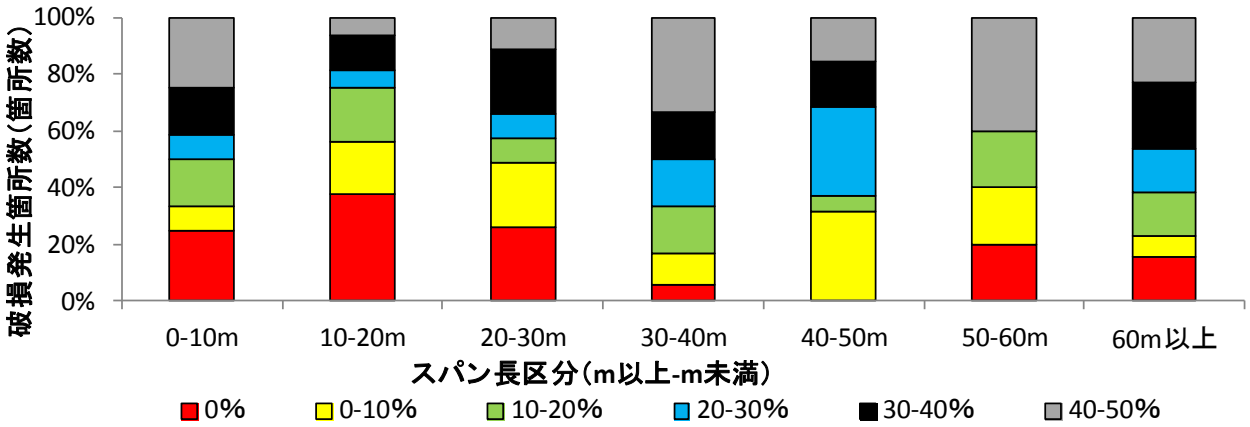


図 3-67　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【破損】

表 3-35　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	1	0	0	0	1
0-10%	0	1	0	2	0	1	0	4
10-20%	0	1	5	0	0	0	0	6
20-30%	1	0	0	2	0	0	0	3
30-40%	0	0	2	0	4	0	2	8
40-50%	0	0	3	0	1	0	0	4
総計（箇所数）	1	2	10	5	5	1	2	26

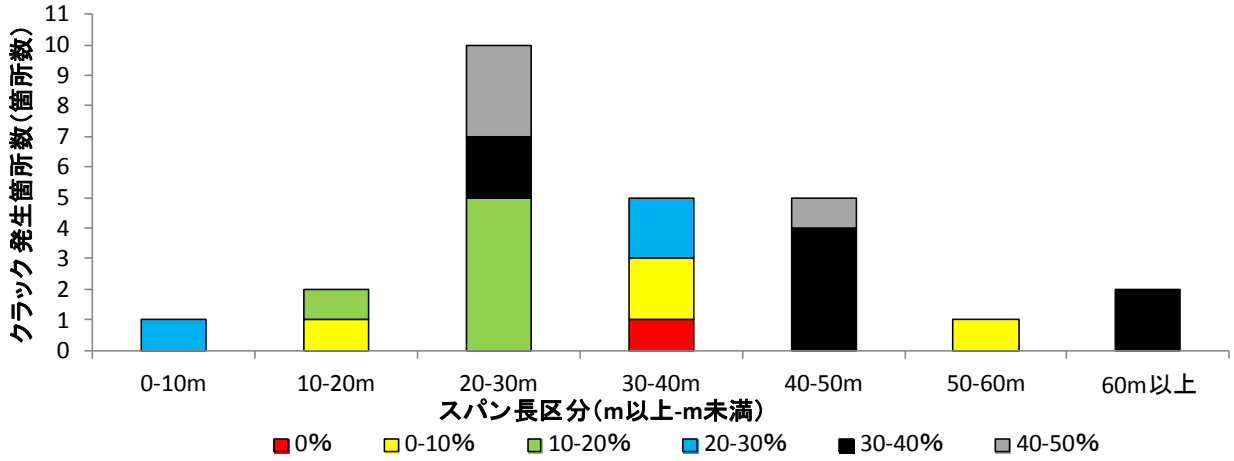


図 3-68　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

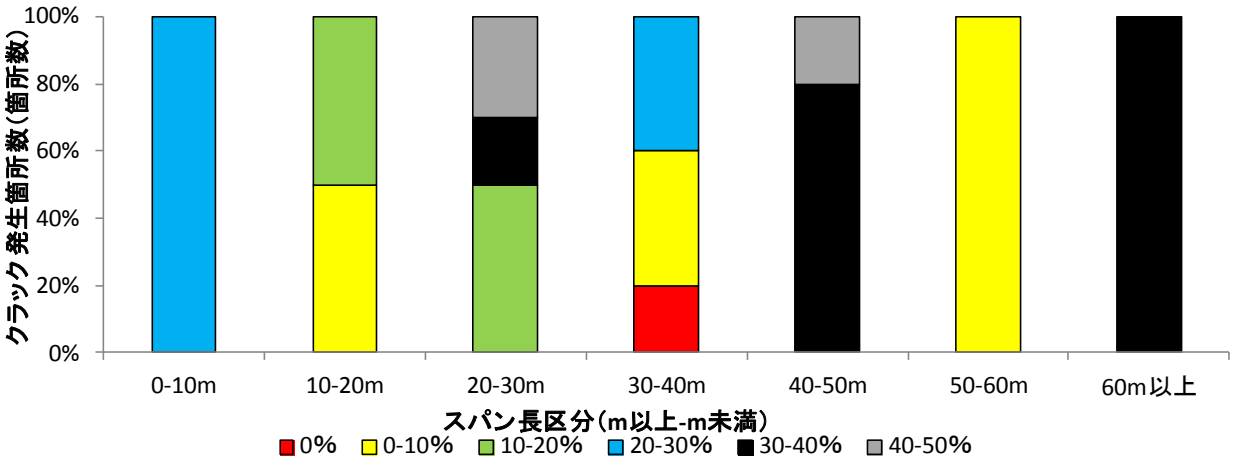


図 3-69　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【クラック】

表 3-36　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	0	0	0	0	0
0-10%	7	16	9	5	3	9	5	54
10-20%	2	4	10	7	3	3	1	30
20-30%	3	9	6	6	0	0	2	26
30-40%	4	7	5	5	1	1	2	25
40-50%	5	9	8	6	2	1	8	39
総計（箇所数）	21	45	38	29	9	14	18	174

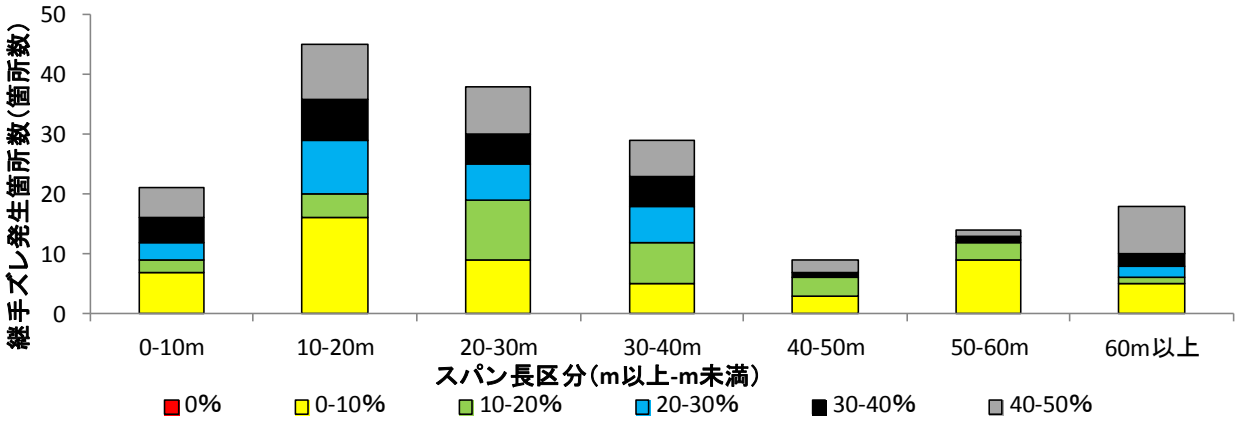


図 3-70　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

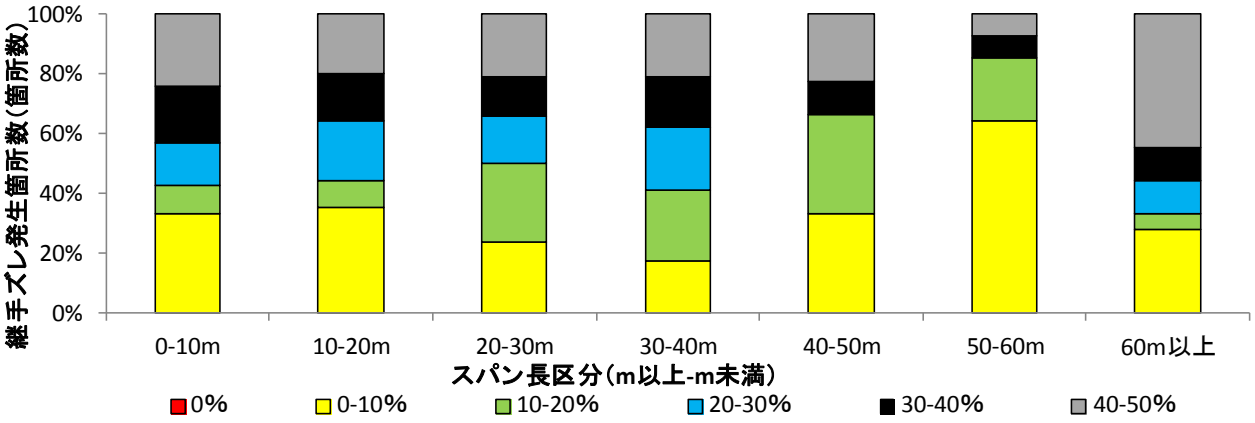


図 3-71　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【継手ズレ】

表 3-37　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【浸入水】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	38	50	43	35	34	3	2	205
0-10%	1	20	17	24	19	13	14	108
10-20%	8	15	21	13	31	13	8	109
20-30%	2	15	20	18	31	19	13	118
30-40%	5	14	24	19	37	17	15	131
40-50%	2	15	17	19	38	22	29	142
総計（箇所数）	56	129	142	128	190	87	81	813

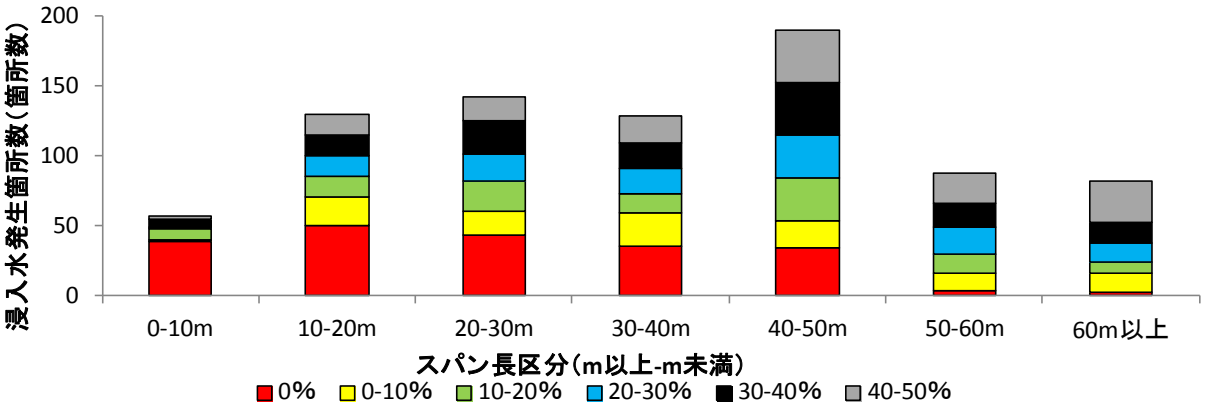


図 3-72　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【浸入水】

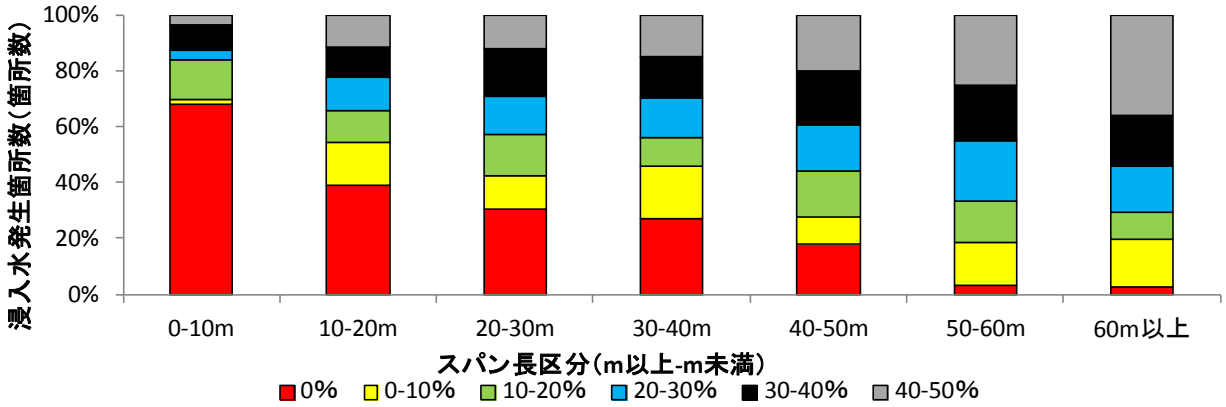


図 3-73　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【浸入水】

表 3-38　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	3	8	8	0	0	0	0	19
0-10%	0	3	3	0	3	0	0	9
10-20%	0	2	4	1	0	0	0	7
20-30%	0	2	1	1	0	0	0	4
30-40%	1	2	2	2	0	0	0	7
40-50%	0	3	3	0	2	0	0	8
総計（箇所数）	4	20	21	4	5	0	0	54

