

4. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の検討

4.1. 検討背景

下水道管渠の維持管理を実施するにあたり、「下水道維持管理指針 前編－2003 年度版－」においては、スパン全体の緊急度判定を行うに当たり、管 1 本ごとの異常項目による評価を基にしてスパン全体に対する評価項目として使用している。スパン全体の評価は管 1 本ごとの評価ランクごとから算出する不良発生率を基にスパン全体の評価ランクを判定している。なお、特定の劣化（破損 a、継手ズレ a）に対しては、道路陥没等の社会的影響が想定されることから、不良発生率に関係することなくスパン全体の評価ランクを A としている。

3 章で提案された塩化ビニル管特有の異常項目ごとの視覚判定基準として、偏平と変形が加えられ、破損（軸方向クラック）の判定基準が変更となった。

したがって、新たに加えられた上記の判定項目が他の以上項目と同時に複合的に発生した場合に管体に対する影響を明確にする必要がある。そこで、複数の構造的異常が管体に発生し、管体材料が降伏歪みに達している場合は、緊急度が高いと考え、塩化ビニル管を対象とした新たに視覚判定基準に追加する「偏平」と「変形」を考慮し、構造的異常と発生する歪みの関係を偏平試験により明らかにした。

さらに、統計解析手法を用いて、歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することにより、降伏歪みに達する構造的異常の組み合わせを検討した。

4.2. 偏平試験による歪みと構造的異常の関係把握

4.2.1. 検討方法

(1) 試験概要

管体に発生している構造的異常とたわみ率と歪みおよび応力の関係を把握するため、「JIS K 6741 硬質ポリ塩化ビニル管」の偏平試験に準拠し、VUφ200 の管長 400 mm に幅 1mm のクラックおよび変形形状を管体中央部に所定の条件に基づき加工した供試体を用い試験を実施した。

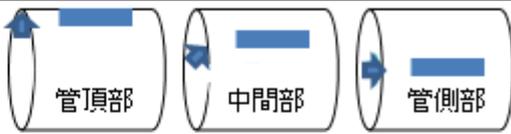
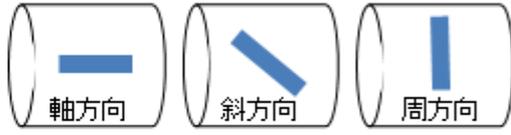
供試体条件を定める上で、複合的に発生する構造的異常が与える影響を考慮し以下の項目について条件を設定し、3次元非線形静的解析により予備解析を実施した。

- ・クラック長さの管長に対する比率
- ・クラック先端の形状
- ・クラックの円周方向位置
- ・クラックの方向
- ・変形形状

クラックおよび変形条件の概要を、表 4-1 に示す。

これらの条件の組み合わせにより、25 ケース（ブランク含む）を設定し、各ケースとも N=3 の供試体について試験を実施し、線荷重（管の単位長さあたりの偏平荷重）、歪みゲージによる管体に発生する歪み、偏平量を測定した。

表 4-1 クラック・変形条件の概要

項目	条件	概要図
クラック 周方向位置	管頂部、中間部、管側部	
クラック方向	軸方向、斜方向、周方向	
クラック長さ	管長の1/5、7/20、1/2	
変形形状	内径の1/10以上の凸形状 内径の1/10未満の凸形状	

(2) 予備解析

クラック長さの管長に対する比率、クラック先端の形状の条件が歪みへ与える影響を把握するため、塩ビ管に初期クラックが存在した場合に扁平（たわみ）によって発生する歪みを算出した。また、歪みが周方向に発生するか、軸方向に発生するかを確認した。解析方法は、3次元非線形静解析（CAE 解析）であり、解析ソフトは Abaqus/Standard6.12 である。

1) モデルの形状

- ・管長は 200mm、400mm、600mm、1000mm の 4 ケース
- ・クラック位置は、管頂の中央に管軸方向
- ・クラック長さは、100mm
- ・クラック形状は、四角、鋭角、幅 0 の 3 ケース
- ・塩ビ管 φ200mm（外径 216mm、標準管厚 7mm）
- ・CAE モデルとしては対称性から 1/4 モデル

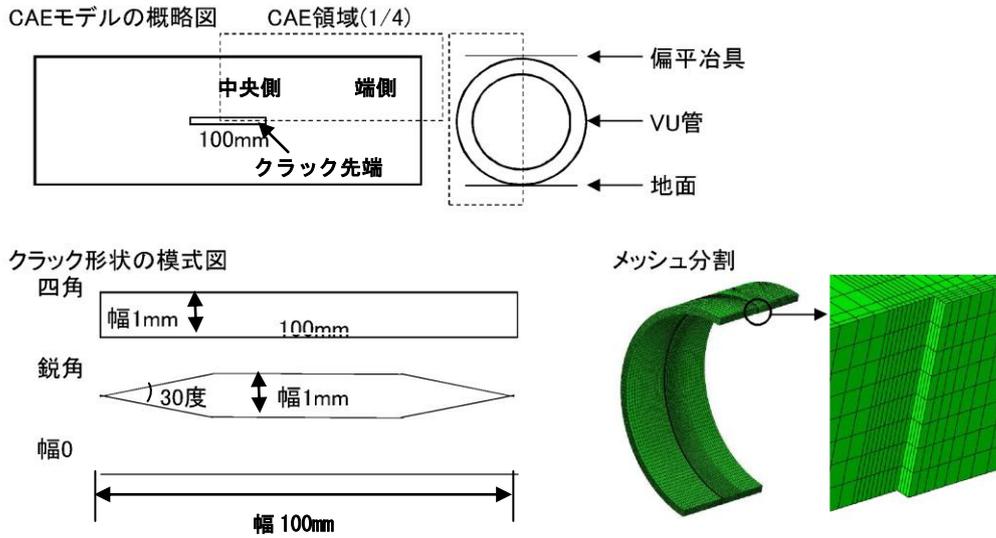


図 4-1 予備解析で用いたCAEモデルの概略図とクラック形状の模式図

2) 境界条件

3次元非線形静的解析の境界条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 境界条件

条件	内容
固定条件	地面 : 完全固定(全方向固定) 偏平治具 : 鉛直方向以外を固定 管の対称面 : 法線方向を固定(対称境界のルール)
負荷条件	偏平治具 : 鉛直真下方向に強制変位(偏平5%、10%、15%)
接触条件	管と地面(摩擦係数0.1) 管と偏平治具(摩擦係数0.1)

3) 材料物性値

材料物性値は、前章表 3-5 で示した新管データを用いる (表 4-3)。

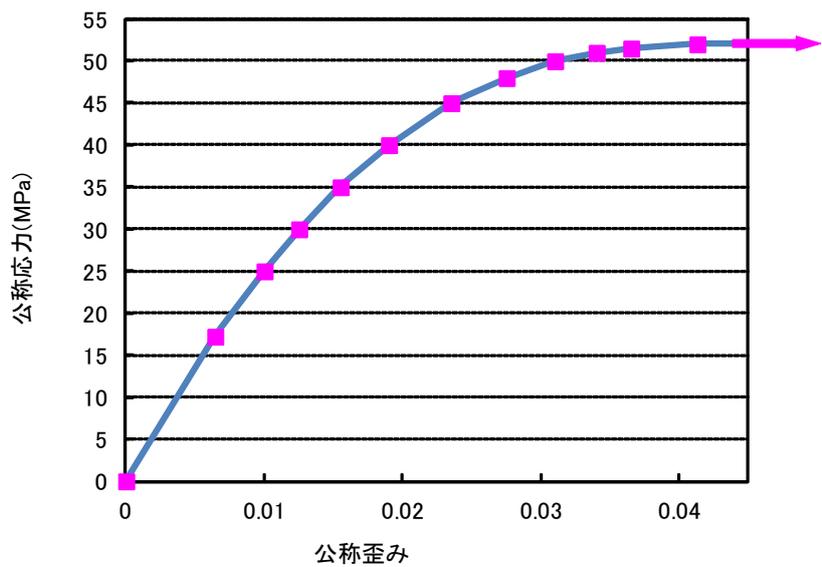
図 4-2 の応力-歪み曲線より、歪みが 4.0%を超えるとこれ以上の応力の上昇は見られない状態となっていることから、ピーク歪みを 4.0%と設定する。

表 4-3 材料物性値

材料	弾性率 ^{※1} (MPa)	ポアソン比 ^{※2}	ピーク歪み ^{※1}	破断歪み ^{※1}
			真歪み(%)	
PVC(新管)	2,674.3	0.38	4.0	23.5

※1: 新管の提供データより計算。

※2: 水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料<規格・設計偏>塩化ビニル管・継手協会p50



※新管の公称応力-公称歪みを、以下の式により真応力-真歪みに換算

$$\begin{aligned} \text{真応力} &= \text{公称応力} \times (1 + \text{公称歪み}) \\ \text{真歪み} &= \text{Ln}(1 + \text{公称歪み}) \end{aligned}$$

図 4-2 新管の応力-歪み曲線

4) 解析結果・考察

①最大主歪みの解析結果

最大主歪みの解析結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 最大主歪みの解析結果

予備解析ケース		クラック 深さ	クラック 形状	管長 (mm)	たわみ率(%)		
					5%	10%	15%
3次元	1	貫通	線(幅0)	200	14.52	38.26	62.13
	2		鋭角		12.19	35.41	62.09
	3		四角 (幅1mm)	1000	6.74	18.79	34.95
	4			600	6.86	19.19	35.77
	5			400	7.06	19.81	37.06
	6			200	8.37	24.48	44.67

破断歪み以上(23.5%以上)

破断歪み~ピーク歪み(4.0%以上23.5%未満)

ピーク歪み以下(4.0%未満)

②歪み発生方向の解析結果

ケース1のたわみ率5%時の最大主歪み分布図を以下に示す(数値は%換算していない値($\mu(\varepsilon)$))。

歪みは、管内側のクラック端に局所集中しており、クラック先端近傍の内面に発生している歪みは、周方向が支配的であることが分かる。図 4-3 は、図 4-1 の CAE モデルの概略図の CAE 領域 1/4 をさらに管頂から 1/5 程度切り出した箇所の歪み分布を示している。

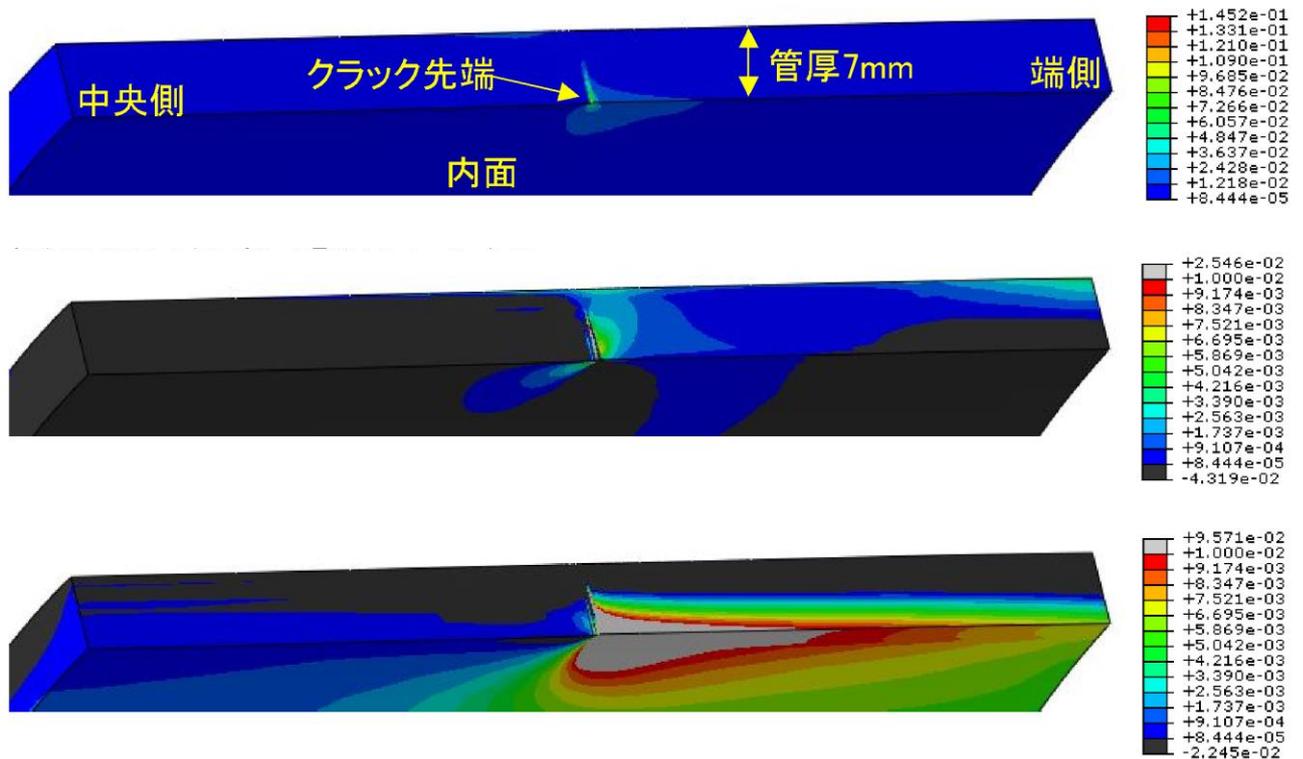


図 4-3 歪み分布の概略図（上図）、軸方向歪み分布（中図）、周方向歪み分布（下図）

①クラックの形状に関する試験条件および歪み計測位置に関する考察

- ・クラック長さの管長に対する比率

クラック長さ 100mm に対して、管長が 200mm のモデルが他と比較し歪みが大きく発生しており、管長 400mm、600mm、1000mm はほぼ同等であった。クラック長さに対して、4 倍以上の管長があれば、管長の影響は小さいと考えられる。そこで、試験条件は管長の影響を受ける場合と受けない場合の条件を含める必要があると考えられる。

- ・クラック先端の形状

四角と比較し幅 0、鋭角は歪みが発生しやすい。実際に管体に発生するクラック先端の形状は幅が限りなく 0 に近いと考えられる。しかし、供試体にクラックを人工的に一定の加工をするには、クラック先端を四角にする必要がある。そのため、供試体のクラックに発生する歪みの計測値と実際のクラックに発生する歪みとの差異が生じると考えられる。そこで、本項「4.1 検討背景」では供試体作成の都合上、クラック先端の形状「四角」を選択するが、実現象に合わせるため 4.4 では、CAE 解析により試験により計測したクラック先端に発生する歪みを補正することにより、試験と実現象の差異を補間することとする。

- ・歪みの計測位置

周方向歪みが支配的であるため、周方向歪みを計測可能な位置に歪みゲージを貼付ける必要がある。

(3) 供試体概要

1) 管の仕様

- ・ 硬質塩化ビニル管：VU200
- ・ 管長：400mm

2) 供試体作成方法

①クラックのケース

以下のクラックの条件を基にして、供試体を作成する。

・クラック形状

クラックの形状は幅 1mm の貫通クラックとする。クラック幅を一定とするため、切削刃を統一し、切削幅を均一にする。クラック先端は「四角」(図 4-1) とする

・クラック長さ

予備解析結果より、クラック長さに対して 4 倍以上の管長があれば管長の影響は小さいと想定されることから、管長の影響を受ける条件と受けない条件の供試体を作成する。クラック長さは、管長の 1/5 となるクラック長さ 80mm を最小とし、管長の 1/2 となるクラック長さ 200mm を最大とし、さらに、80mm と 200mm の中間を取って 140mm の 3 ケースを作成する。

・クラック位置

クラックの軸方向位置は、全ての供試体においてクラック長さの中心を管長に対して中央とする。また、クラックの周方向位置は、表 4-1 に示す通り、0 度 (管頂部)、45 度 (中間部)、90 度 (管側部) とする。

・クラック方向

クラック方向は、表 4-1 に示すとおり、0 度 (軸方向)、45 度 (斜方向)、90 度 (周方向) とする。

②変形のケース

以下の変形の条件を基にして、供試体を作成する。

・変形形状

凸部の作成については、ヒートガン等で局所的に加熱し、直径 20mm (管径 1/10)、および直径 40mm (管径 1/5) の金属球体を押し付けることで形成するものとし、内面凸部の曲率は、図 4-4 に示すように、球体の曲率にそった形状にする。

・変形位置

管内方向への凸変形の中心をクラック同様に管長に対して中央とする。

熱加工での変形は、塩化ビニル管のような熱可塑性の樹脂管においては応力緩和がおこり、変形させてもその部分にほとんど応力を持たない状態となる。これは、実現象における常温での変形により管体に残存する応力と差異はあるが、本試験の目的は、変形形状がたわみ率の変化による歪みの発生に与える影響を把握することであるため、残存応力の影響は小さいと判断し、熱加工で均一に変形形状を形成するものとした。

内面凸部の曲率は実際現象と差異はあるが、本試験においては、内面凸部の形状の大小の違いによる、歪みの発生の差異を把握することを目的とするため、曲率が異なる球体を用いることで形状の差異を考慮し検討した。

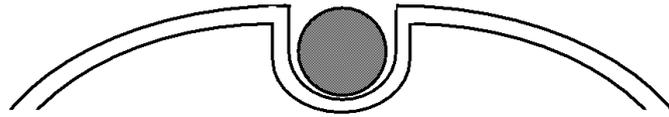


図 4-4 変形形状の概略図（断面）

(4) 供試体数量

本試験に供する供試体数量を表 4-5 に示す。

表 4-5 供試体一覧

ケース	クラック 周方向位置	クラック方向	異常模式図	クラック 幅・形状	クラック長さ	変形形状 方向	備考	試験数量
1			なし				ブランク	3
2	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
3		斜方向 (45°)					3	
4		周方向 (90°)					3	
5	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
6		斜方向 (45°)					3	
7		周方向 (90°)					3	
8	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
9		斜方向 (45°)					3	
10		周方向 (90°)					3	
11	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
12		斜方向 (45°)					3	
13		軸方向(0°)	変形			管径1/10以上の 凸形状 (φ 30mm凹み)		3
14		斜方向 (45°)				管径1/10未満 の凸形状 (φ 20mm凹み)		3
15						管径1/10以上の 凸形状 (φ 30mm凹み)		3
16	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
17		斜方向 (45°)					2	
18	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
19		斜方向 (45°)					3	
20	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
21		斜方向 (45°)					2	
22	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
23		斜方向 (45°)					3	
24	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
25		斜方向 (45°)					2	

(5) 試験方法

試験前に、供試体長さ (L)、管外径 (D1)、管肉厚 (T1~T8)、管内径 (D2) を図 4-5 に従い測定した。

偏平試験は、図 4-6 に示す様に、平らな台上に置き、管頂部および管底部に厚さ約 10mm のゴム板を当て、荷重を供試体の長さ方向にほぼ均等になるように徐々に加えて、供試体が破壊するまで試験を行い、2.0sec 間隔で変位量、載荷重 (N) および最大歪みを計測した。なお載荷重速度は、「JIS K 6741 (硬質ポリ塩化ビニル管)」の管偏平試験に準拠し、10mm/min±2mm/min とした。

計測は、試験ケース毎に全 3 回ないし 2 回ずつ実施した。

歪みを計測するための歪みゲージ貼付け位置については後述する。

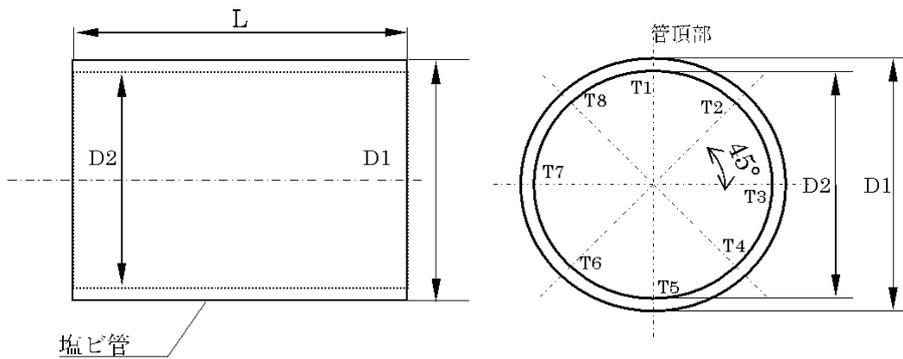


図 4-5 供試体寸法測定位置

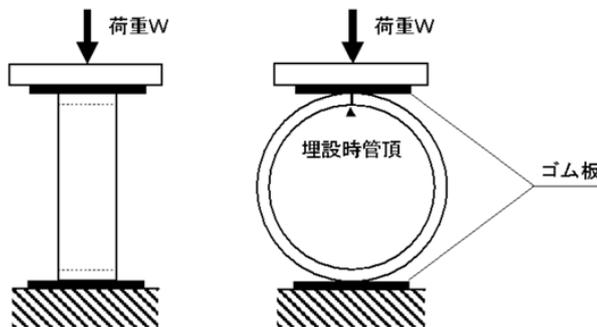


図 4-6 偏平試験概略図



図 4-7 偏平試験状況

1) クラックのケースにおける歪みゲージ貼付け位置および歪みゲージ番号

クラック先端に発生する歪みを計測するため、クラック先端付近に歪みゲージを貼付け、また、管体全体に発生する歪みを計測するため、管体断面の周方向に歪みゲージを貼付けた。

歪みゲージの貼付け位置および各歪みゲージ番号を、図 4-9～図 4-11 に示す。

クラック先端付近の歪みゲージの貼付け位置は、クラック先端およびクラック延長線上 25mm の内外面とする（図 4-8）。

貼付け箇所数は、载荷する管体断面に対して非対称なクラック（ケース 6、7、21、23）においてはクラック両端部の内外面の計 8 箇所（表 4-5）、それ以外の対称なクラックにおいてはクラック片端部の内外面の計 4 箇所とする。なお、歪みゲージは、クラックに対して軸方向かつ周方向の 2 軸において歪みを計測可能である（図 4-9～図 4-11）。

管体断面の周方向の歪みゲージの貼付け位置は、クラック中心から周方向に管断面を 8 等分した箇所とした。8 等分した箇所のうち、クラックが加工された箇所を除く計 7 箇所（ブランク管は計 8 箇所）において歪みゲージを貼付けた（図 4-12）。

周方向の歪みゲージは、各ケースの最初の試験（n=1）のみにおいて貼付け、クラック先端付近の歪みゲージは全ケースにおいて貼付けることとする。



図 4-8 クラック先端付近の歪みゲージ貼付け位置(左図：軸方向、中央：斜方向、右図：軸方向)

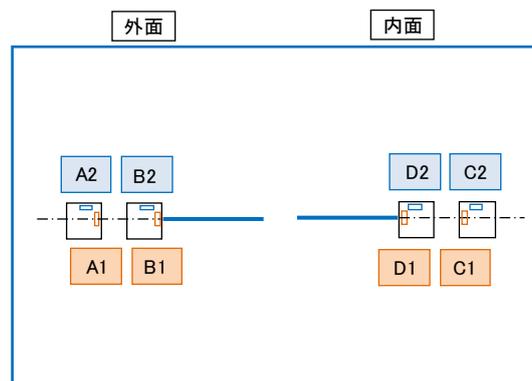


図 4-9 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：軸方向）

<ケース 2、5、8、11、16、18、20、22、24>

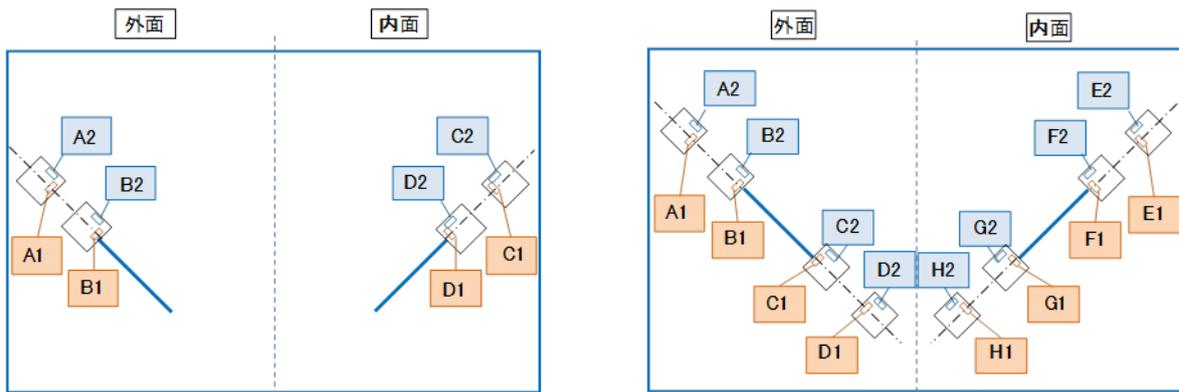


図 4-10 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：斜方向）

左図<ケース 3、9、12、17、19、25>、右図<ケース 6、21、23>

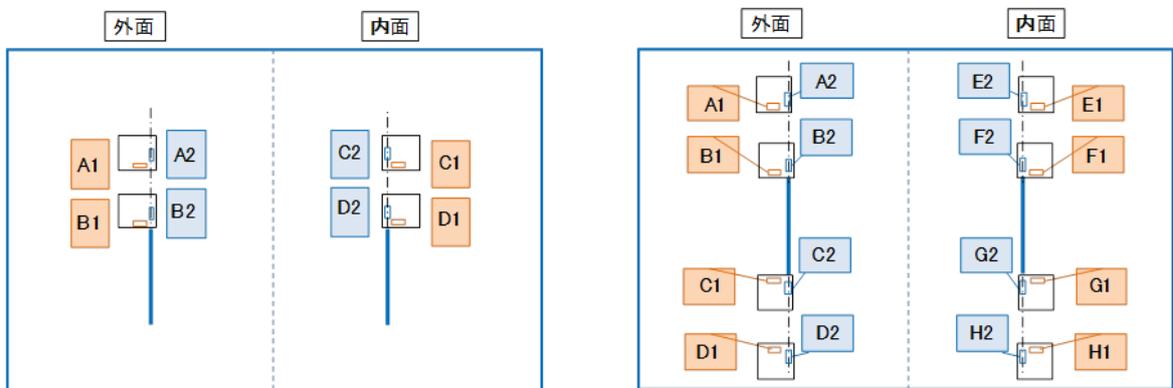


図 4-11 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：周方向）

左図<ケース 4、10>、右図<ケース 7>

周方向の歪みゲージの貼付け位置

- ・管内面
- ・クラックが加工された箇所を除く計7箇所（ブランク管は計8箇所）
- ・各ケースの最初の試験（n=1）のみ周方向の歪みゲージを設置

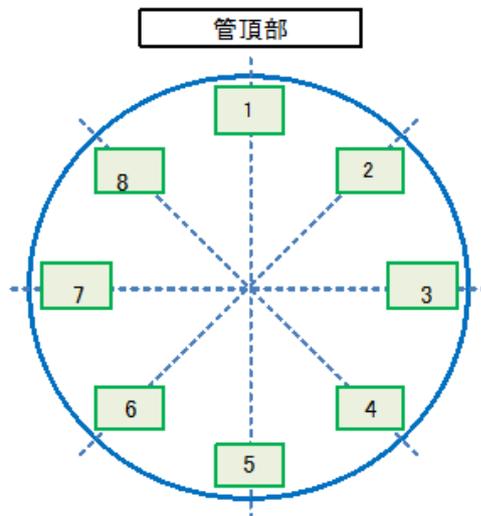


図 4-12 周方向の歪みゲージ貼付け位置と歪みゲージ番号<全ケース>

2) 変形のケースにおける歪みゲージ貼付け位置および歪みゲージ番号

クラックのケースと同様に、変形付近に発生する歪みと管体全体に発生する歪みを計測するために管体断面の周方向に歪みゲージを貼付けた。

各歪みゲージの貼付け位置および各歪みゲージ番号を図 4-14～図 4-15 に示す。

変形付近の歪みゲージの貼付け位置は、変形が管径の 1/10 の場合は変形の中心から軸方向に 40mm と周方向に 40mm 離れた位置、また、変形が管径の 1/5 の場合は変形の中心から軸方向に 50mm と周方向に 40mm 離れた位置とした (図 4-13)。貼付け箇所数は、管の内外面に片面各 2 箇所計 4 箇所に貼付けた (図 4-14)。

管体断面の周方向の歪みゲージの貼付け位置は、変形中心から周方向に管断面を 8 等分した箇所とする。8 等分した箇所のうち、変形が加工された箇所を除く計 7 箇所 (ブランク管は全 8 箇所) において歪みゲージを貼付けることとする (図 4-15)。

周方向の歪みゲージは、各ケースの最初の試験 (n=1) のみにおいて貼付け、変形付近の歪みゲージは全ケースにおいて貼付けた。



図 4-13 変形付近の歪みゲージ貼付け位置

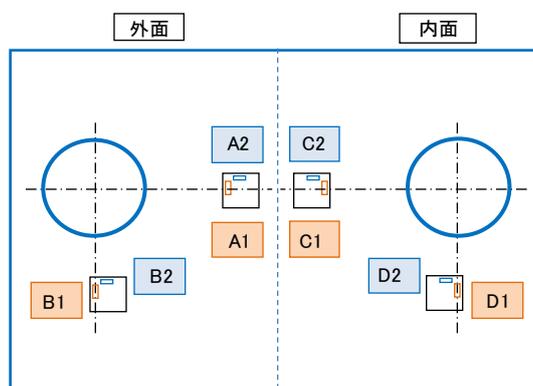


図 4-14 変形付近の歪みゲージ番号

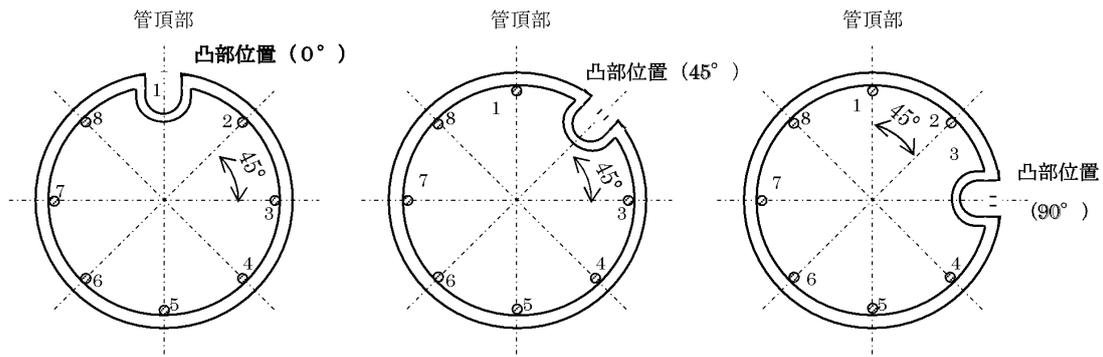


図 4-15 周方向の歪みゲージ貼付け位置と歪みゲージ番号

4.2.2. 検討結果と考察

たわみ率 5%毎の歪み並びに偏平試験 ($n=1\sim n=3$) 別測定結果を (表 4-6) に示す。なお、一部の試験において歪みの計測許容を超えた場合などの歪みゲージの剥がれ等による未計測が生じた。そのため、平均値を用いず、たわみ率 5%の時点で最も大きな歪みを記録した試験 ($n=1\sim n=3$) のクラック先端付近および変形付近の歪みゲージ、並びに周方向の歪みゲージにより計測された最大歪みを用いて、考察を行った。また、周方向の歪みゲージによる計測は、最初の試験 ($n=1$) のみで実施 (ただし、ブランク (ケース 1) を除く) しており、測定結果をそのまま用いた。

なお、偏平試験の最大歪みの計測結果は、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラック先端から数 mm 離れた位置に発生する歪みの計測結果である。クラック先端に発生している実際の最大歪み (以下、「真の最大歪み」) についての検討は、4.4 で行うこととする。

表 4-6 偏平試験結果

ケース	クラック 周方向位置	クラック方向	クラック幅 形状	クラック長さ	たわみ率	載荷重 (N)	最大歪み(%) (μ / 10 ⁶)×100 クラック先端付近・変形付近			最大歪み クラック発生部位・変形付近 歪みゲージ番号			最大歪み(%) (μ / 10 ⁶)×100 周方向			最大歪み 周方向 歪みゲージ番号									
							n=1	n=2	n=3	n=1	n=2	n=3	n=1	n=2	n=3	n=1	n=2	n=3							
							0%	5%	10%	15%	20%	50%	0%	5%	10%	15%	20%	50%	0%	5%	10%	15%	20%	50%	
1	-	-	-	-	-	-	0%	5	3	4	-	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	5	5	2				
							5%	2.97	1.63	1.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	0.48	0.58	1	5	5
							10%	3.14	3.51	3.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.33	1.09	1.23	5	5	5
							15%	4.86	4.85	4.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.10	1.73	1.93	5	5	5
							20%	5.65	5.98	5.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.12	2.41	2.12	5	5	5
							50%	10.635	10.720	10.618	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.12	4.48	2.12	5	5	5
2	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	3	1	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-	-			
							5%	1.693	1.572	1.603	1.14	0.98	0.95	D1	D1	D1	0.49	-	-	5	-	-			
							10%	3.295	3.248	3.211	1.12	2.32	2.85	C1	D1	D1	1.10	-	-	5	-	-			
							15%	4.505	4.558	4.458	1.32	6.00	5.31	C1	D1	D1	1.72	-	-	5	-	-			
							20%	5.415	5.554	5.388	2.85	10.32	3.02	C1	D1	D1	2.39	-	-	5	-	-			
							50%	10.555	10.846	10.612	7.04	0.94	1.21	C1	B2	B2	4.83	-	-	5	-	-			
3	管頂部 (0°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.874	1.631	1.841	0.49	0.37	0.33	D1	D1	D1	0.51	-	-	5	-	-			
							10%	3.584	3.358	3.528	1.19	0.89	0.72	D1	D1	D1	1.13	-	-	5	-	-			
							15%	4.885	4.726	4.658	2.78	1.89	1.41	D1	D1	D1	2.45	-	-	5	-	-			
							20%	5.415	5.554	5.388	2.85	10.32	3.02	C1	D1	D1	2.39	-	-	5	-	-			
							50%	10.555	10.846	10.612	7.04	0.94	1.21	C1	B2	B2	4.83	-	-	5	-	-			
4	管頂部 (0°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.844	1.778	1.808	0.09	0.11	0.11	D2	D2	D2	0.51	-	-	5	-	-			
							10%	3.535	3.471	3.515	0.18	0.21	0.22	D2	D2	D2	1.13	-	-	5	-	-			
							15%	4.882	4.788	4.845	0.26	0.30	0.32	D2	D2	D2	1.78	-	-	5	-	-			
							20%	5.831	5.773	5.840	0.32	0.37	0.39	D2	D2	D2	2.49	-	-	5	-	-			
							50%	10.990	10.611	10.852	1.43	1.32	1.54	D2	D2	D2	4.21	-	-	5	-	-			
5	中間部 (45°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	2	6	0.00	0.00	0.00	D1	D2	D2	0.00	-	-	3	-				
							5%	1.902	1.772	1.817	0.14	0.14	0.07	B1	B1	D2	0.53	-	-	1	-	-			
							10%	3.590	3.305	3.242	0.30	0.42	0.16	B1	B1	D2	1.15	-	-	1	-	-			
							15%	4.901	4.862	4.553	0.44	0.45	0.25	B1	B1	D2	1.77	-	-	1	-	-			
							20%	5.878	5.878	5.564	0.58	0.59	0.33	B1	B1	D2	2.44	-	-	1	-	-			
							50%	10.598	10.598	9.855	0.58	0.78	0.33	B1	B1	D2	4.14	-	-	1	-	-			
6	中間部 (45°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	4	0	0	0.00	0.00	0.00	H2	H2	H2	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.718	1.674	1.742	0.19	0.22	0.20	H2	B1	B1	0.51	-	-	1	-	-			
							10%	3.424	3.407	3.411	0.39	0.46	0.40	H2	B1	B1	1.10	-	-	1	-	-			
							15%	4.825	4.788	4.745	0.59	0.59	0.72	H2	B1	B1	1.75	-	-	1	-	-			
							20%	5.817	5.785	5.730	0.76	0.96	0.79	H2	B1	B1	2.45	-	-	1	-	-			
							50%	10.834	10.542	10.652	3.15	2.24	2.59	G1	B1	G1	4.50	-	-	1	-	-			
7	中間部 (45°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	1	0	0.00	0.00	0.00	H1	H1	H1	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.646	1.677	1.657	0.31	0.42	0.46	H2	H2	H2	0.36	-	-	5	-	-			
							10%	3.376	3.378	3.395	0.72	0.95	1.02	H2	H2	H2	0.90	-	-	5	-	-			
							15%	4.733	4.676	4.736	1.15	1.44	1.59	H2	H2	H2	1.44	-	-	5	-	-			
							20%	5.790	5.710	5.791	1.59	2.00	2.22	H2	H2	H2	2.02	-	-	5	-	-			
							50%	10.862	10.784	10.521	3.92	4.45	4.61	H2	A2	A2	4.31	-	-	5	-	-			
8	管側部 (90°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	3	1	0.00	0.00	0.00	D2	B1	D2	0.00	-	-	6	-				
							5%	1.655	1.848	1.654	0.48	0.67	0.68	B1	B1	D2	0.48	-	-	5	-	-			
							10%	3.354	3.467	3.253	1.45	1.59	1.74	B1	B1	D2	1.09	-	-	5	-	-			
							15%	4.629	4.715	4.488	2.64	2.65	3.16	B1	B1	D2	1.73	-	-	5	-	-			
							20%	5.808	5.846	5.417	4.14	3.92	3.11	B1	B1	D2	2.44	-	-	5	-	-			
							50%	10.100	10.246	9.422	2.64	7.97	9.87	D2	A1	A1	4.60	-	-	1	-	-			
9	管側部 (90°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	0	4	1	0.00	0.00	0.00	D2	B1	D2	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.838	1.765	1.864	0.17	0.27	0.40	B1	B1	D2	0.52	-	-	1	-	-			
							10%	3.482	3.418	3.450	0.30	0.60	0.63	B1	B1	D2	1.11	-	-	1	-	-			
							15%	4.802	4.716	4.864	1.06	1.00	1.38	B1	B1	D2	1.75	-	-	1	-	-			
							20%	5.789	5.687	5.845	1.49	1.36	1.87	B1	B1	D2	2.41	-	-	1	-	-			
							50%	10.673	10.636	10.842	3.57	3.42	3.99	B1	B1	D2	4.17	-	-	1	-	-			
10	管側部 (90°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	-	-	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	B2	D2	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.858	1.877	1.839	0.09	0.18	0.18	B2	B2	B2	0.55	-	-	1	-	-			
							10%	3.521	3.536	3.537	0.30	0.47	0.38	B2	B2	B2	1.18	-	-	1	-	-			
							15%	4.982	4.927	4.959	0.52	0.66	0.67	B2	B2	B2	1.88	-	-	1	-	-			
							20%	5.842	5.802	5.849	0.71	0.74	0.74	B2	B2	B2	2.61	-	-	1	-	-			
							50%	10.851	10.813	11.053	1.33	1.27	1.22	B2	B2	B2	4.56	-	-	1	-	-			
11	管側部 (90°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)	-	-	0%	2	3	0	0.00	0.00	0.00	D1	B1	D1	0.00	-	-	6	-				
							5%	1.604	1.602	1.620	0.81	1.00	0.89	B1	B1	D1	0.48	-	-	1	-	-			
							10%	3.027	3.030	3.051	2.00	2.42	2.17	B1	B1	D1	1.06	-	-	1	-	-			
							15%	4.132	4.106	4.148	3.40	4.26	3.71	B1	B1	D1	1.69	-	-	1	-	-			
							20%	4.958	4.811	4.981	3.19	3.96	3.68	B1	B1	D1	2.38	-	-	1	-	-			
							50%	8.534	8.445	8.531	9.88	1.66	10.36	A1	D2	A1	4.70	-	-	1	-	-			
12	管側部 (90°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)	-	-	0%	2	3	2	0.00	0.00	0.00	B1	D1	B1	0.00	-	-	6	-				
							5%	1.714	1.780	1.730	0.16	0.23	0.19	B1	B1	D1	0.50	-	-	1	-	-			
							10%	3.266	3.385	3.309	0.38	0.48	0.42	B1	B1	D1	1.09	-	-	1	-	-			
							15%	4.481	4.588	4.541	0.61	0.67	0.58	B1	B1	D1	1.71	-	-	1	-	-			
							20%	5.390	5.523	5.502	0.80	0.83	0.70	B1	B1	D1	2.39	-	-	1	-	-			
							50%	10.174	10.336	10.294	1.61	1.59	1.46	D2	D1	D1	4.15	-	-	1	-	-			
13	管頂部 (0°)	-	貫通 幅1mm (四角)	管径1/10以上 の凸形状 (φ 30mm凸み)	-	-	0%	6	4	6	0.00	0.00	0.00	D2	C2	D1	0.00	-	-	8	-				
							5%	1.814	1.851	1.830	0.32	0.39	0.43	D1	D1	D1	0.51	-	-	5	-	-			
							10%	3.548	3.554	3.588	0.68	0.84	0.84	D1	D1	D1	1.13	-	-	5	-	-			
							15%	4.911	4.876	4.960	1.02	1.25	1.45	D1	D1	D1	1.81	-	-	5	-	-			
							20%	5.904	5.883	5.885	1.26	1.61	1.86	D1											

(1) 結果

1) クラック

図 4-16 は、クラック周方向位置を管頂部、クラック長さを管長の 1/5 として、クラック方向を軸方向・周方向・斜方向に加工した各供試体（3 ケース）に発生する歪み（縦軸）の傾向をたわみ率（横軸）ごとに示しており、クラック先端のおよび周方向の歪みゲージ（図 4-9～図 4-12）のうち、たわみ率 5% の時点で最大値を記録した歪みゲージの測定結果をプロットしたグラフである。

なお、最大値を記録する歪みゲージ番号が偏平試験過程で変わる場合は、最初に応力集中が生じていた箇所が降伏し、応力集中が別の箇所に移行したと考えられる。そのため、最初の応力集中が生じている箇所が降伏する前のたわみ率における計測値を用いた。

①クラック周方向位置：管頂部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-16～図 4-18 に示す。

クラック周方向位置が管頂部である供試体において、各クラック方向の歪み測定結果を比較すると、軸方向に加工した供試体のみがたわみ率の増加と共にクラック先端の歪みが急激に上昇していることが分かる（図 4-16）。また、各供試体およびブランクの周方向歪みゲージによる測定結果を比較すると、最大歪みの発生箇所はゲージ番号 5（管頂）であった。さらに、周方向クラック先端の歪みおよび斜方向クラック先端の歪みはブランクに発生した歪みよりも小さかった。

これらの傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られ、軸方向クラック以外は管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

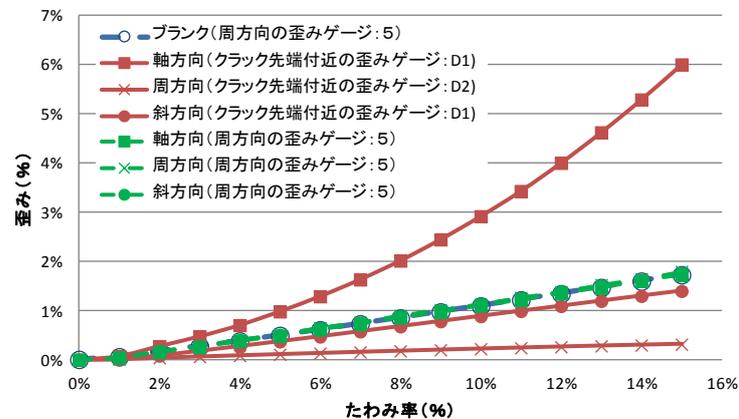


図 4-16 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 1/5）
ケース 2、3、4

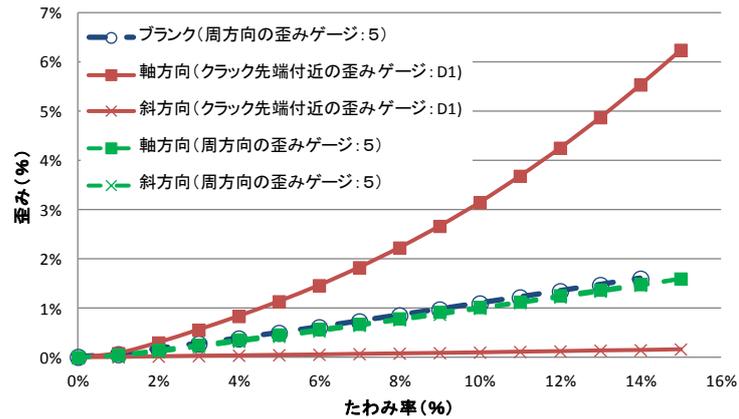


図 4-17 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 7/20）
ケース 16、17

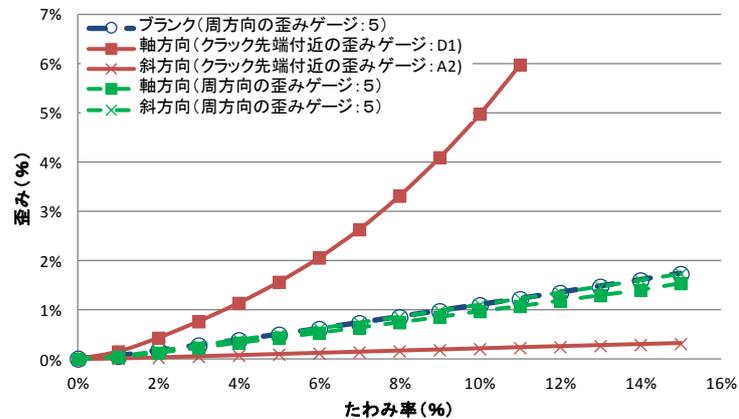


図 4-18 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 1/2）
ケース 18、19

②クラック周方向位置：管側部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-19～図 4-21 に示す。

クラック周方向位置が管頂部の場合と同様に、各クラック方向の歪み測定結果を比較すると、軸方向に加工した供試体のみがたわみ率の増加と共にクラック先端の歪みが急激に上昇していることが分かる（図 4-19）。また、各供試体およびブランクの周方向歪みゲージによる測定結果を比較すると、最大歪みの発生箇所はゲージ番号 5（管頂）または、ゲージ番号 5 と対象の位置にあるゲージ番号 1（管底）であった。さらに、周方向クラック先端の歪みおよび斜方向クラック先端の歪みはブランクに発生した歪みよりも小さかった。

これらの傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られ、軸方向クラック以外は管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

