

下水道管路の全国特別重点調査 (優先実施箇所)の結果詳細について

1. 腐食、化学的弱点箇所

1-1. 化学的弱点箇所に関する整理（全国特別重点調査結果）

2. 力学的、地盤的弱点箇所

2-1. 力学的弱点箇所に関する整理（全国特別重点調査結果）

2-2. 施工規格等に関する整理（全国特別重点調査）

2-3. 地盤的弱点箇所に関する整理（全国特別重点調査結果）

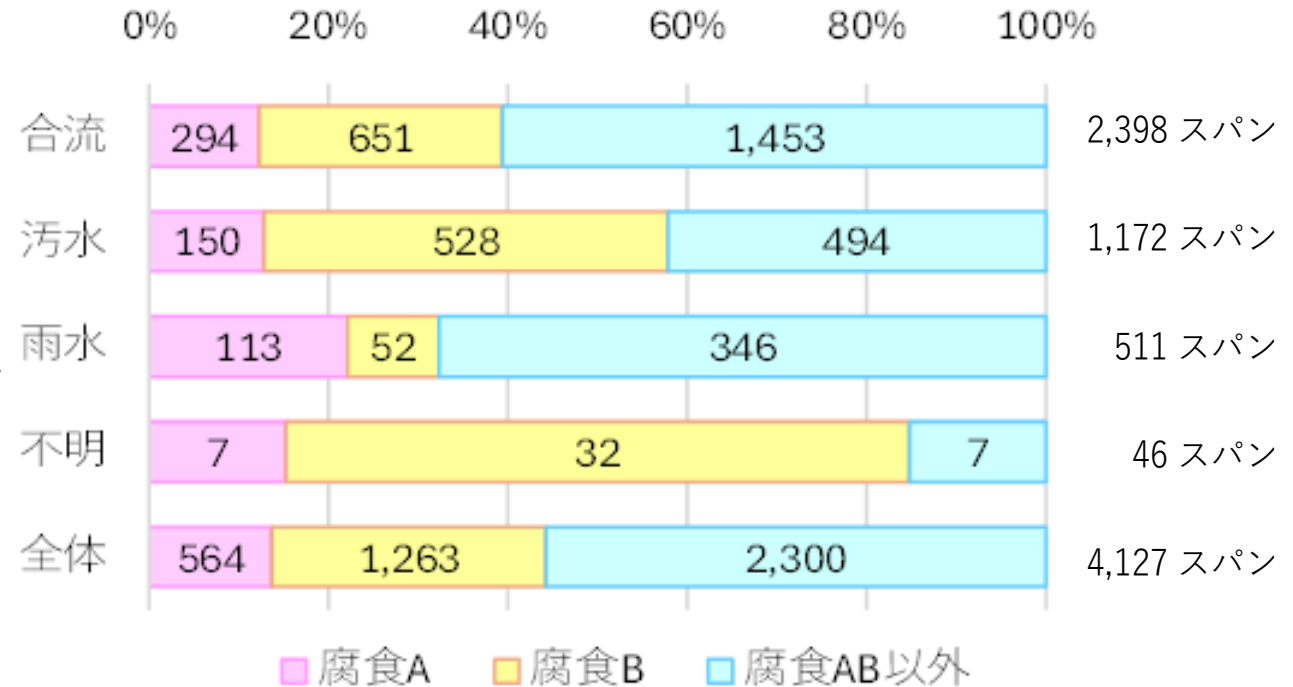
1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（施工工法と腐食判定について整理した結果）】

- 合流管と污水管で大きな違いは認められなかった。
- 雨水管において腐食が多く見られたことから、調査結果を確認した結果、雨水管の腐食については、大部分が硫化水素ではない腐食又は破損と思われることを確認した。

→ 現行調査基準では「鉄筋露出」、「骨材露出」、「表面が荒れている」の3つの区分で判断していることから、硫化水素起因か否かを判断することはできない。

排除区分別腐食判定結果割合 (全国特別重点調査)



雨水管の腐食については、大部分が硫化水素起因ではない腐食又は破損と思われる。

【参考】コンクリート劣化メカニズムと硫酸によるコンクリート腐食

- 下水道施設内では、硫酸以外の様々な要因がコンクリート構造物を劣化させる可能性がある。
- 下水道施設特有なコンクリート構造物の劣化は**化学的侵食に位置付けられる「硫酸による腐食」**であり、**最も対象範囲が広く腐食速度も大きい**ため、早急で適切な対応が求められる。