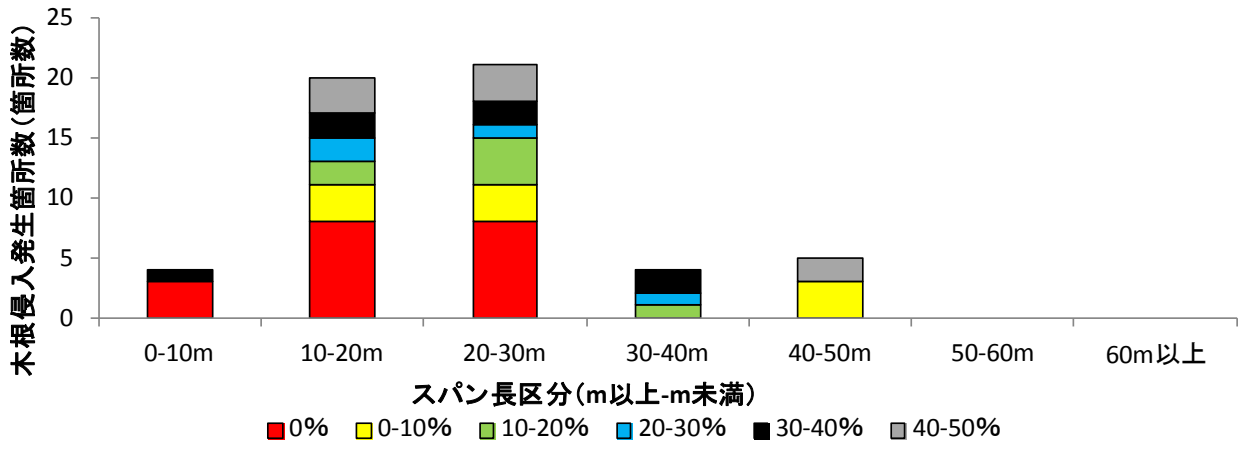


図 3-74　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

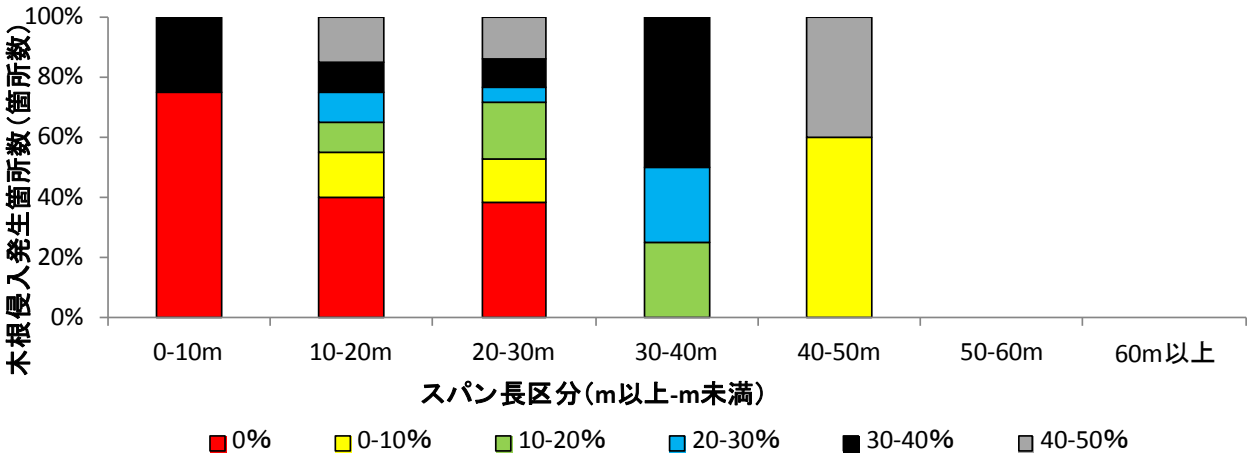


図 3-75　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【木根侵入】

表 3-39　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【変形】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	0	0	0	0	0
0-10%	0	2	2	0	3	2	0	9
10-20%	0	2	3	0	0	2	1	8
20-30%	1	2	3	3	2	5	0	16
30-40%	1	0	2	3	1	4	0	11
40-50%	1	0	2	1	4	1	1	10
総計（箇所数）	3	6	12	7	10	14	2	54

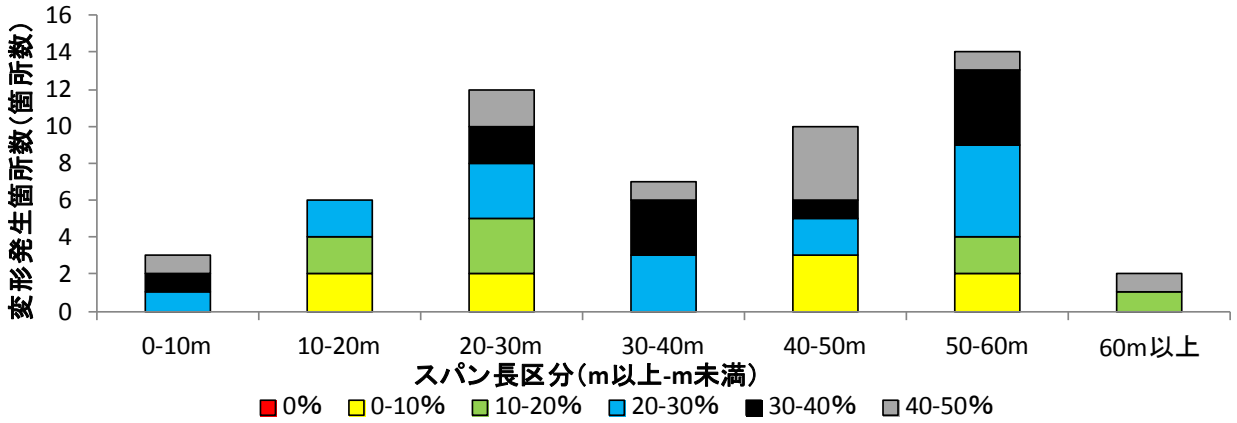


図 3-76　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【変形】

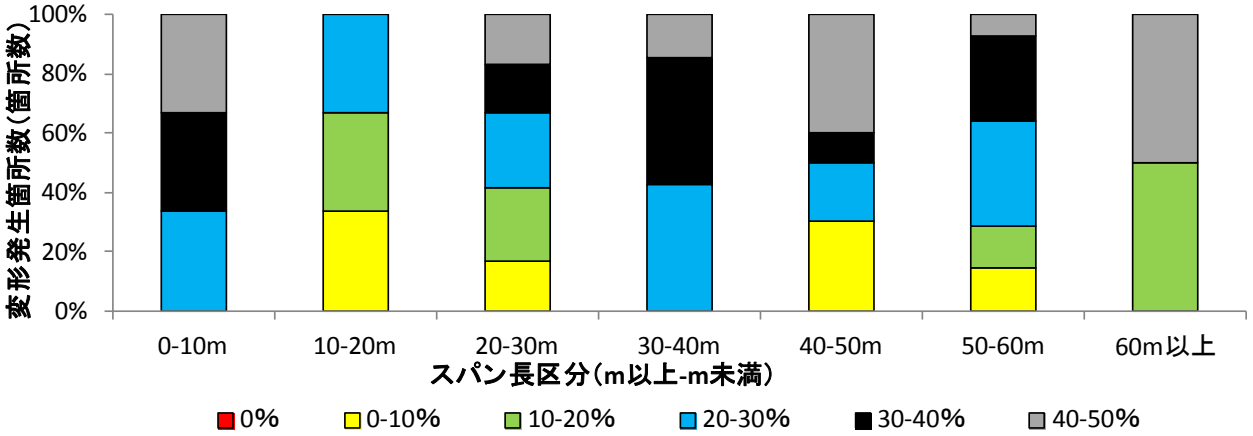


図 3-77　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【変形】

表 3-40　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【偏平】

相対的異常発生距離区分（%以上-%未満）	スパン延長区分（m以上-m未満）							総計（箇所数）
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	4	11	3	6	3	4	0	31
0-10%	0	7	9	18	21	5	22	82
10-20%	2	3	24	16	27	4	22	98
20-30%	2	10	22	16	34	3	16	103
30-40%	1	14	17	10	38	4	12	96
40-50%	0	11	14	14	33	3	14	89
総計（箇所数）	9	56	89	80	156	23	86	499

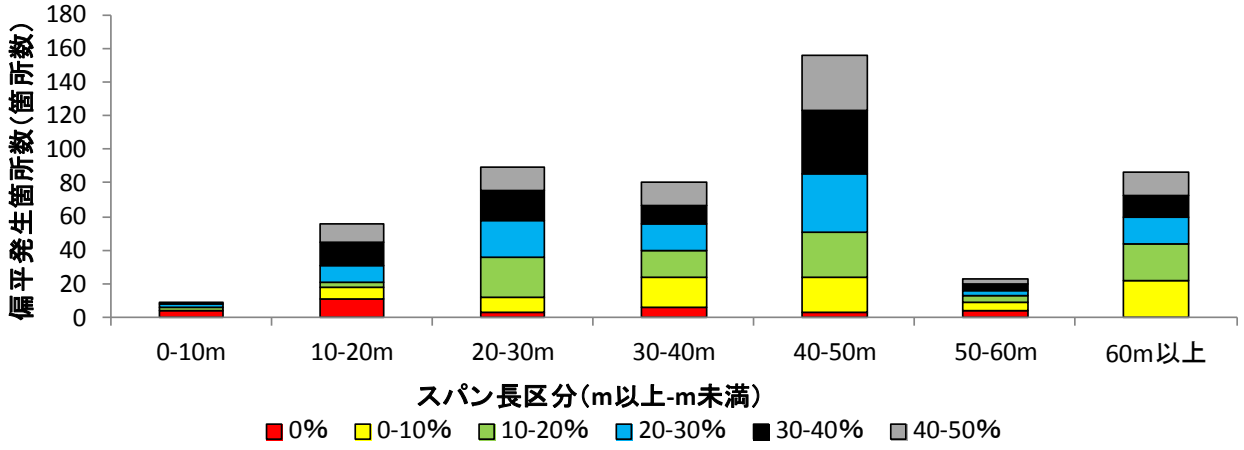


図 3-78　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【偏平】

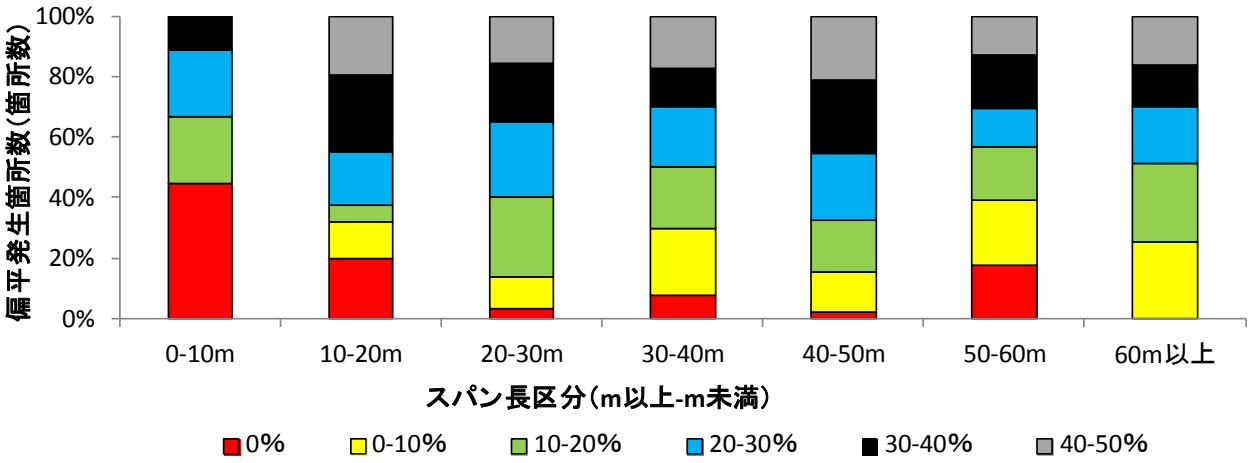


図 3-79　相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【偏平】

前述より、以下のことが言える。

・破損、浸入水、木根侵入は、管口付近（相対的異常発生距離 0%および 0-10%）で発生している割合が大い。
・継手ズレ、偏平は相対的異常発生距離に顕著な傾向は見られない。
・クラック、変形、異常発生箇所数がその他の異常と比較し少なく標本数が小さいため、相対的異常発生距離のバラツキが大きく、適切に傾向を把握することは難しい。