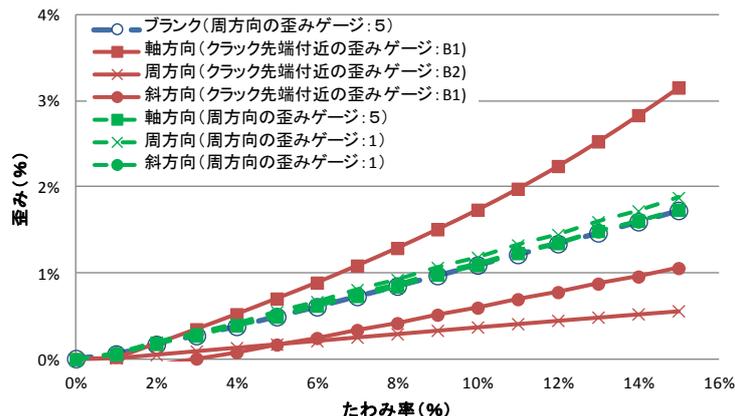


図 4-19 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 1/5)
ケース 8、9、10

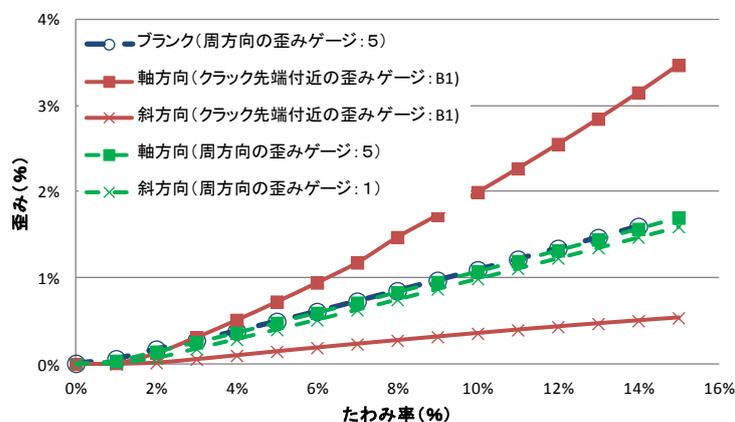


図 4-20 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 7/20)
ケース 24、25

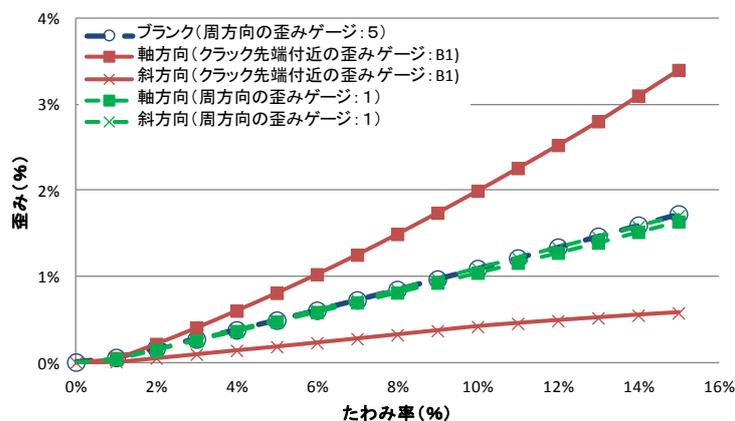


図 4-21 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 1/2)
ケース 11、12

③クラック周方向位置：中間部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-22～図 4-24 に示す。

クラック周方向位置が中間部の場合、ブランクの周方向歪みゲージによる測定結果と比較すると、クラック先端付近の歪みゲージの計測値は、ブランクの計測値より小さい。

この傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られた。中間部に位置するクラックは管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

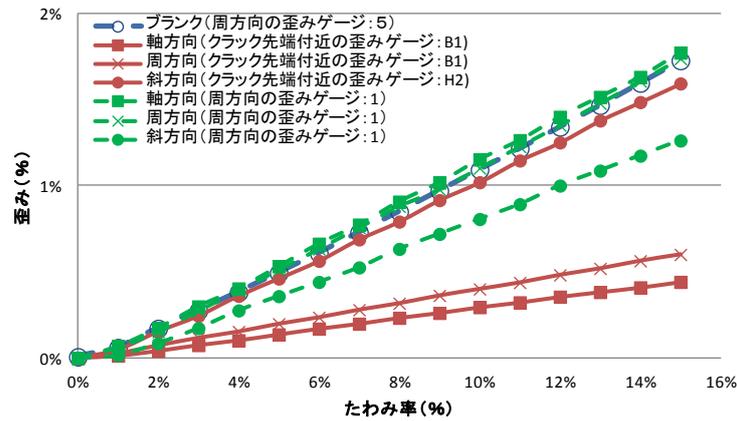


図 4-22 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 1/5)
ケース 5、6、7

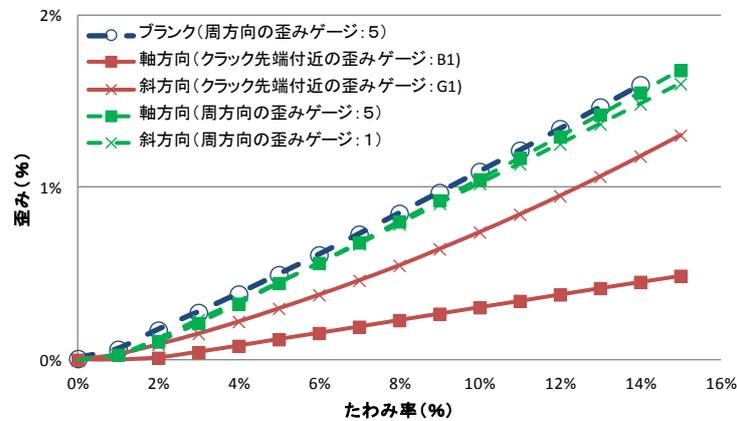


図 4-23 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 7/20)
ケース 20、21

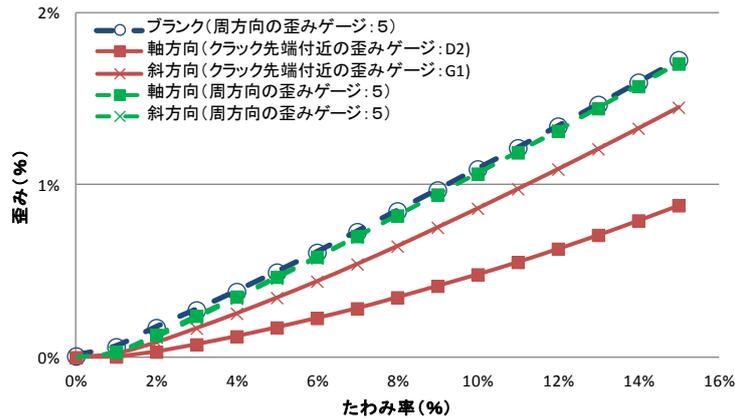


図 4-24 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 1/2)
ケース 22、23

2) 変形

本偏平試験において、内面凸部の形状の大小の違いによる歪みの発生の差異を把握し、変形形状がたわみ率の変化による歪みの発生に与える影響を確認した。

図 4-25 は、変形形状および周方向位置を変えた 3 ケースの供試体における発生歪みを前述の図 4-16～図 4-24 と同様に示している。

変形付近の歪みゲージによる測定結果はブランクにおける歪み測定結果よりも概ね小さい。また、各供試体およびブランクにおける周方向の歪みゲージの測定結果を比較すると、歪み最大値の発生箇所および値はほぼ同じであった。

これより、変形に関しては変形形状および周方向位置に関わらず、たわみ率と歪みの発生傾向に対して影響は概ね無いと考えられる。

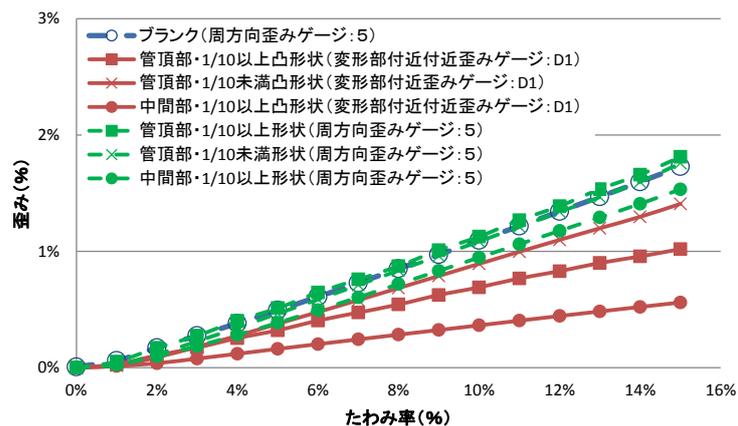


図 4-25 変形と歪みの関係 ケース 13、14、15

(2) 考察

偏平試験の結果、クラックと偏平が併発している場合においてクラックの条件によっては、ブランクにおける歪み測定結果を大きく超えるケースが確認された。

一方、変形と偏平が併発している場合において、変形形状の大小および円周方向の変形位置の条件に関わらず、ブランクにおける歪み測定結果を超えるケースは確認されなかった。

つまり、変形部への歪みは変形部に集中しにくく、変形が歪みへ与える影響は小さいと考えられる。

また、本検討は、偏平試験の都合上、実験条件（表 4-1）の全組み合わせにおいて試験を実施していない。実験条件の組み合わせにより、発生する最大歪みは異なると考えられるため、実験条件の組み合わせごとのたわみ率別の発生する最大歪みを把握し、クラックが管体の破断または降伏の可能性の有無を捉える必要がある。

したがって、次項では、統計的手法により歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することで、降伏または破断に達する構造的異常の組み合わせを検討する。

なお、変形に関しては、変形形状および変形位置はたわみ率ごとの歪みの発生に対する影響が小さいと考えられることから、次項の検討対象から外すこととする。

4.3. 統計的手法による歪みと構造的異常の関係把握

偏平試験結果より、変形と偏平が併発した場合においては、変形部への歪みが集中しないことを確認した。一方、クラックと偏平が併発している事象は、歪みの発生傾向に大きく影響を与えていると考えられる。

前項の偏平試験では試験の都合上、実験条件の全ての組み合わせについて検討していない。そこで、前項の偏平試験において計測した歪みのデータを用いて、統計的手法により歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することで、降伏または破断に達する構造的異常の組み合わせを検討した。

本項では、各条件のクラックと偏平が併発した際に発生する歪みを対象にした解析を行った。

歪みと各属性（たわみ率、クラック周方向位置、クラック方向、クラック長さ）との関係を見るために、偏平試験で得た歪みのデータを基に、統計解析手法（数量化Ⅰ類）を用いて、発生する歪みに対する各属性の関係度合い（カテゴリーレンジ・カテゴリースコア）を算定し、これらの大小関係や増減関係から、歪みと各属性との関係性を把握する。

4.3.1. 解析方法

(1) 解析概要

本解析では複数の構造的異常が併発した場合に発生する歪みについて検討するため、複数の変数を扱うことができる多変量解析を実施した。多変量解析手法には様々な手法があり、その選定表を表 4-7 に示す。

本解析では、降伏または破断の可能性の有無を判別するための閾値を検討するため、目的変数を歪み（%）とし、数量データ（表 4-8）として扱う。また、構造的異常の組み合わせごとの歪み（%）の値を予測することを目的とするため、説明変数をクラック周方向位置、クラック方向、クラック長さ、たわみ率とし、カテゴリーデータ（表 4-8）として扱うこととした。これより、本解析においては偏平試験で得た歪みのデータを基に、統計解析手法（数量化Ⅰ類）を用いて解析を実施した。

表 4-7 選定表（多変量解析手法とデータ形態）

目的変数の有無	データ形態		解析手法	
	目的変数 ¹⁾	説明変数 ²⁾		
ある場合	数量データ	数量データ	重回帰分析 正準相関分析	
	数量データ	カテゴリーデータ	数量化Ⅰ類	
	カテゴリーデータ	数量データ	判別分析	
	カテゴリーデータ	カテゴリーデータ	数量化Ⅱ類	
ない場合	X		数量データ	主成分分析 因子分析 数量化Ⅳ類
			カテゴリーデータ	数量化Ⅲ類

1) 目的変数：「歪み」

2) 説明変数：「クラック周方向位置」、「クラック方向」、「クラック長さ」、「たわみ率」

表 4-8 数量データとカテゴリーデータの違い

分類	数量データ		カテゴリーデータ	
	比率尺度	間隔尺度	順序尺度	名義尺度
内容	・絶対ゼロを基準とした計測値(基準がある) ・加減乗除可能	・絶対ゼロを定めない量(基準がない) ・演算は加減のみ	・順序性がある ・基本的に演算は不可	・単純な区別、分類 ・演算は不可
具体例	・実験データ	・℃(摂氏) ・カレンダー月	・アンケート回答 ①はい ②どちらでもない ③いいえ	・性別 ① 男 ② 女

(2) 変数、解析ケース、入力データおよび解析ソフトウェア

1) 変数

解析にあたり、目的変数および説明変数は下記の通りとする。また前述の通り、目的変数を数量データ、説明変数をカテゴリーデータとする。

①目的変数

クラック先端の最大歪み (%)

②説明変数

たわみ率：0%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%

クラック周方向位置：管頂部、管側部、中間部

クラック方向：軸方向、周方向、斜方向

クラック長さ：管長の 1/5、管長の 7/20、管長の 1/2

2) 解析ケース

前項において、各ケースの周方向の歪みゲージにより計測された値は、ブランク（ケース 1）の周方向の歪みゲージにより計測された値とほぼ等しく、クラックの影響を受けないことが分かった。

塩化ビニル管の弾性域は歪みが 1.2%程度まで、降伏点の歪みは 4.0%程度と想定され（図 4-2）、弾性域と塑性域では応力と歪みの関係が異なる可能性があると考えられる。そこで、本解析では、弾性域と塑性域両方（解析ケース 1）、弾性域のみ<歪み 1.2%以下>（解析ケース 2）、塑性域のみ<歪み 1.2%より大きい>（解析ケース 3）を解析対象とした。

3) 入力データ

目的変数であるクラック先端の最大歪みの値は、前項の偏平試験の結果（試験(n=1～n=3)のうち、設計許容たわみ率 5%の時点でクラック先端付近の歪みゲージに最も大きな歪みを記録した試験の結果）を用いる。また、クラック先端付近の歪みゲージ（図 4-9～図 4-11）のうち、たわみ率 5%の時点で最大値を記録する歪みゲージ番号の測定結果を用いる。たわみ率が 15%より大きい場合、最大値を記録する歪みゲージ番号が変わる事象が生じている。つまり、前述の通り、材料の降伏等が生じ別の挙動を示し始めたと考えられるため、本解析では、たわみ率 15%までの偏平試験の結果を用いることとする（4.2.2 参照）。

入力データ一覧をに示す。

解析ケース 1 においては、弾性域と塑性域両方を解析対象とするため、の全歪みデータを用いる。

解析ケース 2 においては弾性領域のみを解析対象とするため、の赤色セルの歪データを用いる。

解析ケース 3 においては弾性領域のみを解析対象とするため、の青色セルの歪データを用いる。

4) 解析ソフトウェア

College Analysis Ver. 5.8 を用いる。

表 4-9 入力データ一覧 (1)

計測データ情報			説明変数				
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	目的変数	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
2	2	D1	0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.07	1%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.28	2%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.47	3%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.70	4%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.98	5%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			1.29	6%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			1.63	7%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.02	8%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.45	9%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.92	10%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			3.43	11%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			4.00	12%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			4.62	13%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			5.29	14%	管頂部	軸方向	管長の1/5
3	2	D1	6.00	15%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.08	2%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.18	3%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.27	4%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.37	5%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.47	6%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.57	7%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.68	8%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.78	9%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.89	10%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.99	11%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.09	12%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.20	13%	管頂部	斜方向	管長の1/5
4	3	D2	1.30	14%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.40	15%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.00	0%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.01	1%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.04	2%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.06	3%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.09	4%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.11	5%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.13	6%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.16	7%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.18	8%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.20	9%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.22	10%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.24	11%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.26	12%	管頂部	周方向	管長の1/5
5	1	B1	0.28	13%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.30	14%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.32	15%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.00	0%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.01	1%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.04	2%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.08	3%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.10	4%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.14	5%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.17	6%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.20	7%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.23	8%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.26	9%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.30	10%	中間部	軸方向	管長の1/5
			6	3	B1	0.32	11%
0.36	12%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.38	13%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.41	14%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.44	15%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.00	0%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.03	1%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.07	2%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.12	3%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.15	4%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.20	5%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.24	6%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.28	7%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.32	8%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.36	9%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.40	10%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.44	11%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.48	12%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.52	13%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.56	14%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.60	15%	中間部	斜方向	管長の1/5			

表 4-9 入力データ一覧 (2)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
7	3	H2	0.00	0%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.05	1%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.15	2%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.24	3%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.36	4%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.46	5%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.56	6%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.69	7%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.79	8%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.92	9%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.02	10%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.15	11%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.25	12%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.38	13%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.49	14%	中間部	周方向	管長の1/5
1.59	15%	中間部	周方向	管長の1/5			
8	3	B1	0.00	0%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.03	1%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.18	2%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.35	3%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.52	4%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.70	5%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.89	6%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.09	7%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.29	8%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.51	9%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.74	10%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.98	11%	管側部	軸方向	管長の1/5
			2.24	12%	管側部	軸方向	管長の1/5
			2.53	13%	管側部	軸方向	管長の1/5
			2.84	14%	管側部	軸方向	管長の1/5
3.16	15%	管側部	軸方向	管長の1/5			
9	1	B1	-0.20	0%	管側部	斜方向	管長の1/5
			-0.15	1%	管側部	斜方向	管長の1/5
			-0.07	2%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.01	3%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.08	4%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.17	5%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.25	6%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.34	7%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.42	8%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.52	9%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.60	10%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.70	11%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.78	12%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.88	13%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.96	14%	管側部	斜方向	管長の1/5
1.06	15%	管側部	斜方向	管長の1/5			
10	2	B2	0.00	0%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.01	1%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.05	2%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.09	3%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.13	4%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.18	5%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.21	6%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.26	7%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.30	8%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.33	9%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.37	10%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.41	11%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.45	12%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.49	13%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.53	14%	管側部	周方向	管長の1/5
0.56	15%	管側部	周方向	管長の1/5			
11	1	B1	0.00	0%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.05	1%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.22	2%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.41	3%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.60	4%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.81	5%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.03	6%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.26	7%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.49	8%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.74	9%	管側部	軸方向	管長の1/2
			2.00	10%	管側部	軸方向	管長の1/2
			2.26	11%	管側部	軸方向	管長の1/2
			2.53	12%	管側部	軸方向	管長の1/2
			2.81	13%	管側部	軸方向	管長の1/2
			3.10	14%	管側部	軸方向	管長の1/2
3.40	15%	管側部	軸方向	管長の1/2			

表 4-9 入力データ一覧 (3)

計測データ情報			説明変数				
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	目的変数	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
12	3	B1	0.00	0%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.01	1%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.05	2%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.10	3%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.14	4%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.19	5%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.23	6%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.28	7%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.33	8%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.37	9%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.42	10%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.46	11%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.49	12%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.52	13%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.55	14%	管側部	斜方向	管長の1/2
16	2	D1	0.58	15%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.08	1%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.30	2%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.56	3%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.84	4%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.14	5%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.46	6%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.83	7%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			2.23	8%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			2.67	9%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			3.15	10%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			3.69	11%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			4.26	12%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			4.88	13%	管頂部	軸方向	管長の7/20
17	1	D1	5.54	14%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			6.25	15%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.02	2%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.03	3%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.04	4%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.05	5%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.06	6%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.07	7%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.08	8%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.09	9%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.10	10%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.12	11%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.13	12%	管頂部	斜方向	管長の7/20
18	2	D1	0.14	13%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.15	14%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.17	15%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.15	1%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.43	2%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.77	3%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			1.14	4%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			1.57	5%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			2.06	6%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			2.64	7%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			3.32	8%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			4.10	9%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			4.99	10%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			5.98	11%	管頂部	軸方向	管長の1/2
19	1	A2	0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.03	2%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.05	3%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.07	4%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.10	5%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.12	6%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.14	7%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.16	8%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.18	9%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.21	10%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.23	11%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.25	12%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.27	13%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.29	14%	管頂部	斜方向	管長の1/2
0.31	15%	管頂部	斜方向	管長の1/2			

表 4-9 入力データ一覧 (4)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
20	1	B1	0.00	0%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.00	1%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.01	2%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.04	3%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.08	4%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.12	5%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.16	6%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.19	7%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.23	8%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.27	9%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.30	10%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.34	11%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.38	12%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.42	13%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.45	14%	中間部	軸方向	管長の7/20
21	1	G1	0.00	0%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.03	1%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.09	2%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.15	3%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.22	4%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.30	5%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.38	6%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.46	7%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.55	8%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.64	9%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.74	10%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.84	11%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.95	12%	中間部	斜方向	管長の7/20
			1.06	13%	中間部	斜方向	管長の7/20
			1.18	14%	中間部	斜方向	管長の7/20
1.30	15%	中間部	斜方向	管長の7/20			
22	2	D2	0.00	0%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.00	1%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.03	2%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.07	3%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.12	4%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.17	5%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.23	6%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.28	7%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.35	8%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.41	9%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.48	10%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.55	11%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.63	12%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.71	13%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.79	14%	中間部	軸方向	管長の1/2
0.88	15%	中間部	軸方向	管長の1/2			
23	1	G1	0.00	0%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.02	1%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.09	2%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.17	3%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.25	4%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.35	5%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.44	6%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.54	7%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.65	8%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.75	9%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.86	10%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.98	11%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.09	12%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.21	13%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.33	14%	中間部	斜方向	管長の1/2
1.45	15%	中間部	斜方向	管長の1/2			
24	2	B1	0.00	0%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.01	1%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.13	2%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.31	3%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.51	4%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.72	5%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.95	6%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.18	7%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.47	8%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.73	9%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.00	10%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.27	11%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.56	12%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.85	13%	管側部	軸方向	管長の7/20
			3.15	14%	管側部	軸方向	管長の7/20
3.47	15%	管側部	軸方向	管長の7/20			

表 4-9 入力データ一覧 (5)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
25	2	B1	0.00	0%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.00	1%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.01	2%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.05	3%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.10	4%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.14	5%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.19	6%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.23	7%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.27	8%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.32	9%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.36	10%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.39	11%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.43	12%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.47	13%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.50	14%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.54	15%	管側部	斜方向	管長の7/20

4.3.2. 解析結果

各解析ケースのカテゴリースコア、カテゴリーレンジ、分析精度、実測値と予測値との比較を以下に示す。

カテゴリースコアとは、各属性のカテゴリー（例：たわみ率 15%、軸方向、管側部など）のスコアを表し、各カテゴリーが歪みに対して与える影響の大きさを示す。カテゴリーレンジは、各属性の最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差であり、この値が大きい程、歪みに対する影響が大きい属性と判断する。分析精度として、重相関係数と寄与率を示す。寄与率とは、重相関係数の累乗であり、解析結果の確からしさを表しており、1 に近いほど確かと判断する。

(1) 解析ケース 1（全データ）

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-26 に示す。

クラック長さについては、値が小さいことからクラックの長さの歪みへの影響は小さいと言える。また、クラック方向については、軸方向の場合の値は大きく、周方向、斜方向の値は小さいことから、軸方向のクラックの歪みへの影響が大きいと言える。同様に、クラック周方向位置については、管頂部の場合の値は大きく、管側部、中間部の値は小さいことから、管長部のクラックの歪みへの影響が大きいと言える。

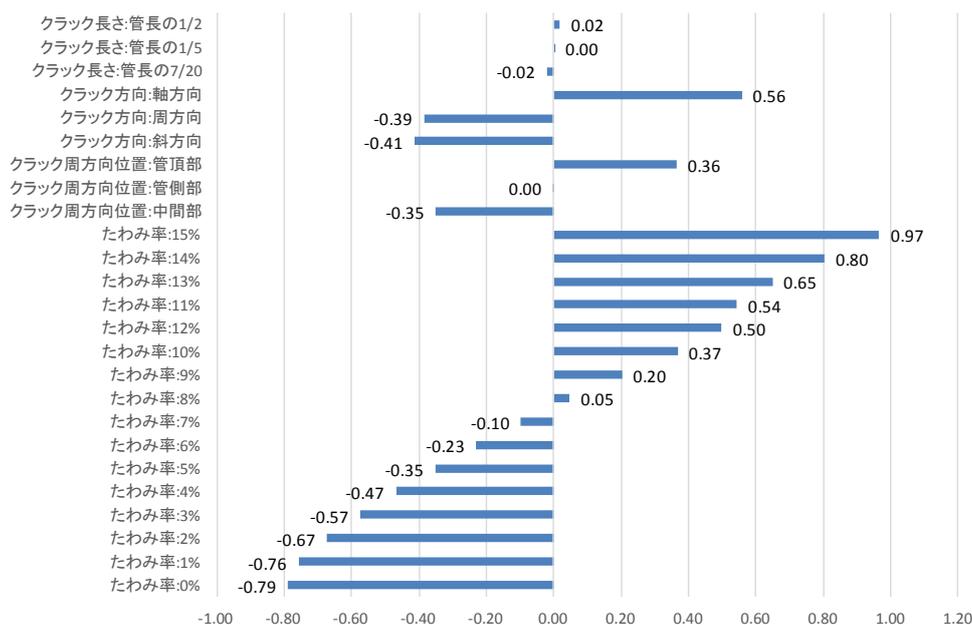


図 4-26 カテゴリースコア（解析ケース 1）

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-27 に示す。

カテゴリーレンジとは、各カテゴリーの最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差を表しており、カテゴリーレンジが大きいカテゴリーほど歪みへの影響が大きいカテゴリーであると判断する。

つまり、当ケースにおいては歪みへの影響が最も大きいカテゴリーは、たわみ率であり、その次にクラック方向が影響していると言える。

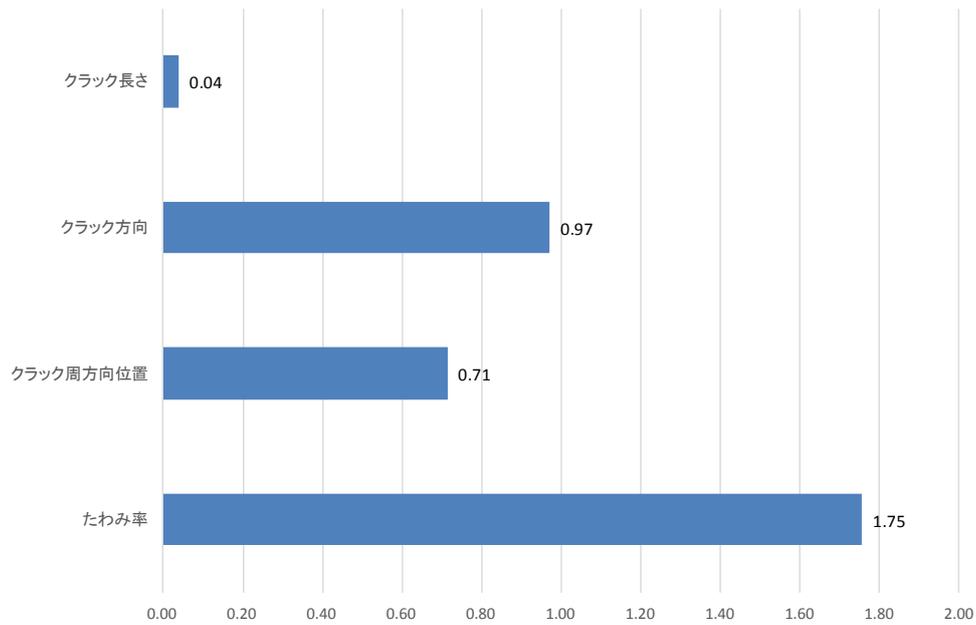


図 4-27 カテゴリーレンジ (解析ケース 1)

3) 分析精度

自由度調整前および調整済の寄与率と重相関係数を表 4-10 に示す。

表 4-10 分析精度 (解析ケース 1)

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.698	0.6726
寄与率	0.4871	0.4524

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-28 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。

塑性域である歪みが 1.2%以上の実測値と予測値に大きな差がでている。つまり、塑性域での歪みの発生傾向は、弾性域での歪みの発生傾向と異なると考えられる。

そこで、解析ケース 2・3 では、解析ケース 1 の入力データを弾性域である「歪み 1.2%以下」と塑性域である「歪み 1.2%より大きい」に分けて解析を実施することとする。

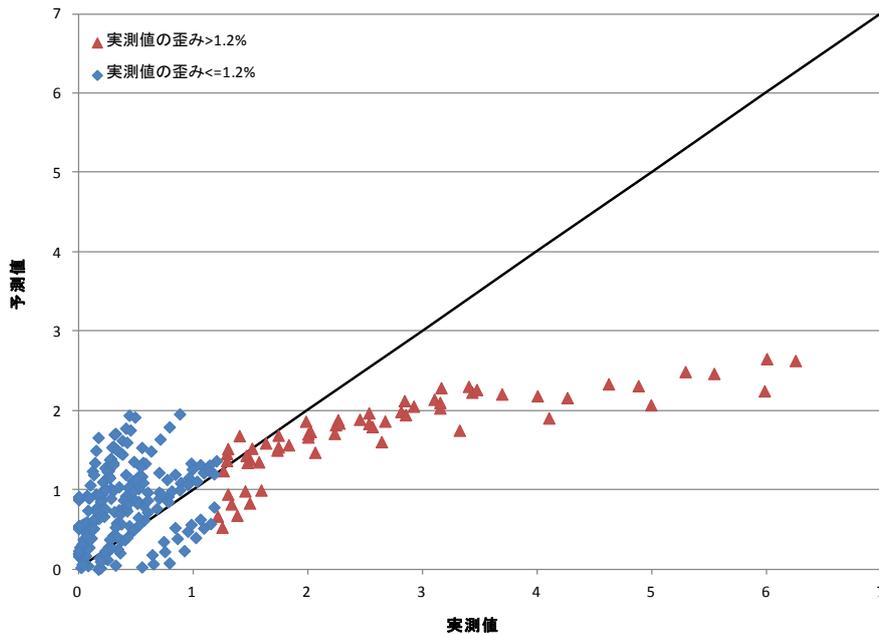


図 4-28 歪みの実測値と予測値の比較 (解析ケース 1)

(2) 解析ケース 2 (歪み 1.2%以下)

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-29 に示す。

たわみ率が大きくなるにつれて歪みへの影響は大きくなり、たわみ率が 10%より大きくなると歪みへの影響はほぼ一定となる。クラック方向に関しては、クラック軸方向のみが歪みへの影響している。クラック長さに関しては、クラック長さが短い管長の 1/5 の方が、管長の 1/2 より歪みへの影響が大きい。つまり、管長の長さは歪みへの影響が小さいと考えられる。

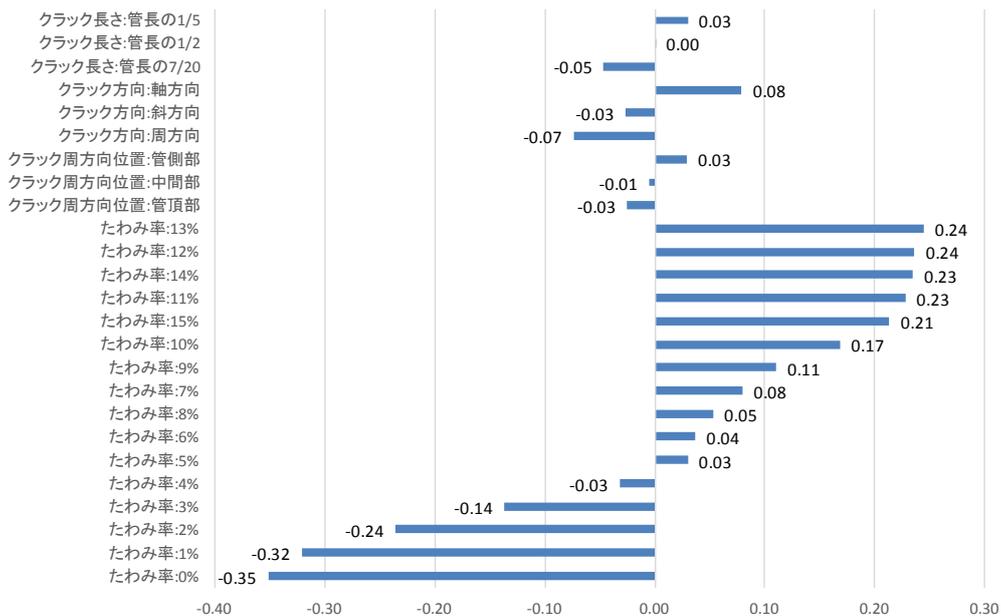


図 4-29 カテゴリースコア (解析ケース 2)

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-30 に示す。
たわみ率が他のカテゴリーと比較し、歪みへ影響は大きい。

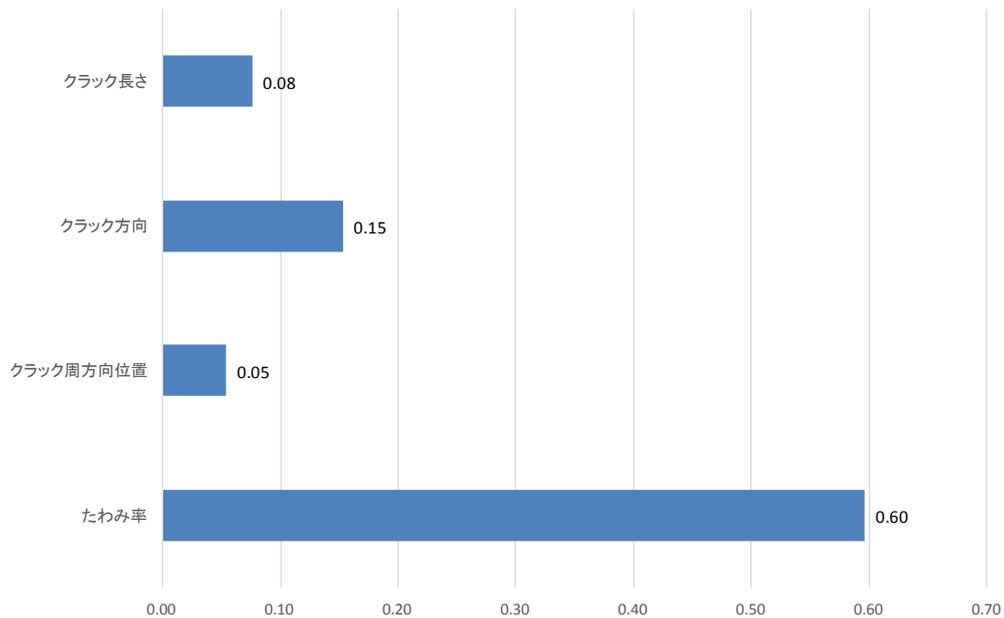


図 4-30 カテゴリーレンジ (解析ケース 2)

3) 分析精度

自由度修正前および修正済みの寄与率と重相関係数を表 4-11 に示す。

表 4-11 分析精度 (解析ケース 2)

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.6454	0.6059
寄与率	0.4166	0.3671

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-31 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。赤のプロットはクラック方向が軸方向、青のプロットはクラック方向が周方向並びに斜方向であることを示す。

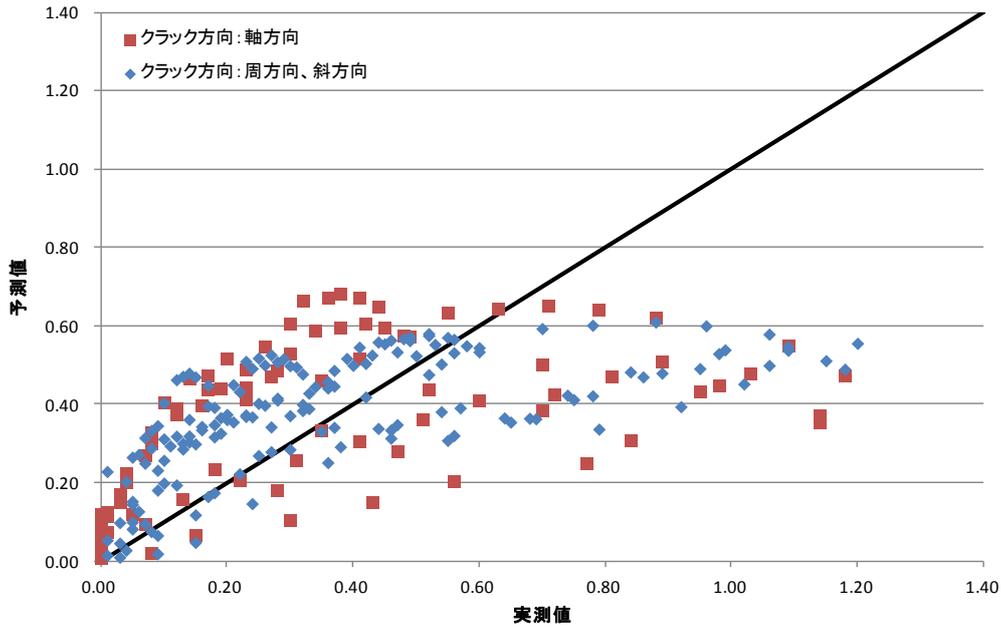


図 4-31 歪みの実測値と予測値の比較 (解析ケース 2)

(3) 解析ケース 3 (歪み 1.2%より大きい)

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-32 に示す。

表 4-8 の入力データより、たわみ率が 5%を超えると歪み 1.2%を超える事象が出てくる。

クラック方向に関しては、クラック軸方向は周方向と斜方向と比較し、歪みへの影響が大きい。

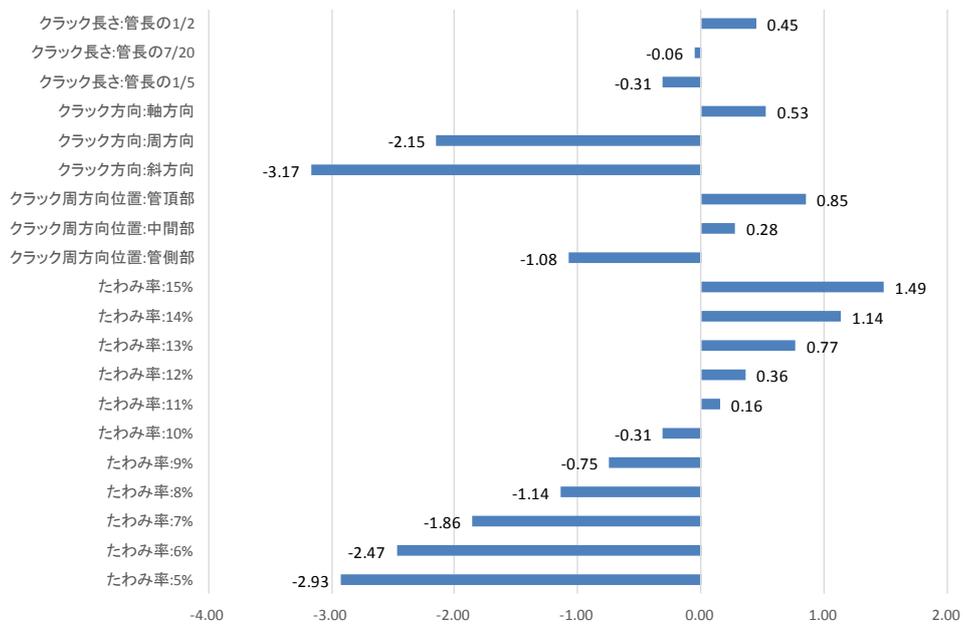


図 4-32 カテゴリースコア (解析ケース 3)

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-33 に示す。カテゴリーレンジとは、各カテゴリーの最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差を表しており、カテゴリーレンジが大きいカテゴリーほど歪みへの影響が大きいカテゴリーであると判断する。

たわみ率の値が大きいのは、他のケースと同じであるが、他のケースと比較し、クラック方向についての歪み絵の影響が、他のカテゴリー（クラック長さ・クラック周方向位置）と比較し歪みへの影響が大きくなっていることが言える。

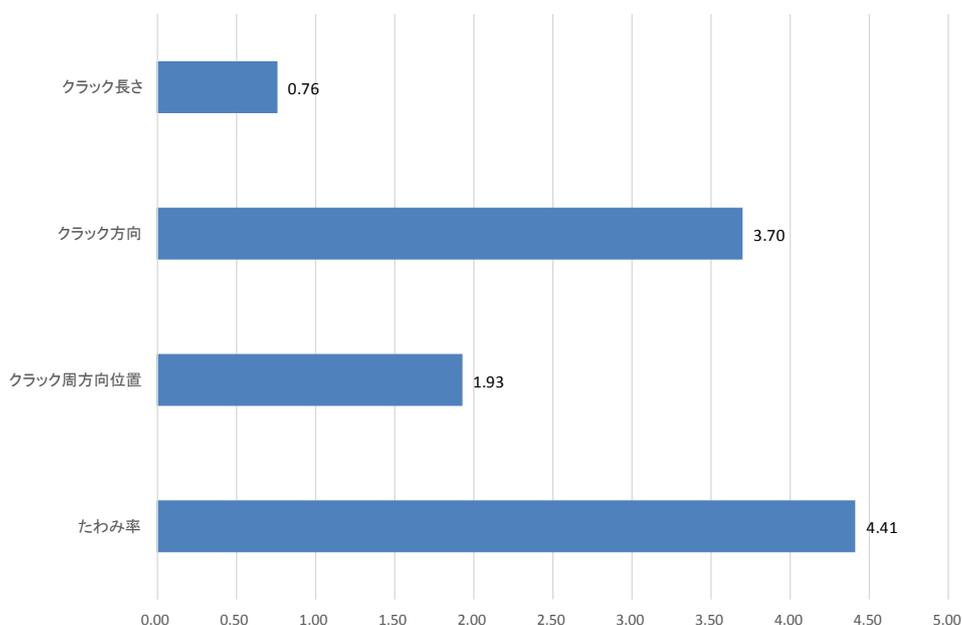


図 4-33 カテゴリーレンジ（解析ケース 3）

3) 分析精度

自由度修正前および修正済みの寄与率と重相関係数を表 4-12 に示す。

表 4-12 分析精度（解析ケース 3）

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.9535	0.9364
寄与率	0.9091	0.8768

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-34 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。

塑性域での歪みの予測は、上述の分析精度に記載の通り、寄与率は約 0.91 であり、妥当であると考えられる。なお、一般的には分析精度の妥当性は表 4-13 のように考えられている。

表 4-13 分析精度の妥当性

分析精度	寄与率	重相関係数
非常に良い	0.8 以上	0.9 以上
やや良い	0.5 以上	0.7 以上
悪い	0.5 未満	0.7 未満

各カテゴリースコアに基づき予測したたわみ率と歪みの関係を図 4-35 に示す。
軸方向クラックが発生している場合はたわみ率が 9%以上で歪みが 4%以上になると推定される。

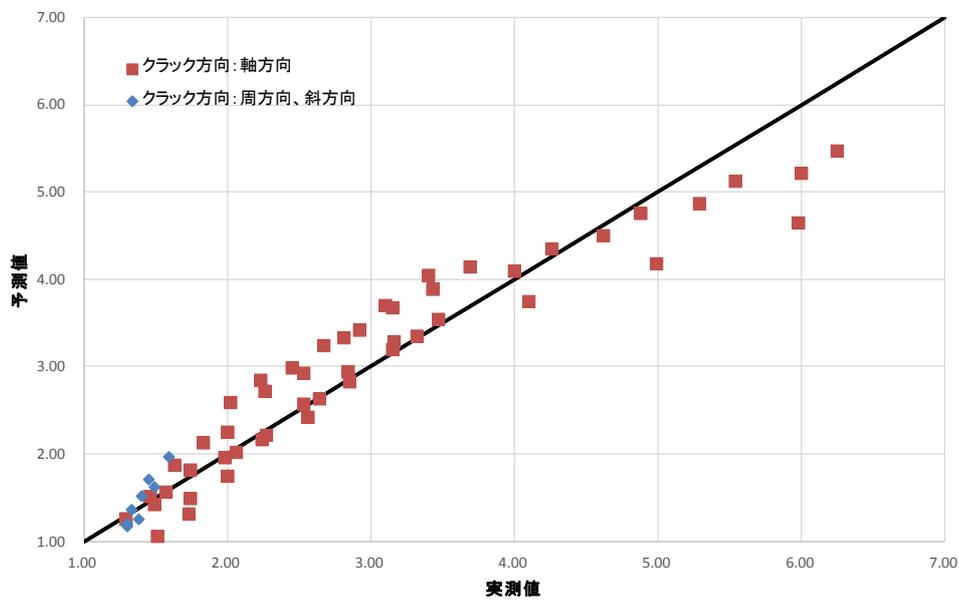


図 4-34 歪みの実測値と予測値の比較（解析ケース 3）

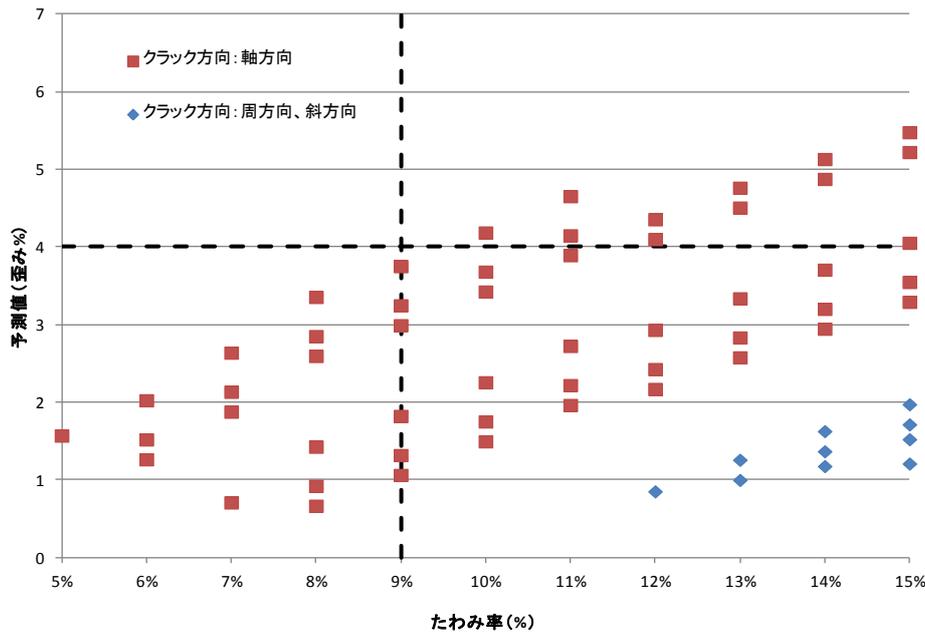


図 4-35 たわみ率と歪み (予測値)

4.3.3. 考察

塑性域と弾性域とでは、歪みの発生傾向が異なる (図 4-28)。そのため、塑性域 (歪み 1.2%より大きい) と弾性域 (1.2%以下) に分類し、歪みとクラック形状 (クラック長さ、クラック周方向位置、クラック方向) およびたわみ率の関係を分析した。弾性域ではたわみ率のカテゴリーレンジが、その他のカテゴリーと比較し大きい (図 4-30)。また次に大きいクラック方向において分類して実測値と予測値を予測した値を示した図 4-31 から歪みに対して顕著な影響がないことが分かる。

以上より、弾性域では歪みに対してクラック形状 (クラック長さ、クラック周方向位置、クラック方向) の影響は小さいと考えられる。

一方、塑性域では、クラック方向カテゴリーレンジが大きくなっている (図 4-33)。クラック方向の条件にある軸方向、周方向および斜方向のカテゴリースコアを比較すると、軸方向と周方向および斜方向とに大きな差があり、これは周方向および斜方向と比較し、軸方向が歪みへの影響が大きいと考えられる。

次に、たわみ率がどのような条件の際に、材料に発生する歪みがピーク (4%) に達するかを推定する必要がある。図 4-35 に示す通り、軸方向クラックが発生している場合はたわみ率が 9%以上で歪みが 4%以上になり材料の降伏等が生じる可能性あると考えられる。