出典：下水道管路施設腐食対策の手引き(案)平成14年5月 (社)日本下水道協会

コンクリート劣化メカニズムと要因・現象・指標の関連

劣化機構	劣化要因	劣化現象	劣化指標
中性化	二酸化炭素	二酸化炭素がセメント水和物と炭酸化反応を起こし、細孔溶液中のpHを低下させることで、鋼材の腐食が促進され、コンクリートのひび割れや剥離、鋼材の断面減少を引き起こす劣化現象。	中性化深さ 鉄筋腐食量
塩害	塩化物イオン	コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオンにより促進され、コンクリートのひび割れや剥離、鋼材の断面減少を引き起こす劣化現象。	塩化物イオン濃度 鉄筋腐食量
凍害	凍結融解作用	コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返すことによって、コンクリート表面からスケーリング、微細ひび割れ及びポップアウトなどの形で劣化する現象。	凍害深さ 鋼材腐食量
化学的侵食	酸性物質 硫酸イオン	酸性物質や硫酸イオンとの接触によりコンクリート硬化体が分解したり、化合物生成時の膨張圧によってコンクリートが劣化する現象。	劣化因子の浸透深さ 中性化深さ 鋼材腐食量
アルカリ骨材反応	反応性骨材	骨材中に含まれる反応性シリカ鉱物や炭酸塩岩を有する骨材がコンクリート中のアルカリ性水溶液と反応して、コンクリート中に異常膨張やひび割れを発生させる劣化。	膨張量 (ひび割れ)

【参考】硫化水素以外の腐食の代表例

【塩害】

コンクリート中における塩化物イオンの存在により、コンクリート中の鋼材の腐食が進行し、腐食生成物の体積膨張によりコンクリートのひび割れや剥離・剥落、あるいは鋼材の断面現象が生じ、ひいては構造物の性能低下につながる現象。

塩化物イオンは、海水や凍結防止剤のように構造物の外部環境から供給される場合と、コンクリート製造時に材料から供給される場合がある。



引用：(一社)コンクリートメンテナンス協会



引用：(一社)コンクリートメンテナンス協会

【中性化】

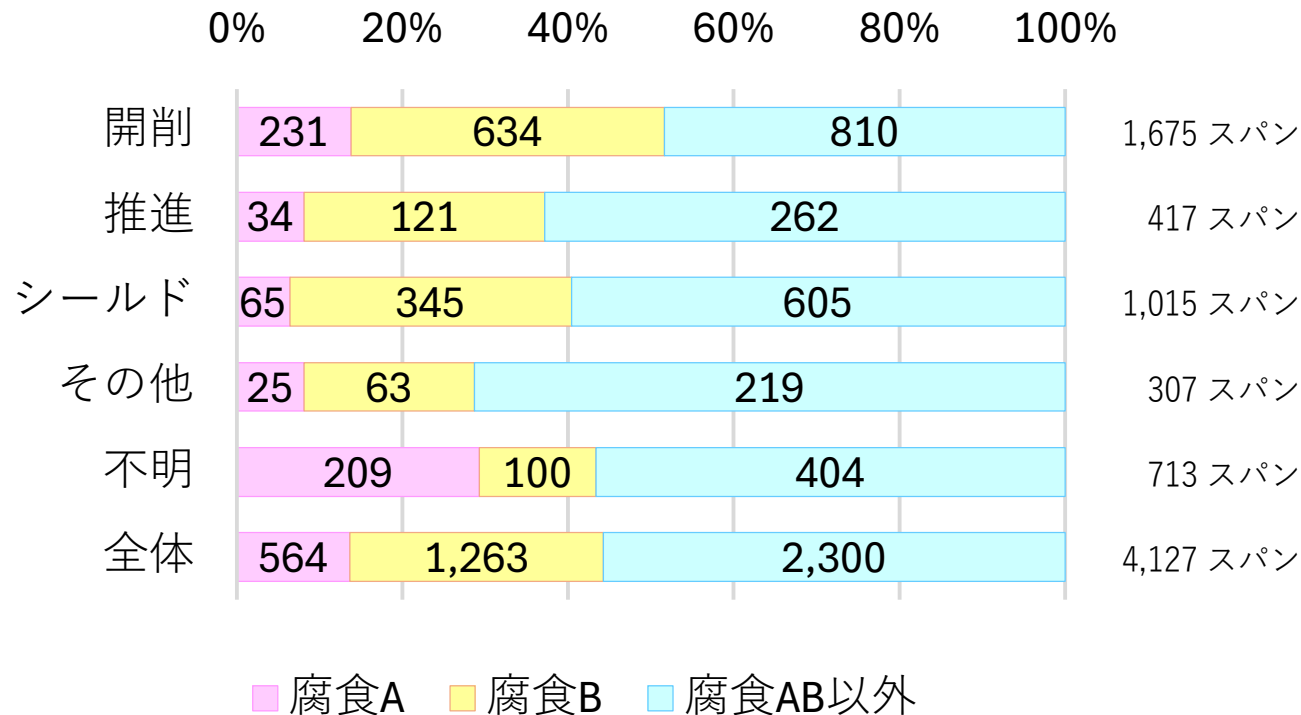
大気中の二酸化炭素がコンクリート内に侵入し、水酸化カルシウムなどのセメント水和物と炭酸化反応を起こすことにより、コンクリートの空隙中の水分のpHを低下させる現象。これにより内部の鋼材の腐食が進行することにより、ひび割れの発生、かぶりの剥落などが生じる。