(3) 異常発生位置

異常発生位置別に異常項目ごとの発生しやすさを把握するため、異常項目ごとの発生箇所数を異常発生位置別に集計を行った。異常項目の「継手ズレ」、「偏平」は異常発生位置（図 3-53）を分類できないため、集計から除外する。また、TV カメラ調査の動画データの無い異常についても異前項集計から除外し整理する。

表 3-41　異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数および割合

異常項目		異常発生位置			小計	動画データなし	総計
		管頂	管底	側部			
破損	箇所数	41	24	52	117	1	118
	割合(%)	35.0	20.5	44.4	100.0	－	－
クラック	箇所数	10	3	12	25	1	26
	割合(%)	40.0	12.0	48.0	100.0	－	－
浸入水	箇所数	224	57	525	806	7	813
	割合(%)	27.8	7.1	65.1	100.0	－	－
木根侵入	箇所数	18	6	29	53	1	54
	割合(%)	34.0	11.3	54.7	100.0	－	－
変形	箇所数	18	33	3	54	0	54
	割合(%)	33.3	61.1	5.6	100.0	－	－
総計		311	123	621	1,055	10	1,055
割合(%)		29.5	11.7	58.9	100.0	－	－

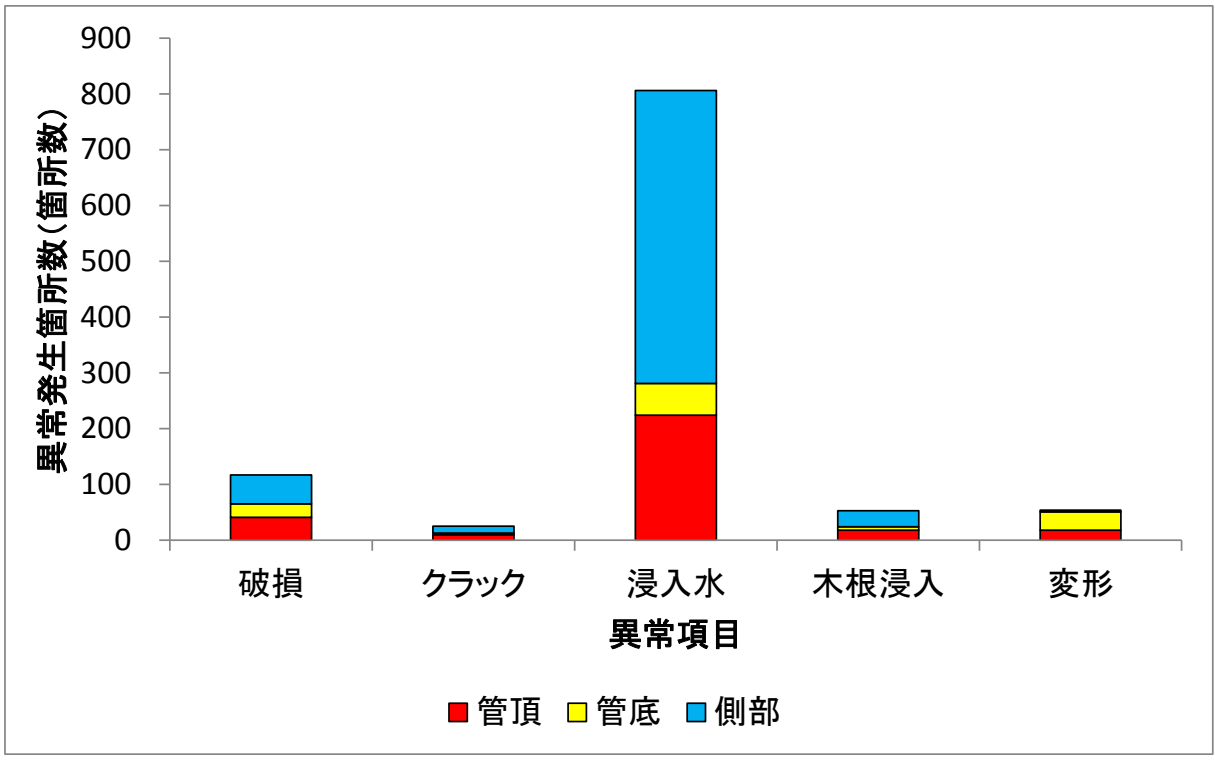


図 3-80　異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数

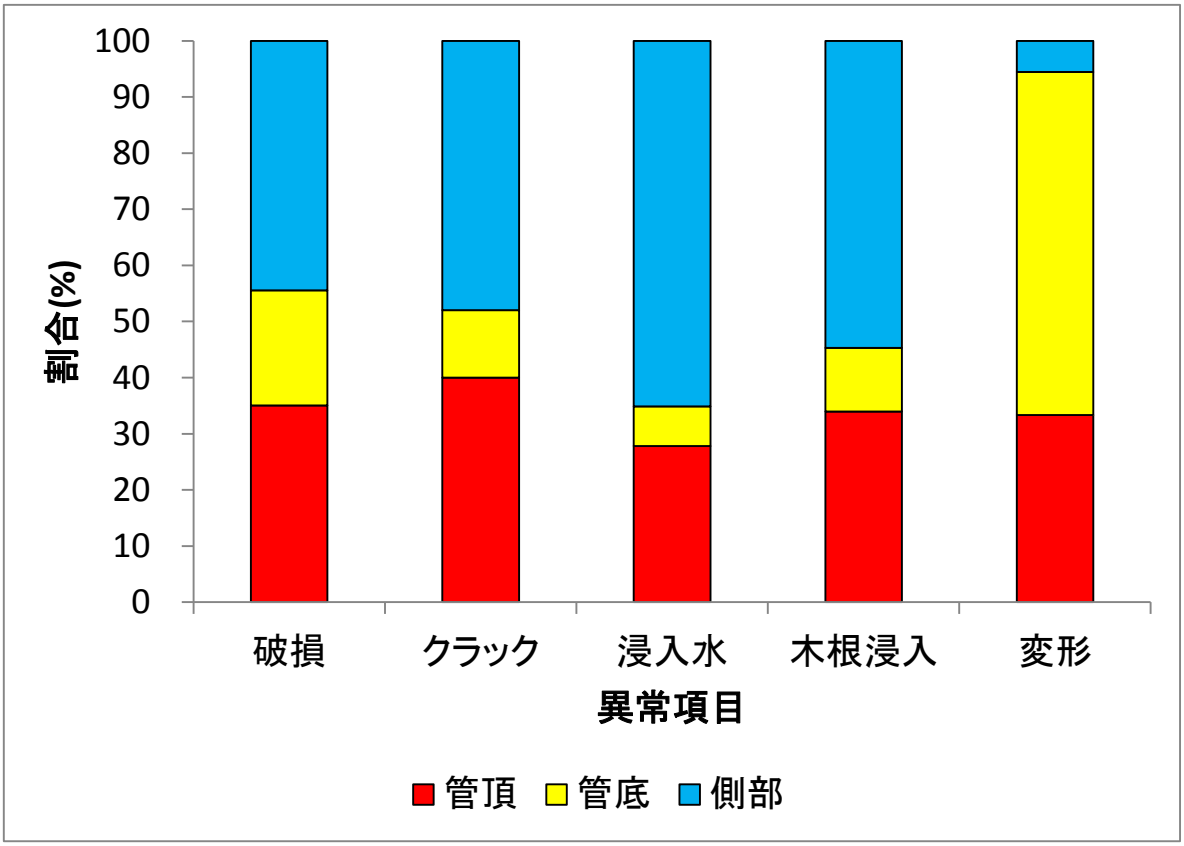


図 3-81　異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数の割合

変形以外の異常項目については、側部での発生割合が最も大きい（破損：44%、クラック：48%、浸入水：65%、木根侵入：55%）結果となった。

変形は管底での発生割合が最も大きい（61%）結果となった。

(4) 水深との関連性

本節 3.4 にて対象とした異常について、水深との関連性をまとめた。

管内の水深は次式により求める。

また、水深の計測例を図 3-82 に示す。

$$水深(\%) = \frac{水深(mm)}{垂直方向の直径(mm)} \times 100$$

異常項目ごとに水深区分別異常発生数を表 3-42 に示す。

異常項目別水深区分別異常発生箇所数より、異常が発生しているスパンの管内の水深（%）は、10%未満のものが約 96%である。

以上より、水深の影響をほぼ受けていない調査結果である。

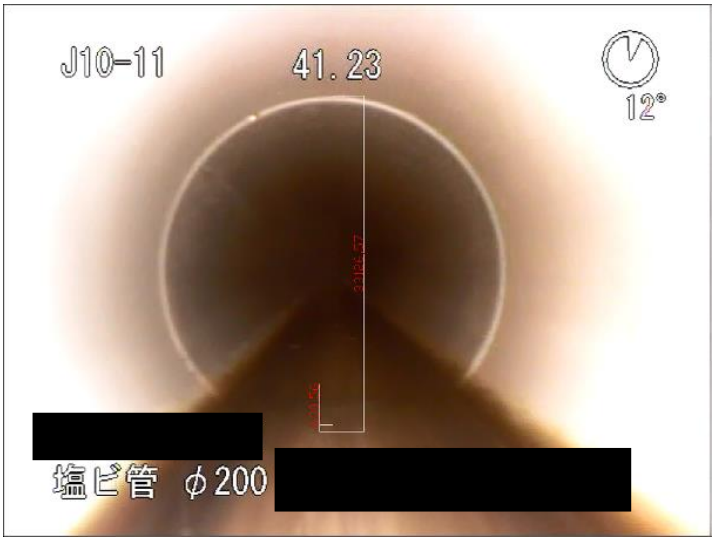


図 3-82　水深の測定例

表 3-42　異常項目別水深区分別異常発生箇所数

異常項目	水深（%以上-%未満）						総計	割合（%）
	2%未満	2-10%	10-15%	15-20%	20%以上	動画データなし		
クラック	9	16	0	0	0	1	26	1.5
継手ズレ	80	89	2	2	0	1	174	10.0
浸入水	265	520	13	5	2	8	813	46.8
破損	55	60	1	0	1	1	118	6.8
変形	33	21	0	0	0	0	54	3.1
木根侵入	33	19	0	1	0	1	54	3.1
偏平	156	314	21	2	6	0	499	28.7
総計	631	1039	37	10	9	12	1738	100.0
割合（%）	36.3	59.8	2.1	0.6	0.5	0.7	100.0	-

3.4.3. 異常項目と各種管属性との関連性の把握

本項では、前項で検討の対象とした構造的異常である「破損」・「クラック」・「偏平」・「変形」、機能的異常（水密性）である「浸入水」、ならびに機能的異常（流下性能）「木根侵入」と、管径・土被り等の施設属性、埋設環境との関連性について分析を行う。