ここでの考察の留意点として、上記の考察は、供試体に貼付けた歪みゲージによる計測値を用いている。しかし、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラックの最先端から数 mm 離れた位置に貼付けているため、クラックの最先端に発生している実際の最大歪み (以下、「真の最大歪み」) を捉えていない。そのため、歪みゲージによる計測値は、真の最大歪み値を表していない。

そこで、次項において、二次元非線形静的解析 (CAE 解析) を用いることで、真の最大歪みを推定する。

4.4. 真のクラック先端最大歪みの推定

前項で述べた通り、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラックの最先端から数 mm 離れた位置に貼付けているため、クラックの最先端に発生している実際の最大歪み（以下、「真の最大歪み」）を捉えていない。そのため、歪みゲージによる計測値は、真の最大歪み値を表していない。

そこで、本項では、二次元非線形静的解析（CAE 解析）を用いることで、クラック先端に生じている真の最大歪みを推定する。

4.4.1. 推定方法

4.2 および 4.3 の検討結果から周方向、斜方向クラックおよび変形は、真の最大歪みへの影響は小さいと考えられる。そのため、当検討は軸方向クラックのみ着目し検討を行う。また、クラック周方向位置に関しては、クラックが中間部にある場合の歪みの発生はブランクの時と同等以下であったため（図 4-22～図 4-24）、管頂部と管側部のみの検討を行う。クラック長さに関しては、4.3 の結果から歪みに対する影響が小さいと判断し、クラック長さは一定として管長の 1/5 のみを検討の対象とする。よって、本項では、表 4-5 におけるケース 2 とケース 8 を検討対象とする（表 4-14）。CAE 解析による歪みゲージ貼付け位置における歪み（以下、「②歪みゲージ部歪み（解析値）」）と 4.2 の検討結果を比較した上で、真の最大歪みを推定する。なお、CAE 解析の方法は 4.2.1 で実施した予備解析と同様である。

表 4-14 検討ケースのクラック形状

ケース	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
2	管頂部	軸方向	管長の 1/5
8	管側部	軸方向	管長の 1/5

4.4.2. 推定結果と考察

各たわみ率における、CAE 解析による歪みゲージ部歪み（解析値）と実験による歪みゲージが計測した最大歪み（以下、「①最大歪み（計測値）」）を比較した。ケース 2 においては、「最大歪み（計測値）」を記録する歪みゲージは D1 であったため、D1 の計測値と歪みゲージ番号 D1 の位置に発生する「②歪みゲージ部歪み（解析値）」を比較した（図 4-36）。ケース 8 においては、「①最大歪み（計測値）」を記録する歪みゲージは B1 であったため、B1 の計測値と歪みゲージ番号 B1 の位置に発生する「②歪みゲージ部歪み（解析値）」を比較した（図 4-37）。これより、歪みゲージ部歪み（解析値）と最大歪み（計測値）の比率 $\langle \text{②歪みゲージ部歪み（解析値）} / \text{①最大歪み（計測値）} \rangle$ は、1.2 程度（以下、「補正係数」）になることが分かった。

「①最大歪み（計測値）」と真の最大歪みとの乖離を考慮するため、CAE 解析により算出した真の最大歪み（以下、「③真の最大歪み（解析値）」）を前述の補正係数 1.2 で除すことにより補正し、真の最大歪みを推定した（以下、「④真の最大歪み（推定値）」）。推定結果を下記の表 4-16 に示す。

なお、上述の「①最大歪み（計測値）」、「②歪みゲージ部（解析値）」、「③真の最大歪み（解析値）」、「④真の最大歪み（推定値）」の定義について整理した。

表 4-15 実験および CAE 解析における各歪みの定義

	データ種別	歪み位置	値
①	実験	歪みゲージ貼付け位置	最大歪み (計測値)
②	CAE 解析	歪みゲージ貼付け位置	歪みゲージ部歪み (解析値)
③	CAE 解析	クラック先端	真の最大歪み (解析値)
④	推定	クラック先端	真の最大歪み (推定値)

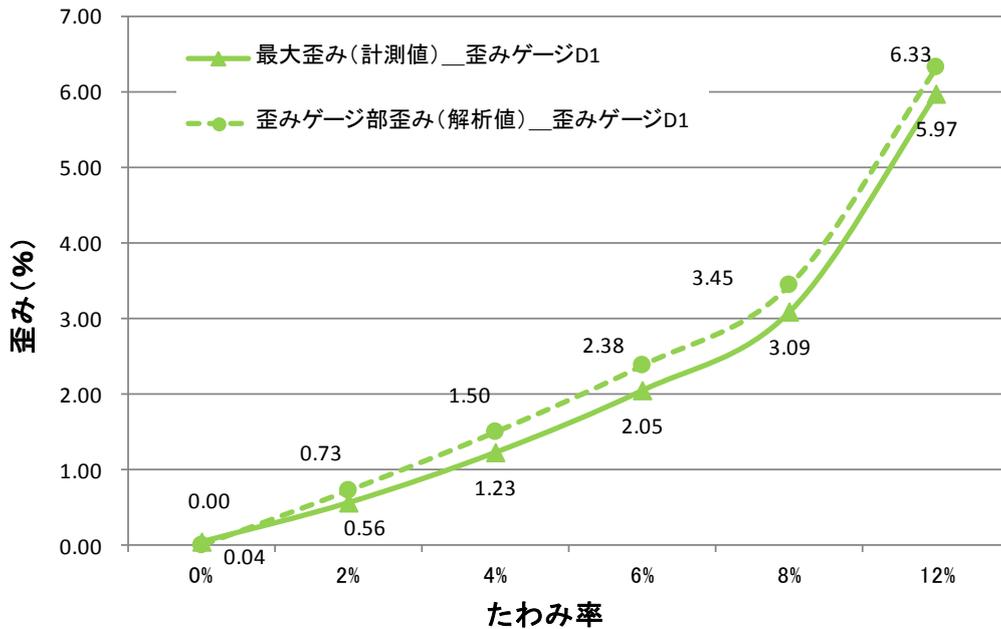


図 4-36 ①最大歪み (計測値) と②歪みゲージ部歪み (解析値) との比較 (ケース 2)

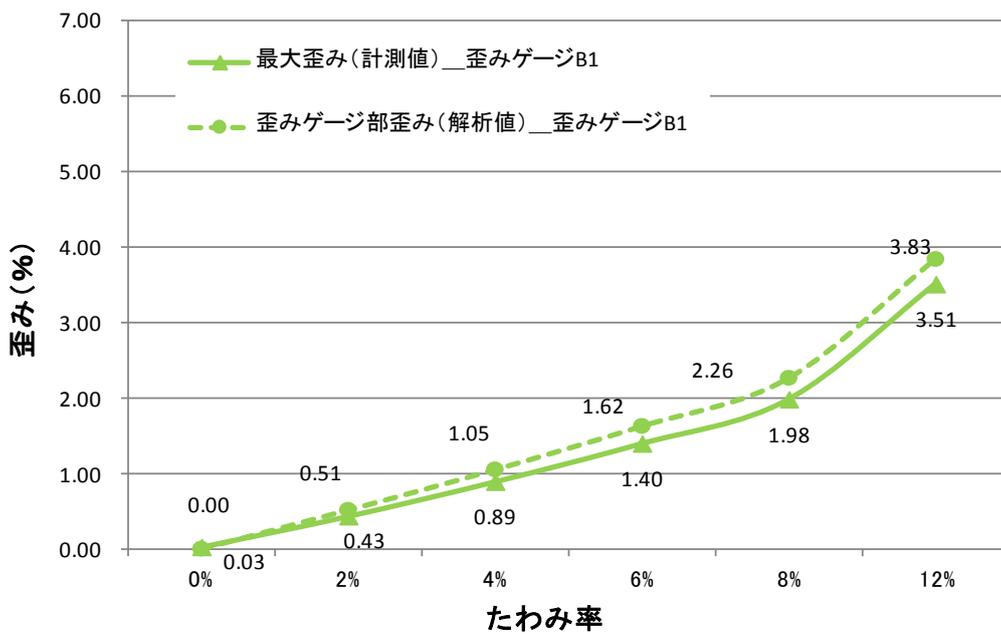


図 4-37 ①最大歪み (計測値) と②歪みゲージ部歪み (解析値) との比較 (ケース 8)

表 4-16 ①最大歪み（計測値）と④真の最大歪み（推定値）との関係

ケース	たわみ率	①最大歪み （計測値）%	③真の最大歪み （解析値）%	④真の最大歪み（推定値）% =真の最大歪み（解析値）%/1.2	比率 （④/①）
2	4%	1.2	7.0	5.8	4.7
	8%	3.1	18.2	15.2	4.9
	12%	6.0	31.6	26.3	4.4
8	4%	0.9	5.0	4.2	4.7
	8%	2.0	13.6	11.3	5.7
	12%	3.5	24.0	20.0	5.7

「①最大歪み（計測値）」と「④真の最大歪み（推定値）」との比率は4.7～5.7程度であった。真の最大歪みの危険側（上限）を考慮し、前述の比率を一律5.7とし、この比率を図4-35で検討した歪み（予測値）に乗ずることにより、たわみ率と真の最大歪み（推定値）の関係を検討した（図4-38）。国総研で行った硬質塩化ビニルの物性試験において、破断歪みは23.5%であり（表4-3）、図4-38よりたわみ率9%以上において真の最大歪みが23.5%を超えると推定されることから、軸方向クラックとたわみ率9%以上が併発している状況においては、破断歪みに達し、軸方向クラックがさらに進行し、管体の破壊を引き起こす可能性があると考えられる。

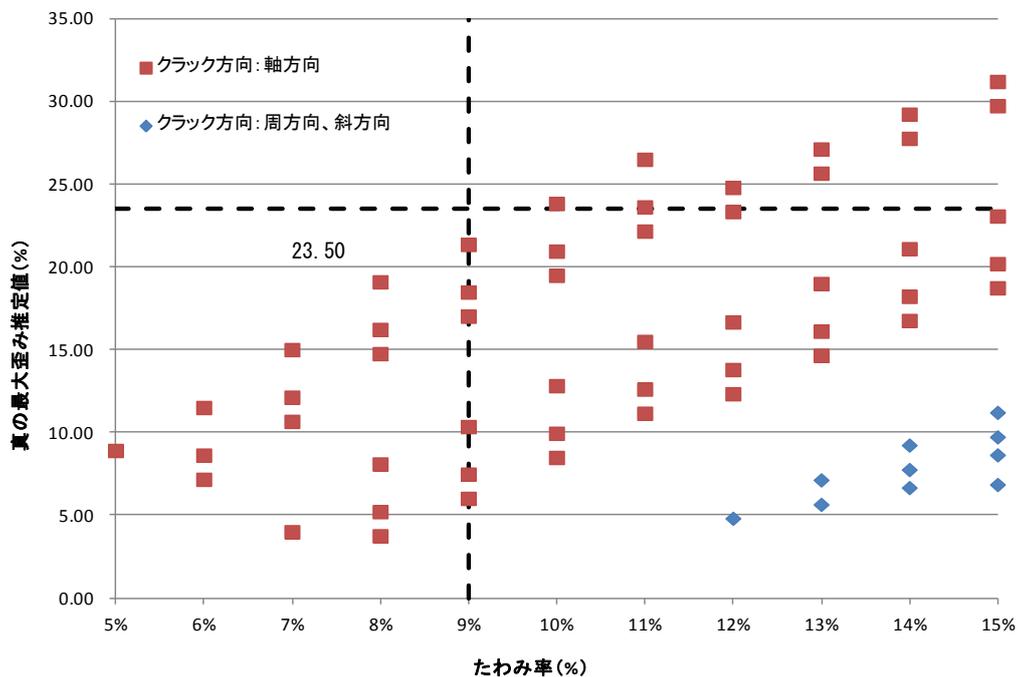


図 4-38 真の最大歪み（推定値）とたわみ率

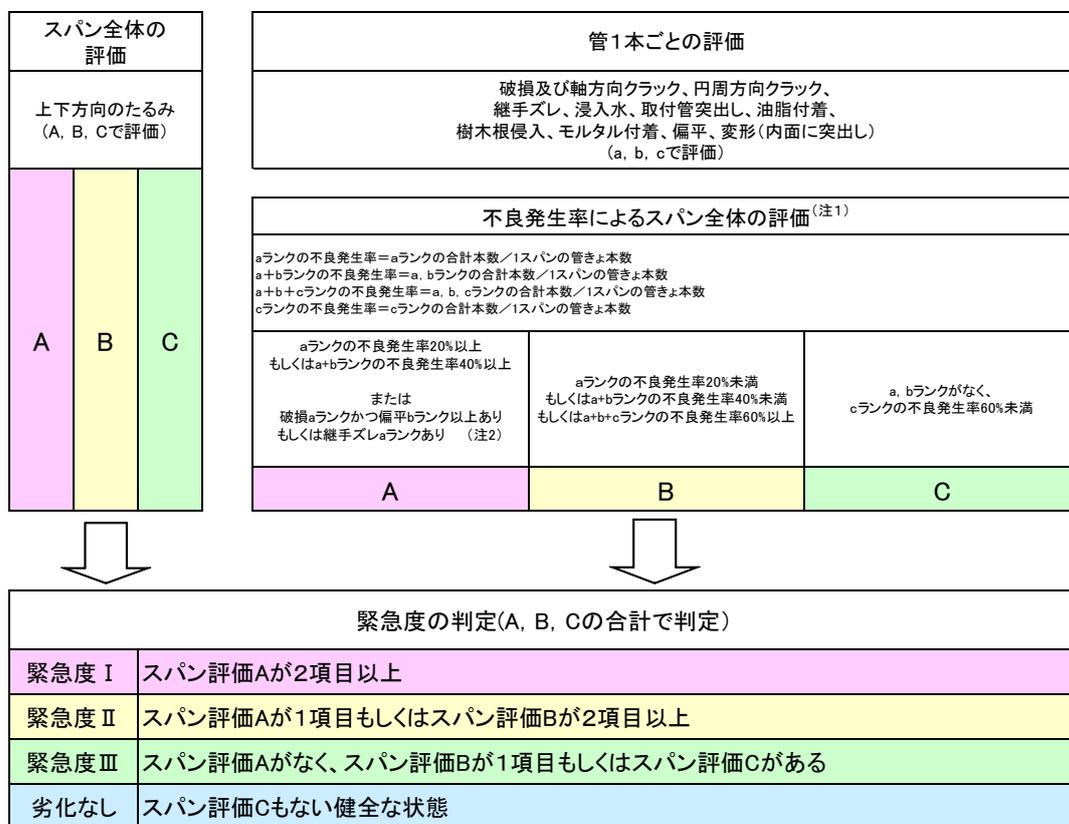
4.5. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の提案

前節より、軸方向クラックが発生している場合、たわみ率が9%以上で発生歪みが20%以上となり管体の破壊を引き起こす可能性が考えられる。よって、3章で提示した偏平の判定基準に基づき、偏平のbランク以上と軸方向クラック（破損a）が併発している場合は管の劣化に対する影響が高いと考え、スパン全体に対する評価ランクをAランクとした。

以上より、「下水道維持管理指針 前編-2003年度版-」の緊急度診断基準に塩ビ管の劣化特性である以下の項目を追記する。

「塩化ビニル管の判定の際には、『偏平のbランク以上』と『軸方向クラック』が併発している場合は、道路陥没等の社会的影響が想定されることから、スパン全体においてAランクとする」

塩化ビニル管を対象とした緊急度診断フローを図 4-39 に示す。



(注1) 同一箇所でも複数の不良が発生している場合には、最上位の評価ランクのみをカウントする
(例:「管のクラックa」と「浸入水b」があった場合には、最上位の評価「管のクラックa」のみをカウントする)。

・破損aかつ偏平bランク以上が同時にあった場合、既に管体材料は降伏していると判断し、不良発生率による判定とは別にスパン評価をAランクとする。
(注2) ・継手ズレaランクが1箇所以上ある場合、周辺地山の管内への流入による道路陥没等、社会的影響の大きい不具合が想定されることから、不良発生率による判定とは別にスパン評価をAランクとする。

図 4-39 緊急度診断基準 (案)

緊急度は、対策が必要とされたスパンについて、その補修などの時期を定めるものであり、スパン全体の3つの評価項目（管の腐食、上下方向のたわみ、管1本ごとの評価から算定する不良発生率※塩化ビニル管に関しては、管の腐食は管の材料と癖異常考えられにくいいため該当しないため、2つの評価項目となる）における各ランクの数から判定される。

4.6. 塩化ビニル管の緊急度診断基準（案）による再診断結果および診断結果の分析

各自治体から収集した TV カメラ調査データ（映像、調査記録表、集計表＜4,116 スパン、約 115km＞）を前章で提案した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）および前節で提案した緊急度診断基準に基づき、再診断を実施した結果を示す。また、再診断した結果から、各種管属性、各異常項目、各異常ランク、ならびに異常発傾向の関係を把握する。

4.6.1. 再診断結果

「下水道維持管理指針 前編－2003 年度版－」の緊急度診断基準（以下、「従来基準」）と塩化ビニル管の緊急度診断基準（以下、「新基準」）により再診断した結果を示す（図 4-40～図 4-41）。

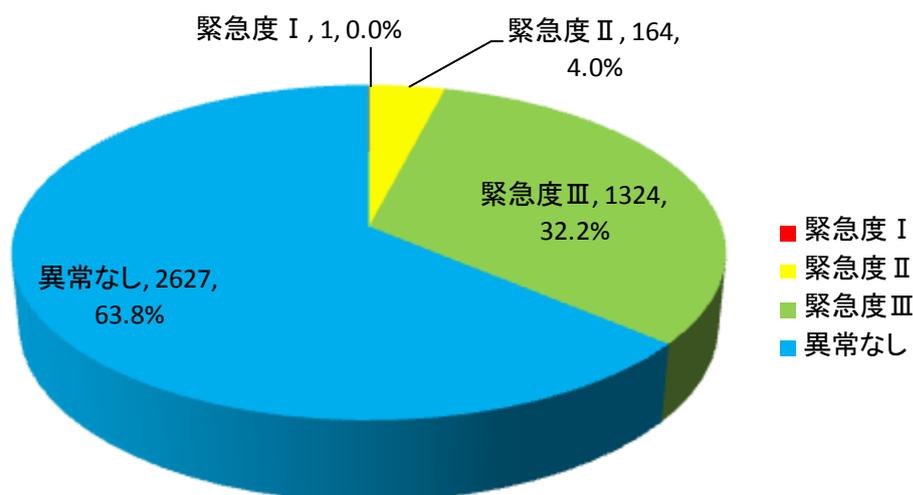


図 4-40 緊急度ランクの集計（旧基準）

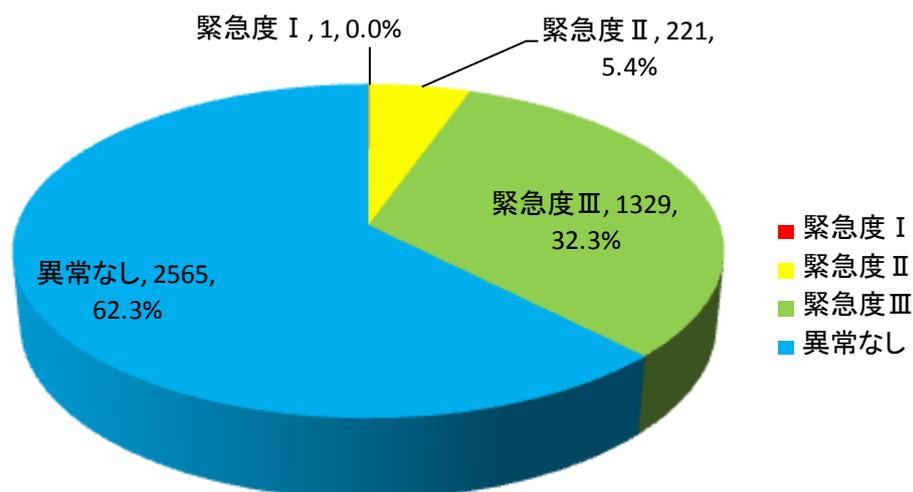


図 4-41 緊急度ランクの集計（新基準）

新基準にて再診断した結果、緊急度 II の割合が約 1.4% 増えた。また、異常なしのスパンは約 1.5% 減った。これは、塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に偏平および変形が追加されたことにより、不良発生率が高くなり緊急度 II となるスパンが増えた。

4.6.2. 緊急度ランクと異常項目および異常発生箇所数との関連性分析

本項では、緊急度診断結果と、緊急度診断に寄与する異常項目および異常発生箇所数との関連性について分析を行う。

(1) 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数を集計した（表 4-17、図 4-42）。また、異常発生箇所数を各緊急度ランク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（表 4-18、図 4-43）。なお、緊急度Ⅰのスパン数は1スパンのみであり、その他の緊急度と比較しスパン総延長が小さいため、図 4-42、図 4-43からは除外した。

緊急度Ⅱと診断される場合、1km あたりの異常発生箇所数が多かった上位3つの異常項目は上位から順に、偏平bランク、継手ズレbランク、次いで破損aランクであった。

緊急度Ⅲと診断される場合、1km あたりの異常発生箇所数が多かった上位3つの異常項目は上位から順に、浸入水cランク、偏平bランク、浸入水bランクであった。

表 4-17 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

緊急度ランク	スパン 総延長 (m)	異常項目																		合計	割合 (%)							
		破損a	クラックa	クラックb	クラックc	偏平ズレa	偏平ズレb	偏平ズレc	浸入水a	浸入水b	浸入水c	取付け管 の突出しa	取付け管 の突出しb	取付け管 の突出しc	当座の付着	当座の付着b	木製橋入a	木製橋入b	モルタル 付着a			モルタル 付着b	モルタル 付着c	変形a	変形b	偏平a	偏平b	
緊急度Ⅰ	21	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1
緊急度Ⅱ	5,916	57	3	1	2	2	65	16	14	55	46	5	12	10	0	18	13	21	4	10	2	4	20	5	229	614	35.3	
緊急度Ⅲ	45,574	60	3	8	9	0	34	57	37	112	548	6	24	69	0	4	6	15	1	6	19	2	28	0	265	1313	75.5	
合計	51,511	118	6	9	11	2	99	73	51	168	594	11	36	79	0	22	19	36	5	16	21	6	48	5	494	1929	110.9	
割合 (%)	-	6.8	0.3	0.5	0.6	0.1	5.7	4.2	2.9	9.7	34.2	0.6	2.1	4.5	0.0	1.3	1.1	2.1	0.3	0.9	1.2	0.3	2.8	0.3	28.4	110.9	-	

表 4-18 緊急度ランク別異常項目ランクごとの 1km あたりの異常発生箇所数

緊急度ランク	スパン 総延長 (m)	異常項目																		合計 (箇所数/km)							
		破損a	クラックa	クラックb	クラックc	偏平ズレa	偏平ズレb	偏平ズレc	浸入水a	浸入水b	浸入水c	取付け管 の突出しa	取付け管 の突出しb	取付け管 の突出しc	当座の付着	当座の付着b	木製橋入a	木製橋入b	モルタル 付着a		モルタル 付着b	モルタル 付着c	変形a	変形b	偏平a	偏平b	
緊急度Ⅰ	21	48.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.56
緊急度Ⅱ	5,916	9.63	0.51	0.17	0.34	0.34	10.99	2.70	2.37	9.30	7.77	0.85	2.03	1.69	0.00	3.04	2.20	3.55	0.68	1.69	0.34	0.68	3.38	0.85	38.71	103.78	
緊急度Ⅲ	45,574	1.32	0.07	0.18	0.20	0.00	0.75	1.25	0.81	2.46	12.02	0.13	0.53	1.51	0.00	0.09	0.13	0.33	0.02	0.13	0.42	0.04	0.61	0.00	5.81	28.81	
合計	51,511	59.731	0.573	0.345	0.536	0.338	11.732	3.955	3.178	60.534	19.799	0.977	2.555	3.204	0.000	3.130	2.329	3.879	0.698	1.822	0.755	0.720	3.995	0.845	44.520	230.150	

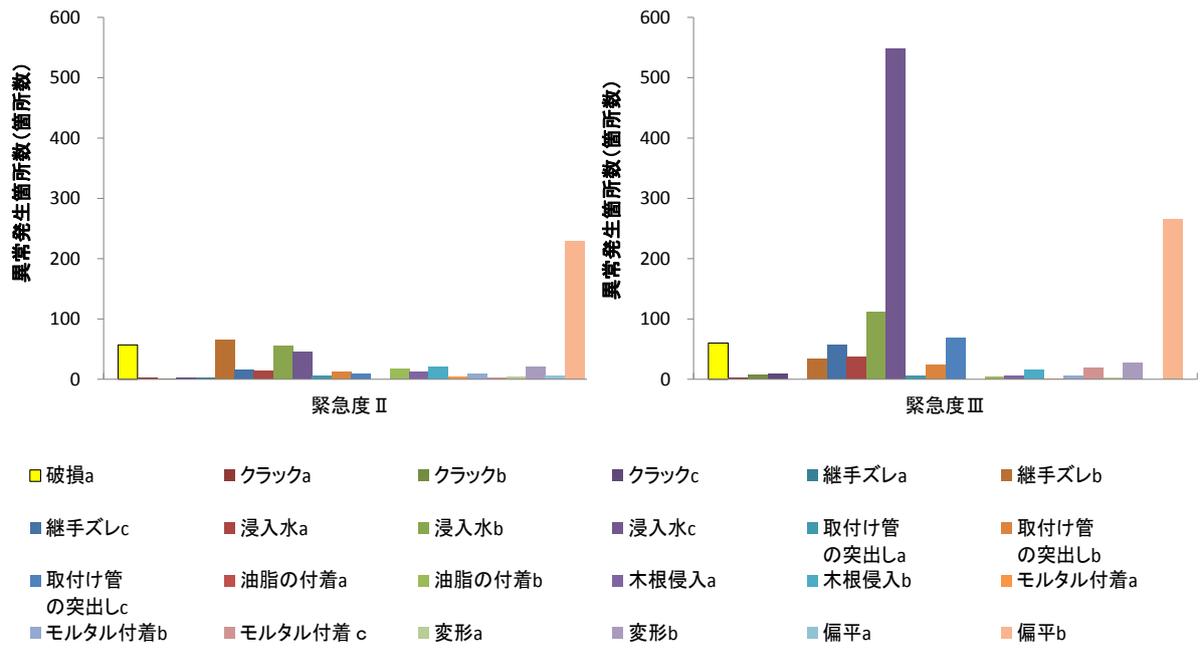


図 4-42 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

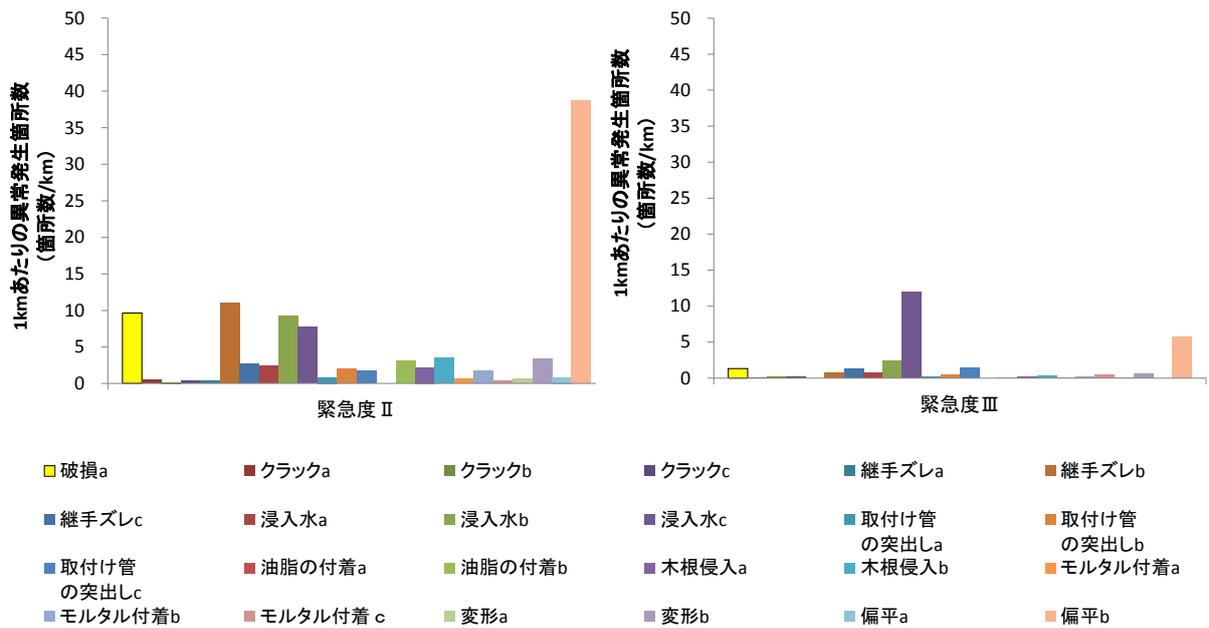


図 4-43 緊急度ランク別異常項目ランクごとの 1km あたりの異常発生箇所数 (緊急度 I 除く)

(2) 緊急度決定要因別の緊急度診断への寄与率

緊急度を決定する要因（以下、「緊急度決定要因」）としては、図 4-39 に示すとおり、第一評価項目として、上下方向のたるみ（A、B、C）があり、第二評価項目として、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出し、油脂付着、木根侵入、モルタル付着、変形、偏平の不良発生率（A、B、C）がある。

緊急度決定要因別に緊急度ランクごとのスパン数を集計（表 4-19）し、寄与率を求めた。

なお、寄与率は下式の通りとする。

$$\text{寄与率 (\%)} = \frac{\text{緊急度決定要因別緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}}{\text{緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}} \times 100$$

表 4-19 緊急度決定要因別緊急度ごとのスパン数

緊急度決定要因	緊急度ランク		
	緊急度 I	緊急度 II	緊急度 III
たるみA+不良A	1	0	0
たるみA+不良B	0	12	0
たるみA+不良C	0	8	0
たるみB+不良A	0	5	0
たるみB+不良B	0	15	0
たるみB+不良C	0	0	20
たるみC+不良A	0	29	0
たるみC+不良B	0	0	153
たるみC+不良C	0	0	73
たるみAのみ	0	44	0
たるみBのみ	0	0	100
たるみCのみ	0	0	517
不良Aのみ	0	108	0
不良Bのみ	0	0	279
不良Cのみ	0	0	187
総計(スパン)	1	221	1329

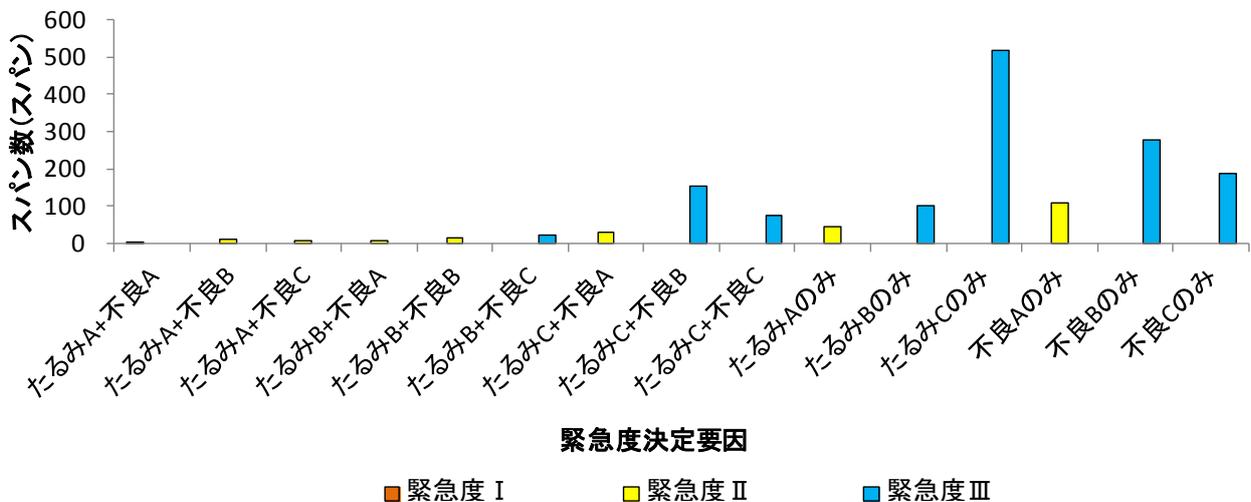


図 4-44 緊急度決定要因別緊急度ごとのスパン数

表 4-20 緊急度決定要因別緊急度ごとの寄与率

緊急度決定要因	緊急度Ⅰと診断する 場合の寄与率(%)	緊急度Ⅱと診断する 場合の寄与率(%)	緊急度Ⅲと診断する 場合の寄与率(%)
たるみA+不良A	100.0	0.0	0.0
たるみA+不良B	0.0	5.4	0.0
たるみA+不良C	0.0	3.6	0.0
たるみB+不良A	0.0	2.3	0.0
たるみB+不良B	0.0	6.8	0.0
たるみB+不良C	0.0	0.0	1.5
たるみC+不良A	0.0	13.1	0.0
たるみC+不良B	0.0	0.0	11.5
たるみC+不良C	0.0	0.0	5.5
たるみAのみ	0.0	19.9	0.0
たるみBのみ	0.0	0.0	7.5
たるみCのみ	0.0	0.0	38.9
不良Aのみ	0.0	48.9	0.0
不良Bのみ	0.0	0.0	21.0
不良Cのみ	0.0	0.0	14.1
総計(%)	100.0	100.0	100.0

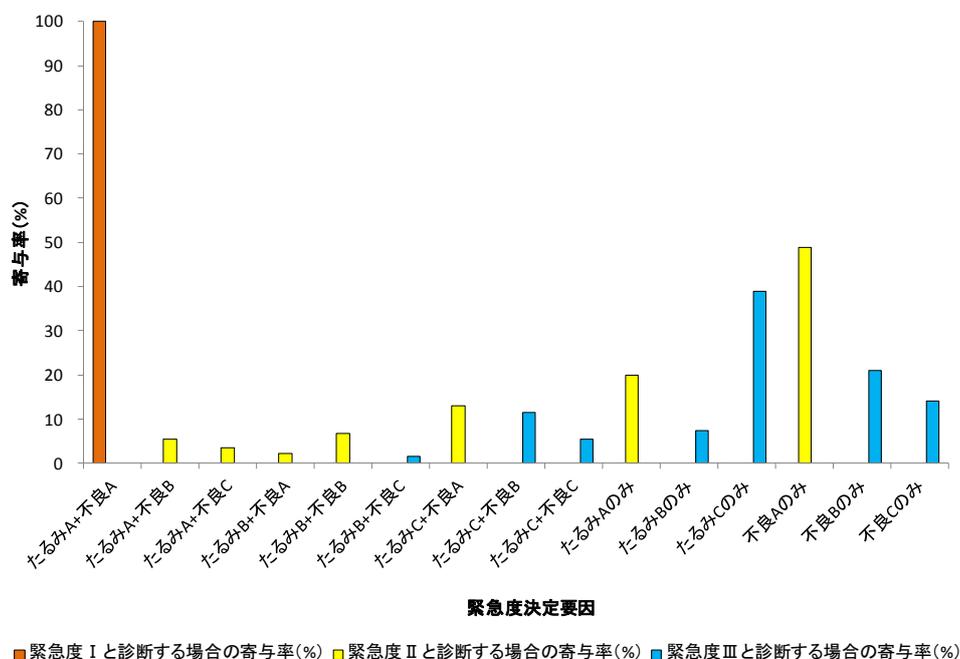


図 4-45 緊急度決定要因別緊急度ごとの寄与率

緊急度Ⅱの主な決定要因は、不良発生率Aであり、約64%の寄与率である（たるみB+不良発生率A：2.3%、たるみC+不良発生率A：13.1%、不良発生率A：48.9%）。なお、たるみAの割合は約29%（たるみA+不良発生率B：5.4%、たるみA+不良発生率C：3.6%、たるみA：19.9%）である。

緊急度Ⅲ決定要因に関しては、たるみBまたはCが影響している場合が約65%の寄与率であり（たるみB+不良発生率C：1.5%、たるみC+不良発生率B：11.5%、たるみC+不良発生率C：5.5%、たるみB：7.5%、たるみC：38.9%）、また、不良発生率BまたはCが影響している場合が約54%の寄与率である（たるみB+不良発生率C：1.5%、たるみC+不良発生率B：11.5%、たるみC+不良発生率C：5.5%、不良発生率B：21.0%、不良発生率C：14.1%）。

(3) 異常項目ランク別の緊急度診断への寄与率

緊急度決定要因の一つである不良発生率は、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付け管の突出し、油脂の付着、木根侵入、モルタル付着、変形、偏平の異常項目の発生割合により算出される。

そこで、異常項目ランク別に緊急度ランクごとのスパン数を集計し、寄与率を求めた。なお、寄与率は下式の通りとする。

$$\text{寄与率(\%)} = \frac{\text{異常項目ランク別緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}}{\text{緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}} \times 100$$

表 4-21 異常項目ランク別緊急度ごとのスパン数

異常項目ランク	緊急度ランク		
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ
破損a	1	42	54
クラックa	0	1	3
クラックb	0	1	7
クラックc	0	2	5
継手ズレa	0	2	0
継手ズレb	0	26	32
継手ズレc	0	13	51
浸入水a	0	11	35
浸入水b	1	38	100
浸入水c	0	31	333
取付け管の突出しa	0	3	6
取付け管の突出しb	0	10	21
取付け管の突出しc	0	5	53
油脂の付着a	0	0	0
油脂の付着b	0	5	4
油脂の付着c	0	0	0
木根侵入a	0	7	6
木根侵入b	0	13	13
モルタル付着a	0	2	1
モルタル付着b	0	6	6
モルタル付着c	0	2	14
変形a	0	3	2
変形b	0	8	19
偏平a	0	4	0
偏平b	0	74	155
総計(スパン)	2	309	920
緊急度ランク別総スパン数(スパン)	1	221	1329

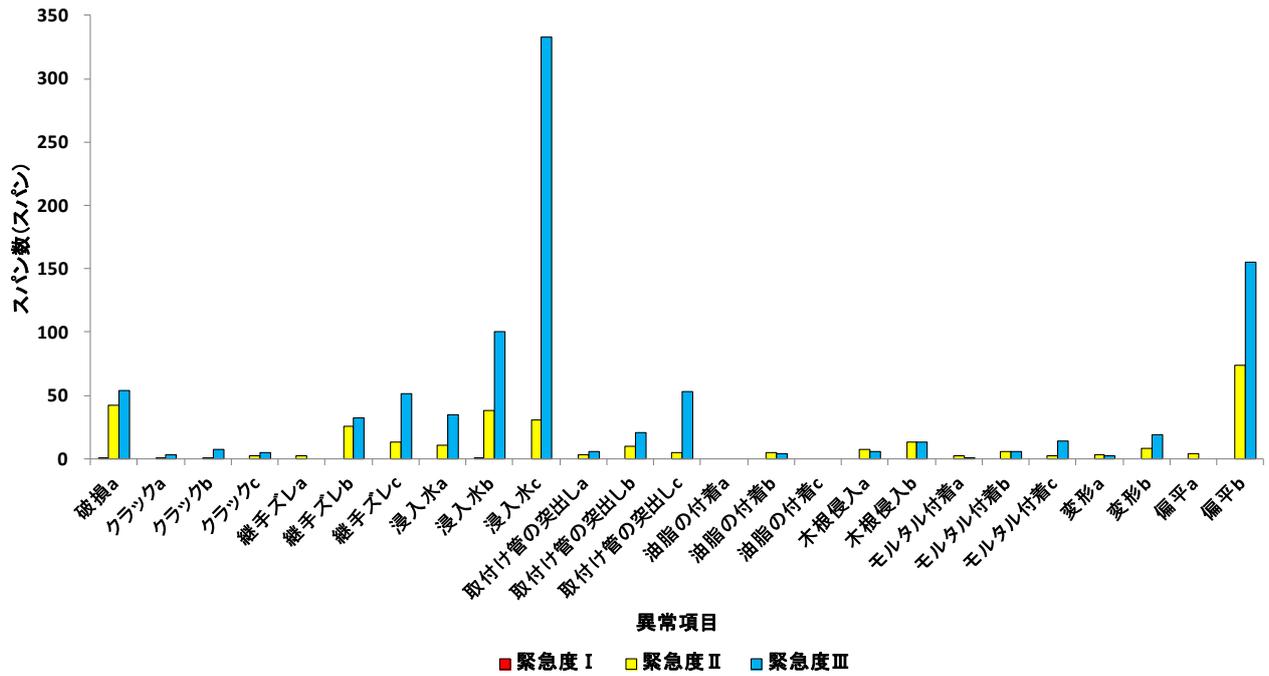


図 4-46 異常項目ランク別緊急度ごとのスパン数

表 4-22 異常項目ランク別緊急度ごとの寄与率

異常項目ランク	緊急度 I と診断する 場合の寄与率 (%)	緊急度 II と診断する 場合の寄与率 (%)	緊急度 III と診断する 場合の寄与率 (%)
破損a	100.0	19.0	4.1
クラックa	0.0	0.5	0.2
クラックb	0.0	0.5	0.5
クラックc	0.0	0.9	0.4
継手ズレa	0.0	0.9	0.0
継手ズレb	0.0	11.8	2.4
継手ズレc	0.0	5.9	3.8
浸入水a	0.0	5.0	2.6
浸入水b	100.0	17.2	7.5
浸入水c	0.0	14.0	25.1
取付け管の突出しa	0.0	1.4	0.5
取付け管の突出しb	0.0	4.5	1.6
取付け管の突出しc	0.0	2.3	4.0
油脂の付着a	0.0	0.0	0.0
油脂の付着b	0.0	2.3	0.3
油脂の付着c	0.0	0.0	0.0
木根侵入a	0.0	3.2	0.5
木根侵入b	0.0	5.9	1.0
モルタル付着a	0.0	0.9	0.1
モルタル付着b	0.0	2.7	0.5
モルタル付着c	0.0	0.9	1.1
変形a	0.0	1.4	0.2
変形b	0.0	3.6	1.4
偏平a	0.0	1.8	0.0
偏平b	0.0	33.5	11.7

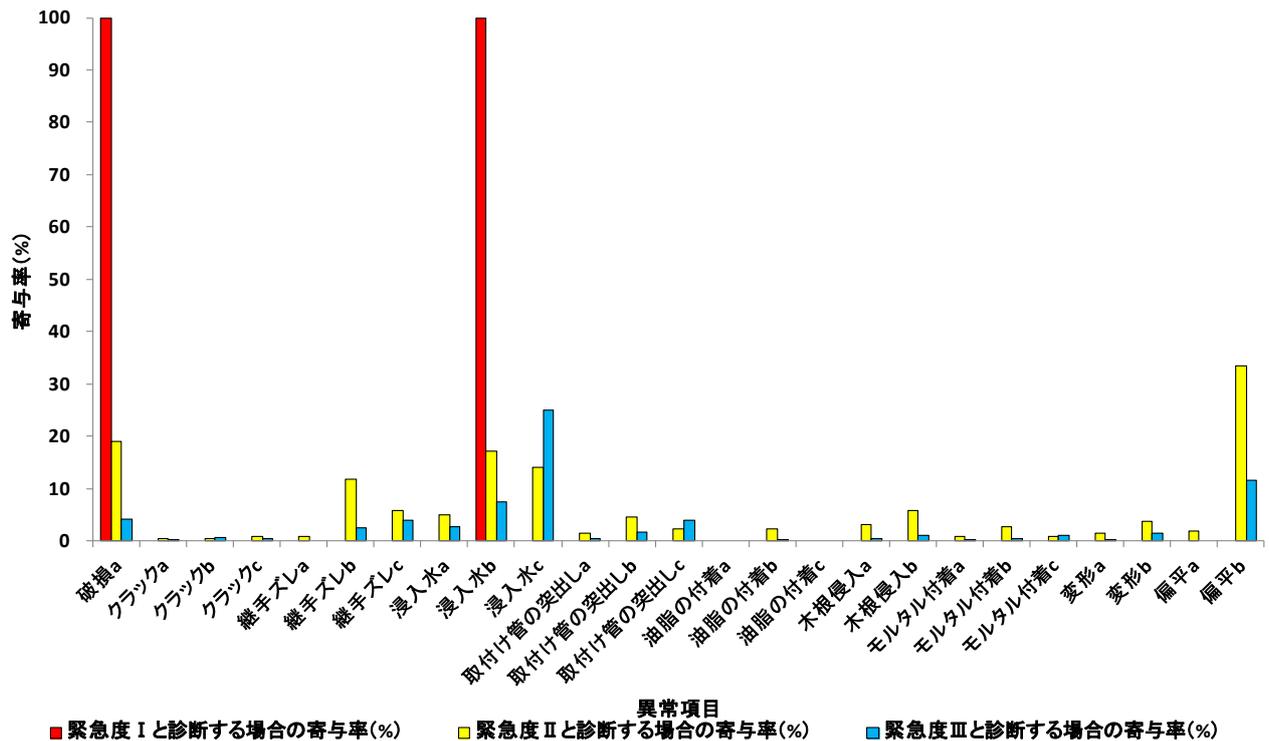


図 4-47 異常項目ランク別緊急度ごとの寄与率

緊急度 II と診断する場合の異常項目ランク別の寄与率上位 3 つは、上から順に偏平 b、破損 a、浸入水 b であった (図 4-47)。緊急度 II の決定要因の寄与率へは、不良発生率 A が大きく影響していることから (図 4-45)、緊急度 II と管種属性の関係について検討する際には、3 章で検討した偏平、破損、浸入水と管種属性の関係を考慮する必要があると考えられる。

緊急度 III と診断する場合の異常項目ランク別の寄与率上位 3 つは、上から順に浸入水 c、偏平 b、浸入水 b であった (図 4-47)。緊急度 III 決定要因の寄与率に対し、若干の差はあるがたるみおよび不良発生率ともに影響していると考えられる (図 4-45)。そのため、緊急度 III と管種属性の関係について検討する際には、緊急度 II と同様に 3 章で検討した偏平、浸入水と管種属性の関係を考慮するとともに、たるみと管種属性の関係についても考慮する必要があると考えられる。

4.6.3. 緊急度と各種管属性との関連性の把握

本項では、前項 4.6.2 で検討の対象とした緊急度ランクと、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) 管径別緊急度ランクごとのスパン数の整理

管径別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。なお、管径が 150mm 未満と 350mm 以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表 4-24 の集計から除外した。

表 4-23 管径別緊急度ランクごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
100	0	0	1	0	1
125	0	1	0	0	1
150	1	53	615	503	1172
200	0	75	312	1226	1613
250	0	75	328	722	1125
300	0	12	40	93	145
350	0	0	18	10	28
400	0	4	12	8	24
450	0	1	3	3	7
総計	1	221	1329	2565	4116