1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（施工工法と腐食判定について整理した結果）】

○ 施工方法による大きな違いは認められなかった。

施工方法別腐食判定結果割合
(全国特別重点調査)



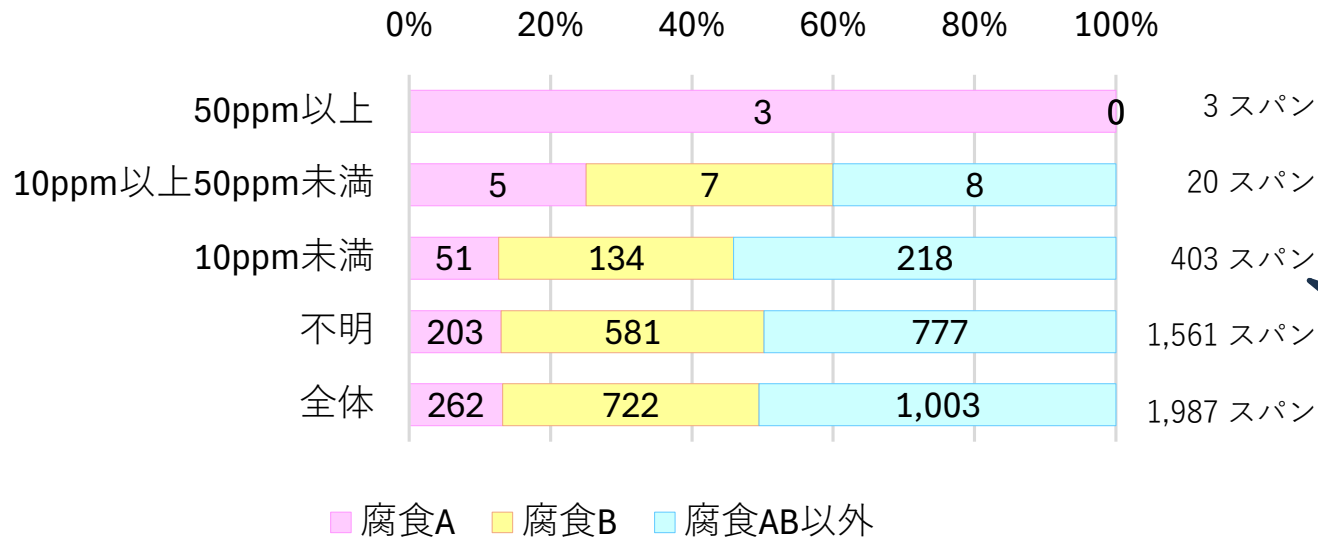
1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（施工工法と腐食判定について整理した結果）】

- 平均硫化水素ガス濃度の高い路線の方が腐食ランクA及びBの割合は高い傾向だった（ただし、高濃度の路線のデータが少ないことに留意が必要）。

→ 既往の研究結果の考え方と概ね一致する。

平均硫化水素濃度区分別腐食判定結果割合 (全国特別重点調査)