(1) 管径別異常発生箇所数の整理

管径別異常項目別に異常発生箇所数を集計した。また、異常発生箇所数を各管径のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も行った。

管径別のスパン総延長と管径別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-43 に示す。また、管径別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数を表 3-44 に示す。

なお、管径が 150mm 未満と 300mm 以上に関しては、管径別スパン総延長が 1km あたりの異常発生箇所数に対して小さいため、1km 当たりの異常発生箇所数の集計から除外した。

表 3-43　管径別異常項目ごとの異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	49	9	45	279	1	17	35	435
200	42,545	40	4	90	184	33	9	151	511
250	29,655	23	10	26	303	19	28	271	680
300	3,277	4	3	13	23	1	0	23	67
350	1,063	1	0	0	0	0	0	2	3
400	569	1	0	0	19	0	0	14	34
450	178	0	0	0	5	0	0	3	8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-44　管径別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	1.32	0.24	1.21	7.49	0.03	0.46	0.94	11.67
200	42,545	0.94	0.09	2.12	4.32	0.78	0.21	3.55	12.01
250	29,655	0.78	0.34	0.88	10.22	0.64	0.94	9.14	22.93
平均	－	1.01	0.22	1.40	7.34	0.48	0.54	4.54	15.54

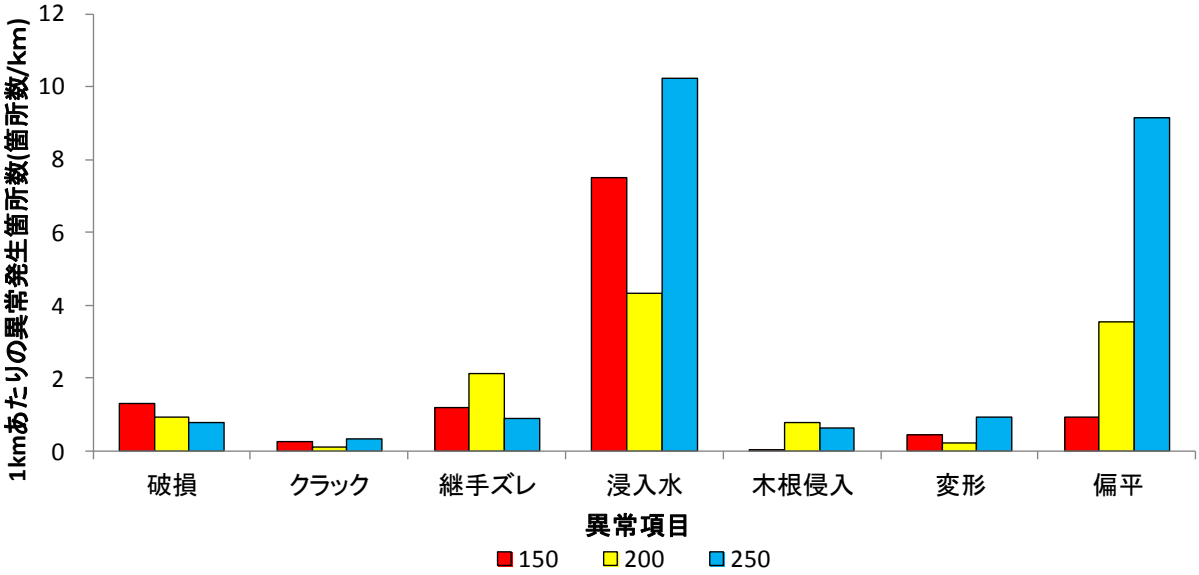


図 3-83　管径別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管径別異常項目を整理した結果以下の傾向がみられた。

・偏平は、管径が大きいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、埋設強度計算においては管径が小さい方がたわみに対して強く、理論と TV カメラ調査の実態との整合がとれていると考える。
・浸入水は、管径に関わらずその他の異常と比較し 1km あたりの発生箇所数は多い。
・偏平、浸入水以外の異常項目については、管径別での差異は少ない。

上述の整理に加え、異常ランク別の集計を行った。

集計結果を表 3-45～表 3-50、図 3-84～図 3-86 に示す。

なお、破損に関してはａランクのみ判定基準があり、木根侵入、変形、偏平に関してはａおよびｂランクのみ判定基準があるため、基準がないランクについては集計の対象外とする。

集計結果より以下の傾向がみられた。

・浸入水に関しては、異常ランクに関わらず、その他の異常と比較し異常発生箇所数が多い傾向がある。
・偏平に関しては、ｂランクが約 99%を占めており、異常ランクごとの管径による異常発生箇所数の傾向を把握することは難しい。

表 3-45　管径別異常項目ごとのａランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	49	1	0	22	0	1	0	73
200	42,545	40	2	1	12	14	1	0	70
250	29,655	23	3	1	13	4	4	5	53
300	3,277	4	0	0	0	1	0	0	5
350	1,063	1	0	0	0	0	0	0	1
400	569	1	0	0	4	0	0	0	5
450	178	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	114,579	118	6	2	51	19	6	5	207

表 3-46　管径別異常項目ごとの 1km あたりのａランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	1.32	0.03	0.00	0.59	0.00	0.03	0.00	1.96
200	42,545	0.94	0.05	0.02	0.28	0.33	0.02	0.00	1.65
250	29,655	0.78	0.10	0.03	0.44	0.13	0.13	0.17	1.79
平均	－	1.01	0.06	0.02	0.44	0.15	0.06	0.06	1.80

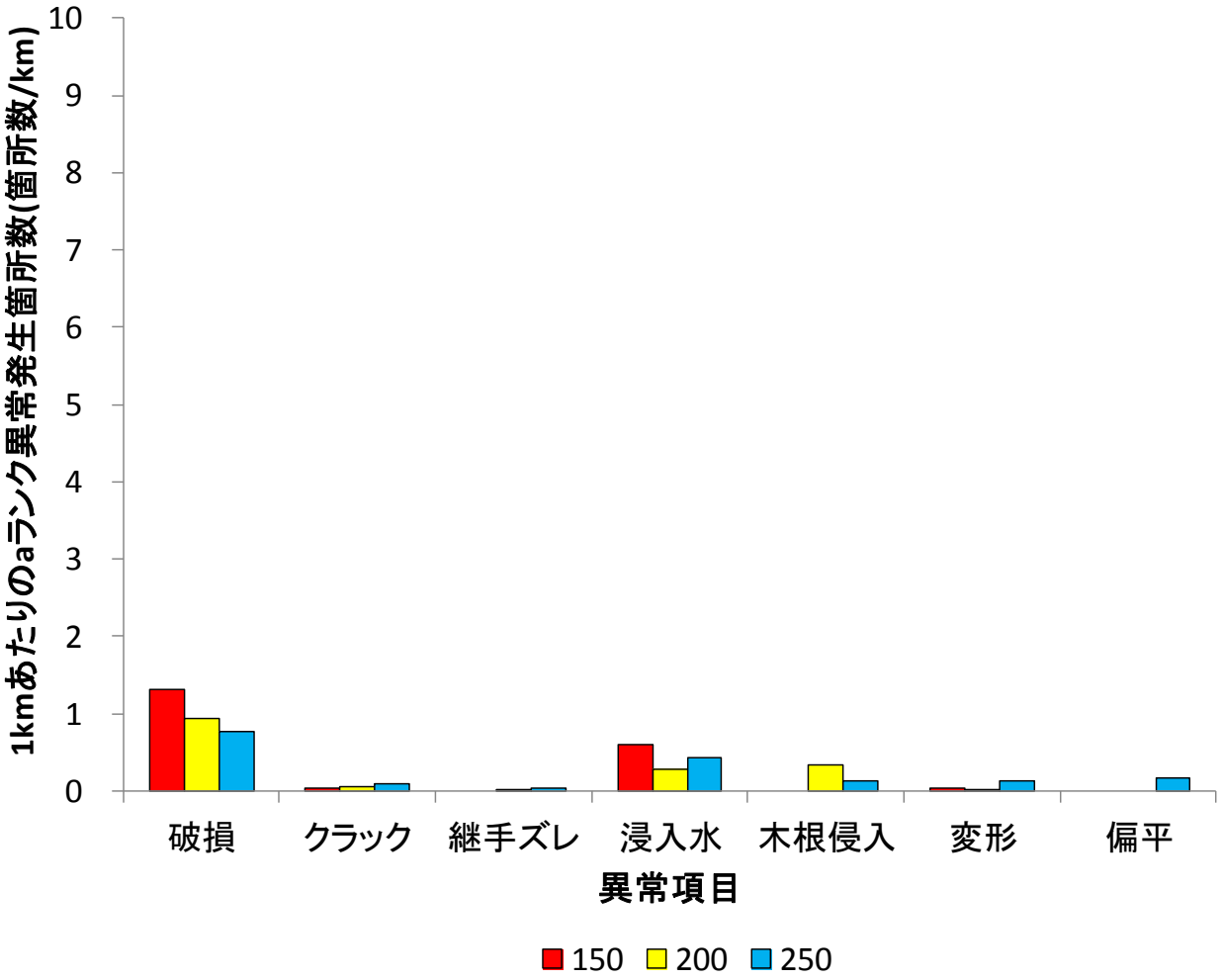


図 3-84　管径別異常項目ごとの 1km あたりのａランク異常発生箇所数

表 3-47　管径別異常項目ごとのｂランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	0	2	17	55	1	16	35	126
200	42,545	0	2	56	40	19	8	151	276
250	29,655	0	2	16	60	15	24	266	383
300	3,277	0	3	10	7	0	0	23	43
350	1,063	0	0	0	0	0	0	2	2
400	569	0	0	0	3	0	0	14	17
450	178	0	0	0	3	0	0	3	6
総計	114,579	0	9	99	168	35	48	494	853

表 3-48　管径別異常項目ごとの 1km あたりのｂランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	0.00	0.05	0.46	1.48	0.03	0.43	0.94	3.38
200	42,545	0.00	0.05	1.32	0.94	0.45	0.19	3.55	6.49
250	29,655	0.00	0.07	0.54	2.02	0.51	0.81	8.97	12.92
平均	－	0.00	0.06	0.77	1.48	0.33	0.48	4.49	7.59

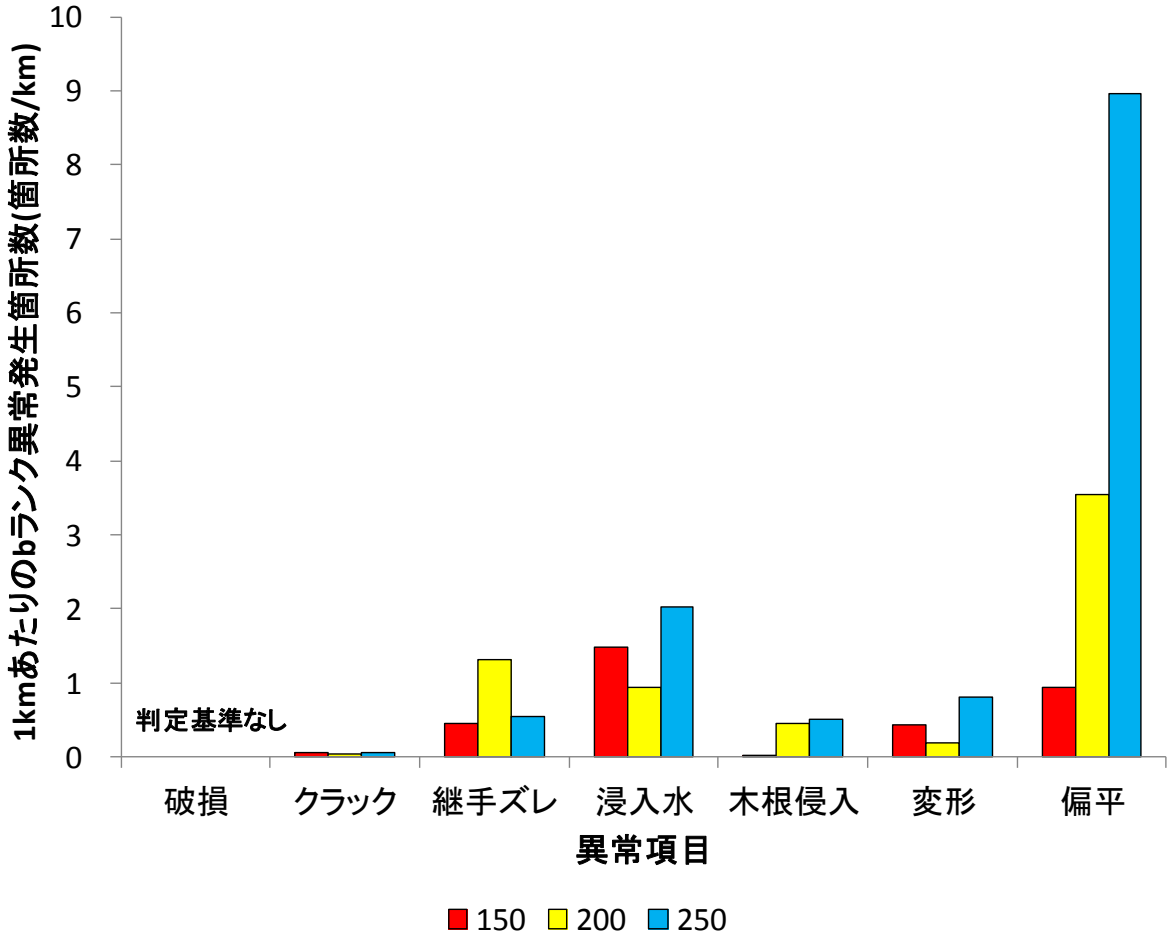


図 3-85　管径別異常項目ごとの 1km あたりのｂランク異常発生箇所数

表 3-49　管径別異常項目ごとの c ランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
150	37,260	0	6	28	202	0	0	0	236	34.8
200	42,545	0	0	33	132	0	0	0	165	24.3
250	29,655	0	5	9	230	0	0	0	244	36.0
300	3,277	0	0	3	16	0	0	0	19	2.8
350	1,063	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
400	569	0	0	0	12	0	0	0	12	1.8
450	178	0	0	0	2	0	0	0	2	0.3
総計	114,579	0	11	73	594	0	0	0	678	100.0