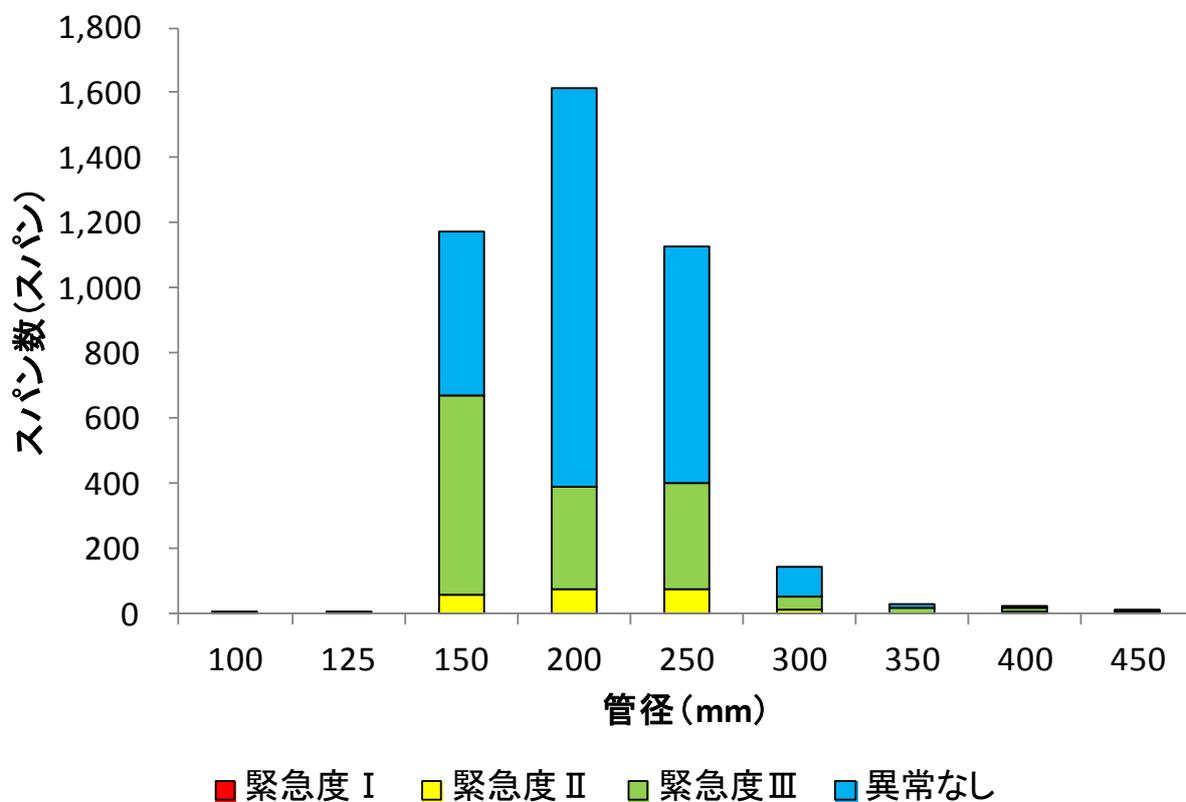


図 4-48 管径別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-24 管径別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
150	1,172	0.1	4.5	52.5	42.9	100.0
200	1,613	0.0	4.6	19.3	76.0	100.0
250	1,125	0.0	6.7	29.2	64.2	100.0
300	145	0.0	8.3	27.6	64.1	100.0
平均	1,014	0.0	6.0	32.1	61.8	100.0

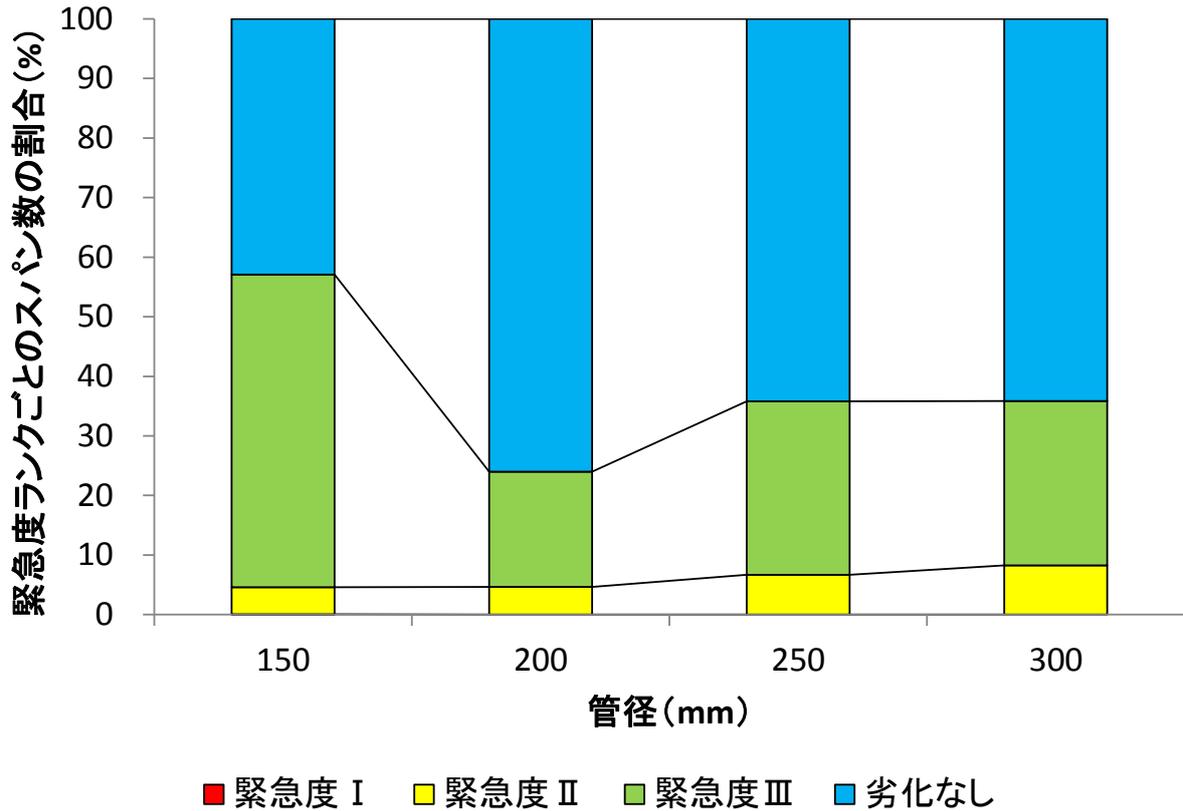


図 4-49 管径別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は管径が大きいく程大きくなる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには扁平の寄与率が大きいため、扁平と管径の関係が影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合と管径との関係に一樣な傾向が見られない。緊急度Ⅲの決定要因はたるみ B または C と不良発生率 B または C が同等であることより、たるみと管径の関係と不良発生率と管径の関係が同様な傾向を示していない可能性が示唆される。

(2) スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-25 と図 4-50 に示す。また、スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-26 と図 4-51 に示す。

表 4-25 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
0-10m	0	37	133	534	704
10-20m	0	50	215	595	860
20-30m	1	52	272	578	903
30-40m	0	30	242	424	696
40-50m	0	32	220	262	514
50-60m	0	11	90	89	190
60m以上	0	9	157	83	249
総計	1	221	1329	2565	4116

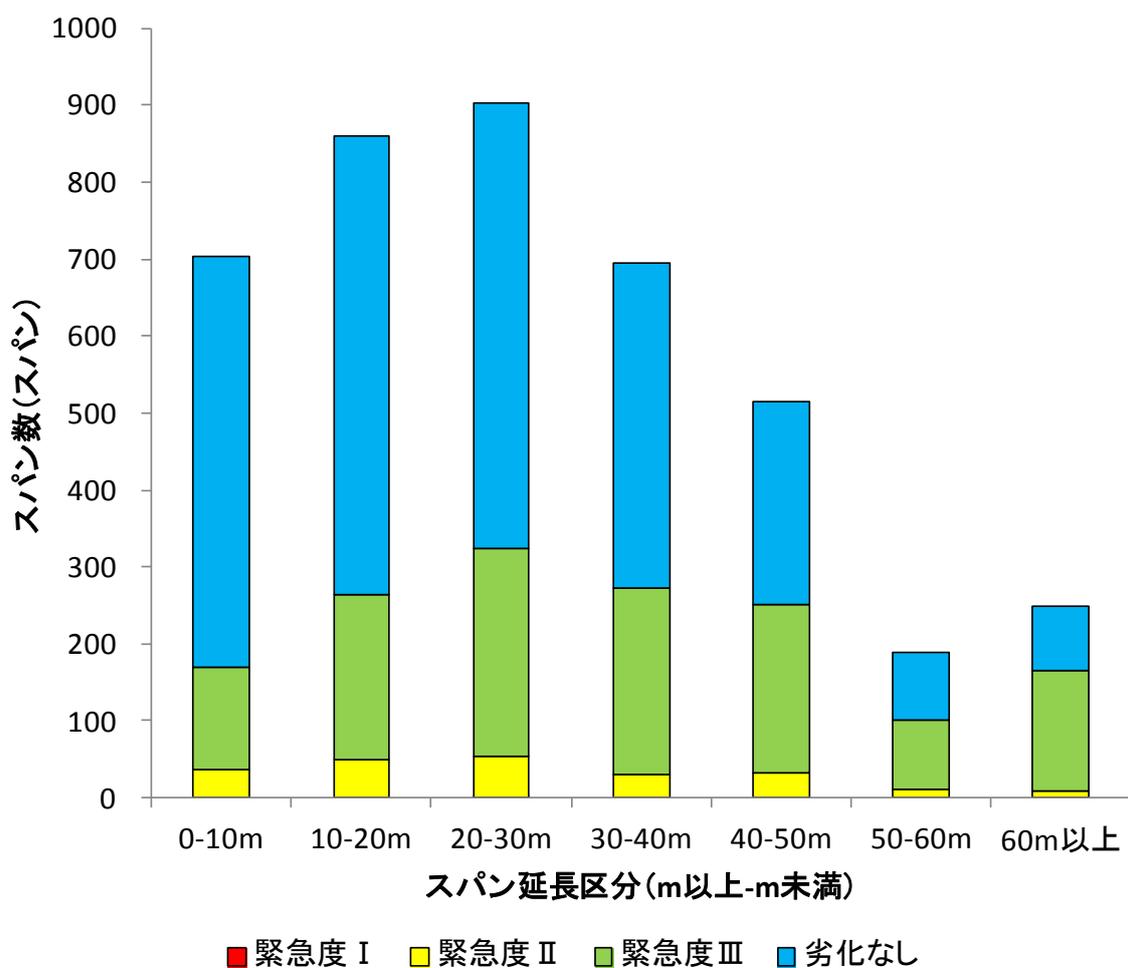


図 4-50 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-26 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
0-10m	704	0.0	5.3	18.9	75.9	100.0
10-20m	860	0.0	5.8	25.0	69.2	100.0
20-30m	903	0.1	5.8	30.1	64.0	100.0
30-40m	696	0.0	4.3	34.8	60.9	100.0
40-50m	514	0.0	6.2	42.8	51.0	100.0
50-60m	190	0.0	5.8	47.4	46.8	100.0
60m以上	249	0.0	3.6	63.1	33.3	100.0
平均	588	0.0	5.3	37.4	57.3	100.0

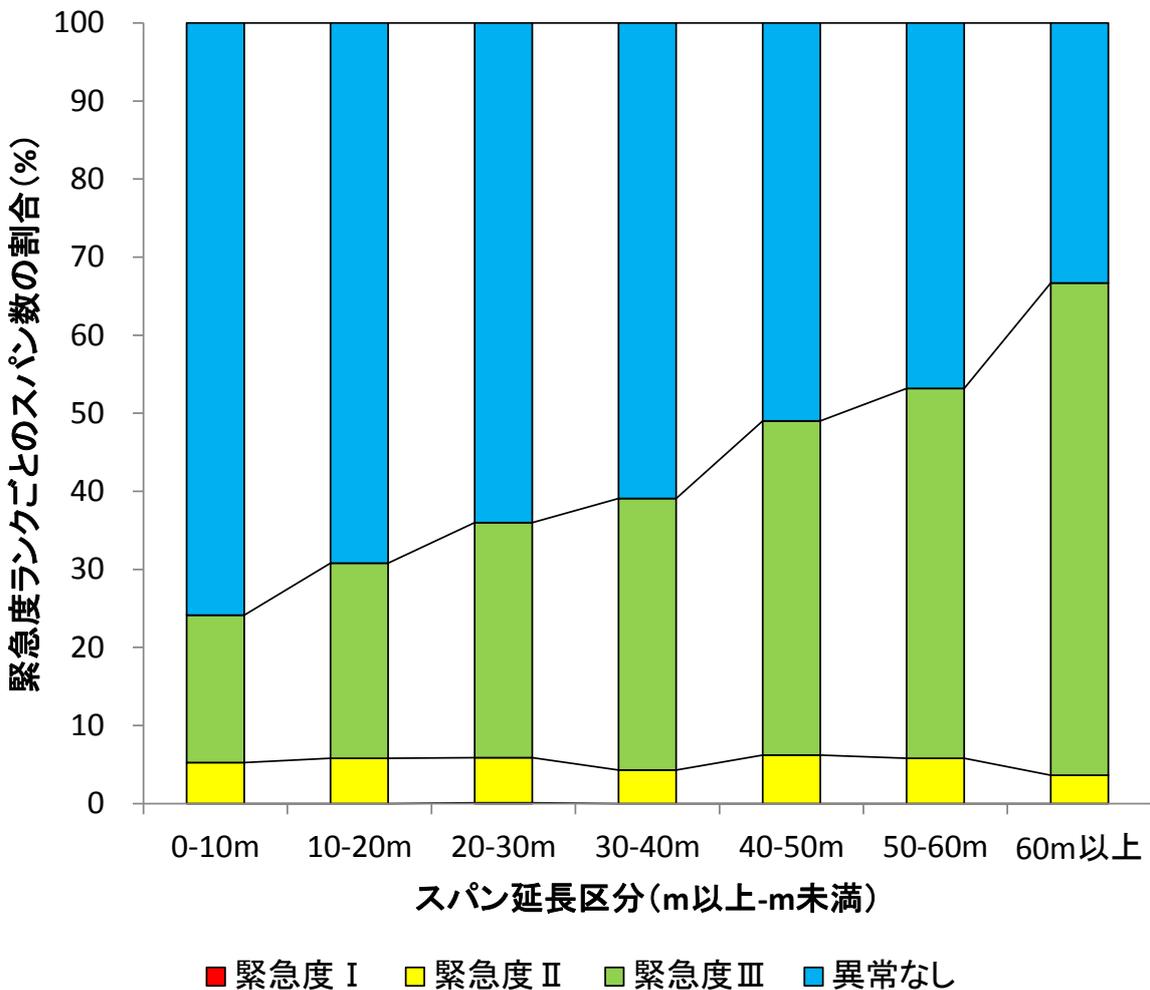


図 4-51 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は緊急度Ⅲと比較しスパン長の影響を受けていないといえる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平とスパン長の関係に一樣な線形的な傾向が見られないことが影響していると考えられる (3章5節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合はスパン長が大きい程大きくなる。これは、スパン長が大きい程1スパン内に異常発生する可能性が上がること、また、スパン長が大きい程たるみやすい可能性が示唆される。

(3) 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の整理

管本数別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-27 と図 4-52 に示す。また、管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-28 と図 4-53 に示す。

表 4-27 管本数別緊急度ランクごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
1	0	5	15	94	114
2	0	20	50	205	275
3	0	15	44	184	243
4	0	20	75	225	320
5	1	21	78	224	324
6	0	21	82	240	343
7	0	17	92	226	335
8	0	14	101	232	347
9	0	16	86	176	278
10	0	14	91	150	255
11	0	13	75	117	205
12	0	8	81	131	220
13	0	9	66	77	152
14	0	4	33	55	92
15	0	2	50	37	89
16	0	5	36	27	68
17	0	3	22	24	49
18	0	1	15	16	32
19	0	0	29	16	45
20	0	1	23	11	35
21	0	1	21	10	32
22	0	0	22	11	33
23	0	1	17	7	25
24	0	1	19	7	27
25	0	1	6	7	14
26	0	1	8	7	16
27	0	2	7	2	11
28	0	0	15	3	18
29	0	0	15	2	17
30	0	0	4	4	8
31	0	0	5	3	8
32	0	2	8	4	14
33	0	0	4	5	9
34	0	0	2	1	3
35	0	0	4	4	8
36	0	0	1	3	4
37	0	1	5	0	6
38	0	0	1	5	6
39	0	0	2	1	3
40	0	0	1	0	1
41	0	0	1	2	3
42	0	0	2	1	3
43	0	0	0	1	1
44	0	0	0	0	0
45	0	1	3	4	8
46	0	0	2	0	2
47	0	0	2	0	2
48	0	0	0	1	1
49	0	0	1	2	3
50	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0
52	0	0	1	0	1
53	0	0	1	0	1
54	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0
57	0	0	2	0	2
58	0	0	0	0	0
59	0	1	0	0	1
60	0	0	1	0	1
61	0	0	0	0	0
62	0	0	2	0	2
63	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0
70	0	0	0	1	1
総計	1	221	1329	2565	4116

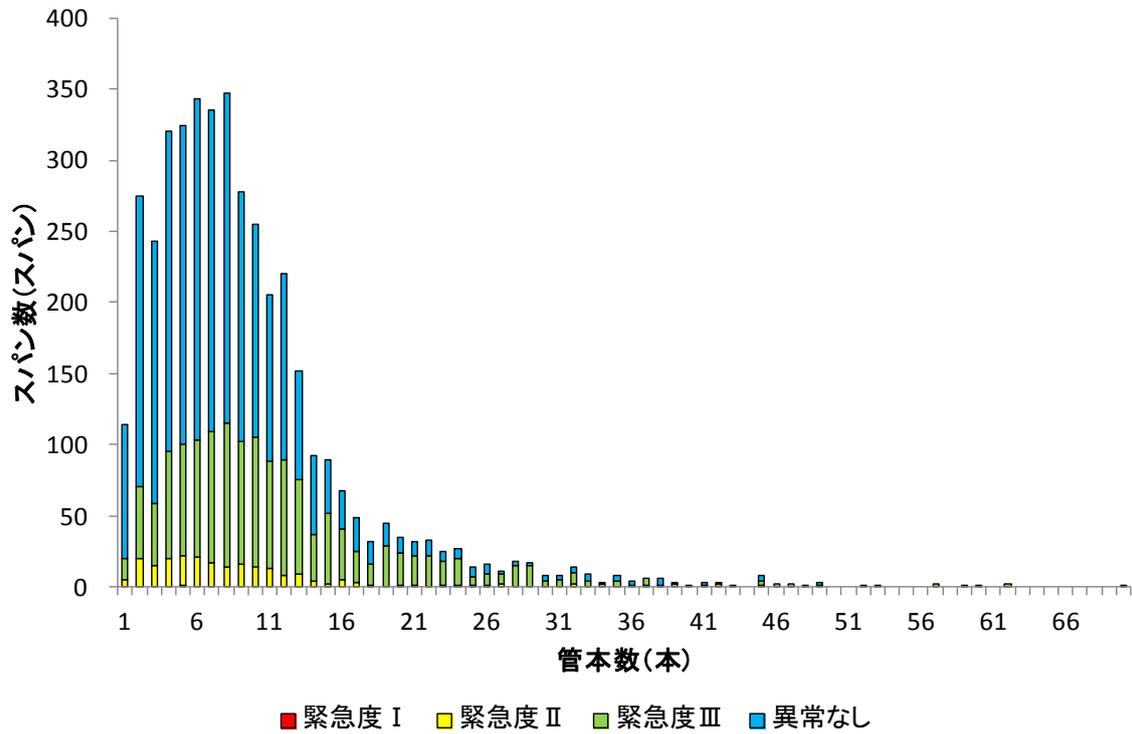


図 4-52 管本数別緊急度ランクごとのスパン数

管本数が 25 本以上のスパン数は小さく、管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、次表 4-28 の集計から除外した。

表 4-28 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
1	114	0.0	4.4	13.2	82.5	100.0
2	275	0.0	7.3	18.2	74.5	100.0
3	243	0.0	6.2	18.1	75.7	100.0
4	320	0.0	6.3	23.4	70.3	100.0
5	324	0.3	6.5	24.1	69.1	100.0
6	343	0.0	6.1	23.9	70.0	100.0
7	335	0.0	5.1	27.5	67.5	100.0
8	347	0.0	4.0	29.1	66.9	100.0
9	278	0.0	5.8	30.9	63.3	100.0
10	255	0.0	5.5	35.7	58.8	100.0
11	205	0.0	6.3	36.6	57.1	100.0
12	220	0.0	3.6	36.8	59.5	100.0
13	152	0.0	5.9	43.4	50.7	100.0
14	92	0.0	4.3	35.9	59.8	100.0
15	89	0.0	2.2	56.2	41.6	100.0
16	68	0.0	7.4	52.9	39.7	100.0
17	49	0.0	6.1	44.9	49.0	100.0
18	32	0.0	3.1	46.9	50.0	100.0
19	45	0.0	0.0	64.4	35.6	100.0
20	35	0.0	2.9	65.7	31.4	100.0
21	32	0.0	3.1	65.6	31.3	100.0
22	33	0.0	0.0	66.7	33.3	100.0
23	25	0.0	4.0	68.0	28.0	100.0
24	27	0.0	3.7	70.4	25.9	100.0
平均	164	0.0	4.6	41.6	53.8	100.0

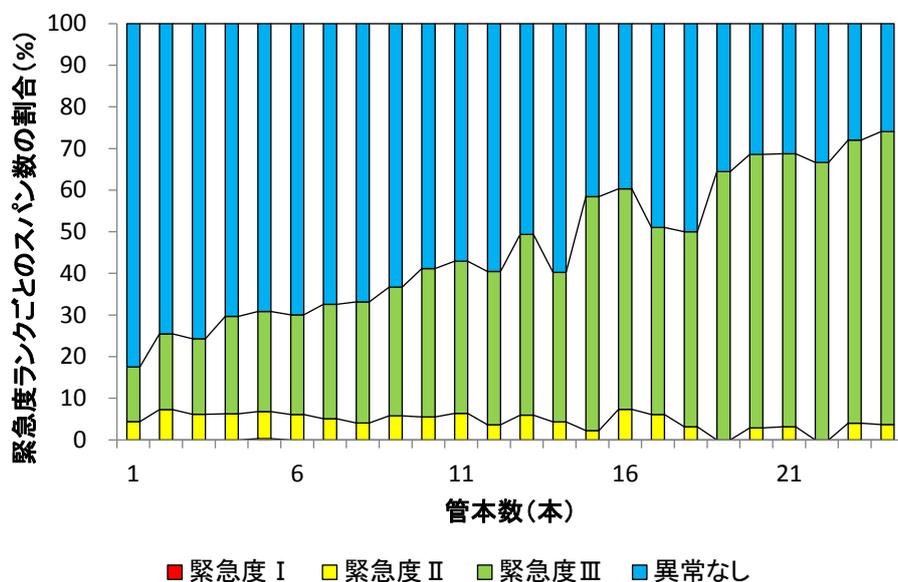


図 4-53 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管本数と緊急度の関係は、スパン長と緊急度の関係（図 4-51 参照）と類似している。これは、管本数が多ければスパン長も長くなるため、同様の傾向を示していると考えられる。

(4) 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-29 と図 4-54 に示す。また、は取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-30 と図 4-55 に示す。

表 4-29 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
0	1	91	492	1045	1629
1	0	42	214	474	730
2	0	24	166	361	551
3	0	19	152	234	405
4	0	13	94	165	272
5	0	8	75	105	188
6	0	9	43	65	117
7	0	7	29	38	74
8	0	2	28	25	55
9	0	4	11	14	29
10	0	0	12	15	27
11	0	1	5	8	14
12	0	0	6	5	11
13	0	0	0	3	3
14	0	1	0	3	4
15	0	0	0	2	2
16	0	0	0	2	2
17	0	0	0	1	1
18	0	0	2	0	2
総計	1	221	1329	2565	4116

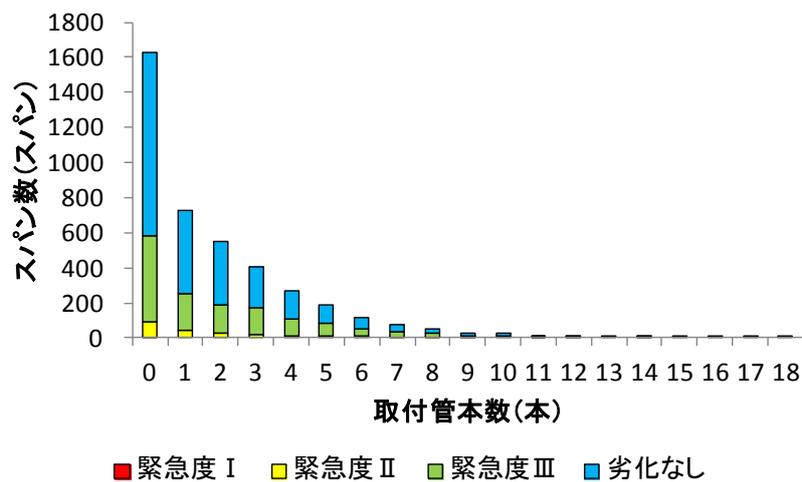


図 4-54 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数

取付管本数が9本以上はスパン数が小さく、取付管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、次表 4-30 の集計から除外した。

表 4-30 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
0	1,629	0.1	5.6	30.2	64.1	100.0
1	730	0.0	5.8	29.3	64.9	100.0
2	551	0.0	4.4	30.1	65.5	100.0
3	405	0.0	4.7	37.5	57.8	100.0
4	272	0.0	4.8	34.6	60.7	100.0
5	188	0.0	4.3	39.9	55.9	100.0
6	117	0.0	7.7	36.8	55.6	100.0
7	74	0.0	9.5	39.2	51.4	100.0
8	55	0.0	3.6	50.9	45.5	100.0
平均	447	0.0	5.6	36.5	57.9	100.0

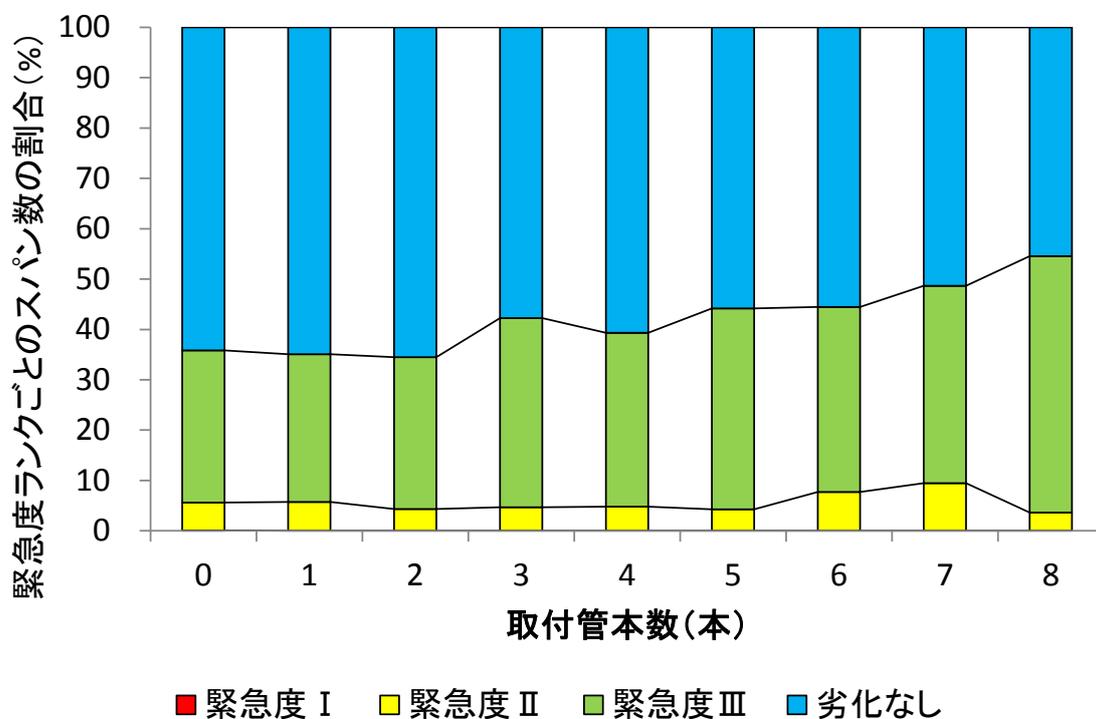


図 4-55 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合はともに、取付管本数の影響を受けていないと考えられる。これは、偏平と取付管本数や浸入水と取付管本数の関係に一樣な傾向が見られないことが関係していると考えられる(3章7節参照)。

また、同様に、たるみと取付管の関係にも一樣な傾向がないことが示唆される。

(5) 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-31 と図 4-56 に示す。また、土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-32 と図 4-57 に示す。なお、土被りが4m以上は標本数が少ないため統合し、また、土被りが不明のものは集計から除外した。

表 4-31 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
1m未満	0	29	36	273	338
1-2m	0	96	726	1370	2192
2-3m	0	34	256	355	645
3-4m	1	14	73	67	155
4-5m	0	8	25	17	50
5-6m	0	1	10	4	15
6-7m	0	0	0	1	1
7-8m	0	0	3	0	3
不明	0	39	200	478	717
総計	1	221	1,329	2,565	4116

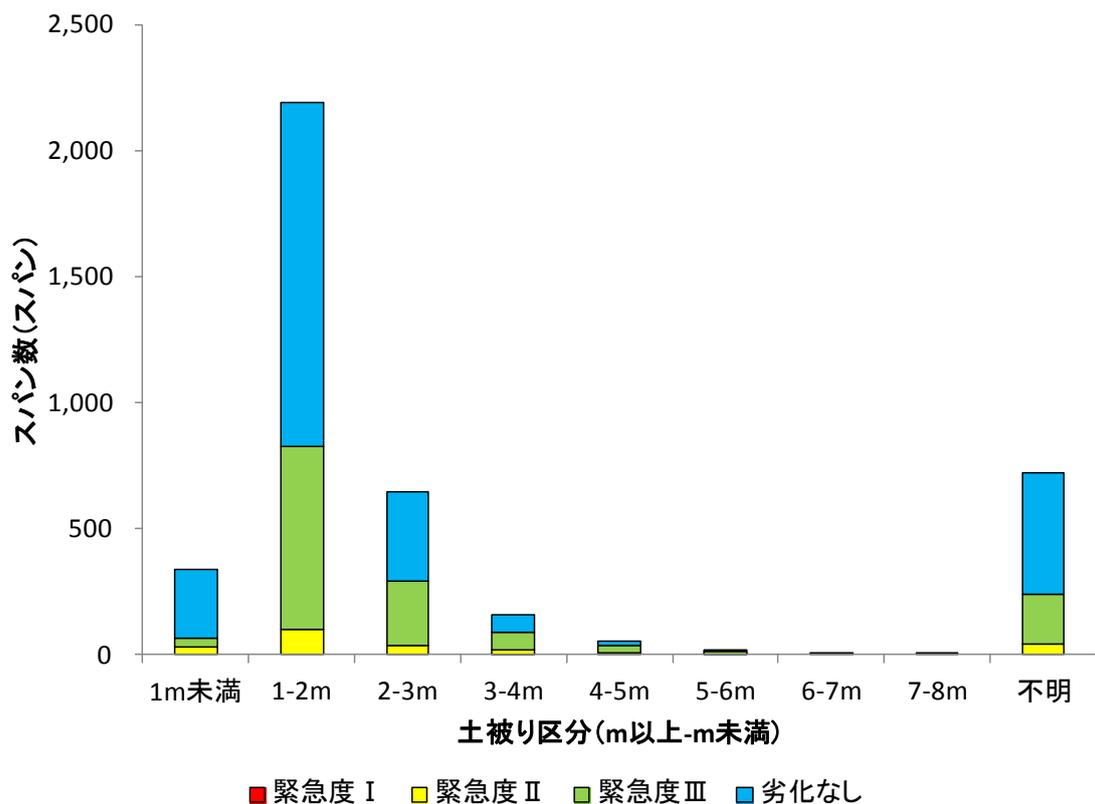


図 4-56 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-32 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
1m未満	338	0.0	8.6	10.7	80.8	100.0
1-2m	2,192	0.0	4.4	33.1	62.5	100.0
2-3m	645	0.0	5.3	39.7	55.0	100.0
3-4m	155	0.6	9.0	47.1	43.2	100.0
4m以上	69	0.0	13.0	55.1	31.9	100.0
平均	680	0.1	8.1	37.1	54.7	100.0

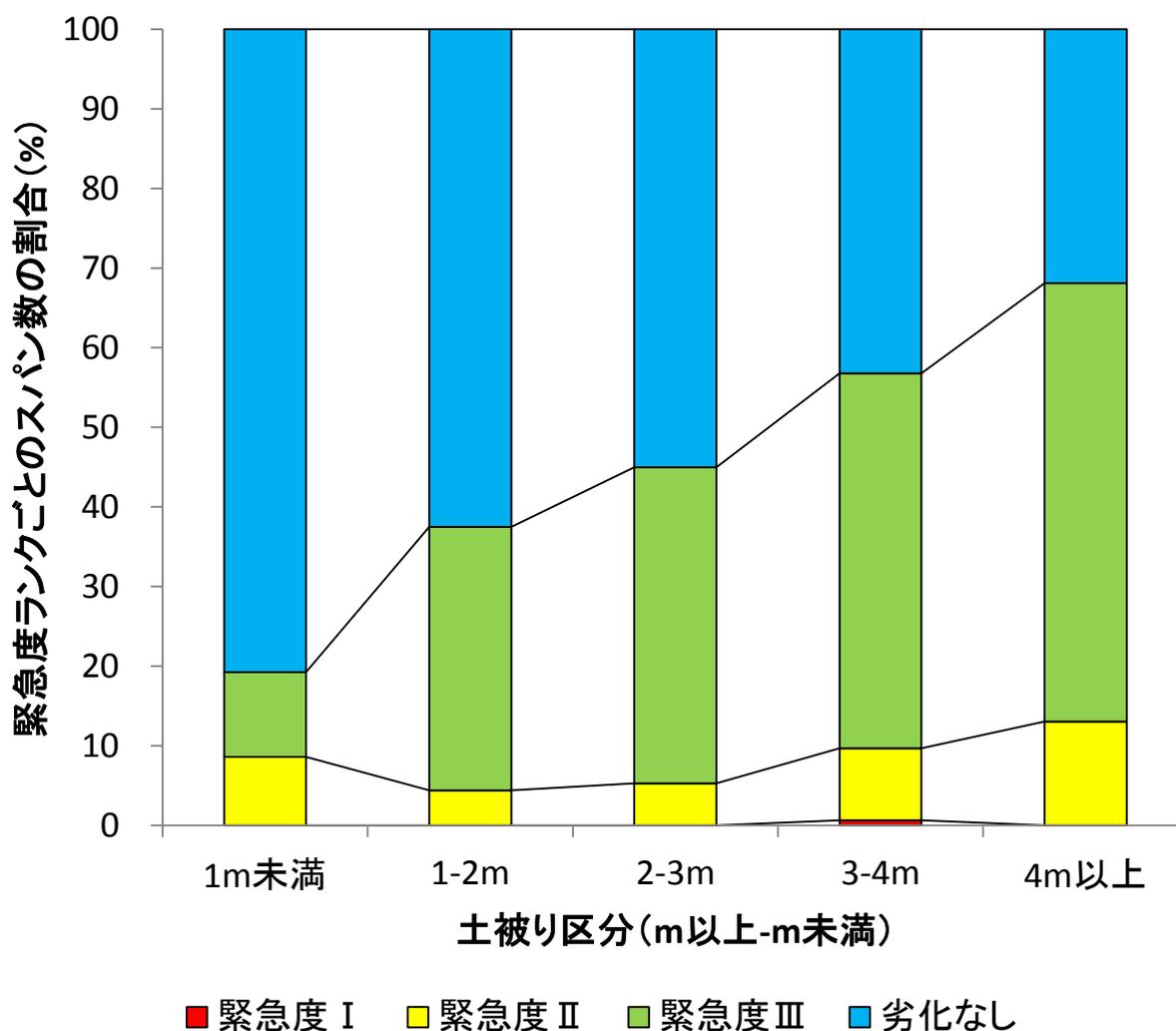


図 4-57 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は土被り 1m未満において大きく、また 1m以上では線形的に割合が大きくなる傾向が見られる。これは、破損と土被り 1m未満の関係が影響し、かつ、土被りが大きくなるに連れて偏平と浸入水の異常箇所数が大きくなる傾向が影響していると考えられる (3章7節参照)。

緊急度Ⅲの割合は土被りが大きくなる程大きくなる傾向が見られる。これは、土被りが大きくなるに連れて偏平と浸入水の異常発生箇所数/kmが多くなる傾向が影響していると考えられる (3章7節参照)。

(6) 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-33 と図 4-58 に示す。また、道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-34 と図 4-59 に示す。なお、道路区分が私道のスパン数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。

表 4-33 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数

道路区分	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
市町村道	1	170	1043	2281	3495
都道府県道	0	14	64	104	182
国道	0	7	28	37	72
私道	0	12	5	3	20
不明	0	18	189	140	347
総計	1	221	1329	2565	4116

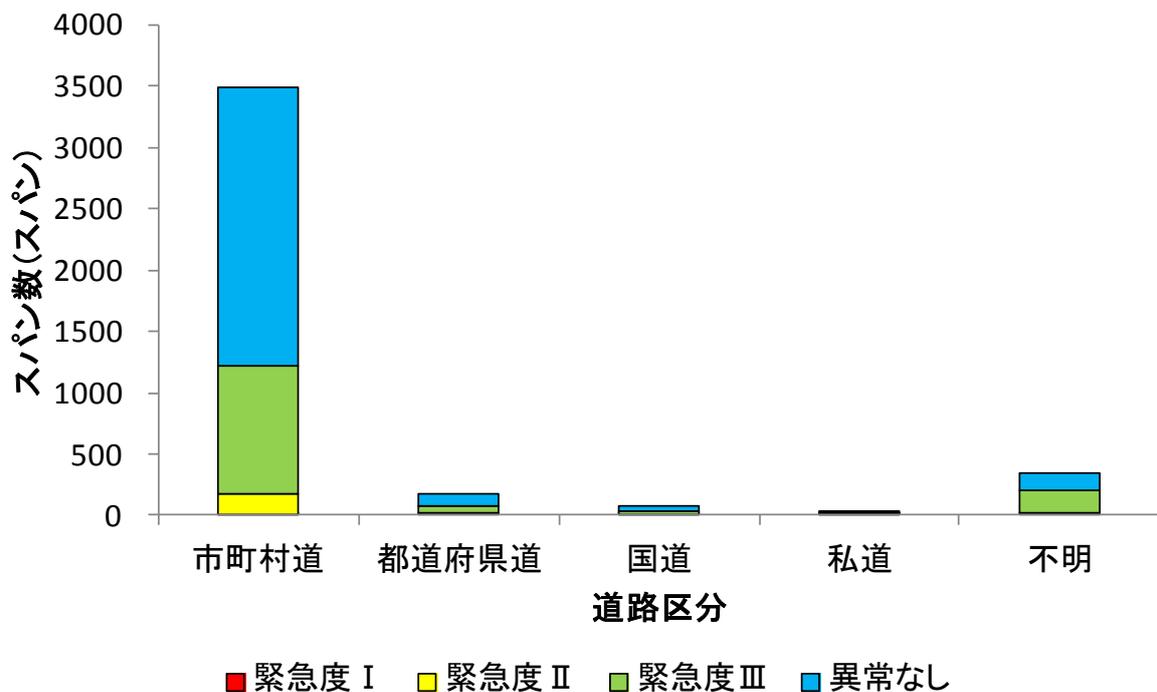


図 4-58 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-34 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
市町村道	3,495	0.0	4.9	29.8	65.3	100.0
都道府県道	182	0.0	7.7	35.2	57.1	100.0
国道	72	0.0	9.7	38.9	51.4	100.0
平均	1,250	0.0	7.4	34.6	57.9	100.0

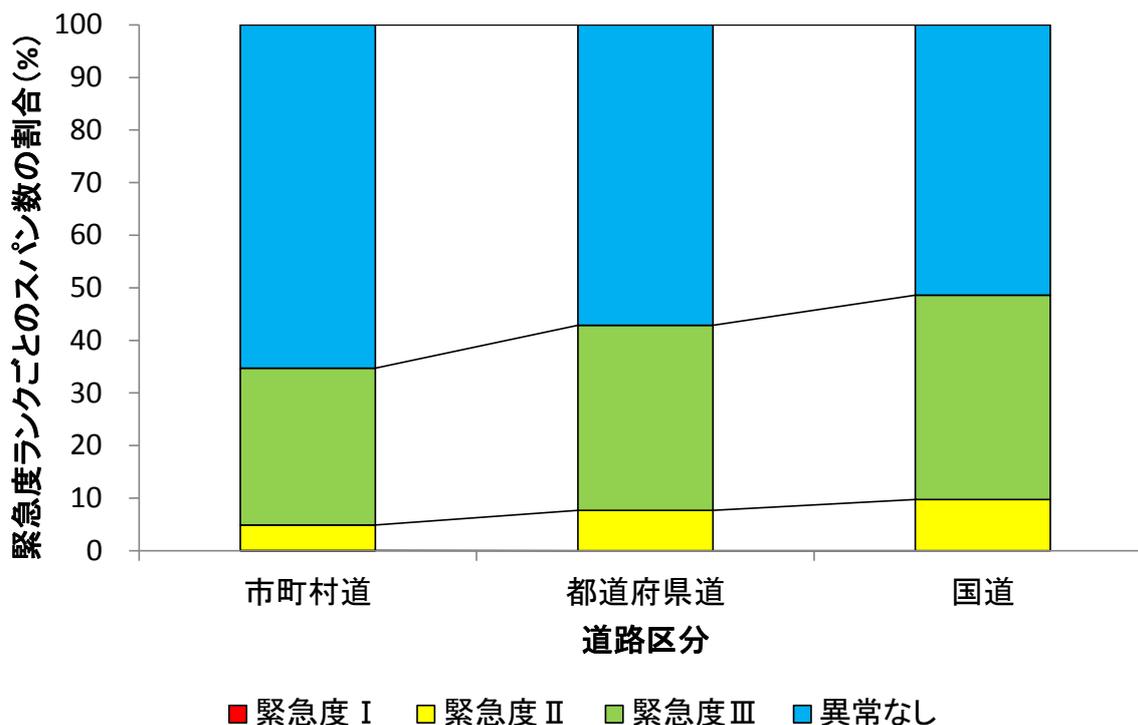


図 4-59 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合はともに、国道、都道府県道、市町村道の順に大きくなっている。国道が最も車両交通量が多く、また市町村道が最も少ないため、緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合の大小は車両交通量の大小による活荷重の影響を受けている可能性が示唆される。

ただし、3章7節で述べた通り、道路区分が国道および都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

(7) 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-35 と図 4-60 に示す。また、歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-36 と図 4-61 に示す。

なお、歩車道区分が市有地のスパン数は他と比較し少ないため、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。

表 4-35 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数

歩車道区分	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
車道	1	141	716	1783	2641
歩道	0	18	53	259	330
市有地	0	0	2	1	3
不明	0	62	558	522	1142
総計	1	221	1329	2565	4116

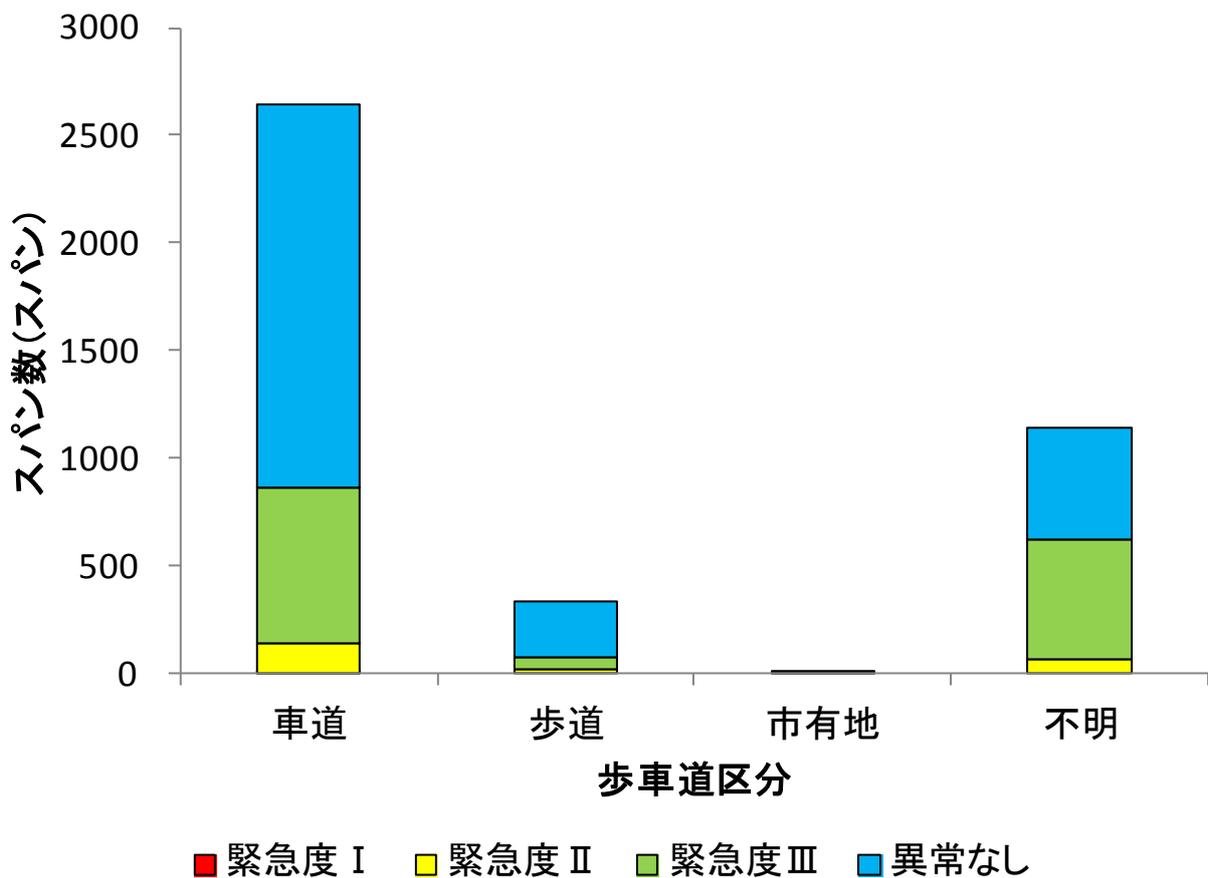


図 4-60 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-36 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
車道	2,641	0.0	5.3	27.1	67.5	100.0
歩道	330	0.0	5.5	16.1	78.5	100.0
平均	1,486	0.0	5.4	21.6	73.0	100.0