10ppm未満については、大部分が硫化水素以外の腐食又は破損と思われる。

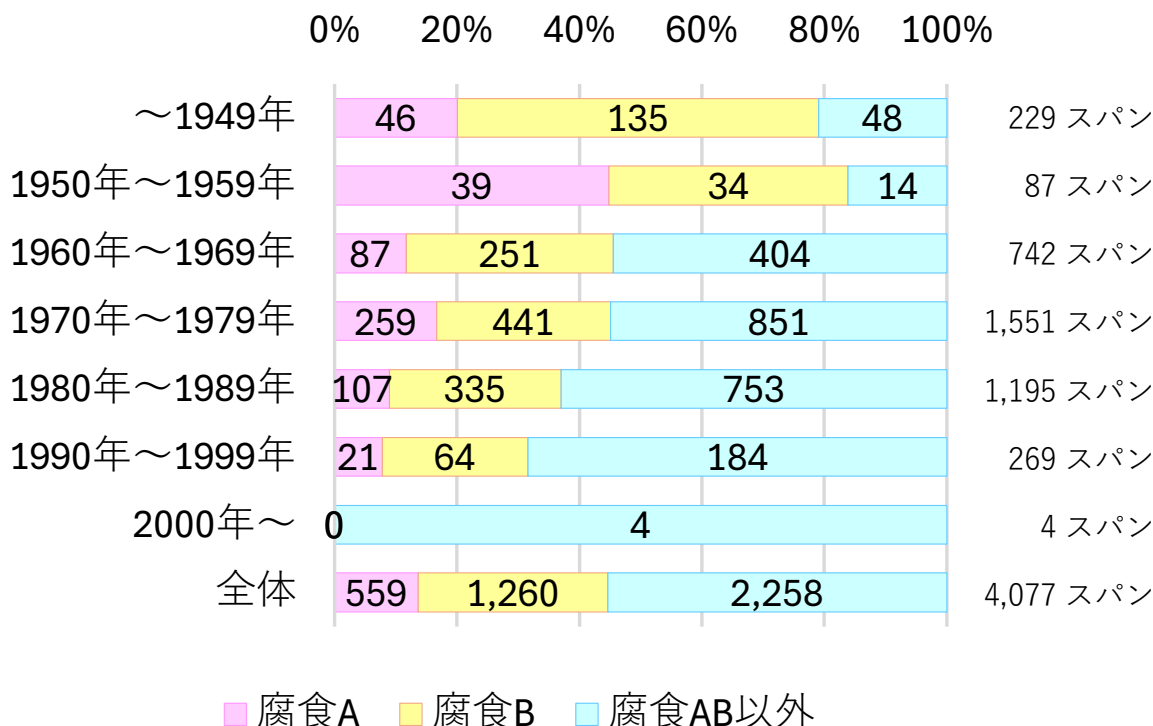
1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（管きよの布設時期と腐食判定について整理した結果）】

○ 1960年より前に布設された管路で腐食ランクA及びB判定の割合が高い傾向だった。

→ 硫化水素による腐食が経年的に進行する傾向が調査からも確認された。

布設年代別腐食判定結果割合
(全国特別重点調査)



【参考】既往研究における腐食深度予測式

【腐食深度】

(日本下水道事業団 吉本ら)

$$d = 1.33 \times (C \cdot T)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

ここに, d: 腐食深度(mm)

C: 硫化水素濃度(ppm)

T: 稼働年数(年)

(東京都 岸・須藤)

$$d = 28.405 \times \log_e(C \cdot T) - 57.765 \quad \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

ここに, d: 腐食深度(mm)

C: 硫化水素濃度(ppm)

T: 稼働年数(年)

【腐食速度予測式】

$$y = 1.40 \times \ln(x) - 0.54 \quad \dots \dots \dots \text{式(3)}$$

ここに, y: 腐食速度(mm/年)

x: 平均硫化水素濃度(ppm)

【硫黄侵入速度予測式】

$$y' = 1.36 \times \ln(x) + 1.37 \quad \dots \dots \dots \text{式(4)}$$

ここに, y': 硫黄侵入速度(mm/年)

x: 平均硫化水素濃度(ppm)