表 3-50　管径別異常項目ごとの 1km あたりの c ランク異常発生箇所数

管径（mm）	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	0.00	0.16	0.75	5.42	0.00	0.00	0.00	0.91
200	42,545	0.00	0.00	0.78	3.10	0.00	0.00	0.00	0.78
250	29,655	0.00	0.17	0.30	7.76	0.00	0.00	0.00	0.47
平均	－	0.00	0.11	0.61	5.43	0.00	0.00	0.00	6.15

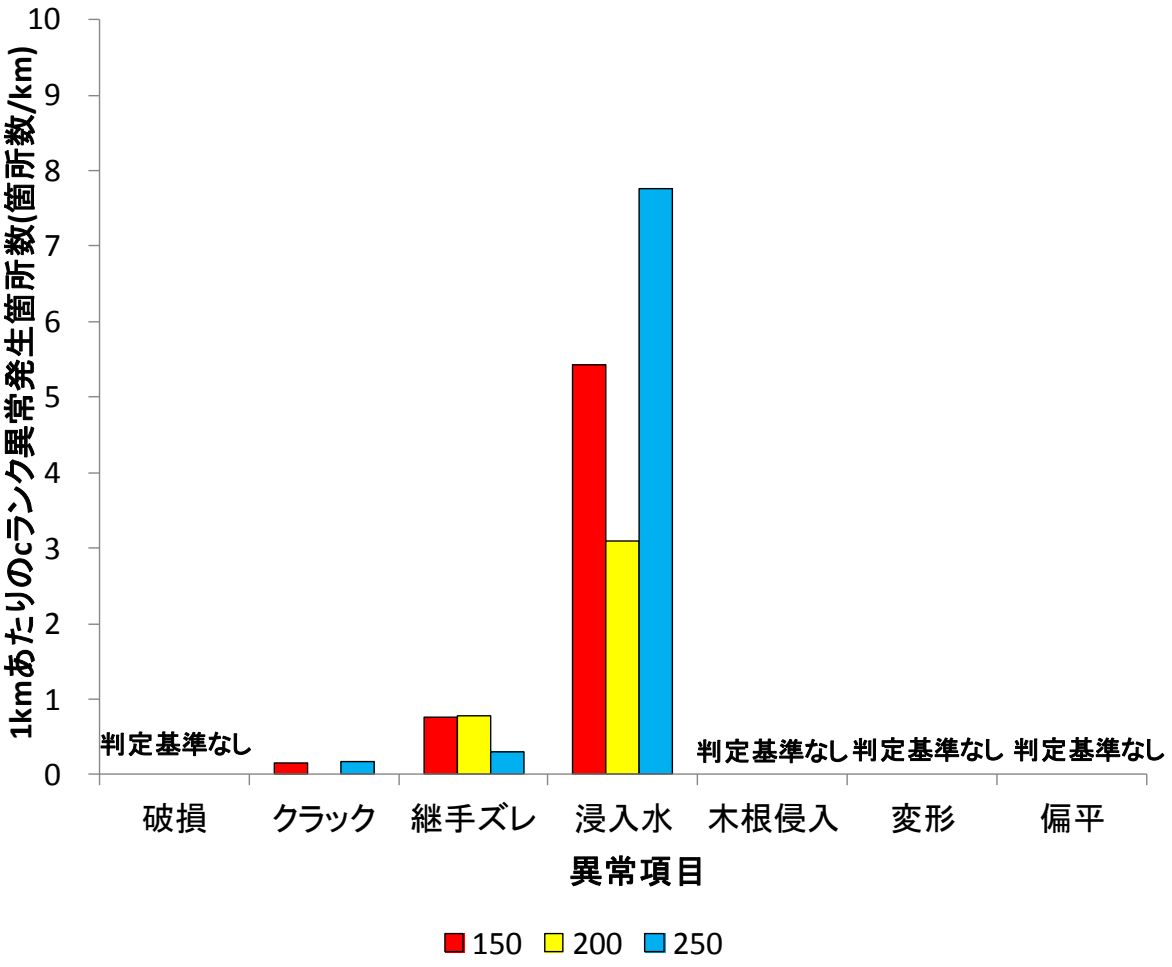


図 3-86　管径別異常項目ごとの 1km あたりの c ランク異常発生箇所数

(2) スパン長区分別異常発生箇所数の整理

スパン延長区分別異常項目別に異常発生箇所数を集計した。また、異常発生箇所数を各スパン延長区分のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計を行った。集計結果を表 3-51、表 3-52 に示す。

スパン延長区分別の集計の結果以下の傾向がみられた。

・破損、継手ズレ、浸入水はスパン長が短いほど 1km あたりの異常発生箇所数が多い傾向がみられる。
・偏平は、スパン長に関わらず発生の割合は同等程度である。
・クラック、木根侵入、変形については、上記異常項目と比較し、発生箇所数も少なく顕著な傾向はみられない。

表 3-51　スパン長区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

スパン長区分（m以上-m未満）	スパン総延長（m）	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0-10m	3,983	12	1	21	56	4	3	9	106
10-20m	12,948	16	2	45	129	20	6	56	274
20-30m	22,307	35	10	38	142	21	12	89	347
30-40m	23,956	18	5	29	128	4	7	80	271
40-50m	22,908	19	5	9	190	5	10	156	394
50-60m	10,268	5	1	14	87	0	14	23	144
60m以上	18,209	13	2	18	81	0	2	86	202
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-52　スパン長区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

スパン長区分（m以上-m未	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0-10m	3,983	3.01	0.25	5.27	14.06	1.00	0.75	2.26	26.62
10-20m	12,948	1.24	0.15	3.48	9.96	1.54	0.46	4.33	21.16
20-30m	22,307	1.57	0.45	1.70	6.37	0.94	0.54	3.99	15.56
30-40m	23,956	0.75	0.21	1.21	5.34	0.17	0.29	3.34	11.31
40-50m	22,908	0.83	0.22	0.39	8.29	0.22	0.44	6.81	17.20
50-60m	10,268	0.49	0.10	1.36	8.47	0.00	1.36	2.24	14.02
60m以上	18,209	0.71	0.11	0.99	4.45	0.00	0.11	4.72	11.09
平均	-	1.23	0.21	2.06	8.14	0.55	0.57	3.96	16.71

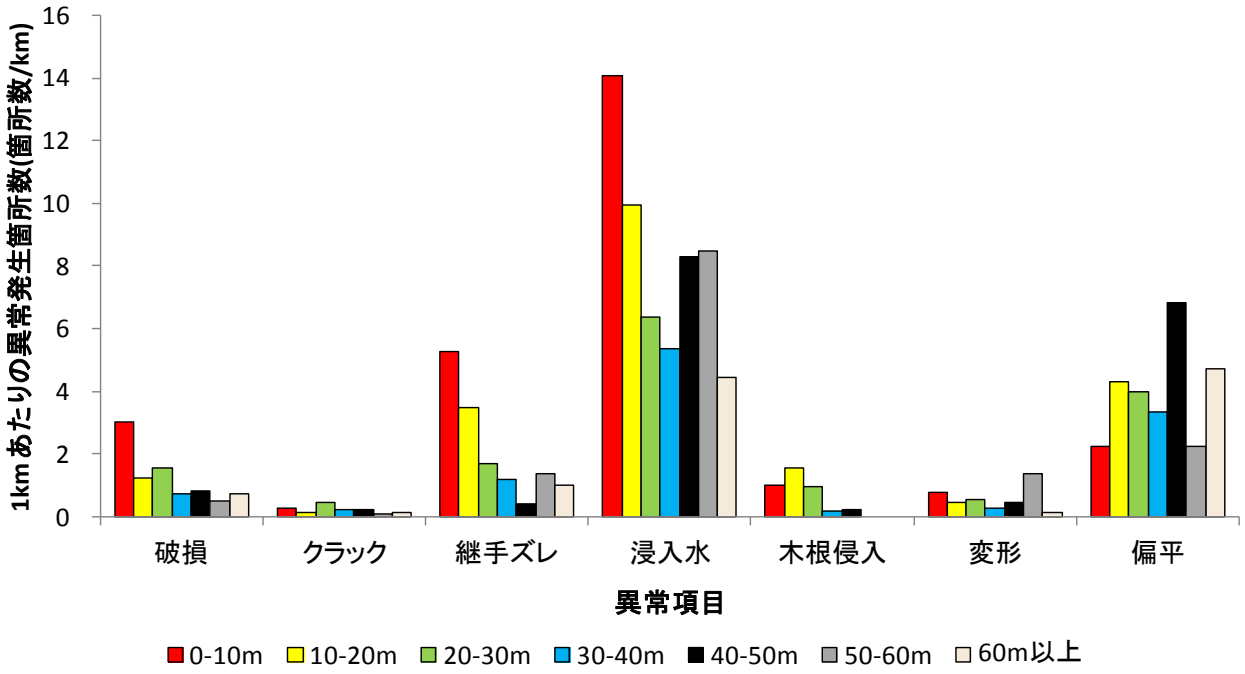


図 3-87　スパン長区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(3) 管本数別異常発生箇所数の整理

管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の集計を行った。

また、異常発生箇所数を各管本数のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も合わせて行った。

管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-53、管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数を表 3-54 に示す。

管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、管本数が 25 本以上の場合、異常発生箇所数が少なく、管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考える。

したがって、管本数が 24 本以下における異常発生箇所数において管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

管本数別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- 破損、継手ズレ、浸入水は管本数が少ない程 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、スパン長区分別集計における傾向と同じであり、管本数が少ない程スパン延長が短いことと管径があると考えられる。
- 破損、継手ズレ、浸入水以外の異常項目については、管本数による異常発生箇所数に対して顕著な傾向は見られない。
- 管本数別による異常発生数の傾向について、スパン延長との相関以外に管本数別における顕著な傾向は見られない。