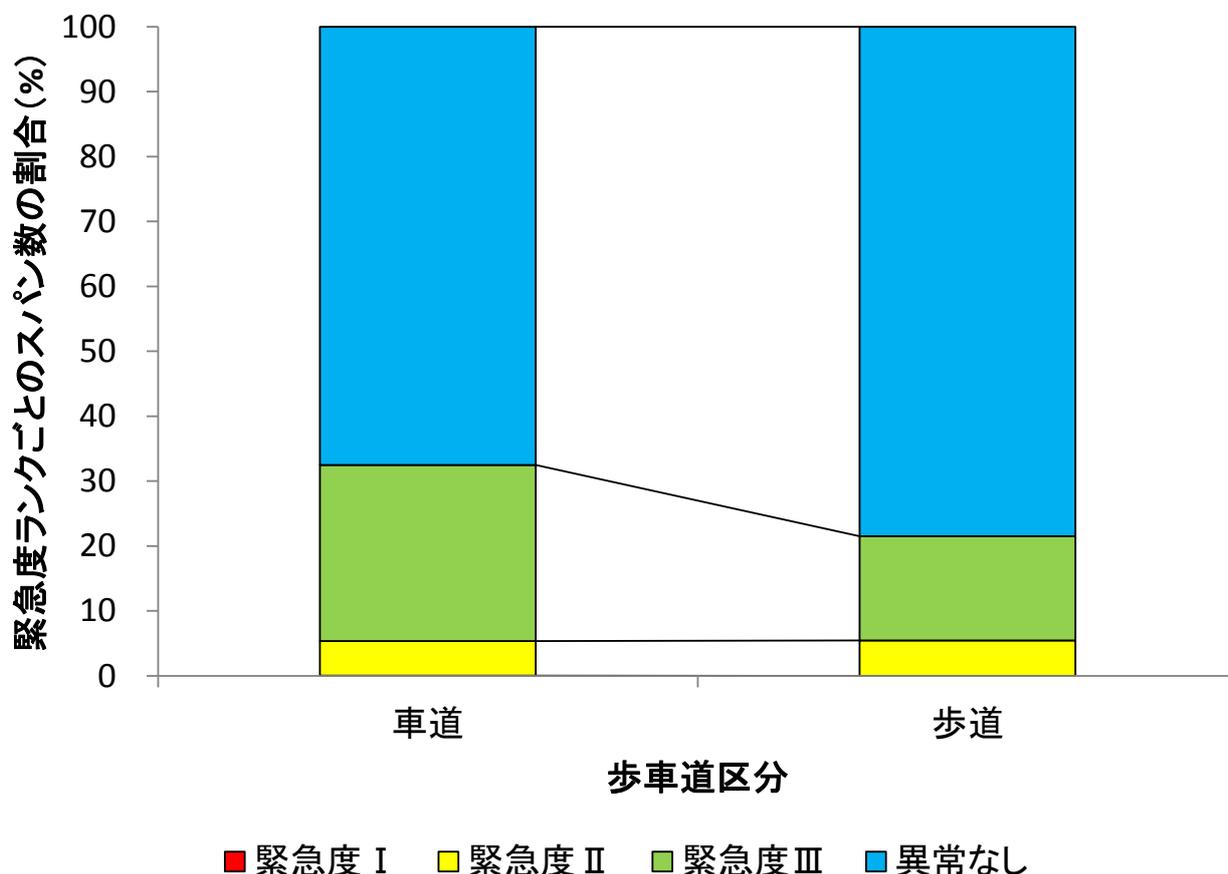


図 4-61 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合について、歩車道別の影響は小さい。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平と歩車道区分の関係に一樣な線形的な傾向が見られないことが影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合は車道の方が大きい。これは、緊急度Ⅲ判定条件が「スパン評価 A がなく、スパン評価 B が 1 項目もしくはスパン評価 C がある」となっており、「破損 a + 偏平 b」、「継手ズレ a」以外で、浸入水の寄与率が高いことが影響していると考えられる。

浸入水の異常発生箇所数/km は車道の方が高い傾向は 3章5節でも現れており、同じ傾向であることが言える。

(8) 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

施工方法別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-37 と図 4-62 に示す。また、施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-38 と図 4-63 に示す。なお、施工方法が不明なスパンについては、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「その他」または「不明」、かつ土被りが「不明」だった705スパンについては、表 4-38 の集計から除外した。

表 4-37 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数

施工方法	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
開削	1	62	405	296	764
開削想定	0	110	654	1719	2483
推進	0	0	9	8	17
推進想定	0	11	64	72	147
その他	0	0	2	4	6
不明	0	38	195	466	699
総計	1	221	1329	2565	4116

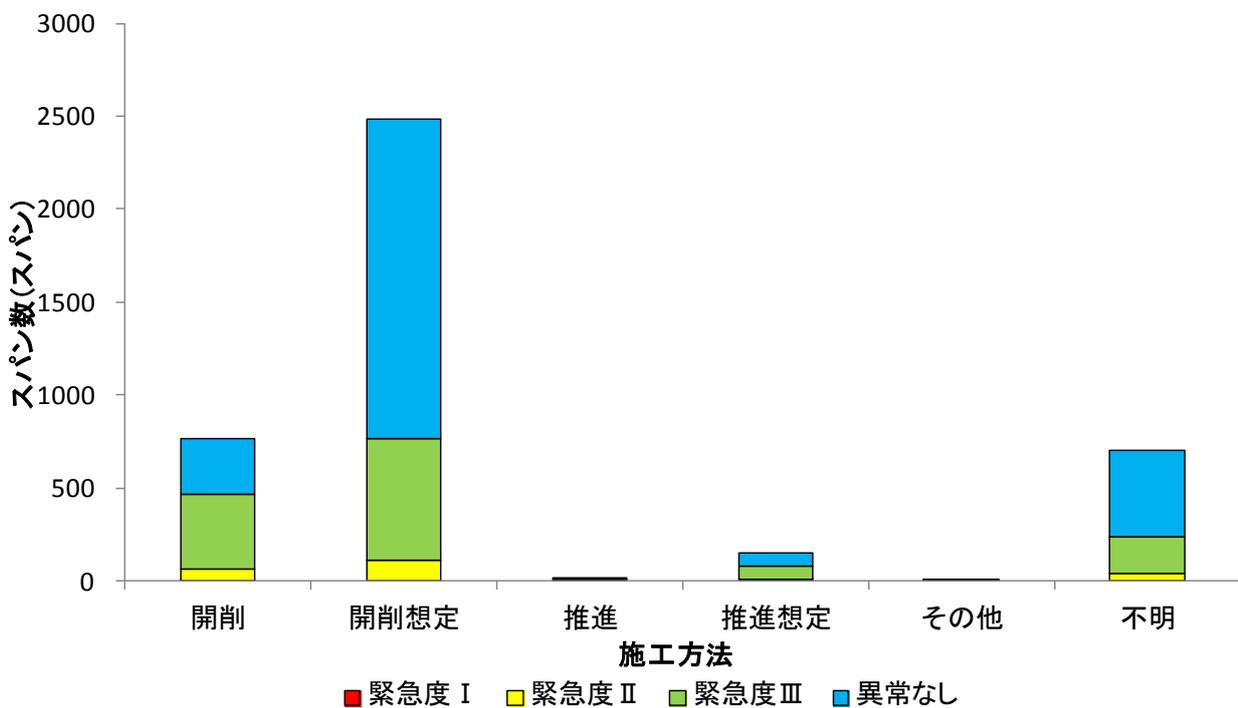


図 4-62 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-38 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
開削(想定含む)	3,247	0.0	5.3	32.6	62.1	100.0
推進(想定含む)	164	0.0	6.7	44.5	48.8	100.0
平均	1,706	0.0	6.0	38.6	55.4	100.0

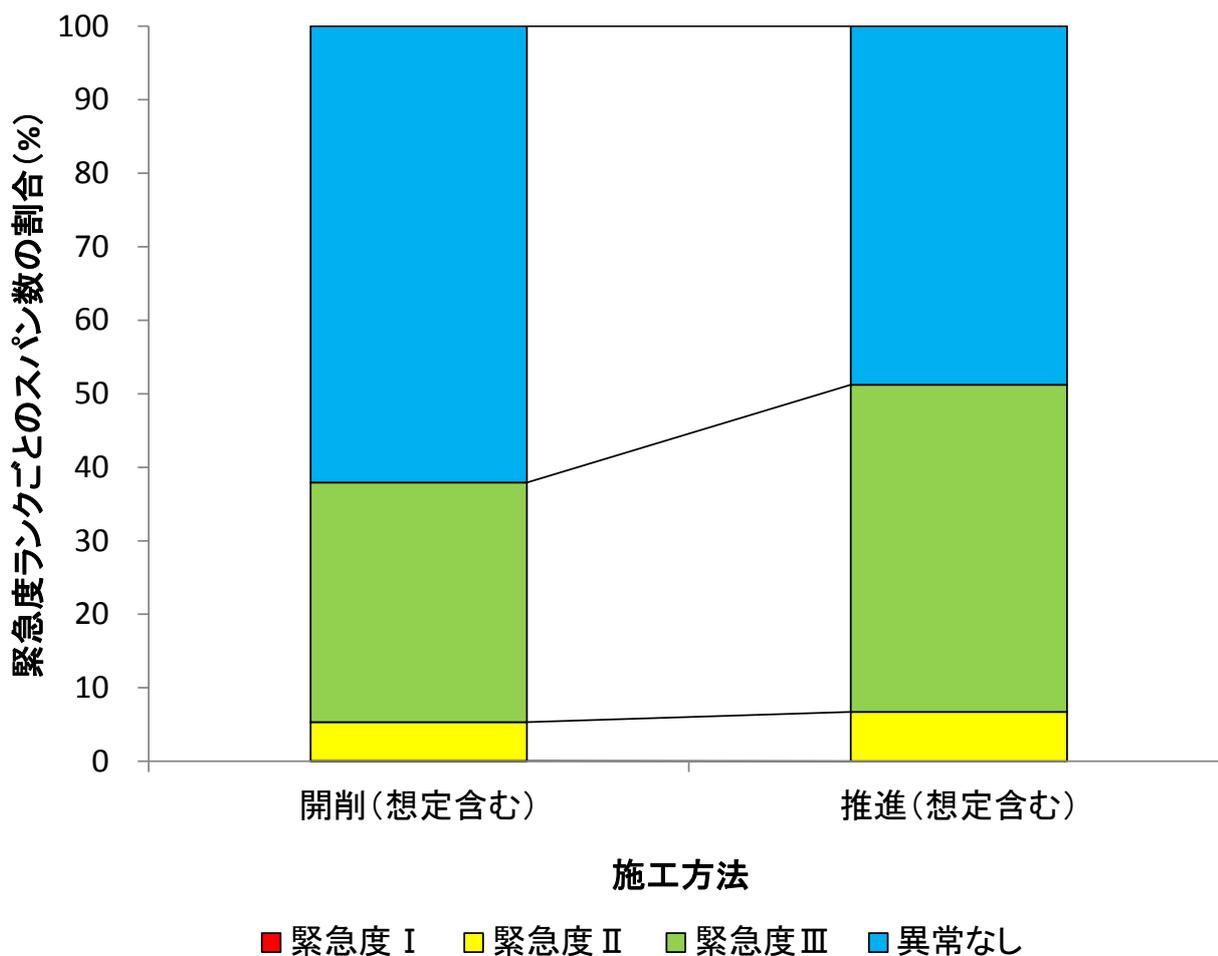


図 4-63 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱおよび緊急度Ⅲの割合は、推進工法の方が大きい。これは、一般的に推進工法は土被りが大きい、土被りが大きい程偏平と浸入水の異常箇所数が大きくなる傾向が影響していると考えられる(3章7節参照)。

(9) 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-39 と図 4-64 に示し、また、排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-40 と図 4-65 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較し小さいため表 4-40 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-40 の集計から除外した。

表 4-39 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数

排除区分	緊急度ランク				総計	割合 (%)
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし		
分流汚水	1	187	1260	2392	3840	93.3
分流雨水	0	1	5	25	31	0.8
合流	0	32	58	135	225	5.5
不明	0	1	6	13	20	0.5
総計	1	221	1329	2565	4116	100.0

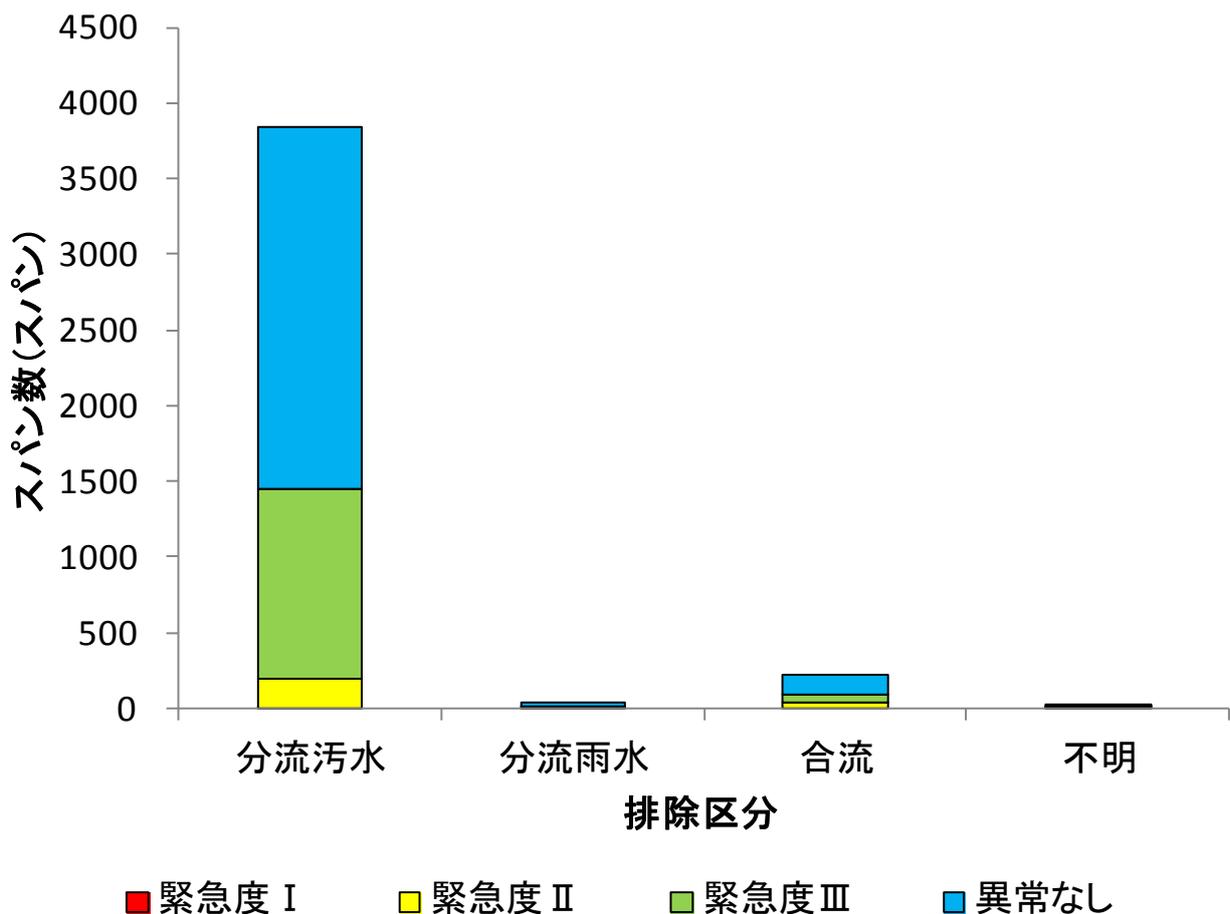


図 4-64 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-40 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
分流汚水	3,840	0.0	4.9	32.8	62.3	100.0
合流	225	0.0	14.2	25.8	60.0	100.0
平均	2,033	0.0	9.5	29.3	61.1	100.0

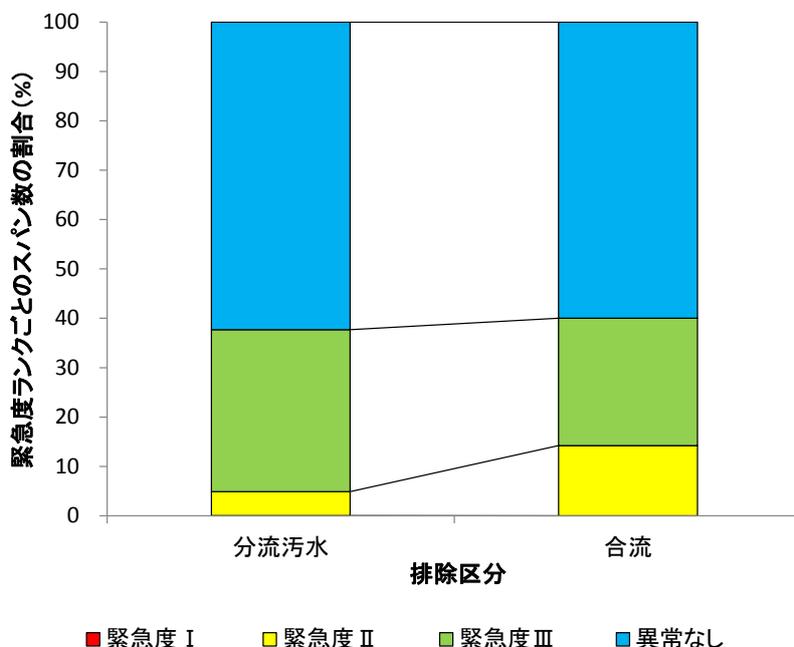


図 4-65 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は合流の方が大きい。早くから下水道整備に着手している自治体は合流が多く、そのため、経過年数が大きいことが影響している可能性がある(3章7節参照)。なお、合流の平均経過年数は35年に対し、分流汚水の平均経過年数は16年であった。

緊急度Ⅲの割合は分流汚水の方が大きい。経過年数が比較的小さい場合、スパン評価Aとなる「たるみA」、「破損a+偏平b」および「継手ズレa」の割合が少ない傾向にある可能性が示唆される。

(10) 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-41 と図 4-66 に示す。また、経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-42 と図 4-67 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表 4-42 の集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-42 の集計から除外した。

表 4-41 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
10年未満	0	49	682	582	1313
10-20年	1	46	245	615	907
20-30年	0	44	169	828	1041
30-40年	0	73	211	266	550
40-50年	0	0	4	20	24
50-60年	0	1	3	18	22
60年以上	0	0	1	3	4
調査後布設替	0	3	0	0	3
不明	0	5	14	233	252
総計	1	221	1329	2565	4116

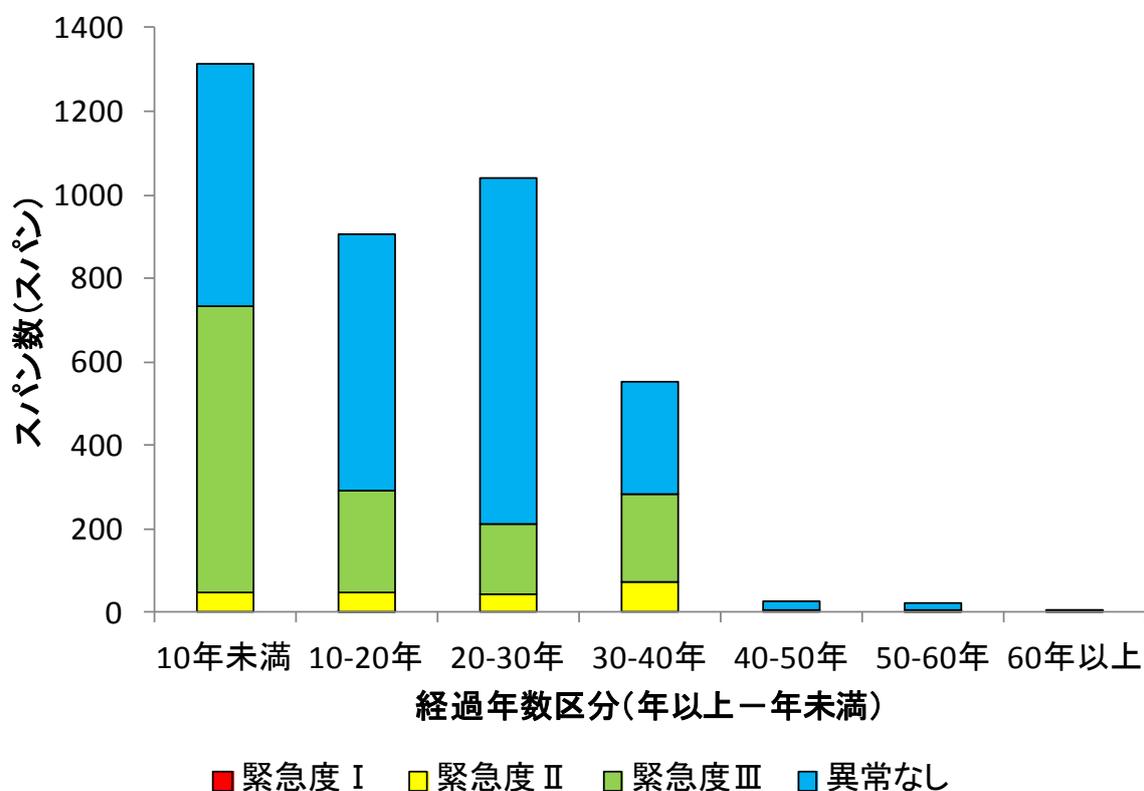


図 4-66 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-42 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
10年未満	1313	0.0	3.7	51.9	44.3	100.0
10-20年	907	0.1	5.1	27.0	67.8	100.0
20-30年	1041	0.0	4.2	16.2	79.5	100.0
30-40年	550	0.0	13.3	38.4	48.4	100.0
平均	953	0.0	6.6	33.4	60.0	100.0

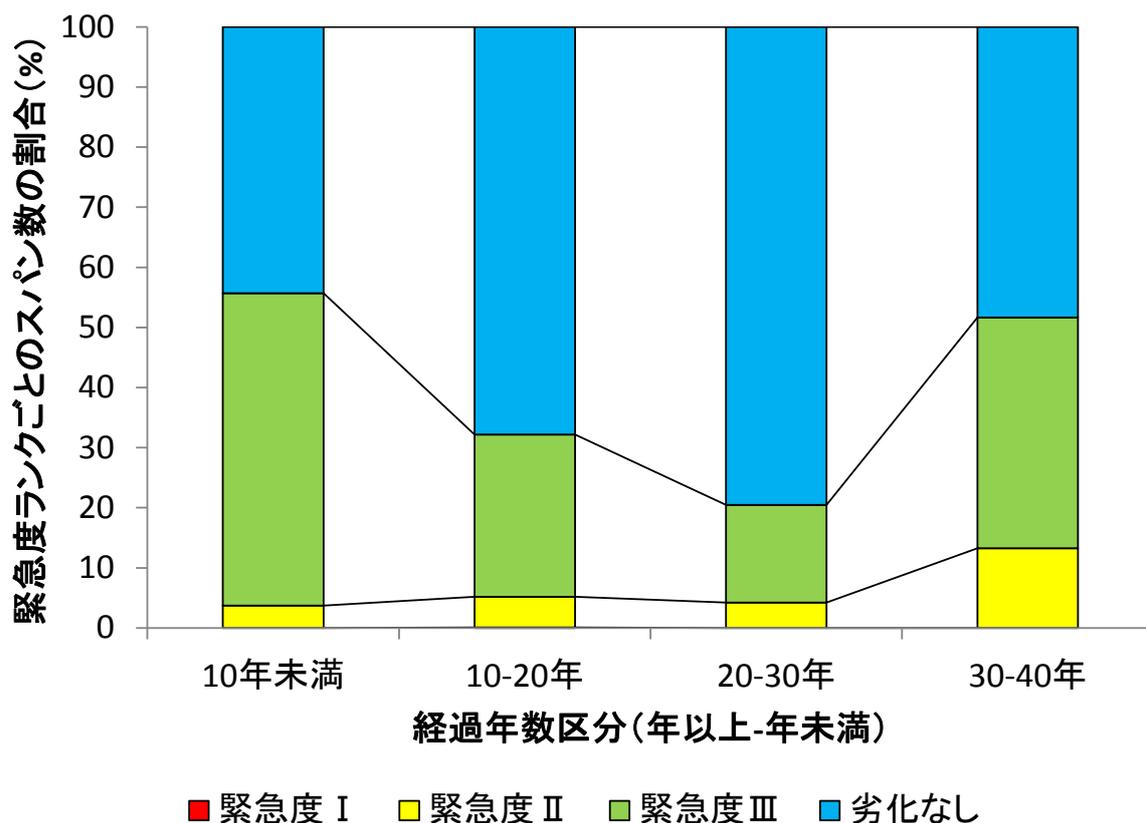


図 4-67 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は経過年数が大きい程大きくなる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平と経過年数の関係が影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合と経過年数との関係に一樣な傾向が見られない。緊急度Ⅲの決定要因はたるみ B または C とスパン評価ランク B または C が同等であるため、たるみと経過年数の関係と不良発生率と経過年数の関係が同様な傾向を示していない可能性が示唆される。また、緊急度Ⅲの要因として初期不良と経年的変化による異常の発生が混在している可能性も示唆される。

4.6.4. 緊急度決定要因と各種管属性との関連性の把握

(1) 緊急度Ⅱ決定要因と各種管属性との関連性の把握

1) 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。なお、管径が150mm未満と300mm以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表4-44の集計から除外した。

表 4-43 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
100	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	1	1
150	2	4	10	4	4	8	21	53
200	1	5	3	4	11	38	13	75
250	2	1	2	0	12	50	8	75
300	0	0	0	0	2	9	1	12
350	0	0	0	0	0	0	0	0
400	0	2	0	0	0	2	0	4
450	0	0	0	0	0	1	0	1
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

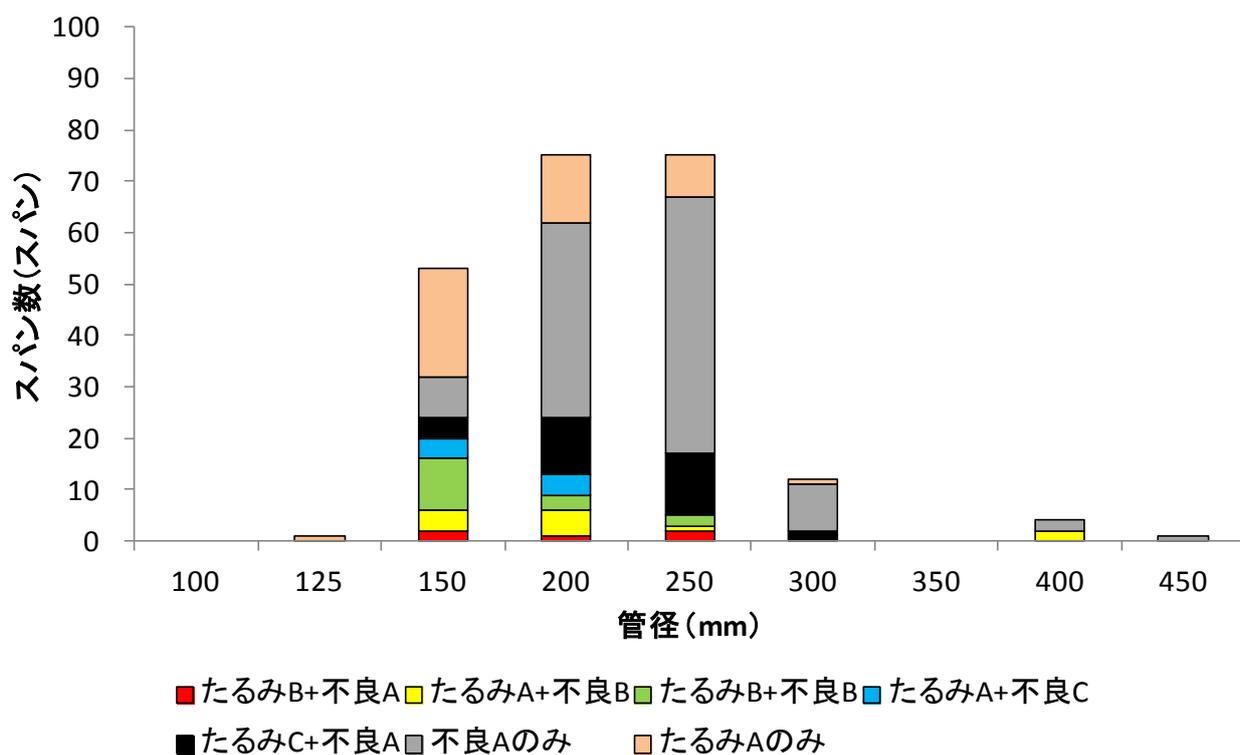


図 4-68 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-44 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
150	53	3.8	7.5	18.9	7.5	7.5	15.1	39.6	100.0
200	75	1.3	6.7	4.0	5.3	14.7	50.7	17.3	100.0
250	75	2.7	1.3	2.7	0.0	16.0	66.7	10.7	100.0
平均	68	2.6	5.2	8.5	4.3	12.7	44.1	22.5	100.0

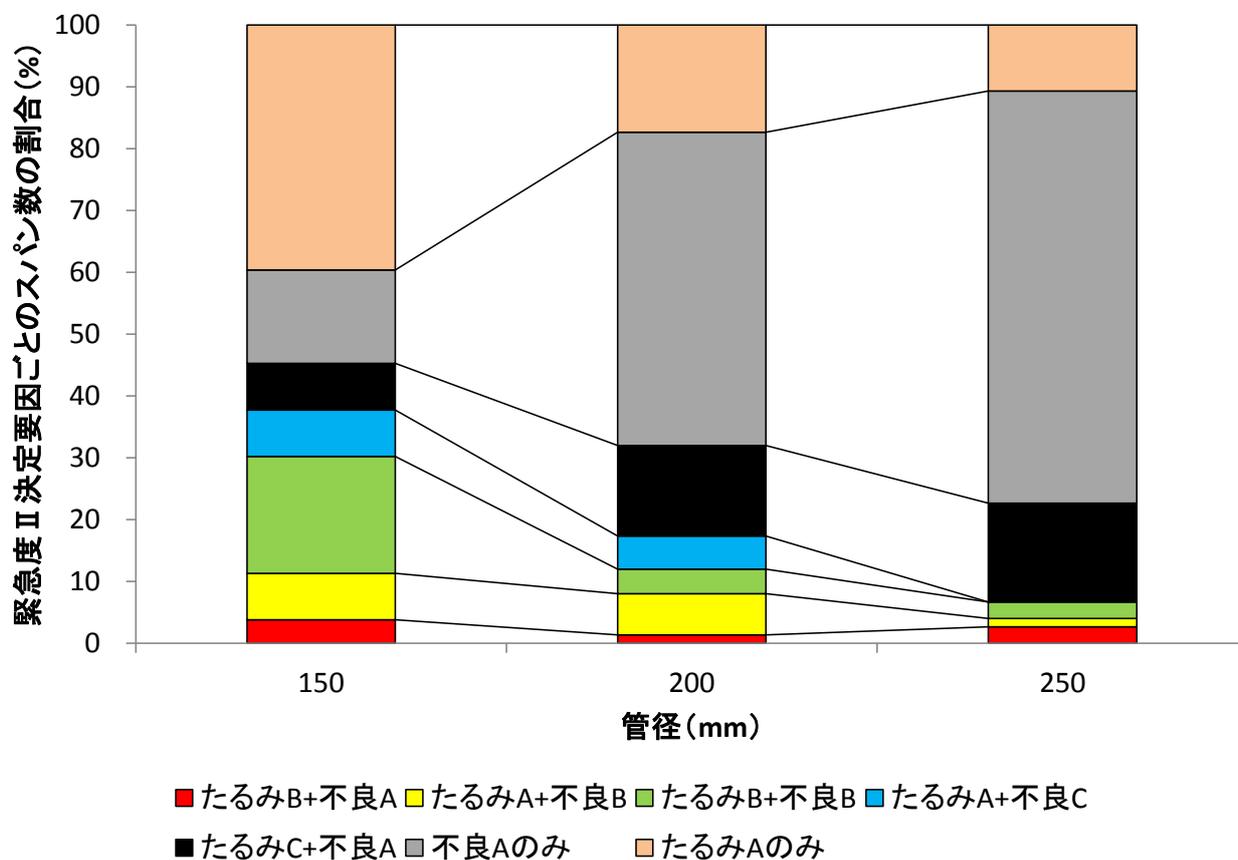


図 4-69 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱのうち、たるみAが決定要因である割合は管径が小さい程大きくなる。これは、管断面積が大きい方がたるみにくいことが影響していると考えられる。一方、不良発生率Aが決定要因である割合は、管径が大きい程大きくなる。これは、扁平と管径の間係が影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみAと不良発生率Aは逆の傾向にあるが、不良発生率Aの割合の変動の影響の方が大きいため、管径が大きい程、緊急度Ⅱの割合が大きくなる傾向が見られると考えられる（図4-49）。

2) スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-45 と図 4-70 に示す。また、スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-46 と図 4-71 に示す。なお、スパン長が 50m 以上に
 関しては、スパン数が他と比較し少ないため、表 4-46 の集計から除外した。

表 4-45 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅱ決定要因						総計	
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ		たるみAのみ
0-10	0	0	0	0	2	30	5	37
10-20	3	1	0	2	7	30	7	50
20-30	1	2	2	2	9	24	12	52
30-40	1	1	3	2	3	13	7	30
40-50	0	3	4	1	7	9	8	32
50-60	0	4	1	0	1	2	3	11
60以上	0	1	5	1	0	0	2	9
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

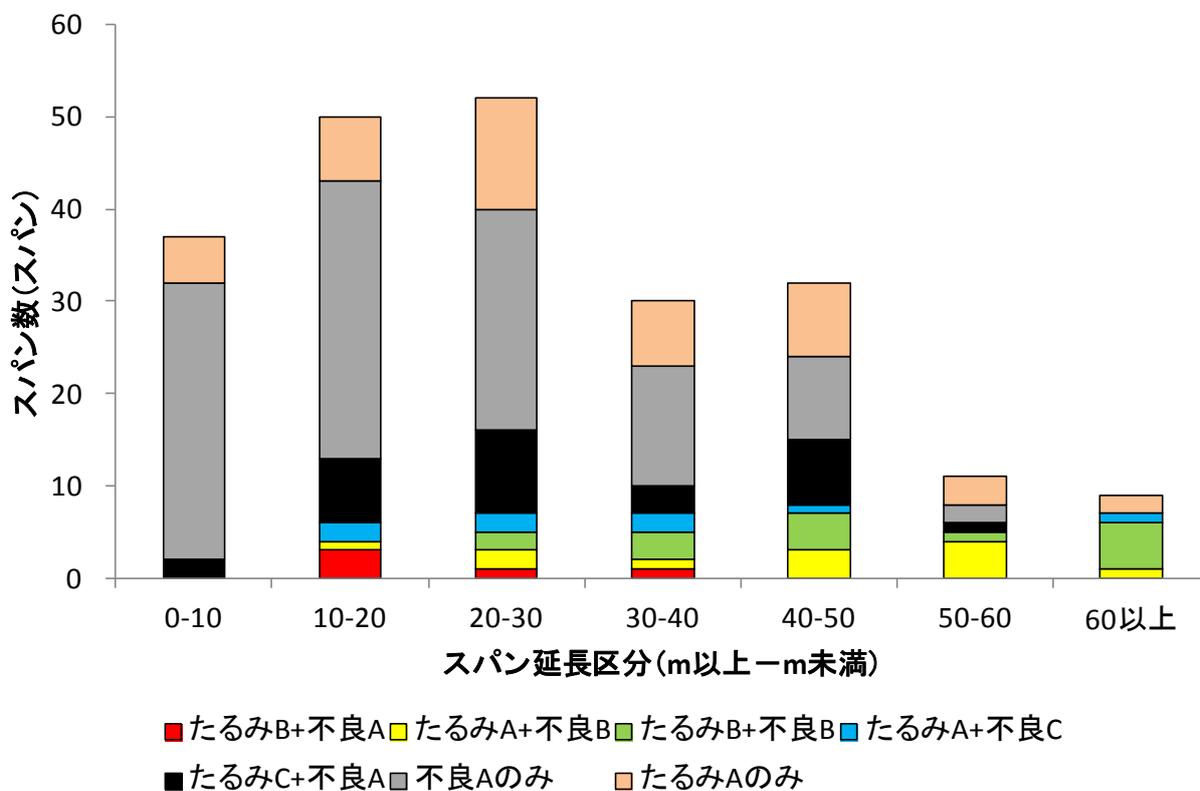


図 4-70 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-46 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0-10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	81.1	13.5	100.0
10-20	50	6.0	2.0	0.0	4.0	14.0	60.0	14.0	100.0
20-30	52	1.9	3.8	3.8	3.8	17.3	46.2	23.1	100.0
30-40	30	3.3	3.3	10.0	6.7	10.0	43.3	23.3	100.0
40-50	32	0.0	9.4	12.5	3.1	21.9	28.1	25.0	100.0
平均	40	2.3	3.7	5.3	3.5	13.7	51.7	19.8	100.0

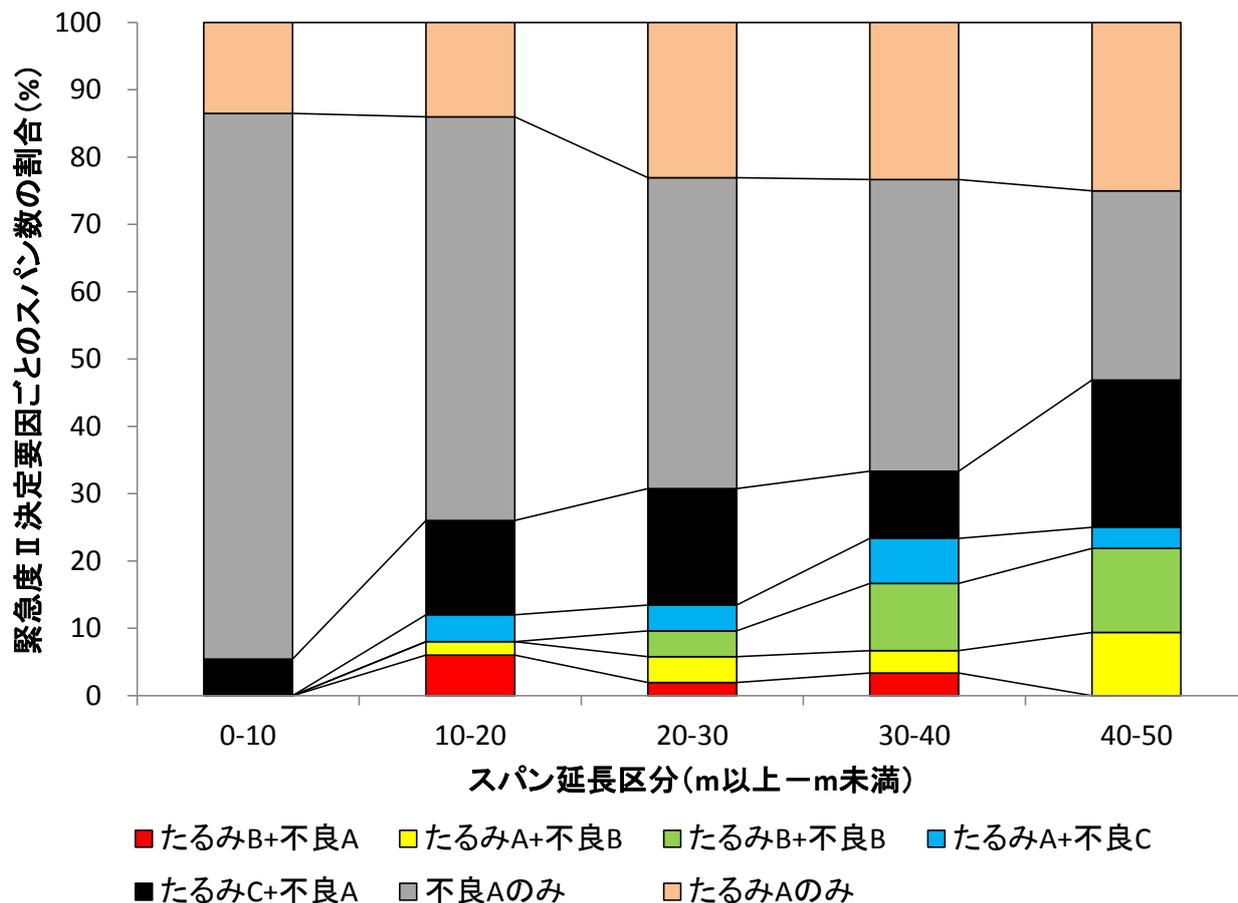


図 4-71 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱのうち、たるみAが決定要因である割合はスパン長が大きい程大きくなる。一方、不良発生率Aが決定要因である割合は、スパン長が小さい程大きくなる。これは、破損の異常発生箇所数/kmはスパン長が小さい程小さいことが影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみAと不良発生率Aは逆の傾向にあるが、不良発生率Aの割合の変動とたるみAの割合の変動がほぼ同等であるため、緊急度Ⅱの割合の変動が小さい傾向が見られると考えられる（図 4-51）。

3) 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-47 と図 4-72 に示す。また、管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-48 と図 4-73 に示す。

表 4-47 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1	0	0	0	0	1	4	0	5
2	0	0	0	0	1	15	4	20
3	1	0	0	0	1	12	1	15
4	1	1	0	1	3	12	2	20
5	1	0	0	1	2	11	6	21
6	1	2	0	0	3	12	3	21
7	0	0	1	1	4	9	2	17
8	0	0	1	1	0	6	6	14
9	1	0	0	1	4	7	3	16
10	0	1	0	0	2	5	6	14
11	0	1	2	1	3	4	2	13
12	0	0	1	0	2	3	2	8
13	0	3	0	0	1	4	1	9
14	0	0	0	1	2	1	0	4
15	0	1	1	0	0	0	0	2
16	0	1	1	1	0	1	1	5
17	0	0	1	0	0	0	2	3
18	0	0	0	0	0	0	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	1	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	1	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	0	1	0	1
25	0	0	0	0	0	0	1	1
26	0	0	1	0	0	0	0	1
27	0	1	1	0	0	0	0	2
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	1	1	0	0	0	0	2
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	1	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	1	0	1
46	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	1	0	0	0	0	1
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

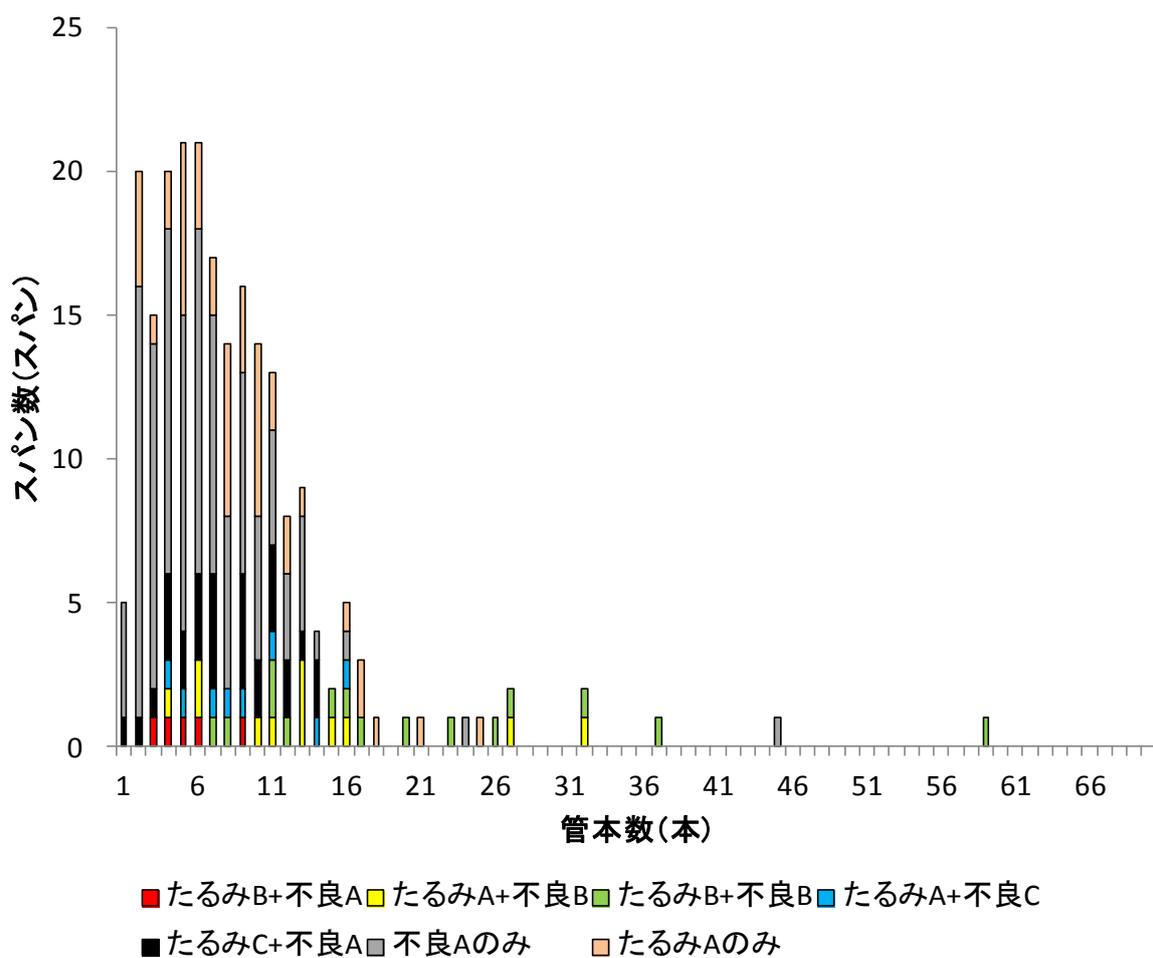


図 4-72 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管本数が 12 本以上のスパン数は少なく、管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え、管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合の集計項目から除外した。

表 4-48 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1	5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	100.0
2	20	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	75.0	20.0	100.0
3	15	6.7	0.0	0.0	0.0	6.7	80.0	6.7	100.0
4	20	5.0	5.0	0.0	5.0	15.0	60.0	10.0	100.0
5	21	4.8	0.0	0.0	4.8	9.5	52.4	28.6	100.0
6	21	4.8	9.5	0.0	0.0	14.3	57.1	14.3	100.0
7	17	0.0	0.0	5.9	5.9	23.5	52.9	11.8	100.0
8	14	0.0	0.0	7.1	7.1	0.0	42.9	42.9	100.0
9	16	6.3	0.0	0.0	6.3	25.0	43.8	18.8	100.0
10	14	0.0	7.1	0.0	0.0	14.3	35.7	42.9	100.0
11	13	0.0	7.7	15.4	7.7	23.1	30.8	15.4	100.0
平均	16	2.5	2.7	2.6	3.3	14.2	55.5	19.2	100.0