1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

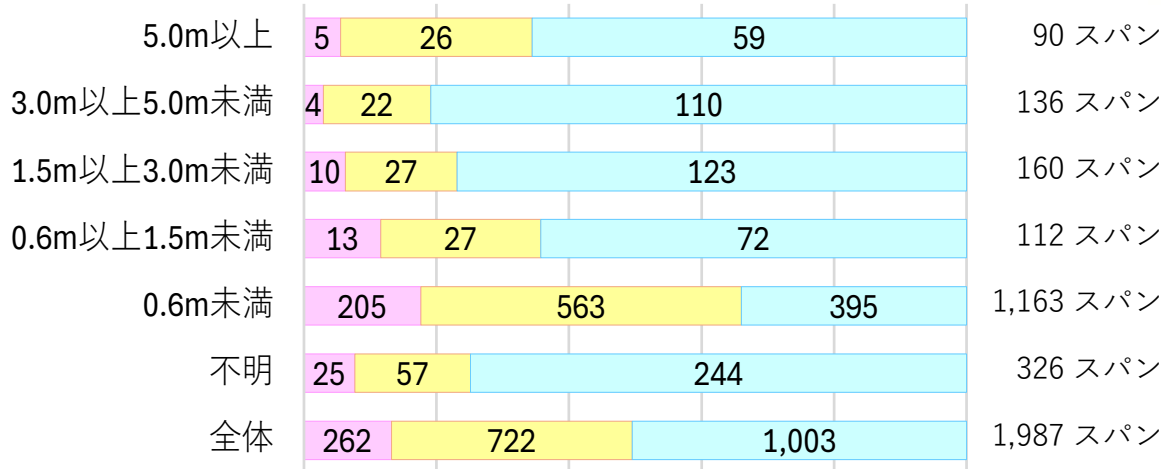
【全国特別重点調査（上流側の落差と腐食判定について整理した結果）】

○ 落差工が大きいほど腐食が多いという傾向はみられなかった。

→ 一方で、既往研究からも落差工は硫化水素拡散の条件として留意する必要。

落差工区分別腐食判定結果割合
(全国特別重点調査)

0% 20% 40% 60% 80% 100%

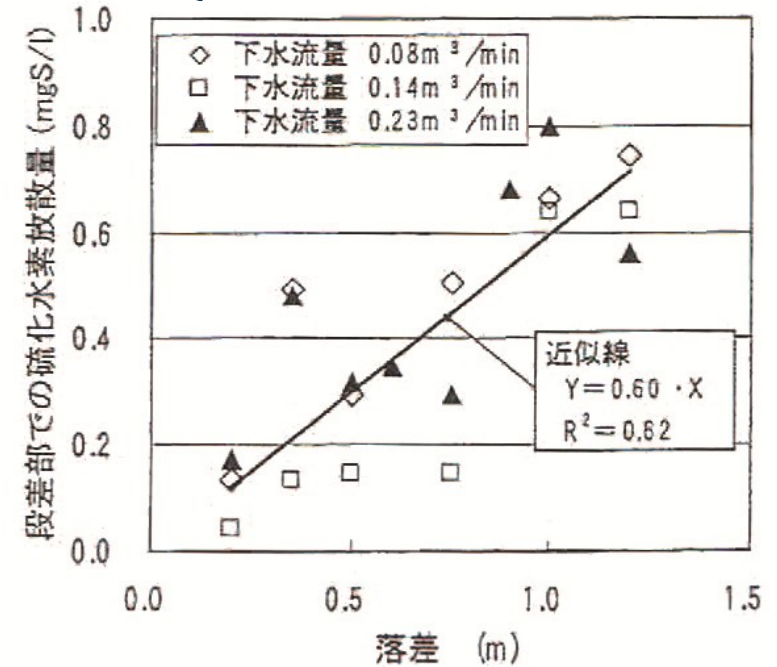


■ 腐食A ■ 腐食B ■ 腐食AB以外

硫化水素放散量
は落差に比例

【参考】

硫化水素放散量と落差(既往研究)