表 3-53　管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数

管本数（本）	スパン延長（m）	スパン数（スパン）	異常項目							総計
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
1	360	114	0	0	0	4	0	0	2	6
2	1,471	275	6	0	0	14	2	0	0	22
3	2,025	243	6	0	10	20	0	1	5	42
4	3,752	320	8	1	14	38	9	6	19	95
5	5,057	324	1	1	7	48	3	1	29	90
6	6,568	343	11	2	19	69	14	1	29	145
7	7,668	335	12	0	27	45	8	9	27	128
8	9,099	347	7	1	20	53	8	2	25	116
9	8,443	278	8	4	15	42	1	0	26	96
10	8,473	255	6	0	3	60	1	1	39	110
11	7,638	205	10	3	8	36	1	6	78	142
12	9,012	220	6	1	1	50	3	7	47	115
13	6,397	152	3	8	6	56	3	2	38	116
14	3,861	92	0	0	2	25	0	9	28	64
15	4,120	89	2	2	0	19	1	0	12	36
16	3,090	68	3	1	3	16	0	0	4	27
17	2,544	49	2	0	6	10	0	2	1	21
18	1,795	32	2	0	3	6	0	0	6	17
19	2,595	45	2	0	2	12	0	0	19	35
20	2,104	35	0	0	2	10	0	5	4	21
21	1,876	32	2	0	1	20	0	0	11	34
22	1,996	33	3	0	1	30	0	0	4	38
23	1,650	25	0	0	2	11	0	0	17	30
24	1,659	27	2	0	2	12	0	0	17	33
25	861	14	0	0	1	0	0	1	0	2
26	1,053	16	0	0	0	6	0	0	7	13
27	729	11	2	0	2	8	0	1	1	14
28	1,216	18	0	0	1	12	0	0	3	16
29	1,068	17	2	2	2	32	0	0	0	38
30	468	8	0	0	1	4	0	0	0	5
31	499	8	0	0	2	2	0	0	0	4
32	947	14	5	0	5	8	0	0	0	18
33	583	9	0	0	1	4	0	0	0	5
34	234	3	0	0	2	5	0	0	0	7
35	515	8	1	0	1	4	0	0	0	6
36	285	4	0	0	0	1	0	0	0	1
37	422	6	0	0	0	3	0	0	0	3
38	392	6	0	0	0	0	0	0	0	0
39	252	3	1	0	0	3	0	0	0	4
40	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
41	223	3	1	0	0	0	0	0	0	1
42	175	3	0	0	0	1	0	0	0	1
43	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	404	8	2	0	1	4	0	0	1	8
46	90	2	0	0	1	1	0	0	0	2
47	78	2	0	0	0	2	0	0	0	2
48	48	1	0	0	0	0	0	0	0	0
49	136	3	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	52	1	0	0	0	2	0	0	0	2
53	43	1	1	0	0	0	0	0	0	1
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	104	2	0	0	0	4	0	0	0	4
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	49	1	1	0	0	1	0	0	0	2
60	60	1	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	125	2	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	70	1	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	114,579	4116	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-54　管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管本数（本）	スパン延長（m）	スパン数（スパン）	異常項目 破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	総計（箇所数/km）
1	360	114	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	5.56	16.67
2	1,471	275	4.08	0.00	0.00	9.52	1.36	0.00	0.00	14.96
3	2,025	243	2.96	0.00	4.94	9.88	0.00	0.49	2.47	20.74
4	3,752	320	2.13	0.27	3.73	10.13	2.40	1.60	5.06	25.32
5	5,057	324	0.20	0.20	1.38	9.49	0.59	0.20	5.73	17.80
6	6,568	343	1.67	0.30	2.89	10.51	2.13	0.15	4.42	22.08
7	7,668	335	1.57	0.00	3.52	5.87	1.04	1.17	3.52	16.69
8	9,099	347	0.77	0.11	2.20	5.82	0.88	0.22	2.75	12.75
9	8,443	278	0.95	0.47	1.78	4.97	0.12	0.00	3.08	11.37
10	8,473	255	0.71	0.00	0.35	7.08	0.12	0.12	4.60	12.98
11	7,638	205	1.31	0.39	1.05	4.71	0.13	0.79	10.21	18.59
12	9,012	220	0.67	0.11	0.11	5.55	0.33	0.78	5.22	12.76
13	6,397	152	0.47	1.25	0.94	8.75	0.47	0.31	5.94	18.13
14	3,861	92	0.00	0.00	0.52	6.47	0.00	2.33	7.25	16.57
15	4,120	89	0.49	0.49	0.00	4.61	0.24	0.00	2.91	8.74
16	3,090	68	0.97	0.32	0.97	5.18	0.00	0.00	1.29	8.74
17	2,544	49	0.79	0.00	2.36	3.93	0.00	0.79	0.39	8.25
18	1,795	32	1.11	0.00	1.67	3.34	0.00	0.00	3.34	9.47
19	2,595	45	0.77	0.00	0.77	4.62	0.00	0.00	7.32	13.49
20	2,104	35	0.00	0.00	0.95	4.75	0.00	2.38	1.90	9.98
21	1,876	32	1.07	0.00	0.53	10.66	0.00	0.00	5.87	18.13
22	1,996	33	1.50	0.00	0.50	15.03	0.00	0.00	2.00	19.03
23	1,650	25	0.00	0.00	1.21	6.67	0.00	0.00	10.30	18.18
24	1,659	27	1.21	0.00	1.21	7.23	0.00	0.00	10.24	19.89
総計	–	–	1.06	0.16	1.40	7.33	0.41	0.47	4.64	15.47

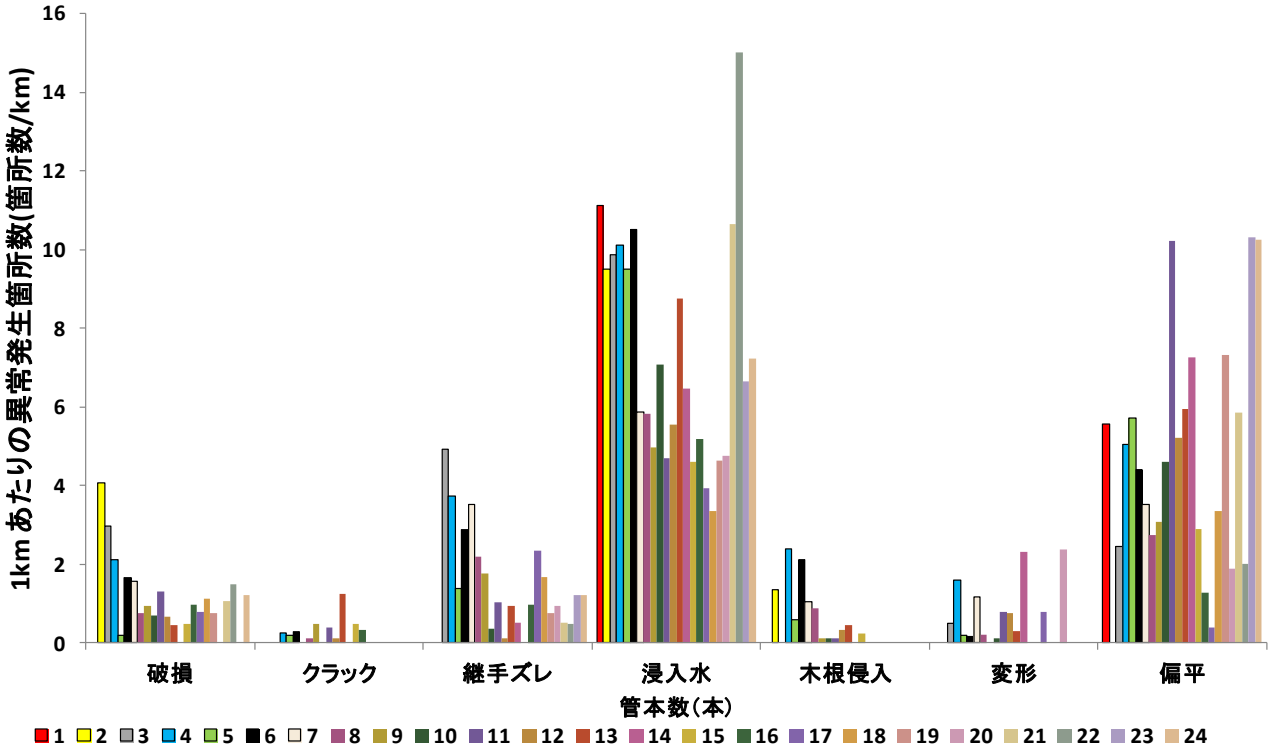


図 3-88　管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(4) 取付管本数別異常発生箇所数の整理

取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の集計を行った。

また、異常発生箇所数を各取付管本数のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も行った。

取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-55、取付管本数別異常項目ごとの集計結果を表

3-57 に示す。

取付管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、取付管本数が 9 本以上の場合、異常発生箇所数が少なく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考える。

したがって、取付管本数が 8 本以下における異常発生箇所数において管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

取付管本数別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

・浸入水と木根侵入の 1km あたりの発生箇所数は、取付管本数が大きい程大きくなる傾向が見られる。これは、取付管口では隙間が生じやすく、そこから浸入水や木根侵入が生じているためと考えられる。「3.4.2 異常発生部位の検討」における検討結果からも取付管口における異常の割合が浸入水と木根侵入が大半を占めていることが分かっており、本集計結果と整合が取れていると考える。

・浸入水と木根侵入以外の異常項目に関しては、異常発生箇所数と取付管本数の間に明確な関連性は見られない。

表 3-55　取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数

取付管本数（本）	スパン延長（m）	スパン数（スパン）	異常項目							総計
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0	34,320	1629	38	4	46	245	7	15	247	602
1	18,227	730	14	0	18	89	5	7	63	196
2	16,272	551	15	3	22	98	5	3	58	204
3	13,192	405	12	7	42	96	11	8	37	213
4	9,719	272	9	5	23	73	10	2	19	141
5	7,261	188	13	3	3	67	3	1	25	115
6	4,771	117	9	1	3	48	9	13	23	106
7	3,296	74	2	0	8	26	0	2	15	53
8	2,697	55	0	2	5	29	2	0	8	46
9	1,469	29	4	0	1	15	0	0	2	22
10	1,380	27	2	1	2	4	1	3	0	13
11	752	14	0	0	1	1	1	0	2	5
12	607	11	0	0	0	2	0	0	0	2
13	170	3	0	0	0	0	0	0	0	0
14	178	4	0	0	0	0	0	0	0	0
15	75	2	0	0	0	0	0	0	0	0
16	66	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18	96	2	0	0	0	20	0	0	0	20
総計	114,579	4116	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-56　取付管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

取付管本数（本）	スパン延長（m）	スパン数（スパン）	異常項目							総計（箇所数/km）
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0	34,320	1629	1.11	0.12	1.34	7.14	0.20	0.44	7.20	17.54
1	18,227	730	0.77	0.00	0.99	4.88	0.27	0.38	3.46	10.75
2	16,272	551	0.92	0.18	1.35	6.02	0.31	0.18	3.56	12.54
3	13,192	405	0.91	0.53	3.18	7.28	0.83	0.61	2.80	16.15
4	9,719	272	0.93	0.51	2.37	7.51	1.03	0.21	1.95	14.51
5	7,261	188	1.79	0.41	0.41	9.23	0.41	0.14	3.44	15.84
6	4,771	117	1.89	0.21	0.63	10.06	1.89	2.72	4.82	22.22
7	3,296	74	0.61	0.00	2.43	7.89	0.00	0.61	4.55	16.08
8	2,697	55	0.00	0.74	1.85	10.75	0.74	0.00	2.97	17.05
平均	－	－	0.99	0.30	1.62	7.86	0.63	0.59	3.86	15.85