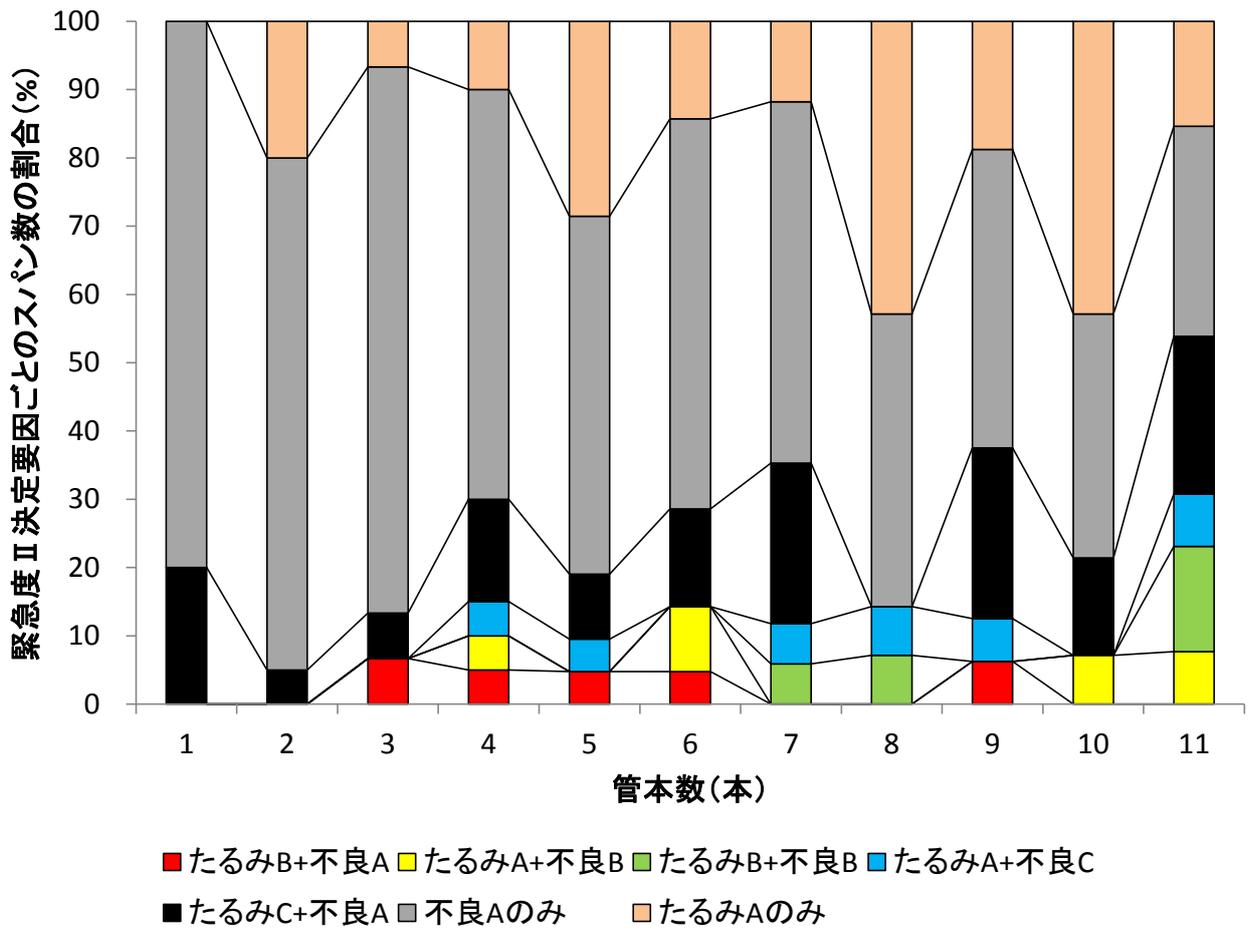


図 4-73 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数が多い程スパン長は大きくなるため、「スパン延長と緊急度Ⅱ決定要因」、「管本数と緊急度Ⅱ決定要因」の間係は同様の傾向がある。

4) 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-49 と図 4-74 に示す。また、取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-50 と図 4-75 に示す。

なお、取付管本数が5本以上のスパン数は少なく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え、次表 4-50 の集計から除外した。

表 4-49 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0	1	4	4	3	14	44	21	91
1	1	3	4	2	5	16	11	42
2	0	1	1	1	4	13	4	24
3	0	1	2	1	0	14	1	19
4	1	0	0	0	0	10	2	13
5	1	1	0	0	2	2	2	8
6	1	0	2	0	2	3	1	9
7	0	1	1	0	1	3	1	7
8	0	1	0	0	1	0	0	2
9	0	0	1	1	0	2	0	4
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

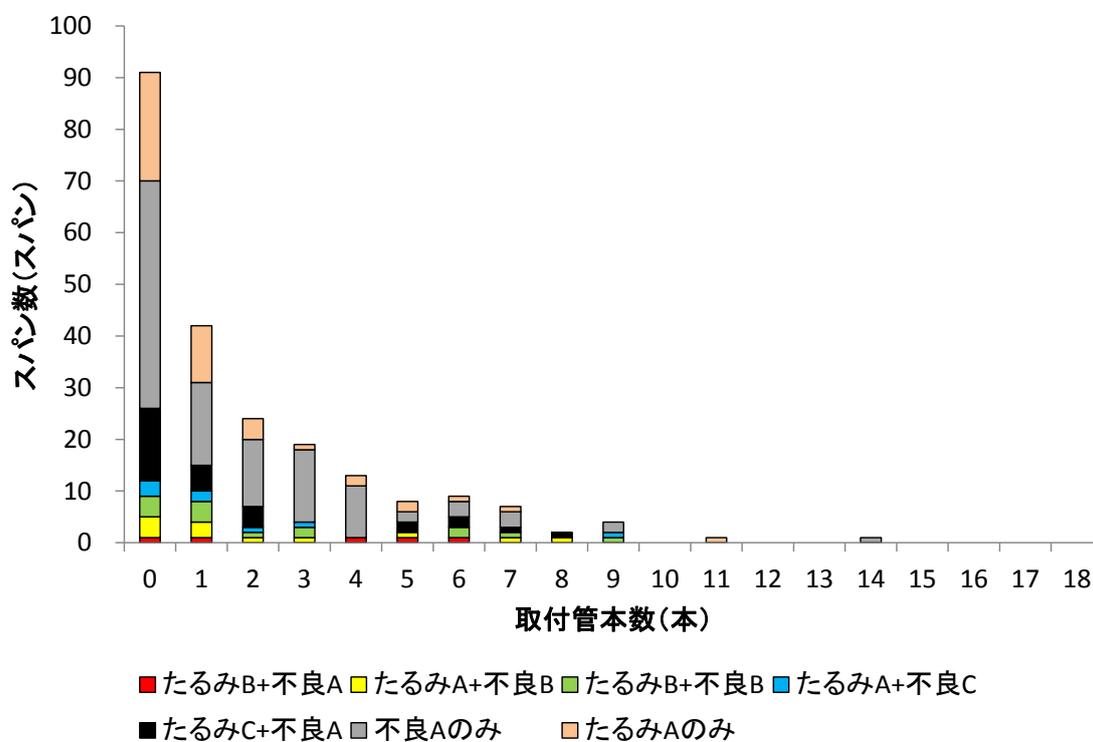


図 4-74 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-50 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0	91	1.1	4.4	4.4	3.3	15.4	48.4	23.1	100.0
1	42	2.4	7.1	9.5	4.8	11.9	38.1	26.2	100.0
2	24	0.0	4.2	4.2	4.2	16.7	54.2	16.7	100.0
3	19	0.0	5.3	10.5	5.3	0.0	73.7	5.3	100.0
4	13	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	76.9	15.4	100.0
平均	38	2.2	4.2	5.7	3.5	8.8	58.2	17.3	100.0

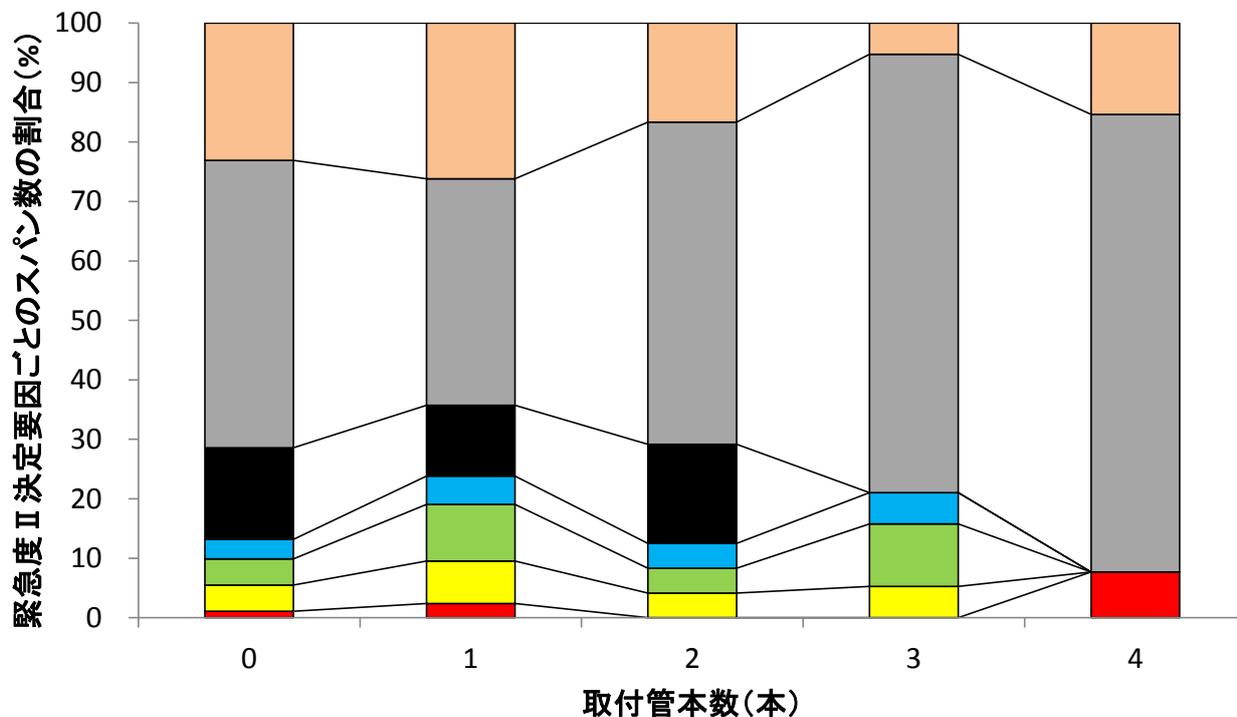


図 4-75 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合と不良発生率 A が決定要因である割合はともに、取付管本数の影響による一様な変動は見られないため、取付管本数の影響は小さいと考えられる。

5) 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-51 と図 4-76 に示す。また、土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-52 と図 4-77 に示す。なお、土被りが4m以上または、不明のスパンは集計から除外する。

表 4-51 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1m未満	1	0	0	0	4	23	1	29
1-2	3	5	10	5	10	44	19	96
2-3	1	3	2	2	2	10	14	34
3-4	0	0	1	1	0	4	7	14
4-5	0	2	1	1	0	3	1	8
5-6	0	1	0	0	0	0	0	1
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	0	1	1	0	11	24	2	39
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

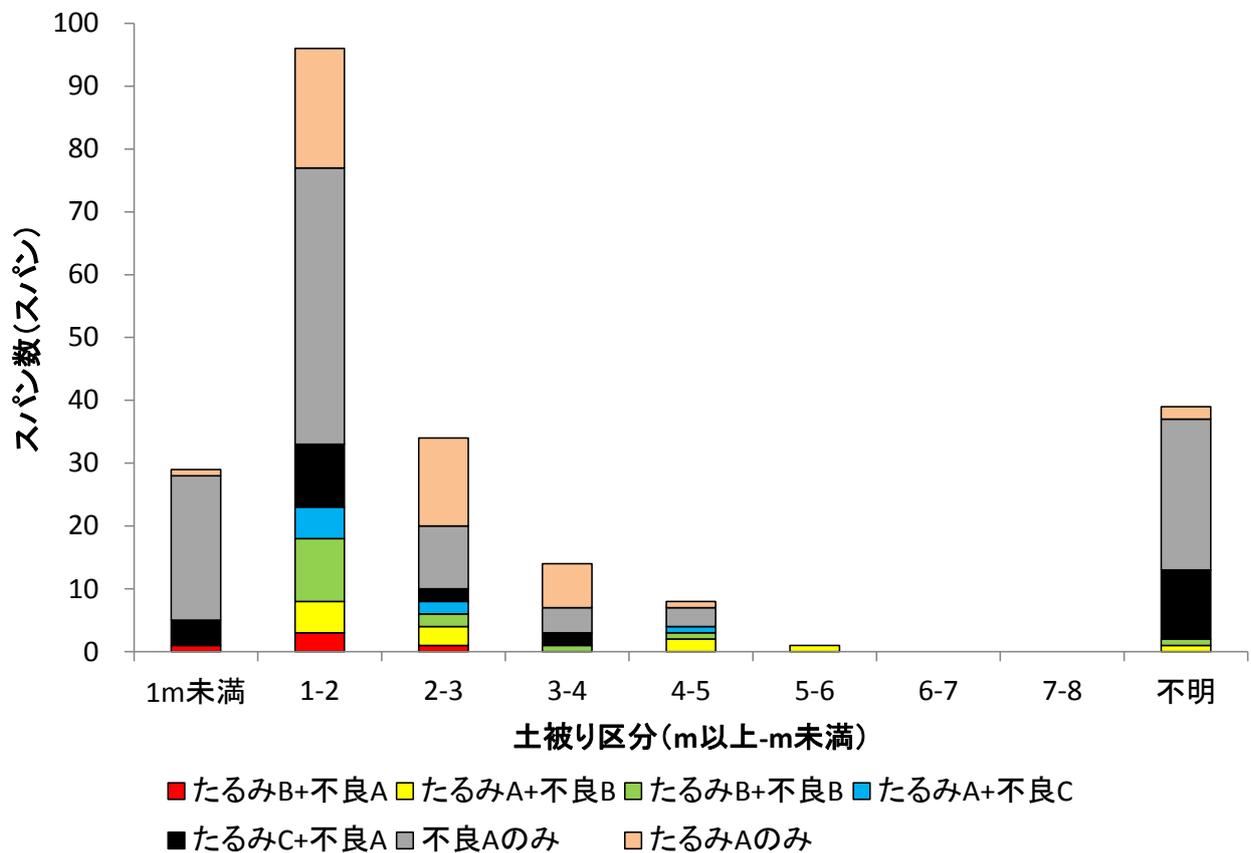


図 4-76 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-52 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1m未満	29	3.4	0.0	0.0	0.0	13.8	79.3	3.4	100.0
1-2	96	3.1	5.2	10.4	5.2	10.4	45.8	19.8	100.0
2-3	34	2.9	8.8	5.9	5.9	5.9	29.4	41.2	100.0
3-4	14	0.0	0.0	7.1	0.0	14.3	28.6	50.0	100.0
平均	43	2.4	3.5	5.9	2.8	11.1	45.8	28.6	100.0

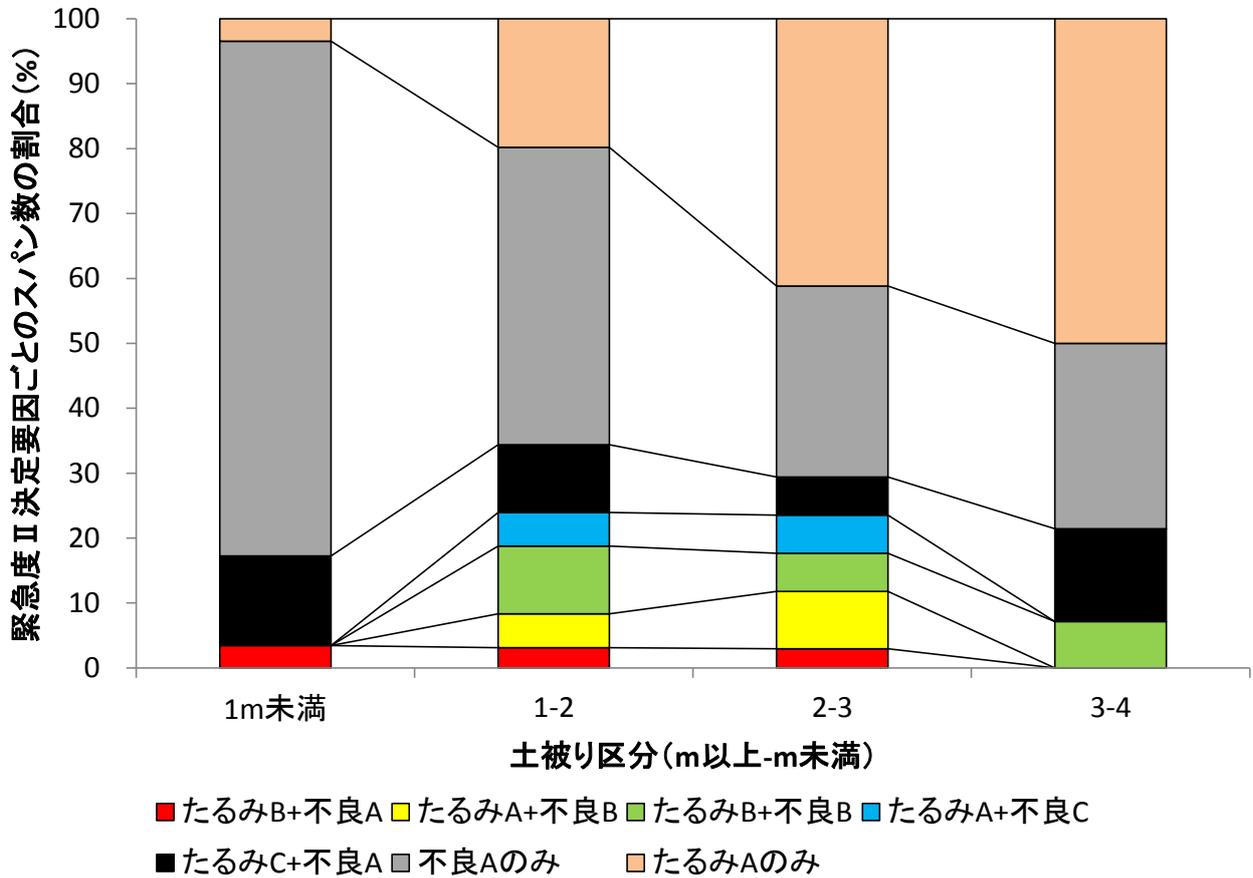


図 4-77 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は土被りが大きい程大きくなる。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、破損の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被り 1m未満で最も大きく、また偏平の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被りが大きくなる程大きくなっていると考えられる (3章7節参照)。

土被りが大きい程、たるみ A と不良発生率 A はともに緊急度Ⅱ決定要因となる割合が大きくなるため、緊急度Ⅱの割合が大きくなる (図 4-57)。

6) 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-53 と図 4-78 に示す。また、道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-54 と図 4-79 に示す。なお、道路区分が国道または私道のスパン数は他と比較が少ないため、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。

表 4-53 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

道路区分	緊急度Ⅱ決定要因								総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ		
市町村道	4	10	14	6	20	93	23	170	
都道府県道	0	0	1	0	1	3	9	14	
国道	0	2	0	0	0	0	5	7	
私道	1	0	0	0	3	7	1	12	
不明	0	0	0	2	5	5	6	18	
総計	5	12	15	8	29	108	44	221	

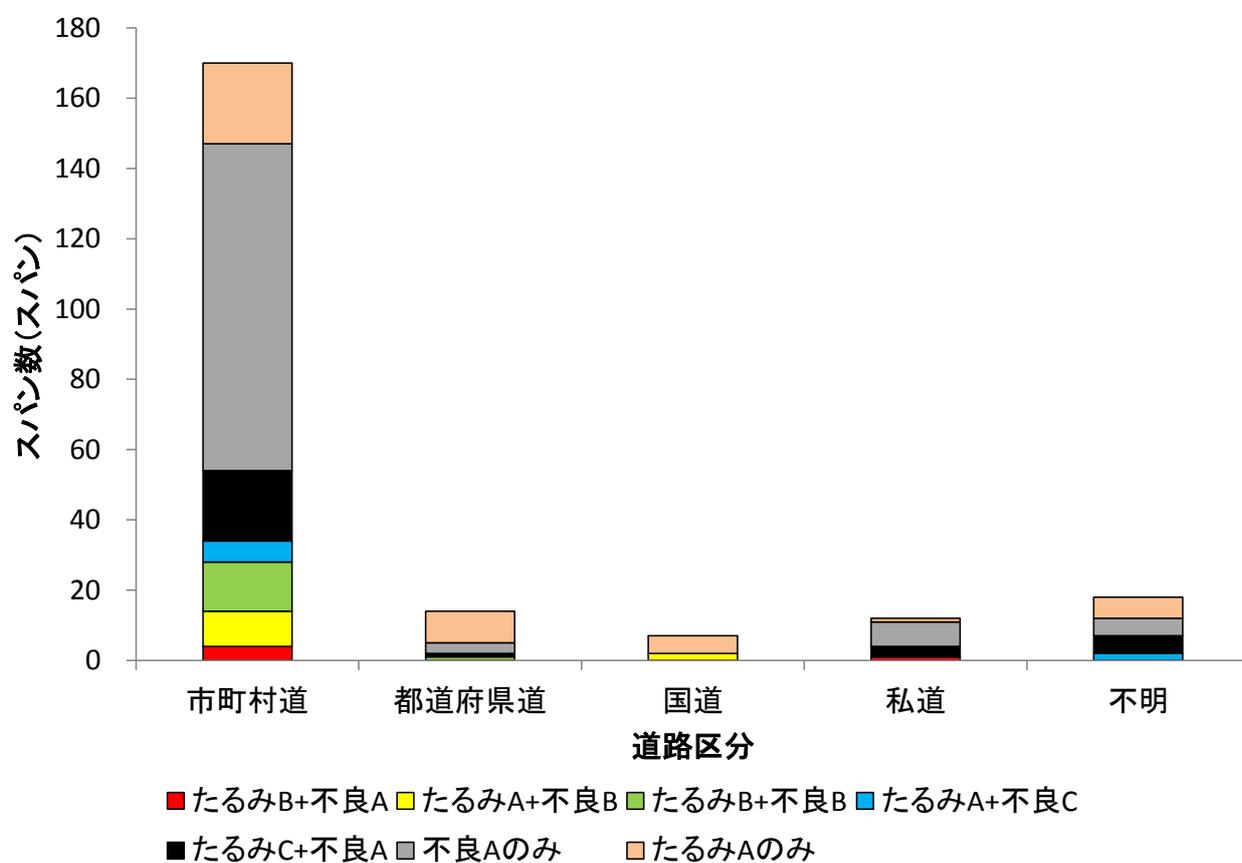


図 4-78 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-54 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
市町村道	170	2.4	5.9	8.2	3.5	11.8	54.7	13.5	100.0
都道府県道	14	0.0	0.0	7.1	0.0	7.1	21.4	64.3	100.0
平均	92	1.2	2.9	7.7	1.8	9.5	38.1	38.9	100.0

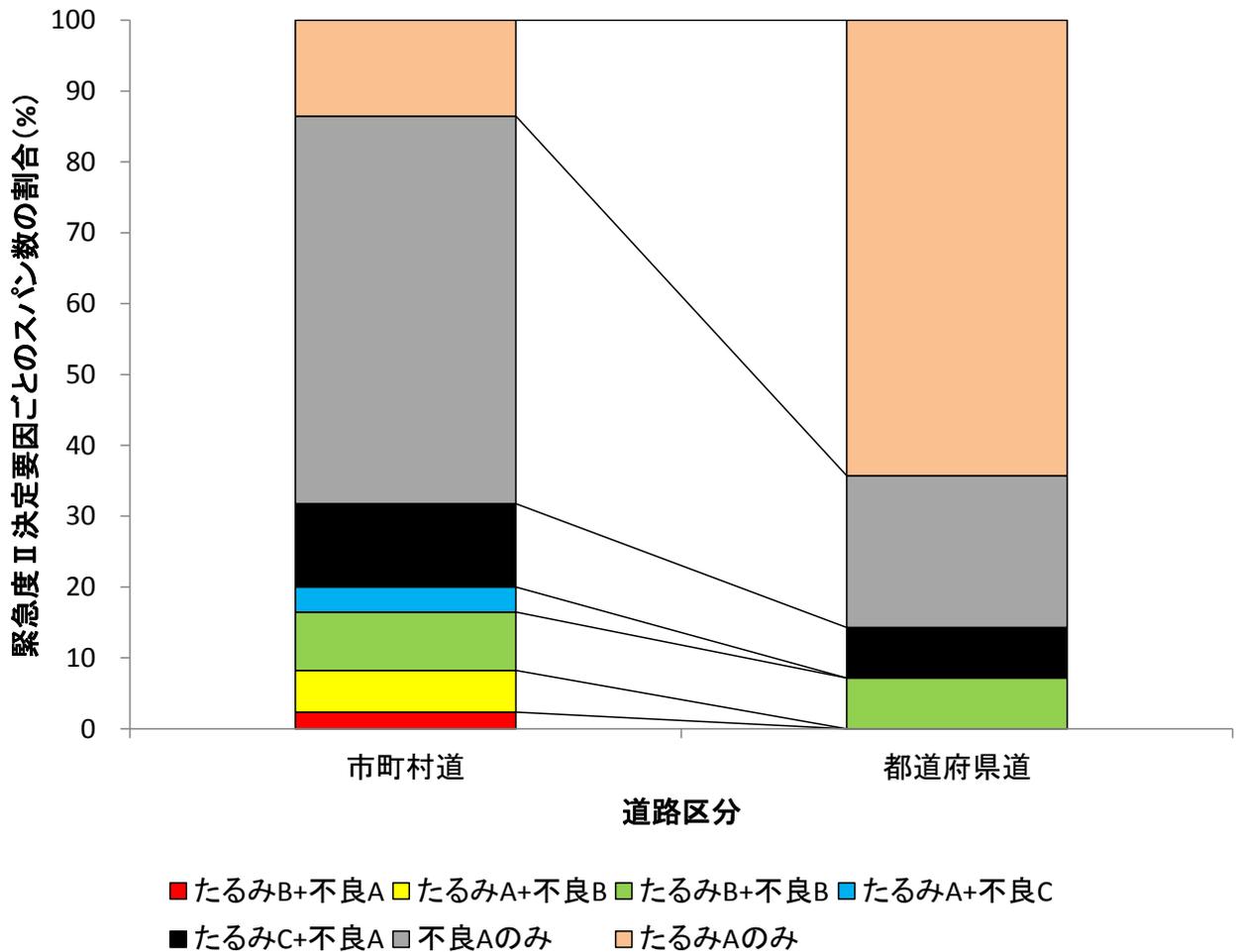


図 4-79 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は都道府県道の方が大きく、一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、都道府県道の方が小さい。ただし、前節 4.6.3(6) で述べた通り、道路区分が国道あるいは都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

7) 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-55 と図 4-80 に示す。また、歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-56 と図 4-81 に示す。なお、歩車道区分が市有地のスパン数は他と比較が少な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。

表 4-55 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

歩車道区分	緊急度Ⅱ決定要因						総計	
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ		たるみAのみ
車道	1	6	12	4	13	74	31	141
歩道	1	0	0	0	2	13	2	18
市有地	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	3	6	3	4	14	21	11	62
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

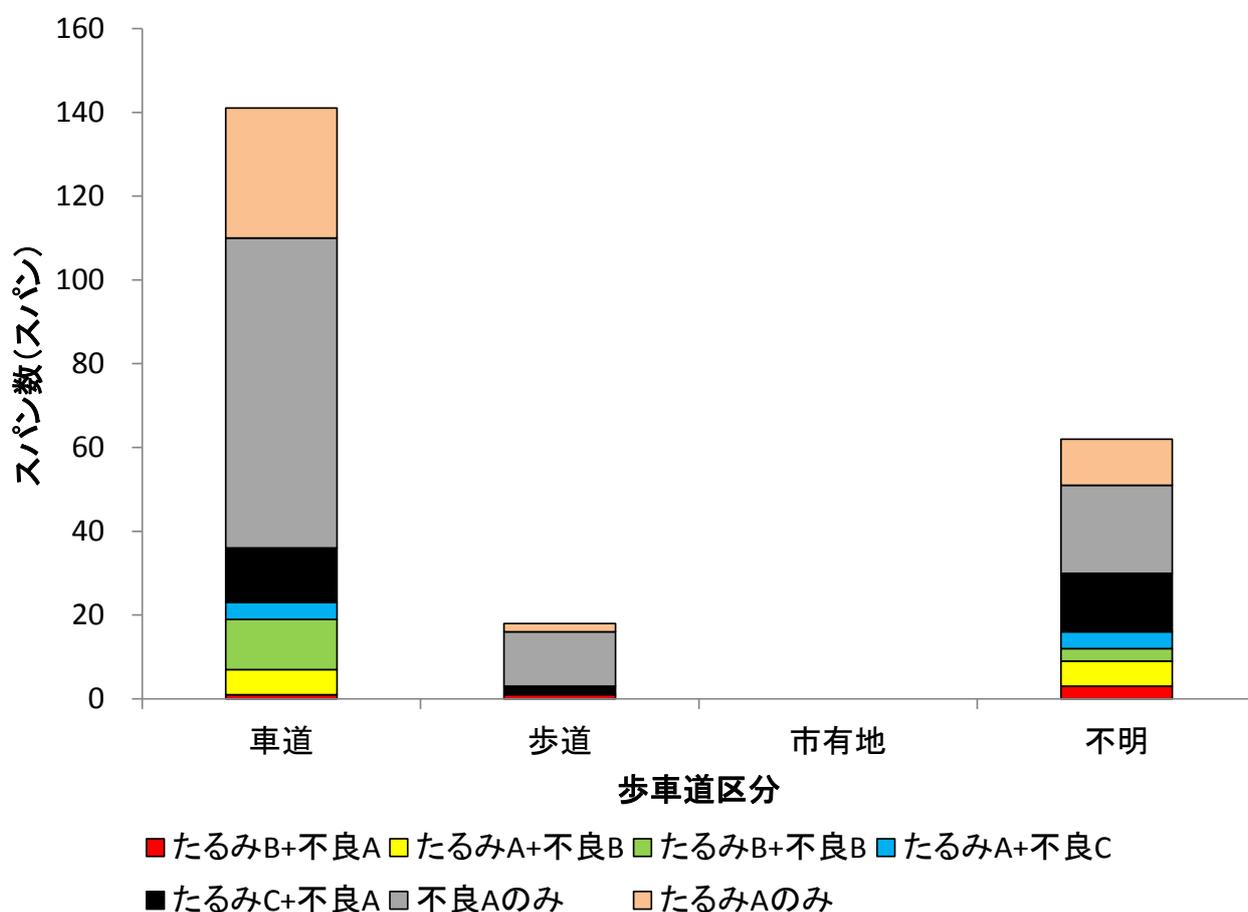


図 4-80 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-56 歩車道区別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
車道	141	0.7	4.3	8.5	2.8	9.2	52.5	22.0	100.0
歩道	18	5.6	0.0	0.0	0.0	11.1	72.2	11.1	100.0
平均	80	3.1	2.1	4.3	1.4	10.2	62.4	16.5	100.0

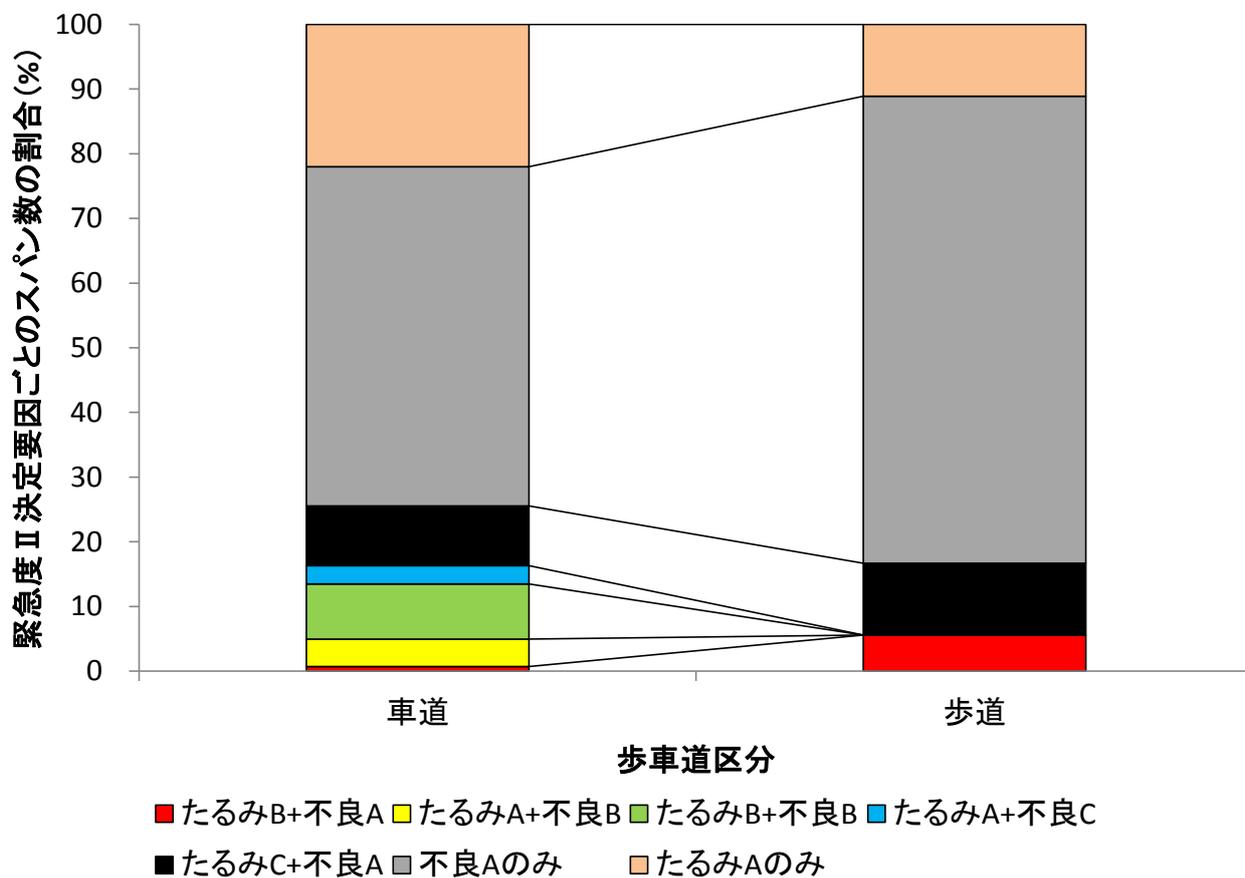


図 4-81 歩車道区別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は車道の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、歩道の方が大きい。

ただし、歩車道区分が歩道のスパン数が小さいため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

8) 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

表 4-57 と図 4-82 は施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を示し、また、表 4-58 と図 4-83 は施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を示す。なお、施工方法が不明なスパンについては、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 38 スパンについては、表 4-58 の集計から除外した。

表 4-57 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

施工方法	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
開削	1	6	10	5	0	8	29	59
開削想定	4	4	2	3	16	71	12	112
推進	0	0	0	0	0	0	0	0
推進想定	0	1	2	0	2	6	1	12
不明	0	1	1	0	11	23	2	38
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

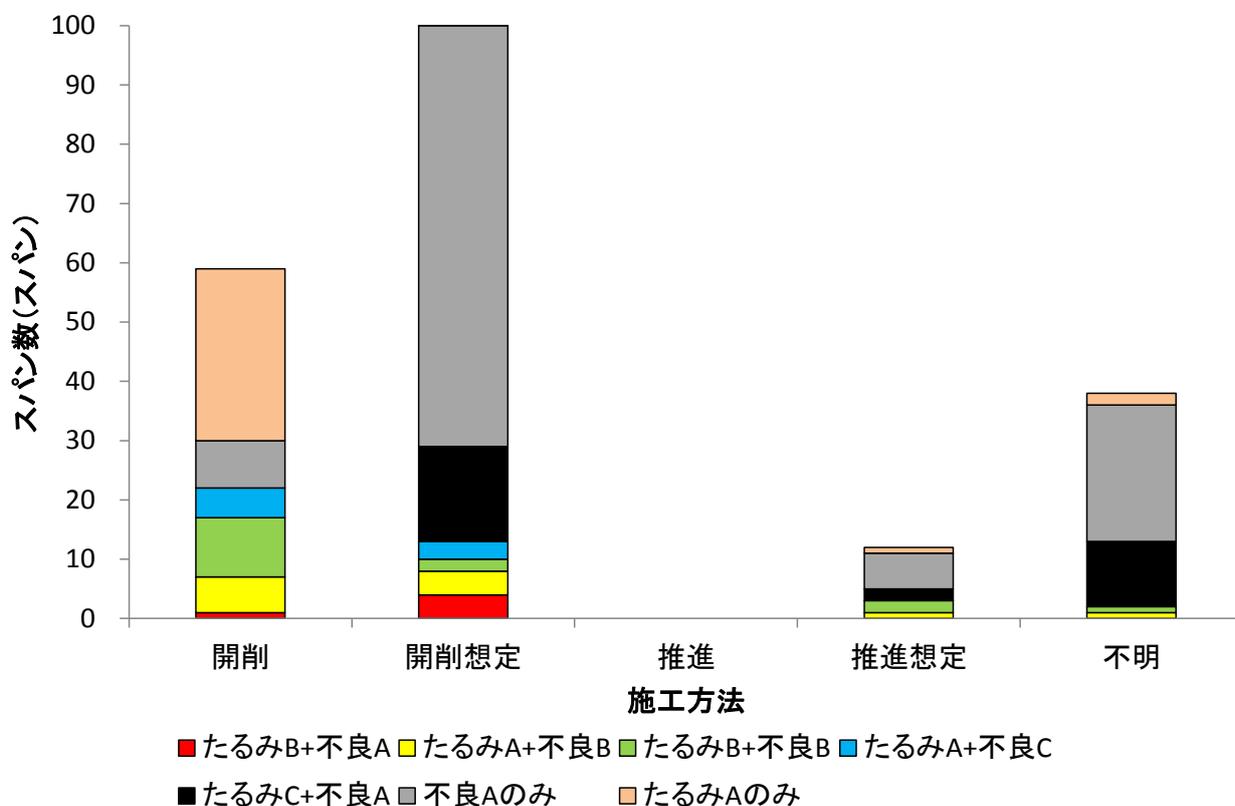


図 4-82 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-58 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
開削(想定含む)	171	2.9	5.8	7.0	4.7	9.4	46.2	24.0	100.0
推進(想定含む)	12	0.0	8.3	16.7	0.0	16.7	50.0	8.3	100.0

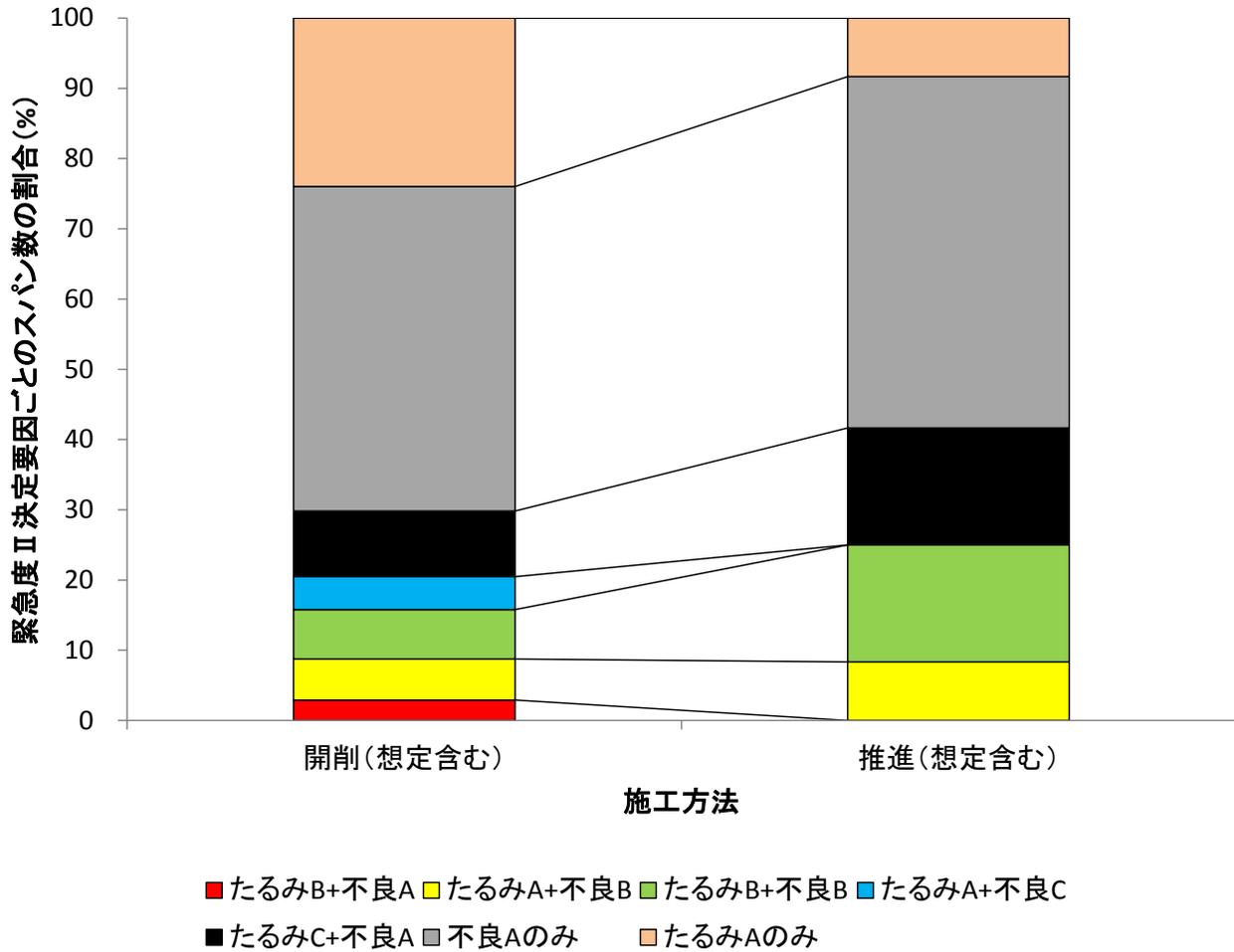


図 4-83 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は開削の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、開削と推進とほぼ同等である。ただし、推進工法でのスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

9) 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-59 と図 4-84 に示す。また、排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-60 と図 4-85 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較が少ないため表 4-60 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-60 の集計から除外した。

表 4-59 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

排除区分	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
分流汚水	4	11	15	8	26	80	43	187
分流雨水	0	0	0	0	0	1	0	1
合流	1	1	0	0	3	26	1	32
不明	0	0	0	0	0	1	0	1
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

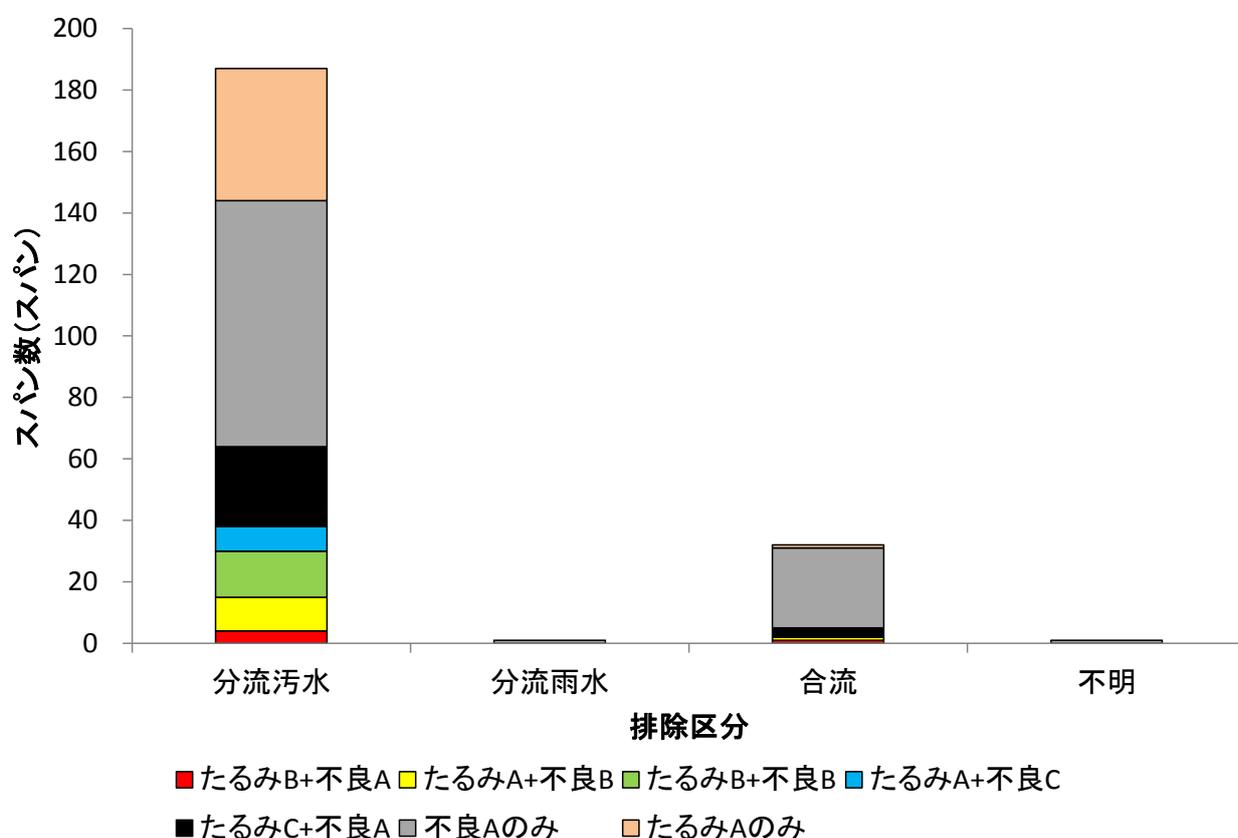


図 4-84 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-60 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
分流汚水	187	2.1	5.9	8.0	4.3	13.9	42.8	23.0	100.0
合流	32	3.1	3.1	0.0	0.0	9.4	81.3	3.1	100.0
平均	110	2.6	4.5	4.0	2.1	11.6	62.0	13.1	100.0

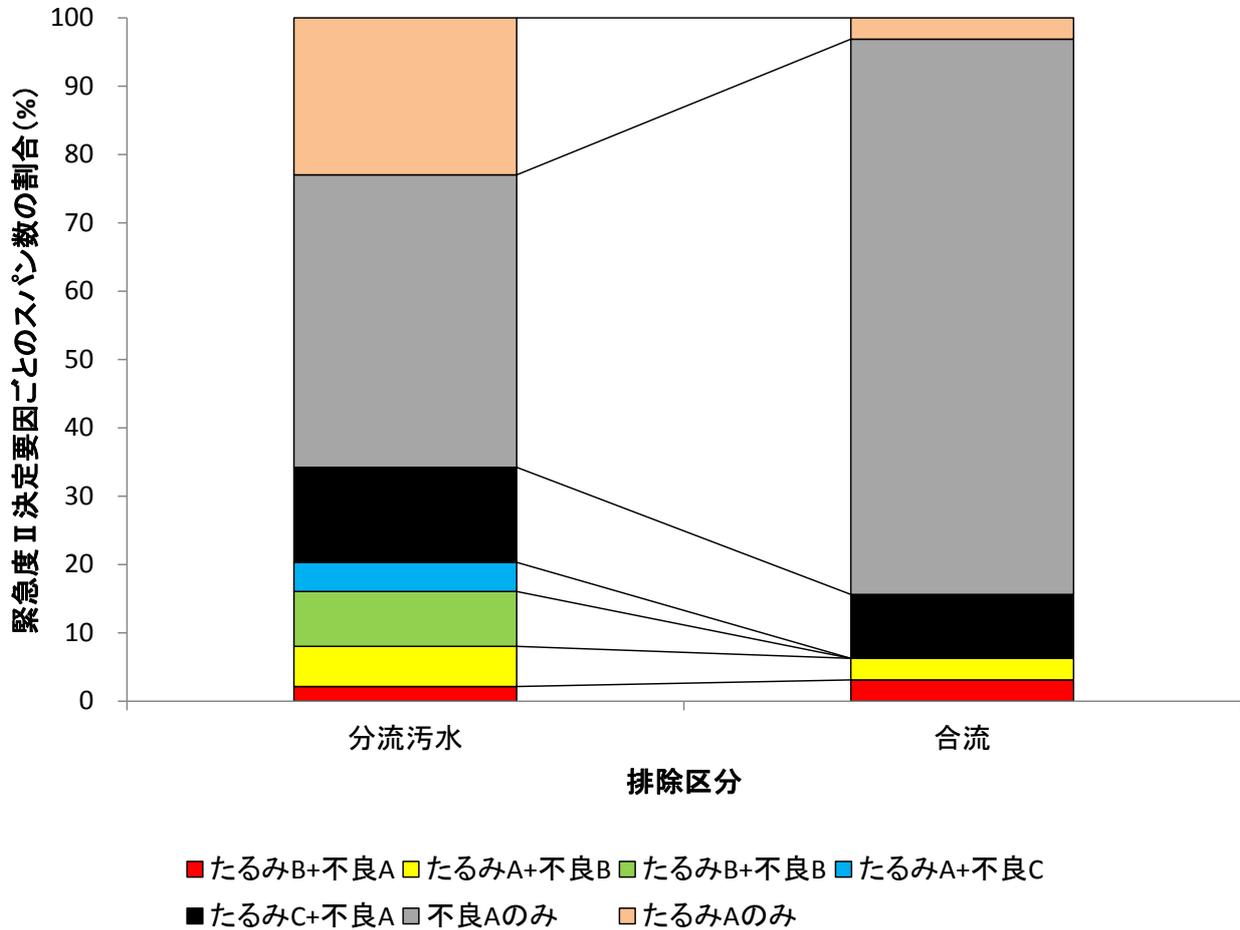


図 4-85 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は分流汚水の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、合流の方が大きい。分流汚水は経過年数が短く、合流は経過年数が長い管渠が多いことが関係していると考えられる。そのため、経過年数とたるみ A、経過年数と不良発生率 A の割合の関係とともに次項 10) で言及することとする。