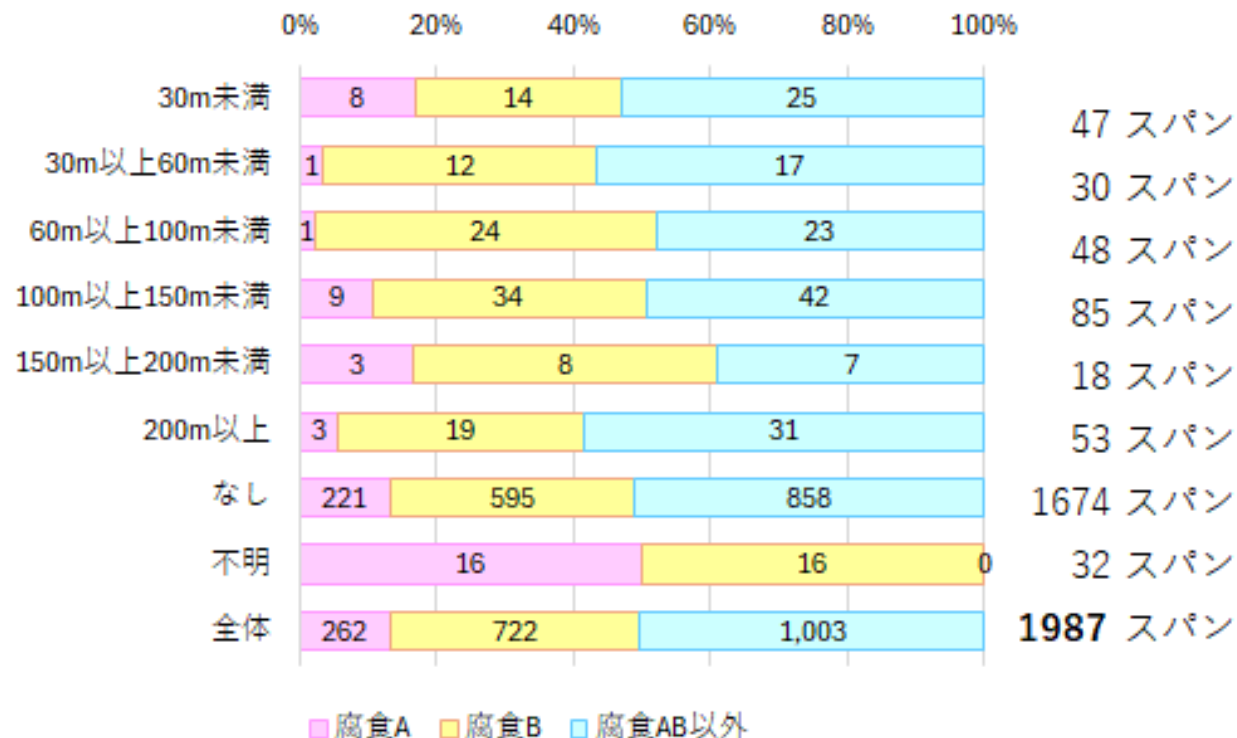
出典:越智孝敏、吉田綾子、森田弘昭 下水管渠段差部での硫化水素放散および再曝気に関する研究 下水道協会誌 Vol.42 No.517 2005/11

1-1. 化学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（曲線と腐食判定について整理した結果）】

○ 曲率半径による腐食判定に傾向はみられなかった。

曲率半径区分別腐食判定結果割合
(全国特別重点調査)



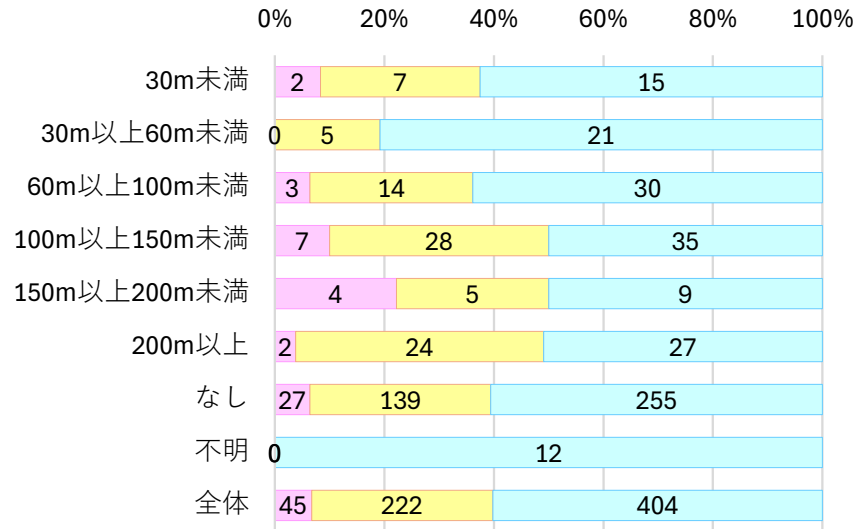
2-1. 力学的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査)

【全国特別重点調査（曲線や土被りと破損・クラック判定について整理した結果）】

- 曲率半径による破損・クラック判定に傾向はみられなかった。
- 土被りの浅い管渠（1m未満）において若干、破損・クラックランクAが多い傾向だった。

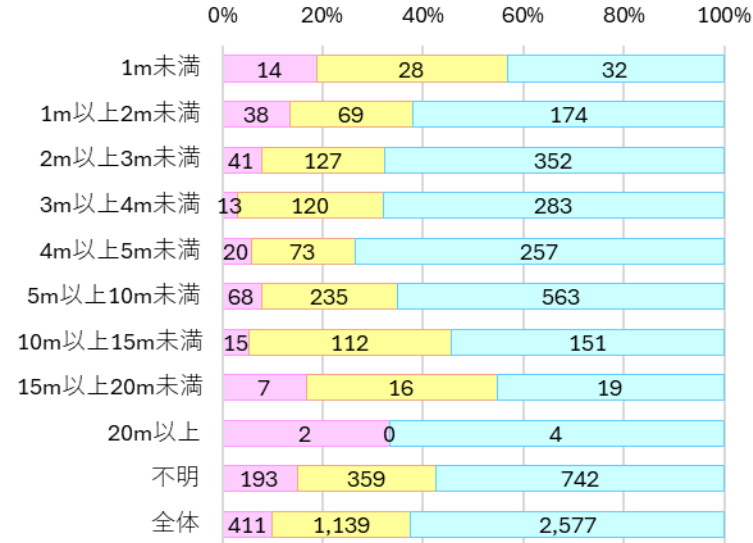
→ 必要土被りが確保できていない古い管きょやもともと排水路、都市河川だった箇所等、特殊な要因が想定される。