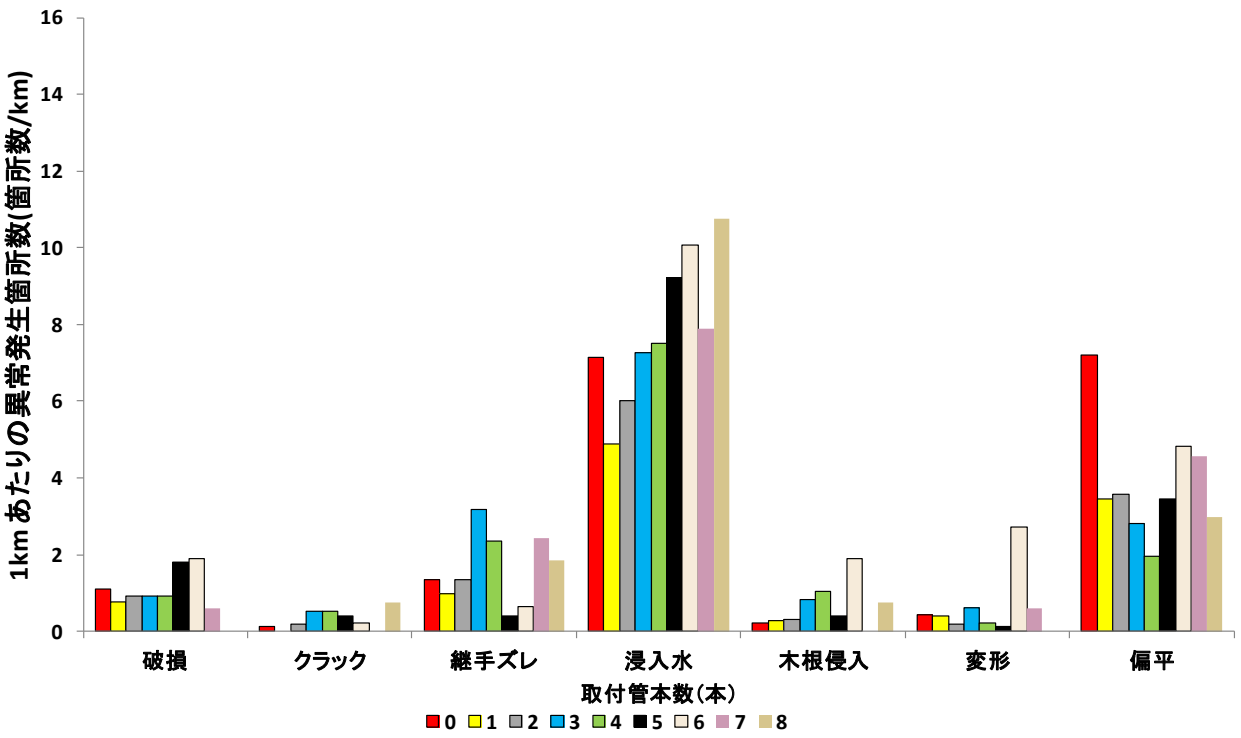


図 3-89　取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の割合

(5) 土被り区分別異常発生箇所数の整理

土被り区分別異常項目ごとに異常発生箇所および割合を集計した。

土被り区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-57 に示し、また、異常発生箇所数を各土被りのスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計結果を表 3-58 と図 3-90 に示す。

土被り別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、土被りが 4m以上の場合、異常発生箇所数が少なく、土被り別の分析を行うには標本数がすくないと考える。

したがって、土被り 4m以上は統合し集計を行い、土被りが不明なデータについては集計には含めずに土被り別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

土被り別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- 破損は、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、土被りが活荷重による繰り返し荷重による振動により破壊が生じた可能性、あるいは近接する水道管やガス管等の工事による影響の可能性が考えられる。
- 継手ズレは、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、土被りが活荷重による繰り返し荷重による振動により継手ズレが生じた可能性がある。
- 浸入水は、土被り 4m以上の場合の 1km あたりの異常発生箇所数が顕著に多い。これは、土被り大きいほど地下水位との水頭差が大きくなり、浸入水が生じやすくなったと考える。
- 木根侵入は、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、街路樹の木根は、土被り 1m未満において最も成長している可能性によるものと考えられる。
- 偏平は、土被りが大きいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、

土被りが大きいほど土圧が大きくなるためだと考える。

・クラック、変形に関しては、異常発生箇所数が小さいため、土被りの異常発生箇所数への影響を把握することは難しいと考える。

表 3-57　土被り区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

土被り区分（m以上-m未満）	スパン総延長(m)	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
1m未満	5,814	20	0	45	27	25	3	8	128	7.4
1-2m	64,541	67	10	97	378	20	23	139	734	42.2
2-3m	18,612	12	6	13	107	2	8	60	208	12.0
3-4m	5,018	4	0	2	30	0	0	26	62	3.6
4-5m	1,636	3	1	0	59	0	1	18	82	4.7
5-6m	588	1	0	1	35	0	0	1	38	2.2
6-7m	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7-8m	113	0	0	0	2	0	0	0	2	0.0
不明	18,232	11	9	16	175	7	19	247	484	27.8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合（%）	－	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	－

表 3-58　土被り区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

土被り区分（m以上-m未満）	スパン総延長(m)	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
1m未満	5,814	3.44	0.00	7.74	4.64	4.30	0.52	1.38	22.02
1-2m	64,541	1.04	0.15	1.50	5.86	0.31	0.36	2.15	11.37
2-3m	18,612	0.64	0.32	0.70	5.75	0.11	0.43	3.22	11.18
3-4m	5,018	0.80	0.00	0.40	5.98	0.00	0.00	5.18	12.36
4m以上	2,363	1.69	0.42	0.42	40.62	0.00	0.42	8.04	51.62
平均	－	1.52	0.18	2.15	12.57	0.94	0.35	3.99	21.71
総計	88,966	7.61	0.90	10.76	62.85	4.72	1.73	19.97	108.54

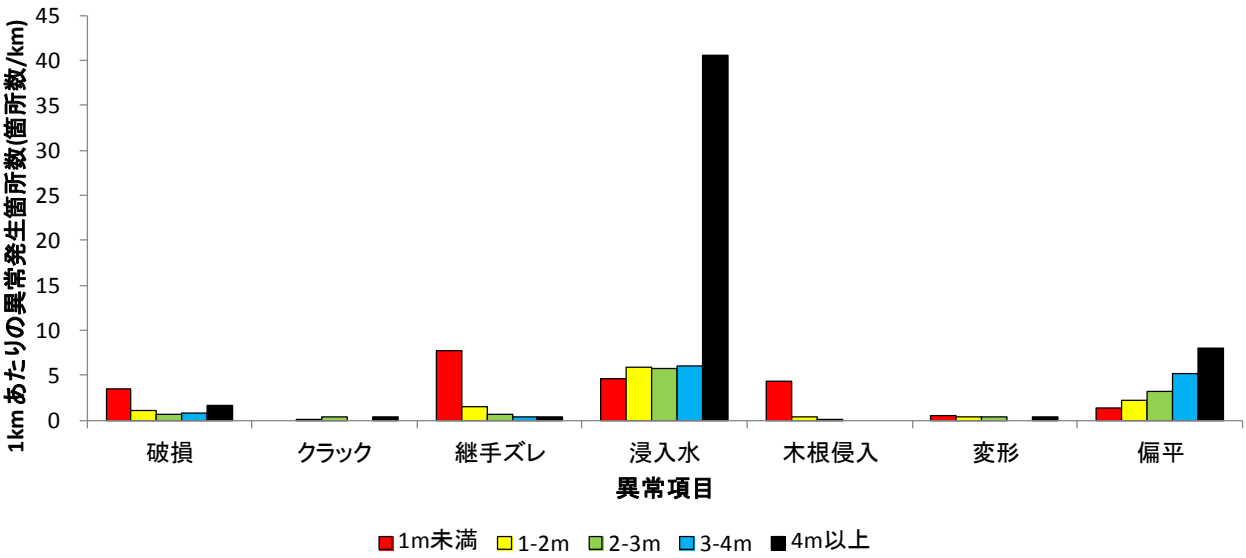


図 3-90　土被り区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(6) 道路区分別異常発生箇所数の整理

道路区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

道路区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-59 に示し、また、異常発生箇所数を各道路区分のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-60 と図 3-91 に示す。

なお、道路区分が私道のスパン総延長は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

市町村道の各異常項目の 1km あたりの異常発生箇所数は、0.04（クラック）～0.65（浸入水）であり、1km あたりの異常発生箇所数が少ないものは、25km あたりに 1 箇所程度しか発生しない。つまり、都道府県道と国道はそれぞれ約 5km、2km 程度しかデータがないため、適切に道路区分別の 1km あたりの異常発生箇所数の傾向を把握することは難しいと考える。

表 3-59　道路区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

道路区分	スパン総延長（m）	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
市町村道	96,851	101	22	160	634	34	48	398	1397	80.4
都道府県道	4,871	1	0	8	59	0	1	10	79	4.5
国道	1,892	0	2	2	11	0	1	1	17	1.0
私道	339	9	0	2	6	18	2	3	40	2.3
不明	10,625	7	2	2	103	2	2	87	205	11.8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合（%）	－	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	－

表 3-60　道路区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

道路区分	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
市町村道	96,851	0.10	0.02	0.17	0.65	0.04	0.05	0.41	1.44
都道府県道	4,871	0.02	0.00	0.16	1.21	0.00	0.02	0.21	1.62
国道	1,892	0.00	0.11	0.11	0.58	0.00	0.05	0.05	0.90
平均	－	0.04	0.04	0.15	0.82	0.01	0.04	0.22	1.32

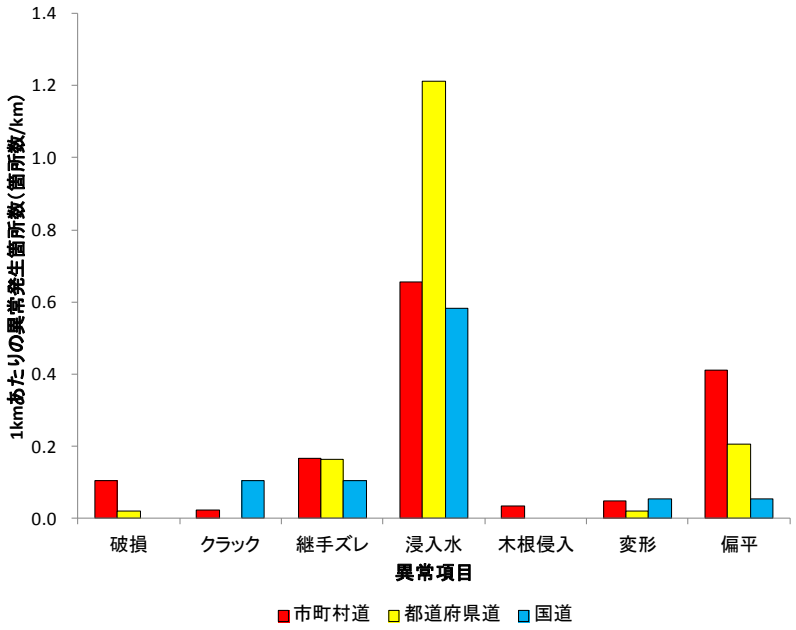


図 3-91　道路区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(7) 歩車道区分別異常発生箇所数の整理

歩車道区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

歩車道区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-61 に示し、また、異常発生箇所数を各歩車道区分のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-62 と図 3-92 に示す。

なお、歩車道区分が市有地のスパン総延長は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

歩車道区分別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

・木根侵入は歩道の方が 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、歩道には街路樹があり、街路樹に近接して埋設されていることが原因と考える。

表 3-61　歩車道区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

歩車道区分	スパン総延長（m）	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
車道	72,897	67	14	131	532	21	28	309	1102	63.4
歩道	7,708	13	1	13	24	16	11	31	109	6.3
市有地	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
不明	33,925	38	11	30	257	17	15	159	527	30.3
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合（%）	－	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	－

表 3-62　歩車道区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

歩車道区分	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
車道	72,897	0.92	0.19	1.80	7.30	0.29	0.38	4.24	15.12
歩道	7,708	1.69	0.13	1.69	3.11	2.08	1.43	4.02	14.14
平均	－	1.30	0.16	1.74	5.21	1.18	0.91	4.13	14.63

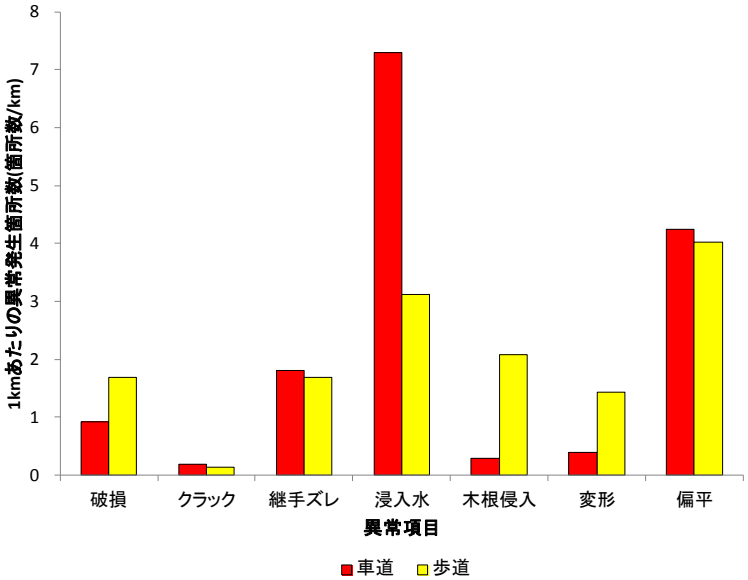


図 3-92　歩車道区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(8) 施工方法別異常発生箇所数の整理

施工方法別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

施工方法別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-63 に示し、また、異常発生箇所数を各施工方法のスパン総延長で除して、1km 当たりの異常発生箇所数としての集計を表 3-64 と図 3-93 に示す。