10) 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-61 と図 4-86 に示す。また、経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-62 と図 4-87 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表 4-62 の集計から除外した。また、経過年数区分が40年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-62 の集計から除外した。

表 4-61 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
10年未満	2	4	11	4	8	6	14	49
10-20	1	5	2	3	3	11	21	46
20-30	0	0	1	0	6	34	3	44
30-40	2	1	0	0	11	54	5	73
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0
50-60	0	0	0	0	0	1	0	1
60年以上	0	0	0	0	0	0	0	0
調査後布設替	0	2	0	1	0	0	0	3
不明	0	0	1	0	1	2	1	5
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

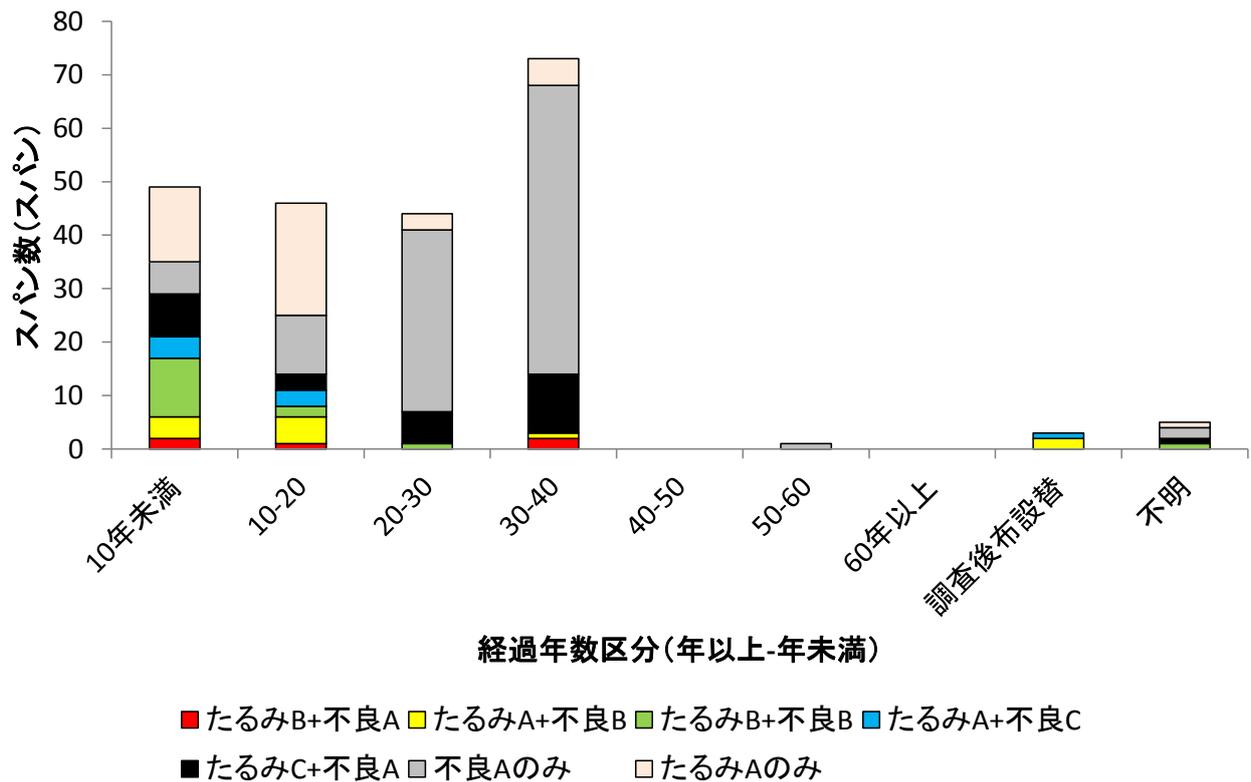


図 4-86 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-62 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
10年未満	49	4.1	8.2	22.4	8.2	16.3	12.2	28.6	100.0
10-20	46	2.2	10.9	4.3	6.5	6.5	23.9	45.7	100.0
20-30	44	0.0	0.0	2.3	0.0	13.6	77.3	6.8	100.0
30-40	73	2.7	1.4	0.0	0.0	15.1	74.0	6.8	100.0
平均	53	2.2	5.1	7.3	3.7	12.9	46.9	22.0	100.0

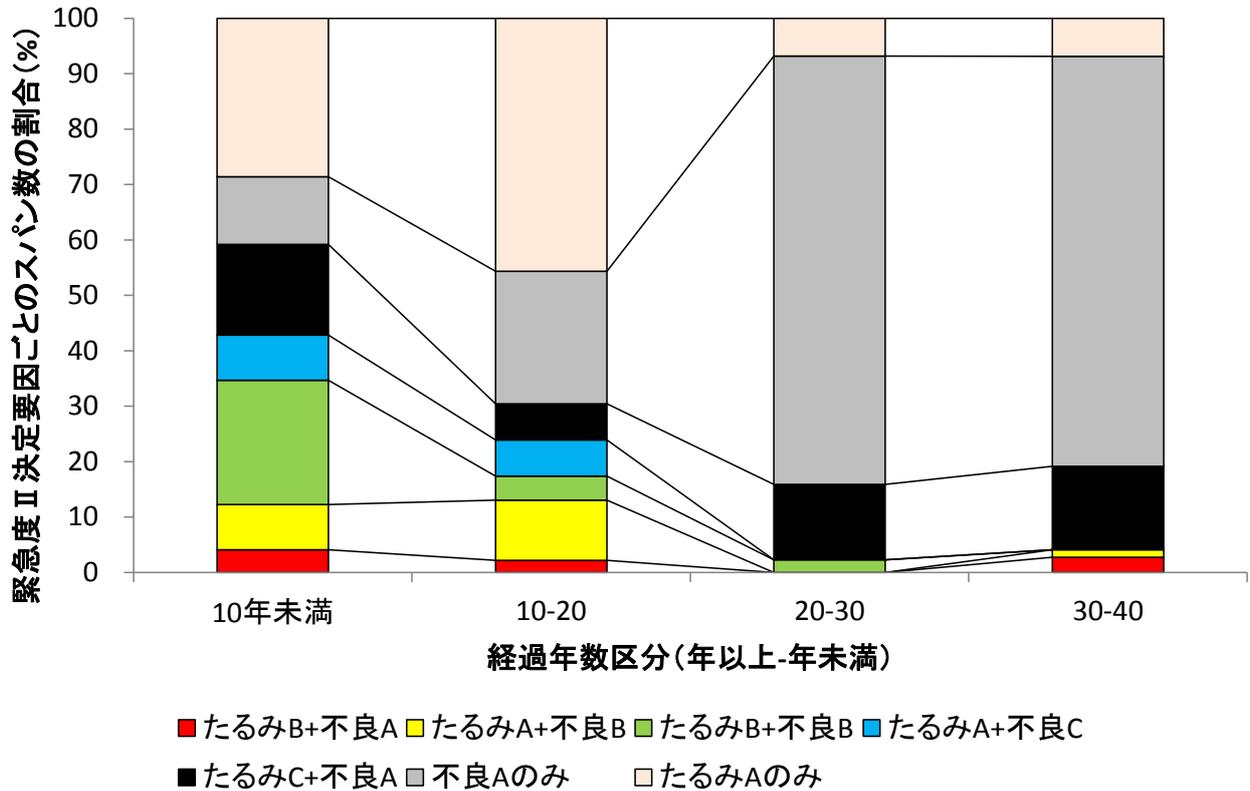


図 4-87 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は経過年数 20 年未満と 20 年以上で大きく差がある。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、経過年数が大きい程大きい。これは、たるみ A は地盤等の埋設環境により発現するまでの時間が大きく異なることが考えられ、たるみ A が発現の有無は、地盤等の埋設環境により経過年数が小さい時期に発現するかまたは、発現しないかの 2 極化している可能性が示唆される。

不良発生率 A に関しては、偏平の異常発生箇所数/km は経過年数が大きい程が大きいことが影響していると考えられる。偏平は活荷重や土圧により経年的に徐々に発現すると考えられる。

(2) 緊急度Ⅲ決定要因と各種管属性との関連性の把握

1) 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。なお、管径が 150mm 未満と 350mm 以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表 4-64 の集計から除外した。

表 4-63 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
100	0	0	0	0	1	0	0	1
125	0	0	0	0	0	0	0	0
150	60	42	16	52	39	77	329	615
200	53	15	2	92	46	6	98	312
250	37	15	2	106	84	10	74	328
300	2	1	0	15	14	2	6	40
350	1	0	0	2	0	5	10	18
400	0	0	0	10	2	0	0	12
450	0	0	0	2	1	0	0	3
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

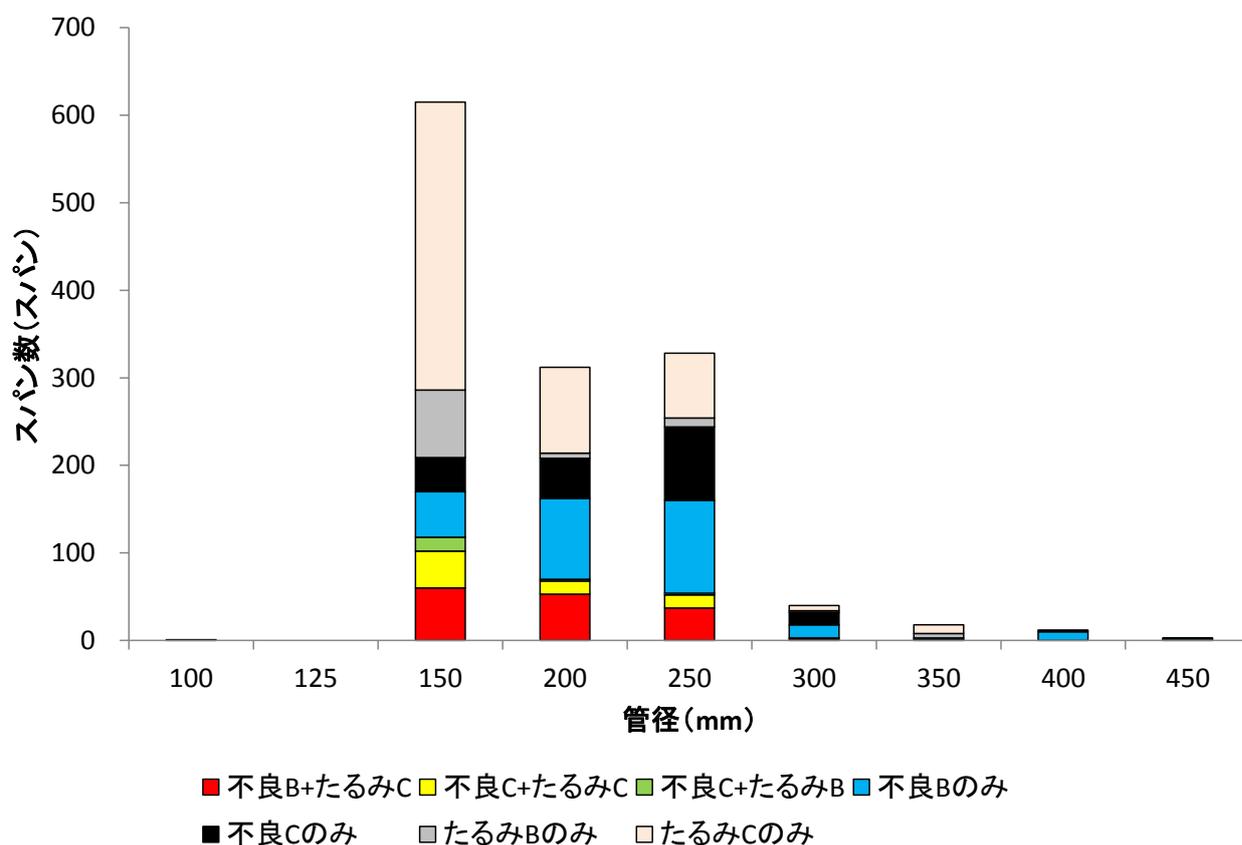


図 4-88 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-64 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
150	615	9.8	6.8	2.6	8.5	6.3	12.5	53.5	100.0
200	312	17.0	4.8	0.6	29.5	14.7	1.9	31.4	100.0
250	328	11.3	4.6	0.6	32.3	25.6	3.0	22.6	100.0
300	40	5.0	2.5	0.0	37.5	35.0	5.0	15.0	100.0
平均	324	10.8	4.7	1.0	26.9	20.4	5.6	30.6	100.0

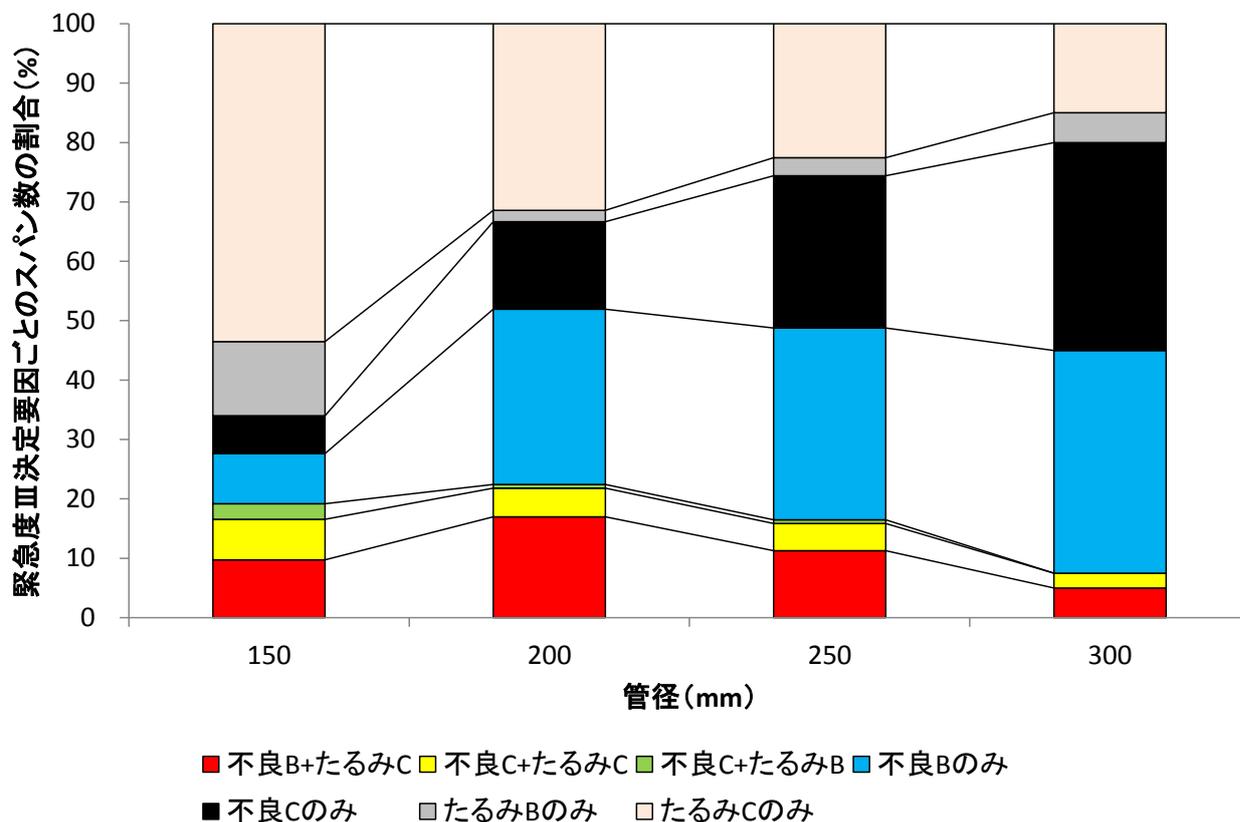


図 4-89 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は管径が小さい程大きくなる。これは、管断面積が大きい方がたるみにくいことが影響していると考えられる。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、管径が大きい程大きくなる。これは、偏平と管径の間係が影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみと不良発生率の割合は逆の傾向にあるため、管径と緊急度Ⅲの割合は、線形的な一様な関係が見られないと考えられる。

2) スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-65 と図 4-88 に示す。また、スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-66 と図 4-89 に示す。

表 4-65 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0-10	5	3	1	22	12	10	80	133
10-20	13	8	1	46	33	13	101	215
20-30	26	14	2	62	56	24	88	272
30-40	19	21	4	54	39	17	88	242
40-50	29	11	6	52	31	17	74	220
50-60	24	3	2	22	6	5	28	90
60以上	37	13	4	21	10	14	58	157
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

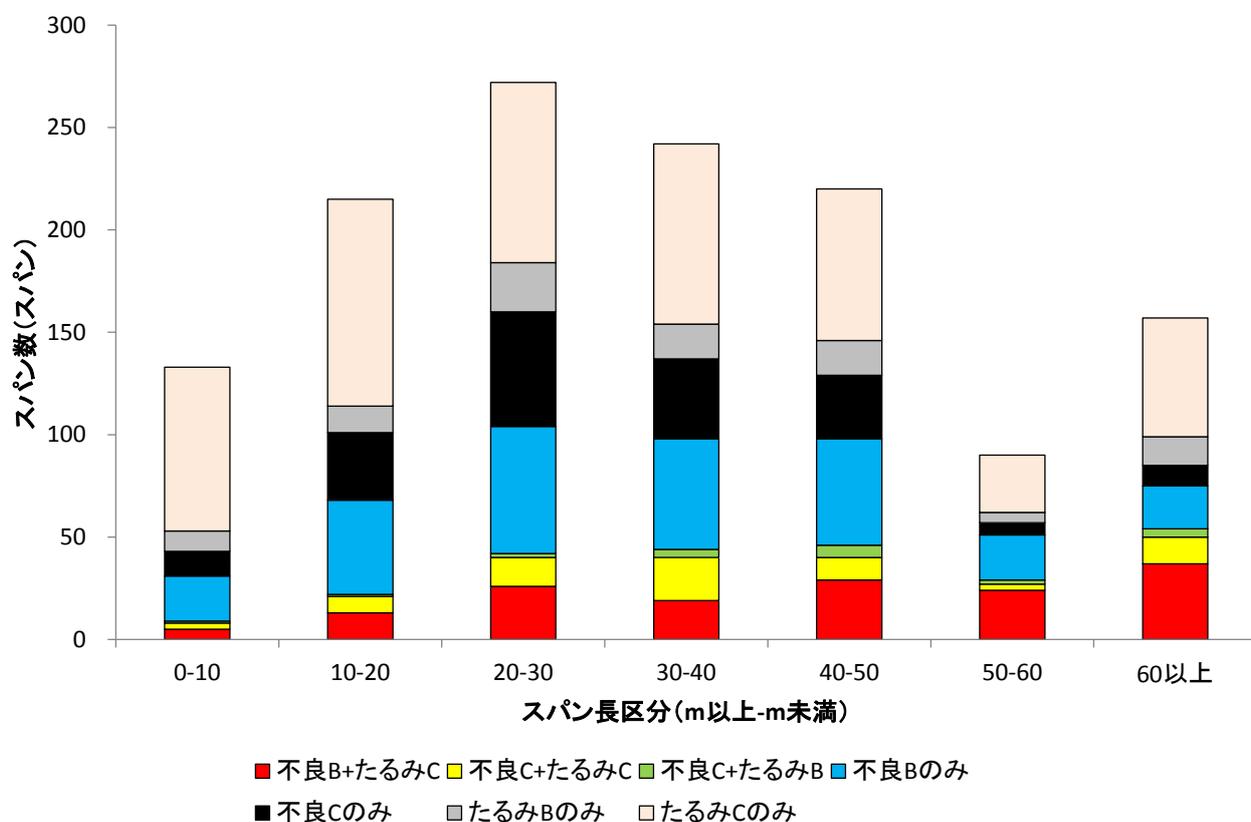


図 4-90 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-66 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0-10	133	3.8	2.3	0.8	16.5	9.0	7.5	60.2	100.0
10-20	215	6.0	3.7	0.5	21.4	15.3	6.0	47.0	100.0
20-30	272	9.6	5.1	0.7	22.8	20.6	8.8	32.4	100.0
30-40	242	7.9	8.7	1.7	22.3	16.1	7.0	36.4	100.0
40-50	220	13.2	5.0	2.7	23.6	14.1	7.7	33.6	100.0
50-60	90	26.7	3.3	2.2	24.4	6.7	5.6	31.1	100.0
60以上	157	23.6	8.3	2.5	13.4	6.4	8.9	36.9	100.0
平均	190	12.9	5.2	1.6	20.6	12.6	7.4	39.6	100.0

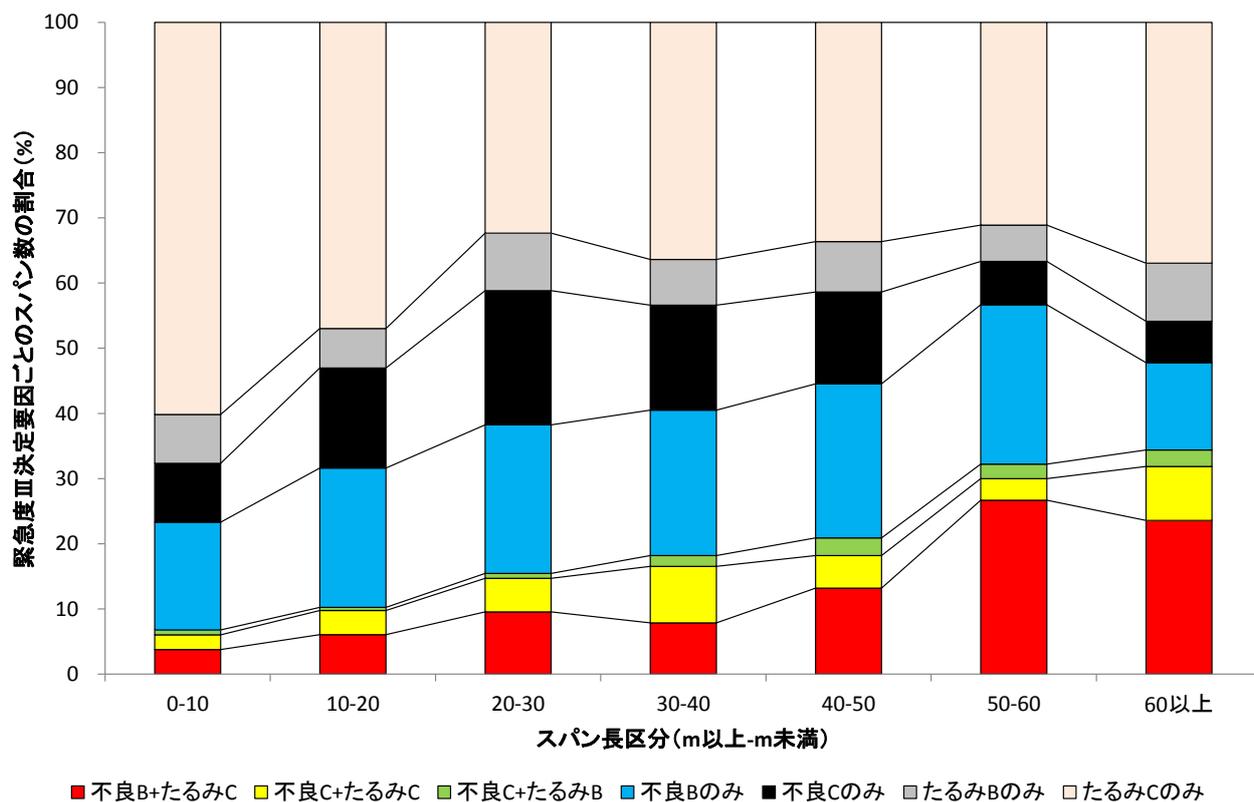


図 4-91 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBが決定要因である割合はスパン長に関わらずほぼ等しいが、たるみCが決定要因である割合はスパン長が短いほうが大きい。緊急度Ⅱの場合は、たるみAが決定要因である割合はスパン長が長いほうが大きく、上記と逆の傾向にあるが、これは、スパン延長が長いほど大きなたるみに発展し、スパン延長が短い場合は、小規模なたるみで収まることが言えると考えられる。

3) 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-67 と図 4-92 に示す。また、管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-68 と図 4-93 に示す。

管本数が 25 本以上のスパン数は小さく、管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、表 4-68 の集計から除外した。

表 4-67 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
1	1	0	0	2	0	1	11	15
2	0	2	1	1	2	5	39	50
3	1	1	0	5	6	2	29	44
4	5	1	1	20	8	6	34	75
5	4	2	0	14	17	9	32	78
6	5	4	0	23	19	4	27	82
7	11	3	0	20	17	9	32	92
8	13	7	0	21	25	5	30	101
9	5	5	2	25	13	3	33	86
10	9	5	0	21	21	8	27	91
11	10	6	0	18	8	5	28	75
12	11	3	0	29	10	5	23	81
13	7	3	4	14	8	5	25	66
14	1	3	0	9	1	2	17	33
15	8	1	0	9	3	4	25	50
16	5	4	3	2	0	3	19	36
17	2	2	2	4	4	4	4	22
18	4	0	0	3	1	0	7	15
19	6	1	1	6	4	3	8	29
20	2	0	1	3	4	4	9	23
21	6	2	1	2	2	2	6	21
22	5	2	0	5	2	1	7	22
23	5	2	0	4	1	0	5	17
24	5	4	2	2	0	0	6	19
25	1	0	0	1	0	2	2	6
26	2	1	0	1	1	2	1	8
27	3	0	0	2	0	0	2	7
28	4	1	1	0	1	2	6	15
29	5	3	0	3	0	0	4	15
30	1	0	1	0	0	0	2	4
31	0	0	0	1	1	2	1	5
32	3	1	0	2	0	0	2	8
33	1	0	0	0	1	0	2	4
34	1	0	0	0	0	0	1	2
35	0	1	0	1	1	0	1	4
36	0	0	0	1	0	0	0	1
37	0	0	0	1	0	2	2	5
38	0	0	0	0	0	0	1	1
39	0	1	0	1	0	0	0	2
40	0	0	0	0	0	0	1	1
41	0	0	0	1	0	0	0	1
42	0	0	0	0	1	0	1	2
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	1	0	0	0	0	1	3
46	0	0	0	1	1	0	0	2
47	0	1	0	0	1	0	0	2
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	1	1
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	1	0	0	1
53	0	0	0	1	0	0	0	1
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	2	0	0	2
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	1	1
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	2	2
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

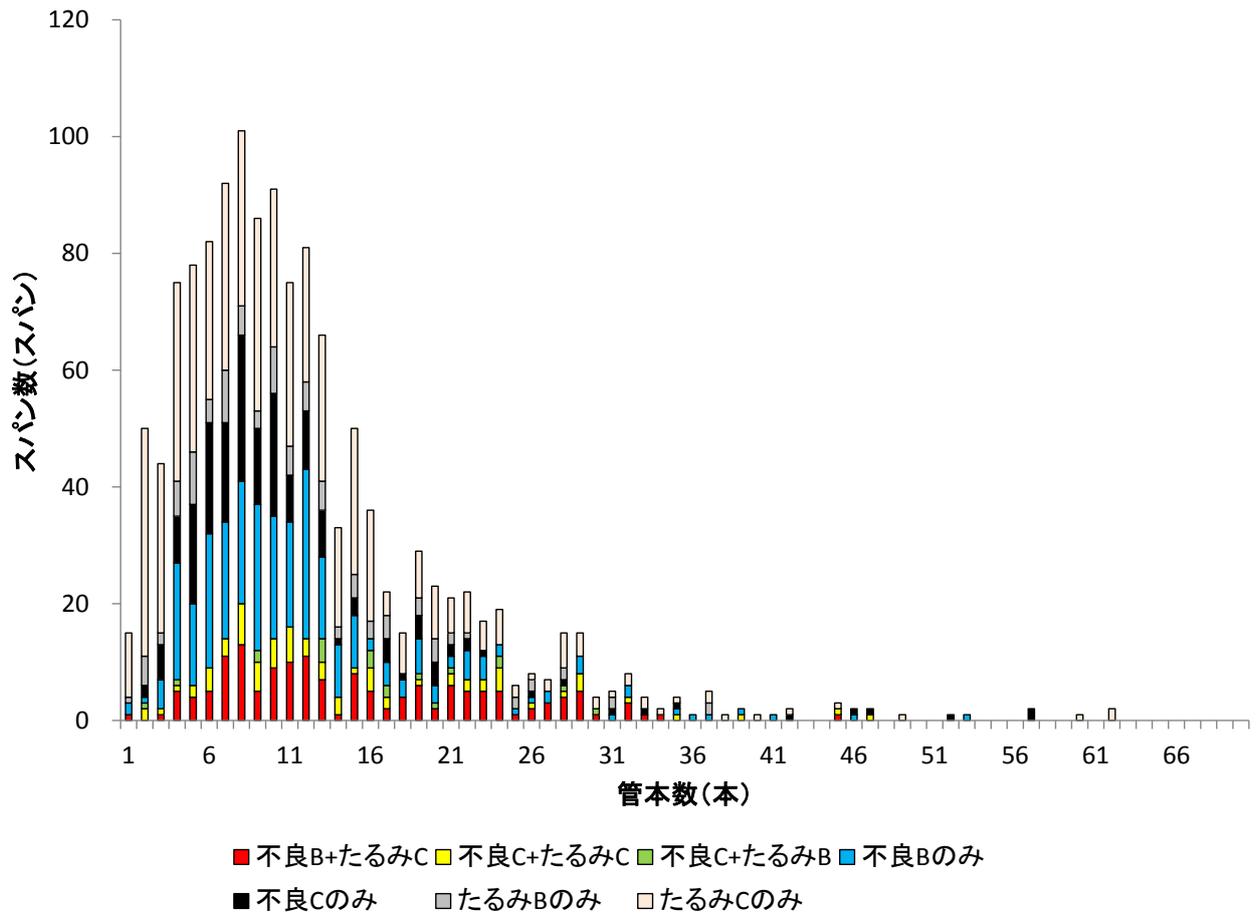


図 4-92 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-68 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因								総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ		
1	15	6.7	0.0	0.0	13.3	0.0	6.7	73.3	100.0	
2	50	0.0	4.0	2.0	2.0	4.0	10.0	78.0	100.0	
3	44	2.3	2.3	0.0	11.4	13.6	4.5	65.9	100.0	
4	75	6.7	1.3	1.3	26.7	10.7	8.0	45.3	100.0	
5	78	5.1	2.6	0.0	17.9	21.8	11.5	41.0	100.0	
6	82	6.1	4.9	0.0	28.0	23.2	4.9	32.9	100.0	
7	92	12.0	3.3	0.0	21.7	18.5	9.8	34.8	100.0	
8	101	12.9	6.9	0.0	20.8	24.8	5.0	29.7	100.0	
9	86	5.8	5.8	2.3	29.1	15.1	3.5	38.4	100.0	
10	91	9.9	5.5	0.0	23.1	23.1	8.8	29.7	100.0	
11	75	13.3	8.0	0.0	24.0	10.7	6.7	37.3	100.0	
12	81	13.6	3.7	0.0	35.8	12.3	6.2	28.4	100.0	
13	66	10.6	4.5	6.1	21.2	12.1	7.6	37.9	100.0	
14	33	3.0	9.1	0.0	27.3	3.0	6.1	51.5	100.0	
15	50	16.0	2.0	0.0	18.0	6.0	8.0	50.0	100.0	
16	36	13.9	11.1	8.3	5.6	0.0	8.3	52.8	100.0	
17	22	9.1	9.1	9.1	18.2	18.2	18.2	18.2	100.0	
18	15	26.7	0.0	0.0	20.0	6.7	0.0	46.7	100.0	
19	29	20.7	3.4	3.4	20.7	13.8	10.3	27.6	100.0	
20	23	8.7	0.0	4.3	13.0	17.4	17.4	39.1	100.0	
21	21	28.6	9.5	4.8	9.5	9.5	9.5	28.6	100.0	
22	22	22.7	9.1	0.0	22.7	9.1	4.5	31.8	100.0	
23	17	29.4	11.8	0.0	23.5	5.9	0.0	29.4	100.0	
24	19	26.3	21.1	10.5	10.5	0.0	0.0	31.6	100.0	
平均	51	12.9	5.8	2.2	19.3	11.6	7.3	40.8	100.0	

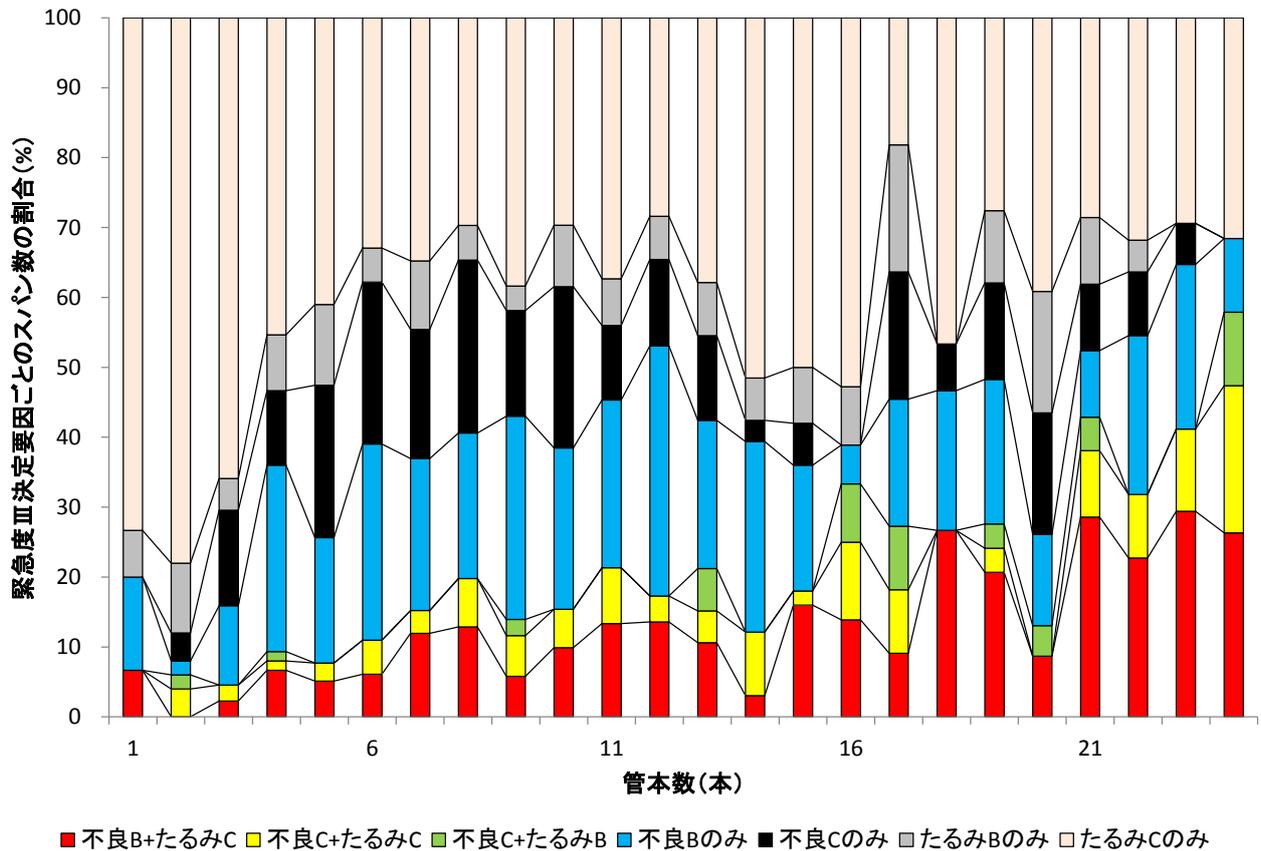


図 4-93 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数が多い程スパン長は大きくなるため、若干のばらつきはあるものの、スパン延長の場合の傾向と管本数と緊急度Ⅲ決定要因の間係は同様の傾向があると考えられる。

4) 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-69 と図 4-94 に示す。また、取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-70 と図 4-95 に示す。

なお、取付管本数が9本以上のスパン数は小さく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え表 4-70 の集計から除外した。

表 4-69 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0	52	21	6	80	49	38	246	492
1	23	9	2	27	30	21	102	214
2	20	10	4	40	25	14	53	166
3	14	13	3	42	22	7	51	152
4	7	7	2	28	18	7	25	94
5	15	5	1	16	17	5	16	75
6	12	2	1	18	4	2	4	43
7	3	1	0	11	5	2	7	29
8	4	4	1	5	9	3	2	28
9	2	0	0	2	3	0	4	11
10	0	1	0	6	2	0	3	12
11	0	0	0	2	1	0	2	5
12	1	0	0	0	2	1	2	6
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	2	0	0	0	2
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

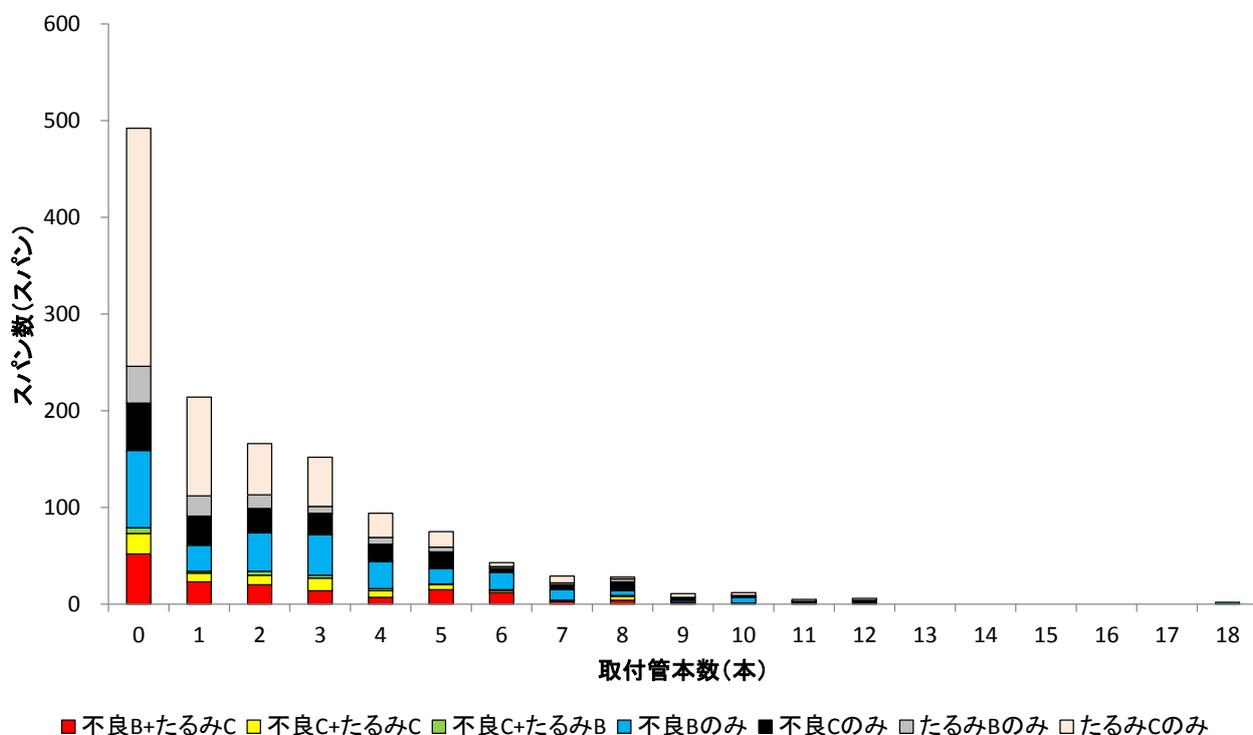


図 4-94 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-70 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0	492	10.6	4.3	1.2	16.3	10.0	7.7	50.0	100.0
1	214	10.7	4.2	0.9	12.6	14.0	9.8	47.7	100.0
2	166	12.0	6.0	2.4	24.1	15.1	8.4	31.9	100.0
3	152	9.2	8.6	2.0	27.6	14.5	4.6	33.6	100.0
4	94	7.4	7.4	2.1	29.8	19.1	7.4	26.6	100.0
5	75	20.0	6.7	1.3	21.3	22.7	6.7	21.3	100.0
6	43	27.9	4.7	2.3	41.9	9.3	4.7	9.3	100.0
7	29	10.3	3.4	0.0	37.9	17.2	6.9	24.1	100.0
8	28	14.3	14.3	3.6	17.9	32.1	10.7	7.1	100.0
平均	144	13.6	6.6	1.8	25.5	17.1	7.4	28.0	100.0

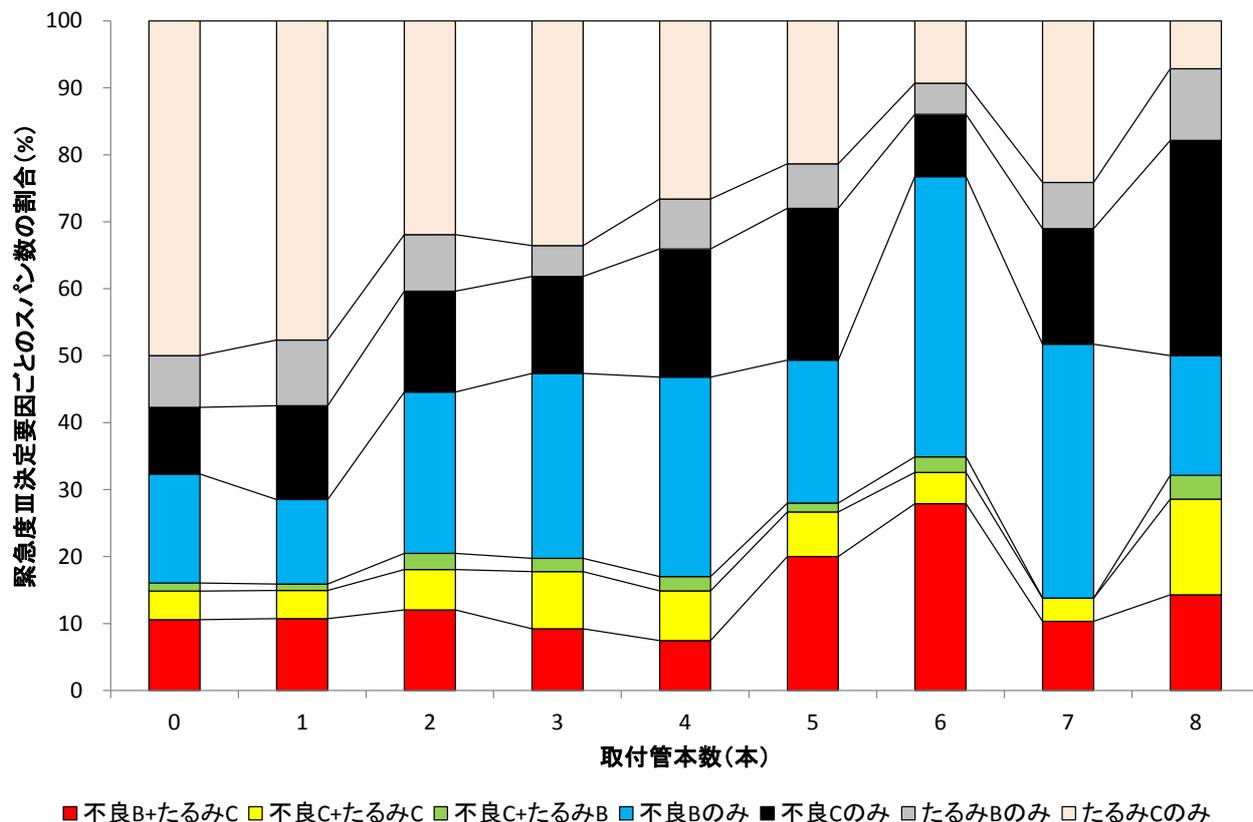


図 4-95 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は、取付管本数が大きい程小さくなり、一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合が大きい。これは、取付管本数が大きい程、取り付け管の接合不良の割合も大きくなり、それに付随して浸入水や木根侵入の発生数が大きくなる（3章7節参照）ため、不良発生率BまたはCが決定要因である割合が取付管本数が大きい程大きくなると考えられる。

5) 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-71 と図 4-96 に示す。また、土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-72 と図 4-97 に示す。なお、土被りが 4m 以上、または、不明のスパンは集計から除外する。

表 4-71 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
1m未満	3	1	0	16	10	1	5	36
1-2	83	44	9	122	98	49	321	726
2-3	26	16	6	44	20	32	112	256
3-4	8	3	1	11	3	12	35	73
4-5	2	2	3	6	3	2	7	25
5-6	0	2	0	3	3	0	2	10
7-8	0	1	1	1	0	0	0	3
不明	31	4	0	76	50	4	35	200
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