曲率半径区分別
評価ランク(破損・クラック等)割合
(全国特別重点調査)



■ 破損・クラックA ■ 破損・クラックB ■ 破損・クラックAB以外

土被り区分別
評価ランク(破損・クラック等)割合
(全国特別重点調査)



■ 破損・クラックA ■ 破損・クラックB ■ 破損・クラックAB以外

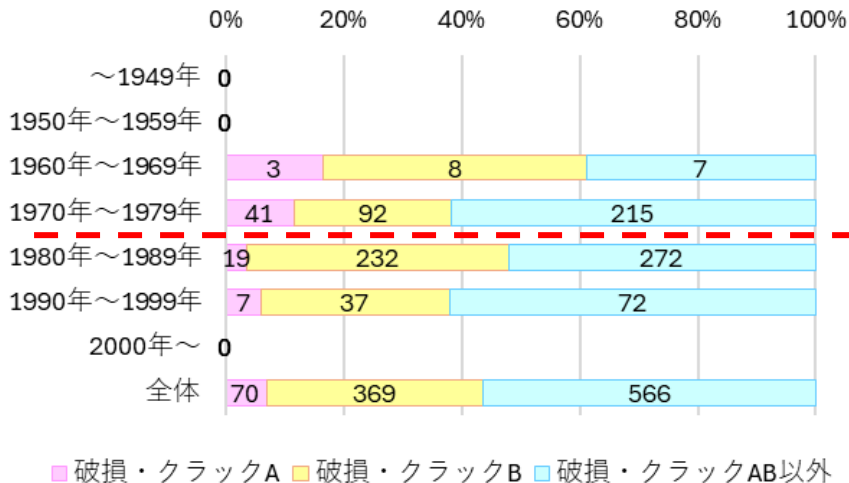
2-2. 施工規格等に関する整理(全国特別重点調査)

【全国特別重点調査（施工の方法や年度及び規格と緊急度判定とについて整理した結果）】

○ シールド管については1980年代より前の管きよで破損・クラック判定が多い傾向だった。

→ 規格の制定、技術力の向上等が大口径管の性能に寄与している可能性がある。

シールド管布設年度別
緊急度ランク割合
(全国特別重点調査)



【参考】シールド管の変遷

【1950年代】圧気併用手掘り式シールド

【1960年代～1970年代(昭和40年代)】密閉型シールドの開発

密閉型泥水式シールド工法: 1967(昭和42)年、密閉型土圧式シールド工法: 1974(昭和49)年

1969年 トンネル標準示方書シールド工法・同解説

1970年 下水道シールド工法の指針と解説

1973年 JSWAS A-3 制定

・シールド工事用標準セグメントー下水道シールド工事用セグメントー(JSWAS A-3-2024,A-4-2024)制定

【1980年代】水膨張性シール材の開発

1970年代よりブチルゴム系が使用されていたが、シールドジャッキの繰り返し推力で塑性変化を起こすこと、経時的に復元力が減少することにより止水効果が低下することが指摘されていたが、これを補う材料として水膨張性シール材が開発。