なお、施工方法が不明な場合は、土被りが 3m以下のものを開削工法と想定し、3m以上のものを推進工法と想定して集計を行った。施工方法が不明かつ土被りが不明だった 476 箇所の異常項目については、集計から除外した。

施工法区分別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

・浸入水、偏平は推進工法の方が 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、推進工法は概ね土被りが 4m以上の場合に適用されるため、土被り別の異常発生箇所数と同じ傾向が見られる。

表 3-63　施工方法別異常項目ごとの異常発生箇所数

施工方法	スパン総延長（m）	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
開削(開削想定含む)	91,325	102	16	156	526	50	35	210	1095	63.0
推進(推進想定含む)	5,191	5	1	2	115	0	1	43	167	9.6
不明	18,063	11	9	16	172	4	18	246	476	27.4
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合（%）	－	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	－

表 3-64　施工方法別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

施工方法	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
開削(開削想定含む)	91,325	1.12	0.18	1.71	5.76	0.55	0.38	2.30	11.99
推進(推進想定含む)	5,191	0.96	0.19	0.39	22.15	0.00	0.19	8.28	32.17
平均	－	1.04	0.18	1.05	13.96	0.27	0.29	5.29	22.08

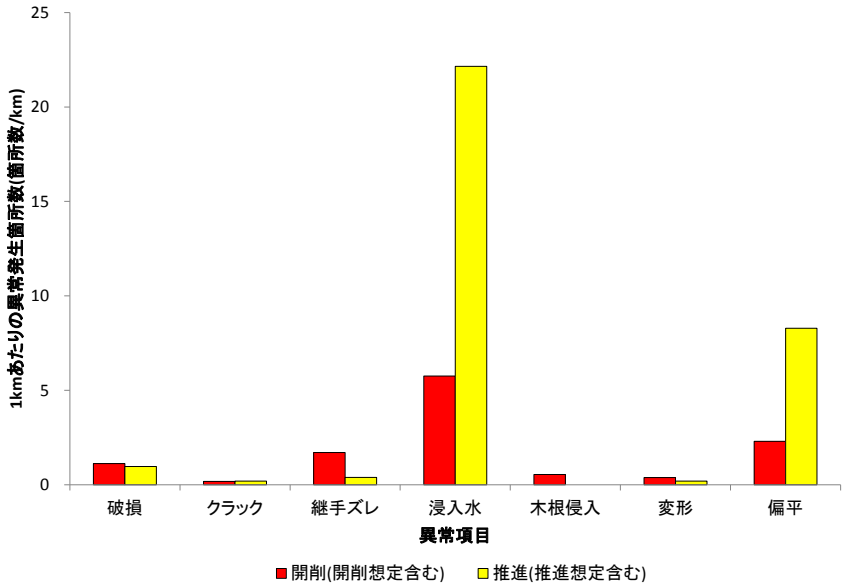


図 3-93　施工方法別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

(9) 排除区分別異常発生箇所数の整理

排除区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

排除区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-65 に示す。また、異常発生箇所数を各排除区分のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-66 と図 3-94 に示す。

なお、排除区分が分流雨水である異常発生箇所数は他と比較しスパン総延長が少ないため集計から除外した。また、排除区分が不明な異常箇所数は集計から除外した。

排水区分別異常発生箇所数の整理より、破損、継手ズレ、木根侵入は、合流の方が 1km あたりの異常発生箇所数は大きい。一方で、偏平、変形は排水区別の異常発生箇所数に顕著な差は見られない。これは、硬質塩化ビニル管が使用され始めてからは、合流、分流汚水の整備率の割合が同程度であるため、排除区分別による異常発生傾向は見られないと考える。

表 3-65　排除区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

排除区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
合流	4,474	21	3	38	31	21	2	24	140	8.1
分流汚水	83,763	97	21	136	768	32	50	470	1574	90.6
分流雨水	352	0	2	0	10	0	0	2	14	0.8
不明	17,298	0	0	0	4	1	2	3	10	0.6
総計	105,886	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合(%)	－	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	－

表 3-66　排除区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

排除区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
合流	4,474	4.69	0.67	8.49	6.93	4.69	0.45	5.36	31.29
分流汚水	83,763	1.16	0.25	1.62	9.17	0.38	0.60	5.61	18.79
平均	－	2.93	0.46	5.06	8.05	2.54	0.52	5.49	25.04

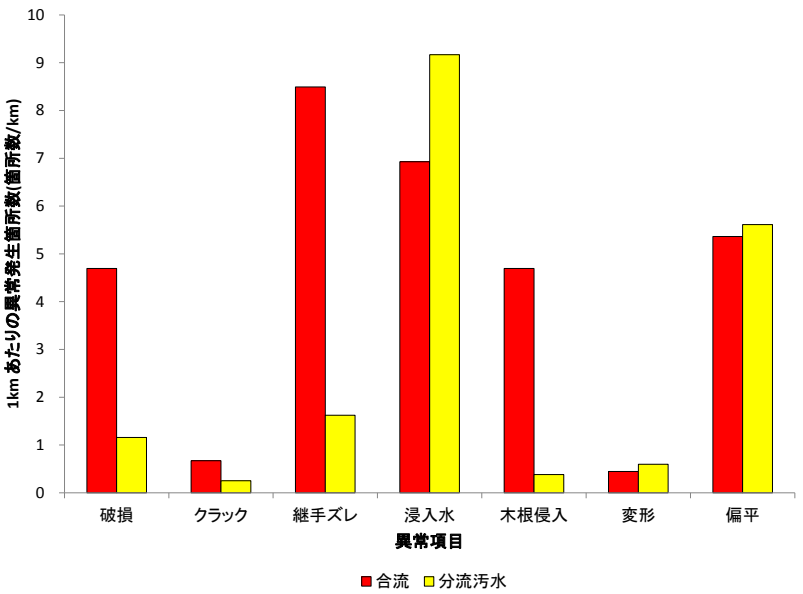


図 3-94　異常項目別排除区分ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(10) 経過年区分別異常発生箇所数の整理

経過年数区分別異常項目ごとに異常発生箇所数および割合を集計した。

経過年数区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-67 に示す。また、異常発生箇所数を各経過年数区分のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-68 と図 3-95 に示す。

なお、管渠を調査後に布設替えしたスパンと経過年数区分が不明なスパンは集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン延長が他と比較し小さいため、1km あたりの異常発生箇所数の集計から除外した。

経過年区別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- 破損、クラック、継手ズレ、木根侵入、偏平は、経過年数 30-40 年の区分で 1km あたりの異常発生箇所数は他の経過年数区分より 2 倍以上である。破損・クラック・継手ズレ・偏平に関しては、活荷重による繰り返し荷重により経年的に疲労が溜まり異常が発生した可能性が考えられる。また、木根侵入は街路樹の経年的な成長が関わっていると考える。
- 浸入水は経過年数によらず、異常発生箇所数がその他の異常よりも大きい。これは、経年的な疲労等ではなく、地下水位と土被りなどの埋設条件との関係が強いと考えられる。
- 変形は、経過年数との間に明確な関係性は見られない。変形は、異常発生箇所数もその他の異常と比較し少ないため、初期の施工不良により偶発的に生じたものが TV カメラ調査時に発見された可能性が考えられる。

表 3-67　経過年数区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

経過年数区分（年以上-年未満）	スパン総延長（m）	異常項目							総計	割合（%）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
10年未満	44,846	47	11	51	296	0	19	121	545	31.4
10-20年	24,628	24	5	34	155	3	4	62	287	16.5
20-30年	25,436	7	1	6	223	8	11	139	395	22.7
30-40年	14,031	38	7	80	118	39	7	174	463	26.6
40-50年	483	2	0	2	3	0	0	0	7	0.4
50-60年	444	0	0	0	0	1	1	1	3	0.2
60年以上	42	0	0	0	1	0	0	0	1	0.1
調査後布設替	159	0	0	1	3	0	0	1	5	0.3
不明	4,510	0	2	0	14	3	12	1	32	1.8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合(%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-68　経過年数区分別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

経過年数区分（年以上-年未満）	スパン総延長（m）	異常項目							総計（箇所数/km）
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
10年未満	44,846	1.05	0.25	1.14	6.60	0.00	0.42	2.70	12.15
10-20年	24,628	0.97	0.20	1.38	6.29	0.12	0.16	2.52	11.65
20-30年	25,436	0.28	0.04	0.24	8.77	0.31	0.43	5.46	15.53
30-40年	14,031	2.71	0.50	5.70	8.41	2.78	0.50	12.40	33.00
平均	-	1.25	0.25	2.11	7.52	0.80	0.38	5.77	18.08

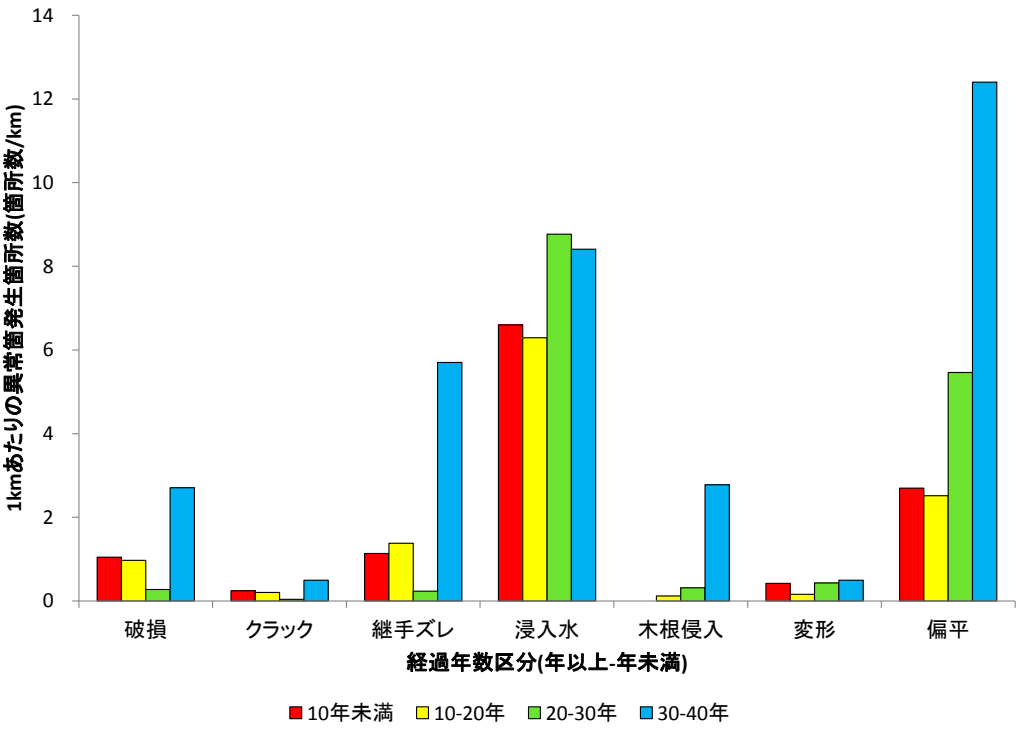


図 3-95　経過年数区分別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

3.5. まとめ

1) 塩化ビニル管の視覚判定基準の提案

・塩化ビニル管の視覚判定基準（案）は、従来基準である「下水道維持管理指針　前編－2003 年版－」に対して、破損（軸方向クラック）および継手ズレの基準を変更、並びに可とう性管特有の偏平および変形の基準を追加した基準とする。

2) 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に基づく TV カメラ調査データの再判定結果

・偏平は全スパンのうち 5.6%で発生している。

・偏平は、従来基準に追加された項目であり、また浸入水に次いで発生箇所数が多い（図 3-54）。つまり、新基準に基づく緊急度診断に影響を与える異常である可能性が示唆される。

3) 塩化ビニル管の異常発生傾向の分析

・異常発生部位、相対的異常発生距離および異常発生位置により、異常項目ごとの発生しやすさは異なる。

・異常項目ごとの異常発生箇所数/km は、管種属性によって異なる。管径、スパン長、取付管本数、土被り、歩車道区分、施工方法、排除区分、ならびに経過年数が異常項目の発生傾向に影響を与えている可能性があることを確認した。

これより、4 章で検討する緊急度を決める要因となる異常と各管属性との関連性を適切に把握する必要性があると考える。

【参考文献】

1) 藤生和也ほか、「下水道管渠の適正な管理手法に関する研究」『国総研資料』第 438 号、2007、国土交通省国土技術政策総合研究所