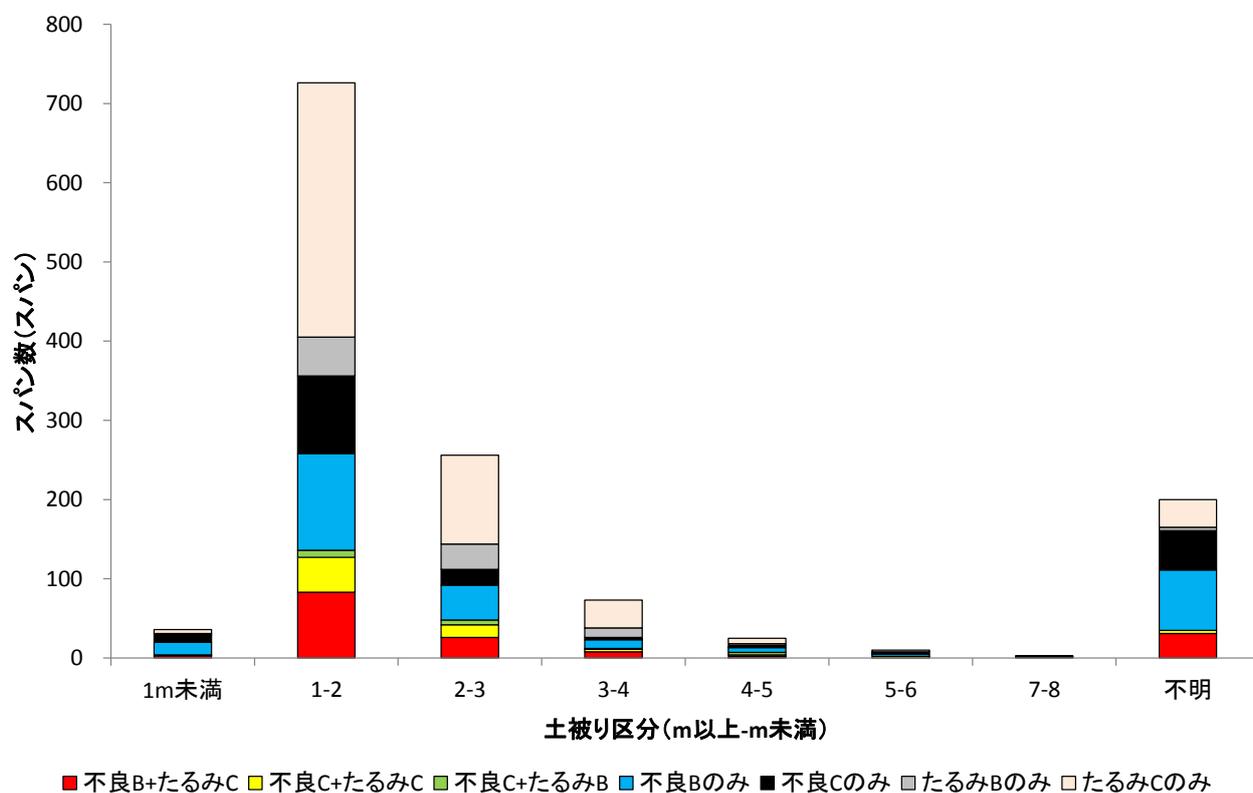


図 4-96 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-72 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因						総計 (%)	
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ		たるみCのみ
1m未満	36	8.3	2.8	0.0	44.4	27.8	2.8	13.9	100.0
1-2	726	11.4	6.1	1.2	16.8	13.5	6.7	44.2	100.0
2-3	256	10.2	6.3	2.3	17.2	7.8	12.5	43.8	100.0
3-4	73	11.0	4.1	1.4	15.1	4.1	16.4	47.9	100.0
4m以上	38	5.3	13.2	10.5	26.3	15.8	5.3	23.7	100.0
平均	226	9.2	6.5	3.1	24.0	13.8	8.7	34.7	100.0

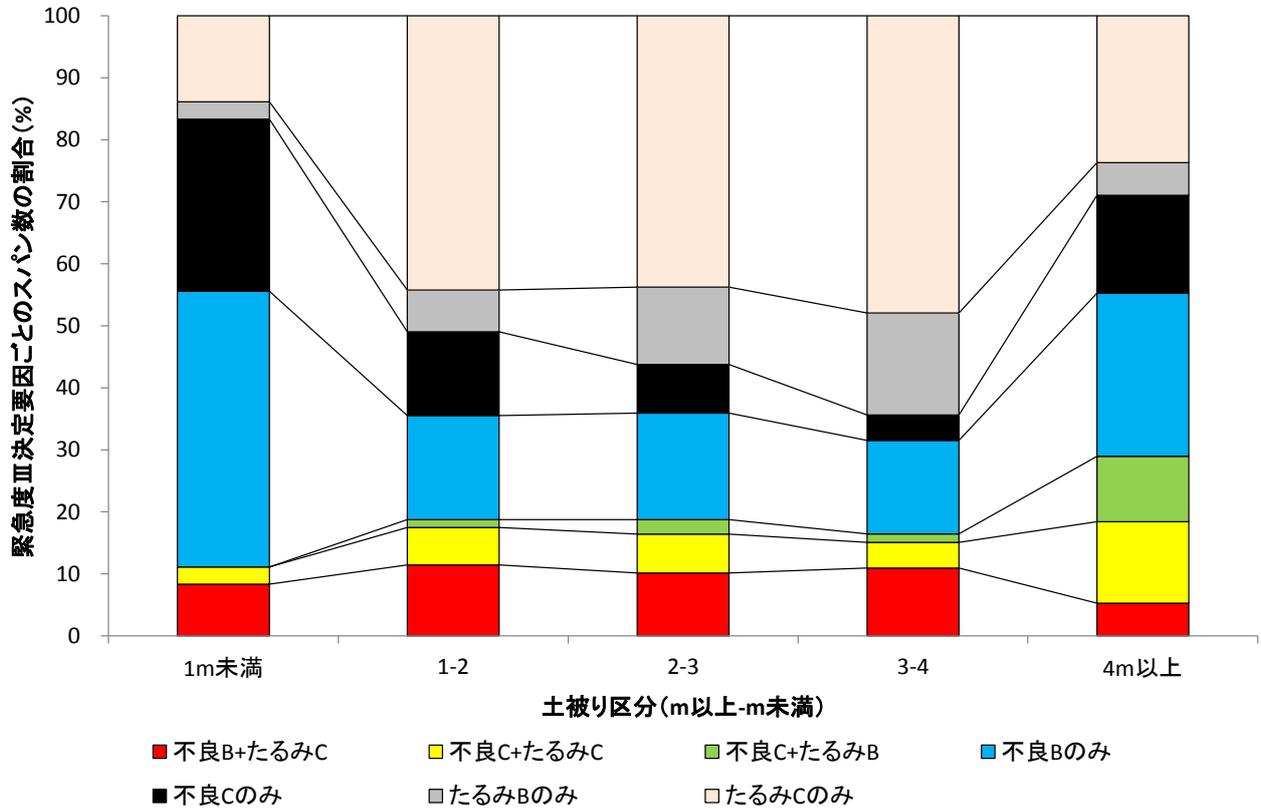


図 4-97 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は、たるみ A と同様に土被りが大きい程大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、破損の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被り 1m 未満で最も大きく、また偏平と浸入水の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被りが 4m 以上で再び大きくなる (3 章 7 節参照)。土被り 4m 以上でたるみ B またはたるみ C が決定要因となる割合が小さくなるのは、土被りが大きい程たるみ A の発生する割合が大きくなるためと考えられる。

6) 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-73 と図 4-98 に示す。また、道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-74 と図 4-99 に示す。

なお、道路区分が私道のスパン数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。

表 4-73 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

道路区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
市町村道	117	54	15	245	146	82	384	1043
都道府県道	4	1	2	11	14	6	26	64
国道	1	4	0	4	3	1	15	28
私道	1	1	0	1	0	1	1	5
不明	30	13	3	18	24	10	91	189
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

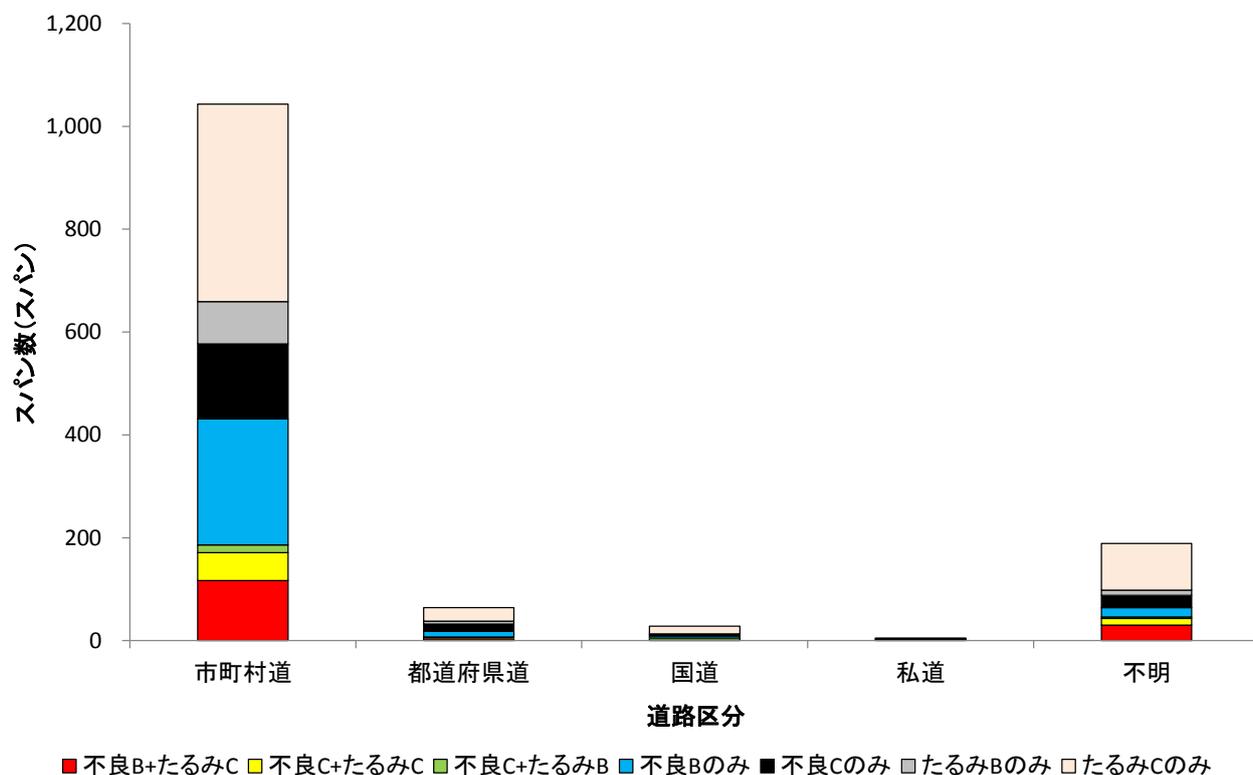


図 4-98 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-74 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
市町村道	1043	11.2	5.2	1.4	23.5	14.0	7.9	36.8	100.0
都道府県道	64	6.3	1.6	3.1	17.2	21.9	9.4	40.6	100.0
国道	28	3.6	14.3	0.0	14.3	10.7	3.6	53.6	100.0
平均	378	7.0	7.0	1.5	18.3	15.5	6.9	43.7	100.0

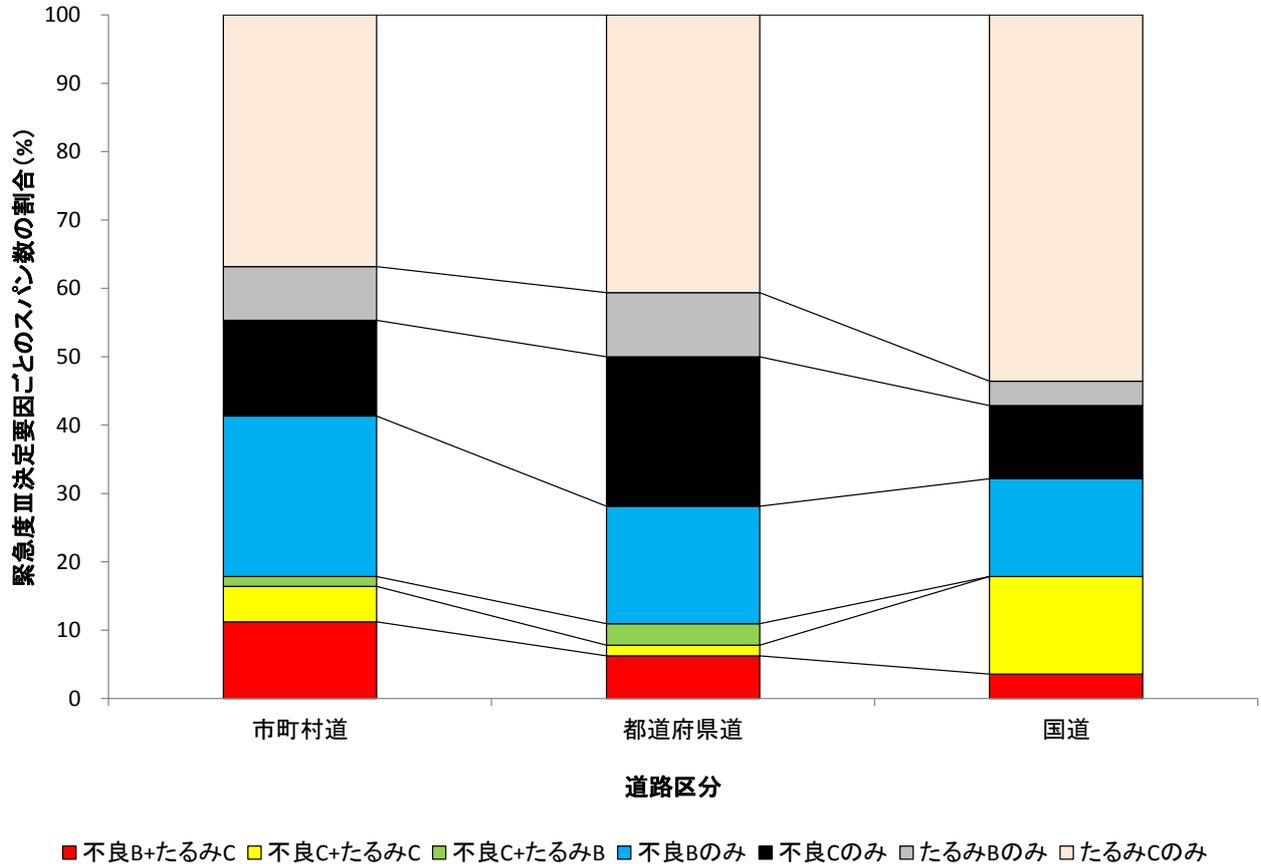


図 4-99 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたCが決定要因である割合は国道、都道府県道、市町村道の順に大きい。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、市町村道、都道府県道、国道の順に大きい。ただし、前節4.6.3(6)で述べた通り、これらの傾向については、道路区分がに国道および都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

7) 歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

表 4-75 と図 4-100 は歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を示し、また、表 4-76 と図 4-101 は歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を示す。なお、歩車道区分が市有地のスパン数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。

表 4-75 歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

歩車道区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
車道	95	26	10	197	110	48	230	716
歩道	3	3	0	18	11	2	16	53
市有地	0	0	0	0	0	1	1	2
不明	55	44	10	64	66	49	270	558
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

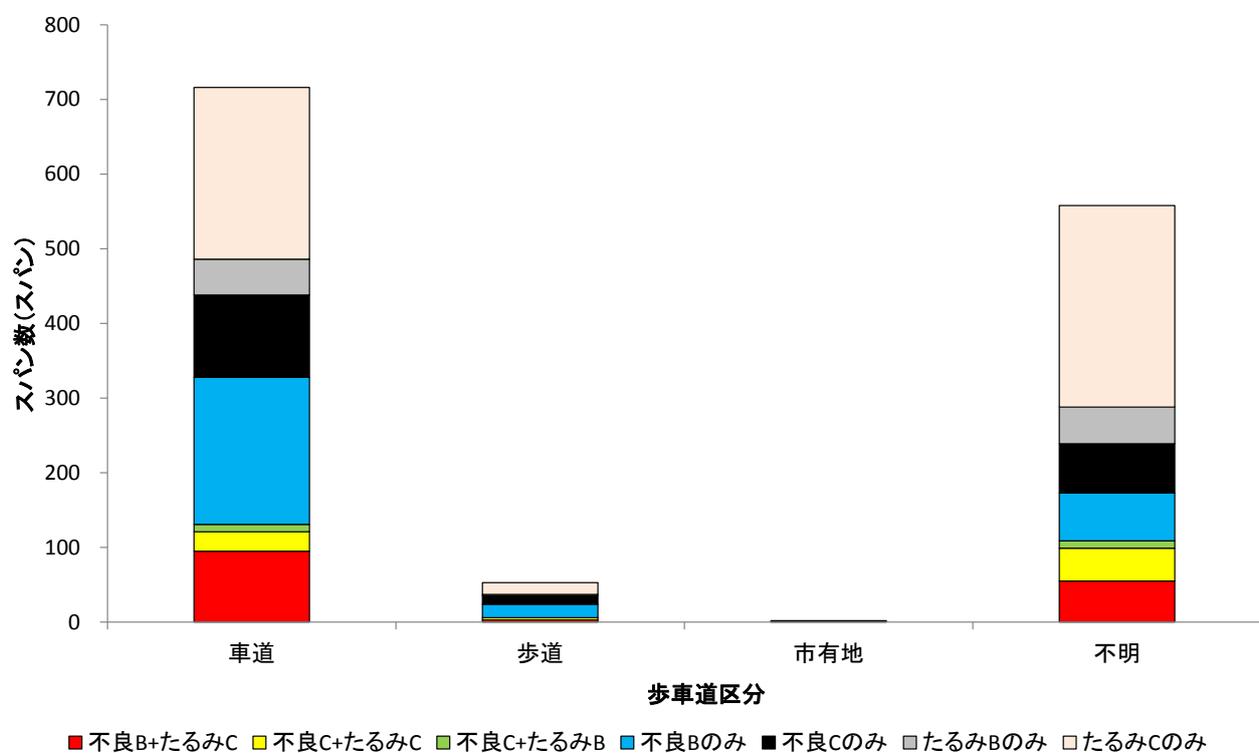


図 4-100 歩車道区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-76 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
車道	716	13.3	3.6	1.4	27.5	15.4	6.7	32.1	100.0
歩道	53	5.7	5.7	0.0	34.0	20.8	3.8	30.2	100.0
平均	385	9.5	4.6	0.7	30.7	18.1	5.2	31.2	100.0

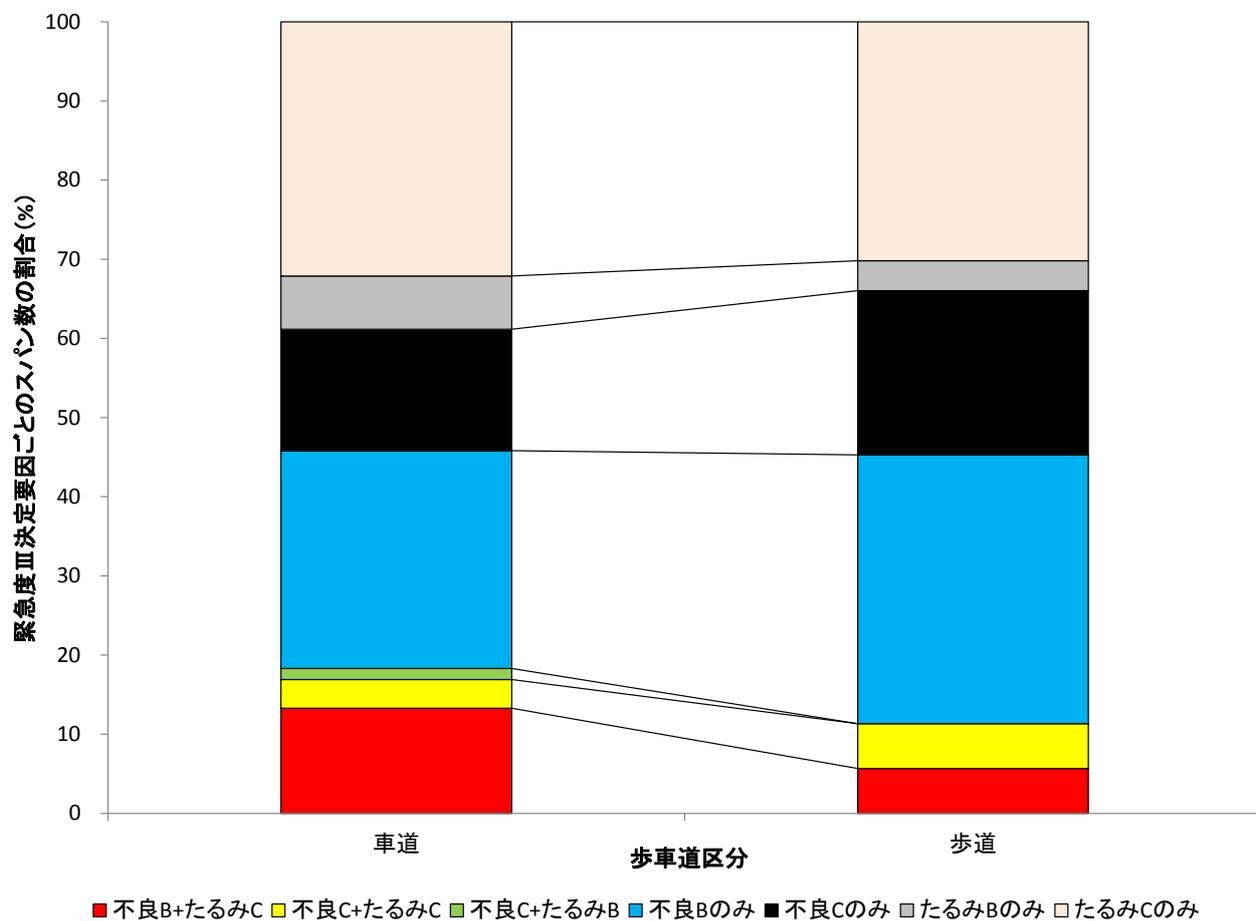


図 4-101 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は車道の方が大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、歩道の方が大きい。

ただし、歩車道区分が歩道のスパン数が小さいため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

8) 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-77 と図 4-102 に示す。また、施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-78 と図 4-103 に示す。

なお、施工方法が不明なスパンについては、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「その他」または「不明」、かつ土被りが「不明」だった197スパンについては、表 4-79 の集計から除外した。

表 4-77 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

施工方法	緊急度Ⅲ決定要因						総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	
開削	34	22	9	33	21	66	220
開削想定	82	38	7	152	109	27	239
推進	0	3	0	0	1	0	5
推進想定	8	6	4	19	8	2	17
その他	0	0	0	0	0	1	1
不明	29	4	0	75	48	4	35
総計	153	73	20	279	187	100	517

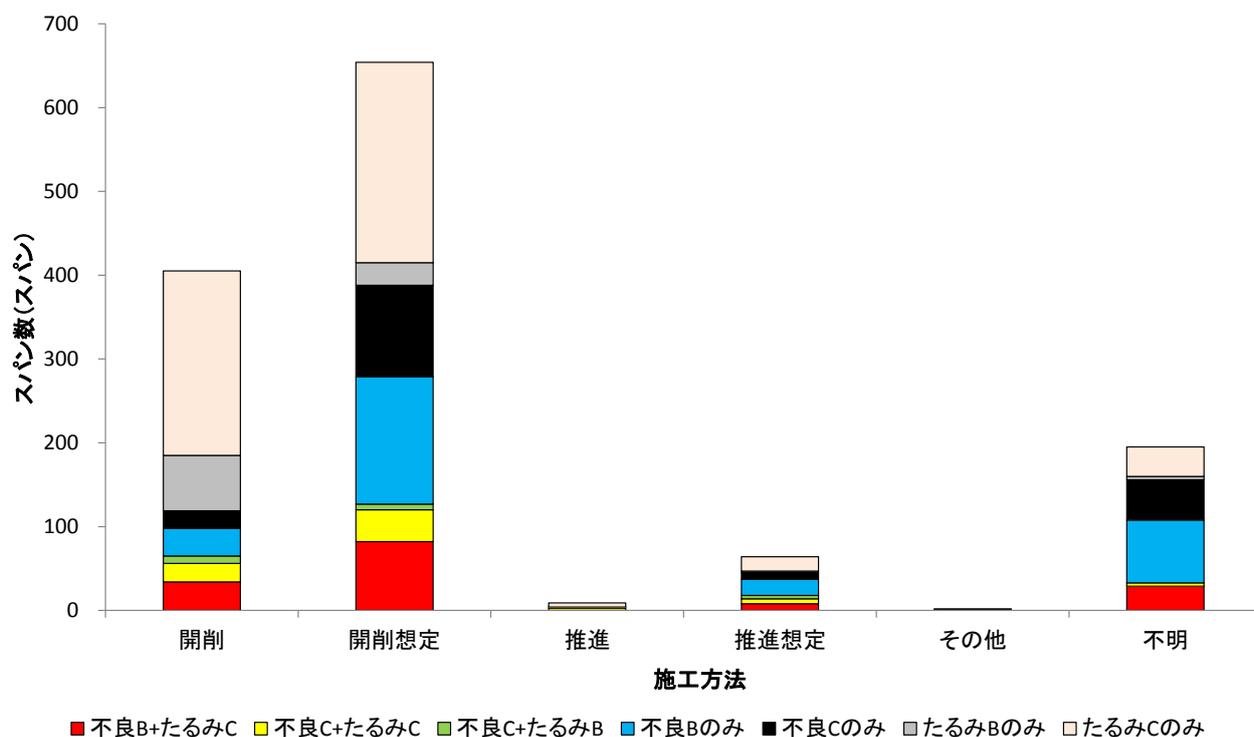


図 4-102 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-78 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
開削(想定含む)	1059	11.0	5.7	1.5	17.5	12.3	8.8	43.3	100.0
推進(想定含む)	73	11.0	12.3	5.5	26.0	12.3	2.7	30.1	100.0
平均	566	11.0	9.0	3.5	21.7	12.3	5.8	36.7	100.0

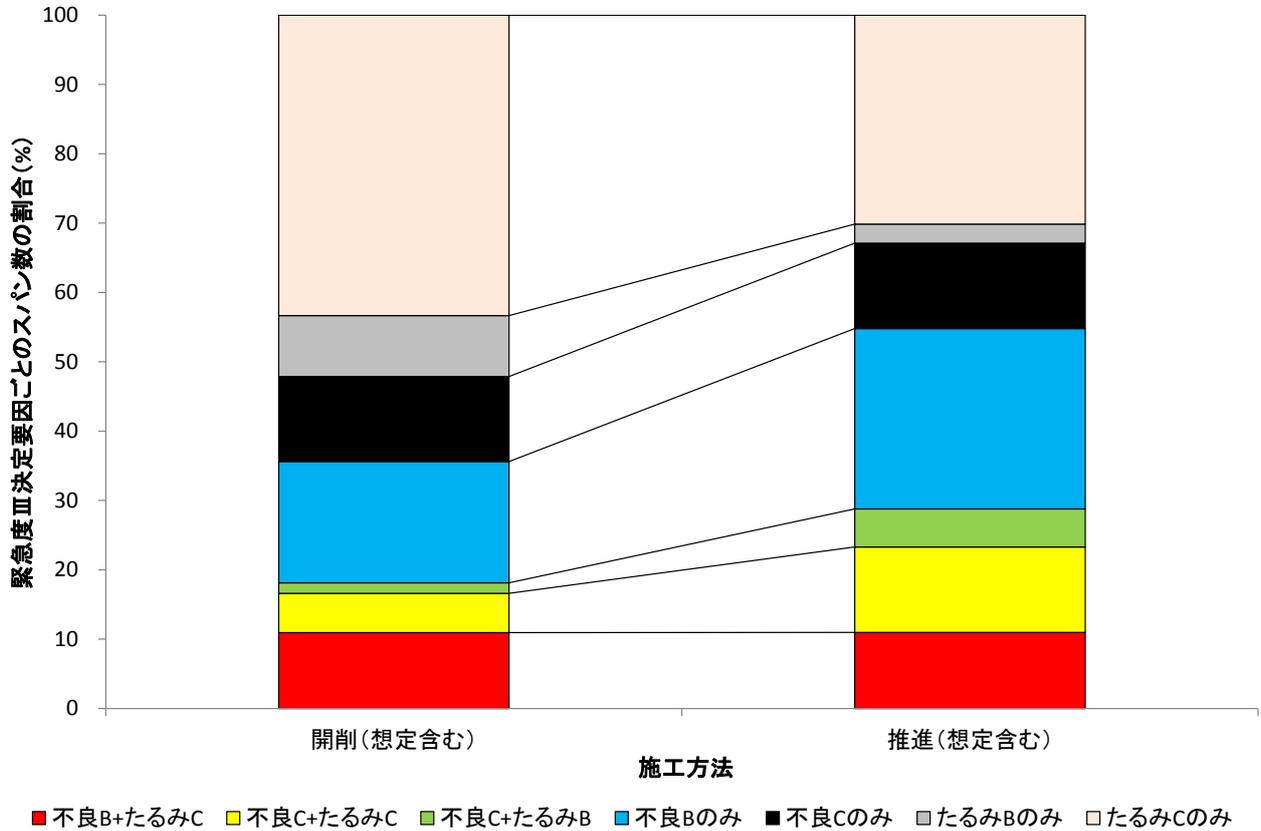


図 4-103 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は開削の方が大きい。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、開削の方が大きい。ただし、施工方法が推進のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

9) 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-79 と図 4-104 に示す。また、排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-80 と図 4-105 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較し小さいため表 4-80 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-80 の集計から除外した。

表 4-79 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

排除区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
分流汚水	147	71	20	244	165	100	513	1260
分流雨水	1	0	0	2	2	0	0	5
合流	4	2	0	32	17	0	3	58
不明	1	0	0	1	3	0	1	6
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

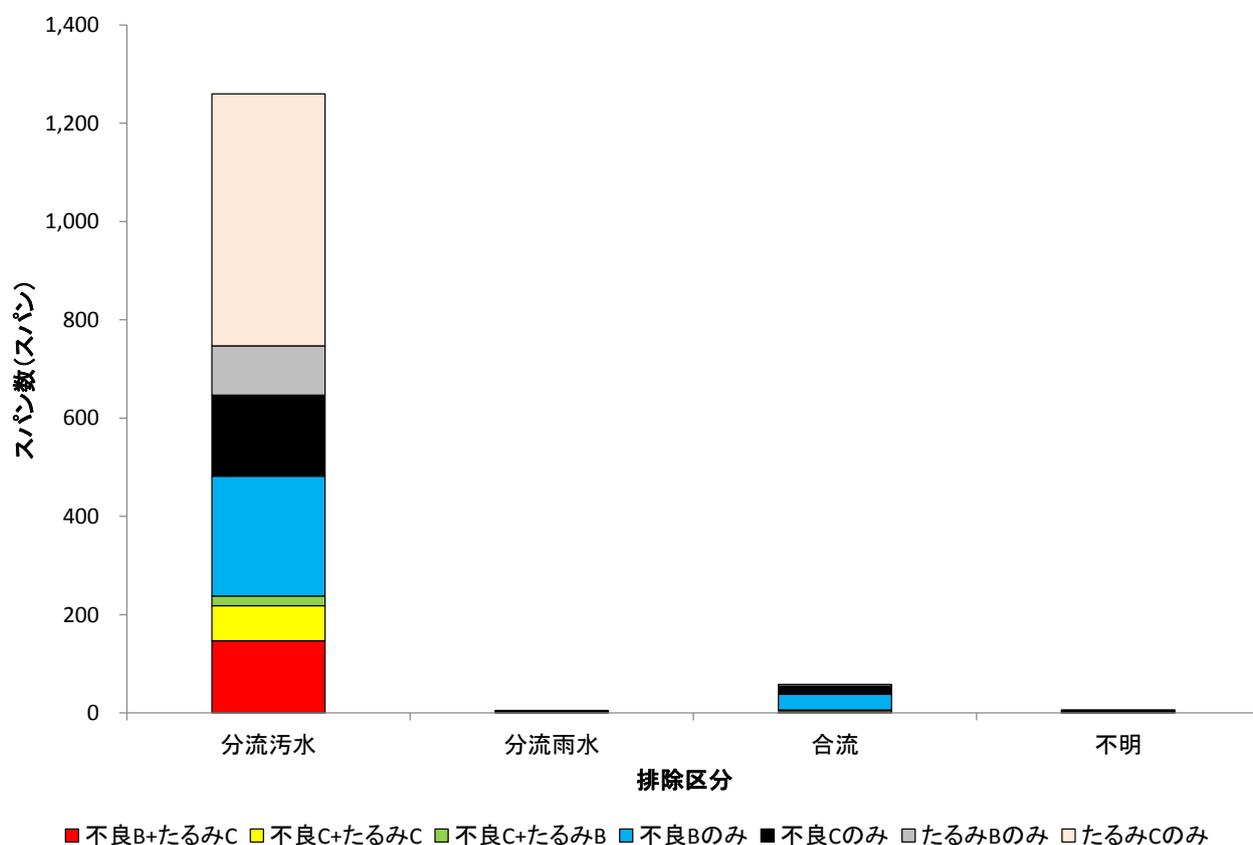


図 4-104 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-80 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因						総計 (%)	
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ		たるみCのみ
分流汚水	1260	11.7	5.6	1.6	19.4	13.1	7.9	40.7	100.0
合流	58	6.9	3.4	0.0	55.2	29.3	0.0	5.2	100.0
平均	659	9.3	4.5	0.8	37.3	21.2	4.0	22.9	100.0

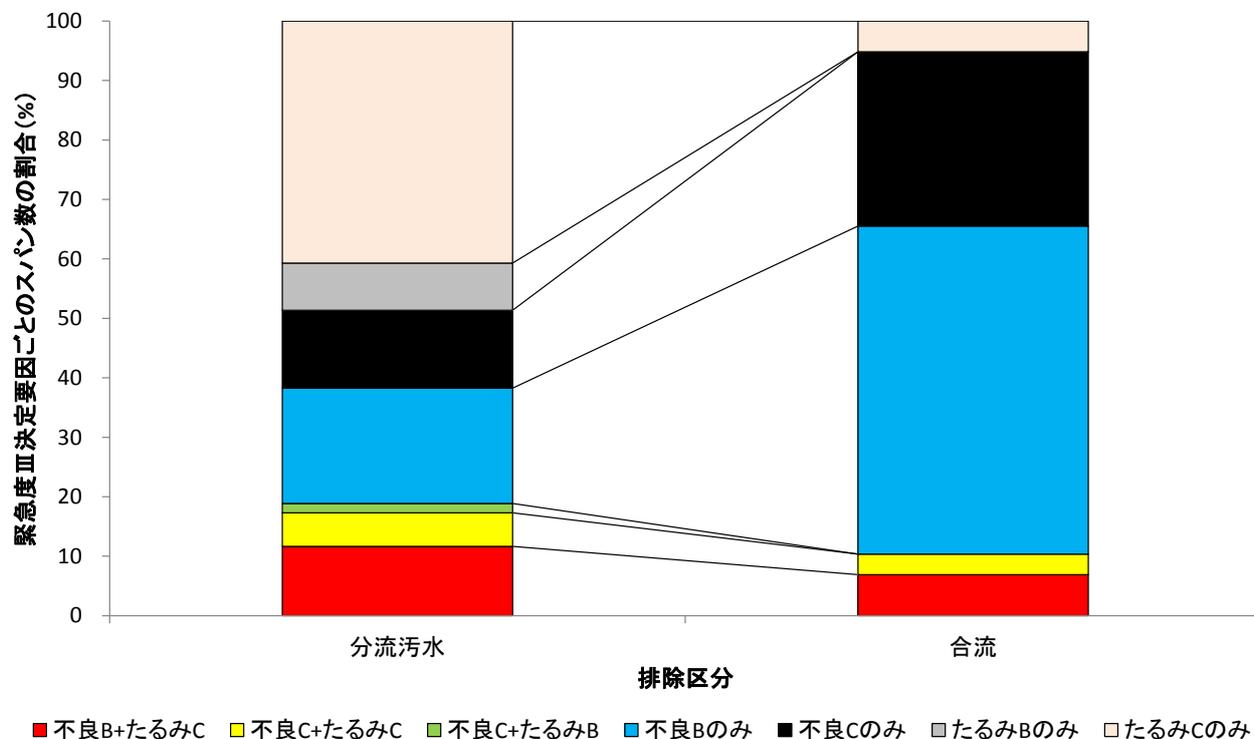


図 4-105 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は分流汚水の方が大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、合流の方が大きい。分流汚水は経過年数が短く、合流は経過年数が長い管渠が多いことが関係していると考えられる。そのため、経過年数とたるみ B または C、経過年数と不良発生率 B または C の割合の関係とともに次項 10) で言及することとする。

10) 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-81 と図 4-106 に示す。また、経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-82 と図 4-107 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表 4-82 の集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-82 の集計から除外した。

表 4-81 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
10年未満	78	46	16	63	51	72	356	682
10-20	36	10	4	70	35	12	78	245
20-30	14	2	0	72	52	6	23	169
30-40	23	15	0	67	43	8	55	211
40-50	0	0	0	1	1	0	2	4
50-60	1	0	0	1	1	0	0	3
60年以上	0	0	0	0	1	0	0	1
調査後布設替	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	1	0	0	5	3	2	3	14
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

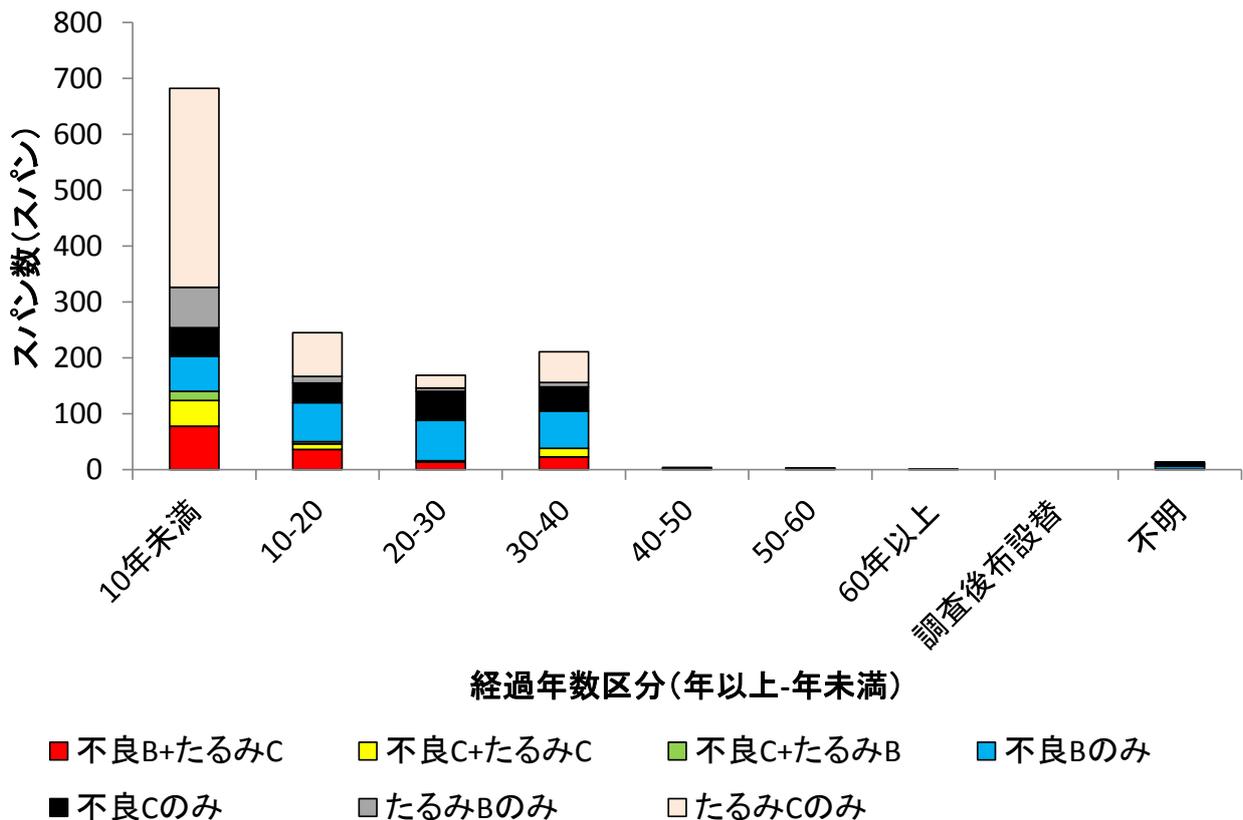


図 4-106 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-82 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
10年未満	682	11.4	6.7	2.3	9.2	7.5	1.1	52.2	100.0
10-20	245	14.7	4.1	1.6	28.6	14.3	4.9	31.8	100.0
20-30	169	8.3	1.2	0.0	42.6	30.8	3.6	13.6	100.0
30-40	211	10.9	7.1	0.0	31.8	20.4	3.8	26.1	100.0
平均	327	11.3	4.8	1.0	28.0	18.2	5.7	30.9	100.0

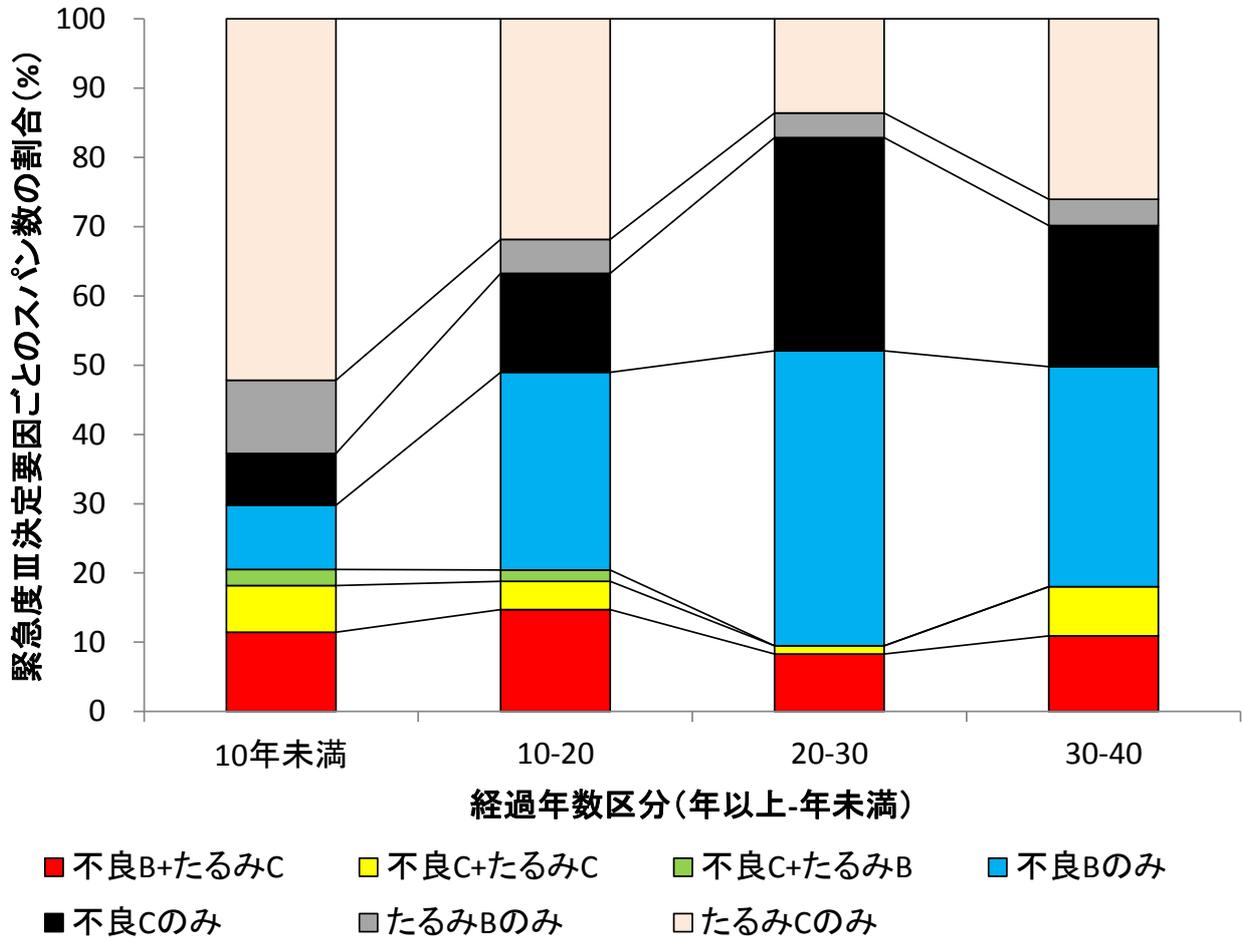


図 4-107 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度ⅢのうちたるみBまたはCが決定要因である割合は経過年数10年未満が最も大きく、一方、緊急度Ⅲのうち不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、たるみBまたはCとは逆の傾向を示す。前節4.6.3(10)で示した通り、緊急度Ⅲの割合は、10年未満が最も大きく、次いで30年以上40年未満が大きいのは(図4-67)、たるみBまたはCについても地盤等の埋設環境により経過年数が小さい時期に発現する場合と、または、経年的変化により徐々に発現する場合を示していると考えられる。

4.7. まとめ

1) 塩化ビニル管の緊急度診断基準の提案

- ・塩化ビニル管の緊急度診断基準（案）は、「下水道維持管理指針前編 前編－2003年版－」の緊急度診断基準に対して、破損と偏平が併発する場合に管に与える影響が大きいことを考慮し、「破損 a ランクかつ偏平 b ランク以上」が複合的に生じた場合、スパン全体の評価ランクを A とする基準を設けた。

2) 緊急度と異常項目ランクの関係

- ・緊急度Ⅱに寄与している異常項目ランクは、上位から偏平 b、破損 a、浸入水 b である。
- ・緊急度Ⅲに寄与している異常項目ランクは、上位から浸入水 c、偏平 b、浸入水 b である。

3) 緊急度Ⅱの決定要因と管種属性の関係

- ・緊急度Ⅱ決定要因は、不良発生率 A が最も大きく、緊急度Ⅱのうち約 64% である。一方たるみ A は約 29% である。
- ・緊急度Ⅱ決定要因と管種属性の関係は、偏平 b や破損 a と管種属性との関係の影響を大きく受けている。緊急度Ⅱ決定要因と土被りの関係は一様な線形的な傾向は見られない。これは、偏平 b と破損 a の異常発生箇所数/km と土被りの関係は逆の傾向にあるためと考えられる。
- ・その他の管属性と偏平 b と破損 a の異常発生箇所数/km との関係はほぼ同じ傾向にあるため、緊急度Ⅱ決定要因とその他の管属性の関係は一様な線形的な傾向にある。

4) 緊急度Ⅲの決定要因と管種属性の関係

- ・緊急度Ⅲ決定要因は、不良発生率 B または C が緊急度Ⅲのうち約 54% であり、一方たるみ B または C は約 64% であり、不良発生率とたるみはほぼ同等の緊急度Ⅲ決定要因である。
- ・緊急度Ⅲ決定要因と管種属性の関係は、たるみ B または C と不良発生率 B または C と管種属性との関係が複合的に影響している。管径と緊急度Ⅲとの関係、経過年数と緊急度Ⅲとの関係は一様な線形的な傾向が見られない。これは、たるみ B または C と不良発生率 B または C が管種属性に対して逆の傾向を示すこと、また、地盤等の埋設環境や初期不良等による経過年数の小さい時点での異常の発生等、本検討に用いるデータには考慮されていない、管種属性の影響を受けている可能性がある。
- ・緊急度決定要因と管種属性に関する指標として、本検討に用いたデータ量では道路区分、歩車道区分、施工法区分、排除区分に関する標本数が少ないため、これらの属性と緊急度決定要因との関係性を適切に把握することができないと考えられる。