【2010年代】軸方向挿入型K型セグメントの開発

従来は標準的なセグメントとして半径方向挿入型を使用(二次覆工を施す鋼製セグメントは現在でも半径方向挿入型を使用)。

土被りが大きい場合や二次覆工省略型、二次覆工一体型セグメントを使用する場合は、軸方向挿入型の実績が増えてきている。

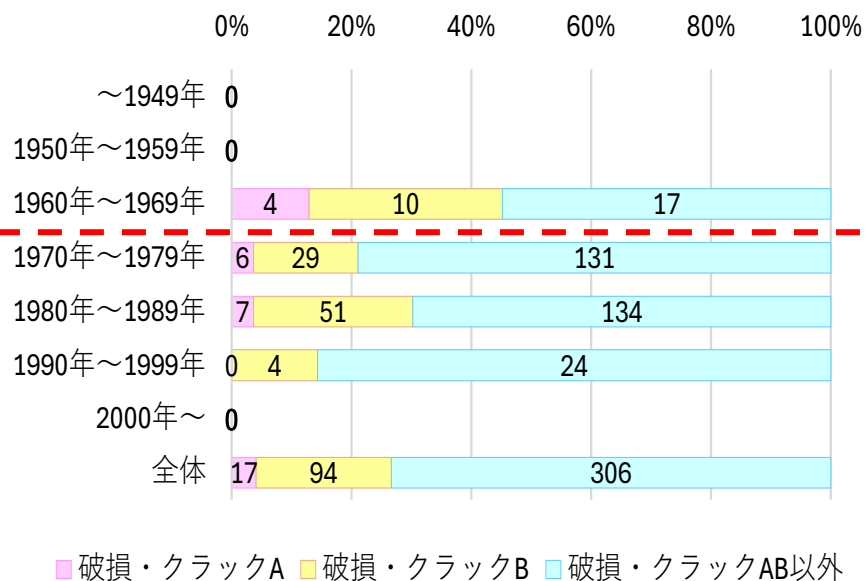
2-2. 施工規格等に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（施工の方法や年度及び規格と緊急度判定とについて整理した結果）】

○ 推進管については1970年代より前の管きよで破損・クラックランクA及びBが多い傾向だった。

→ JSWAS A-2の制定等、新たな技術開発や規格の制定、技術力の向上等が大口径管の性能向上に寄与していると推察される。

推進管布設年度別
緊急度ランク割合
(全国特別重点調査)



【参考】推進管の変遷

【1970年代】

1973年 JSWAS A-2(下水道推進工法用鉄筋コンクリート管)制定

- ・管は標準管のみ(カラーとゴム輪は附属書)を規定
- ・外圧強さは標準荷重と破壊荷重(標準荷重はひび割れが発生する直前の荷重)を規定

【1980年代】

1984年 JSWAS A-2改定

- ・推進中の蛇行等の防止を目的とした埋込みナットの有無でF形とH形を区分
- ・外圧強さは1種及び2種の2種類を規定・管体コンクリート強度を500kg/cm²以上に規定・標準荷重をひび割れ荷重に変更

1989年 JSWAS A-6(下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管)制定

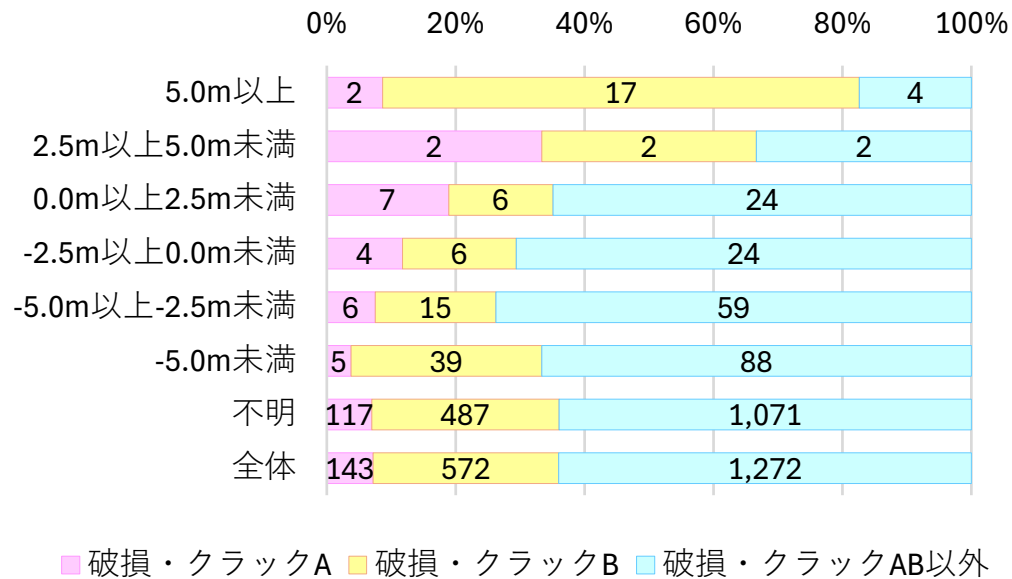
- ・管の種類は標準管及び短管の2種類を規定
- ・コンクリートの圧縮強度によりⅠ類(500kgf/cm²以上)とⅡ類(700kgf/cm²以上)に区分
- ・標準管の形状は、管とカラーとが一体化された埋込み形カラーで、カラーの材質はステンレス鋼製と規定

2-3. 地盤的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

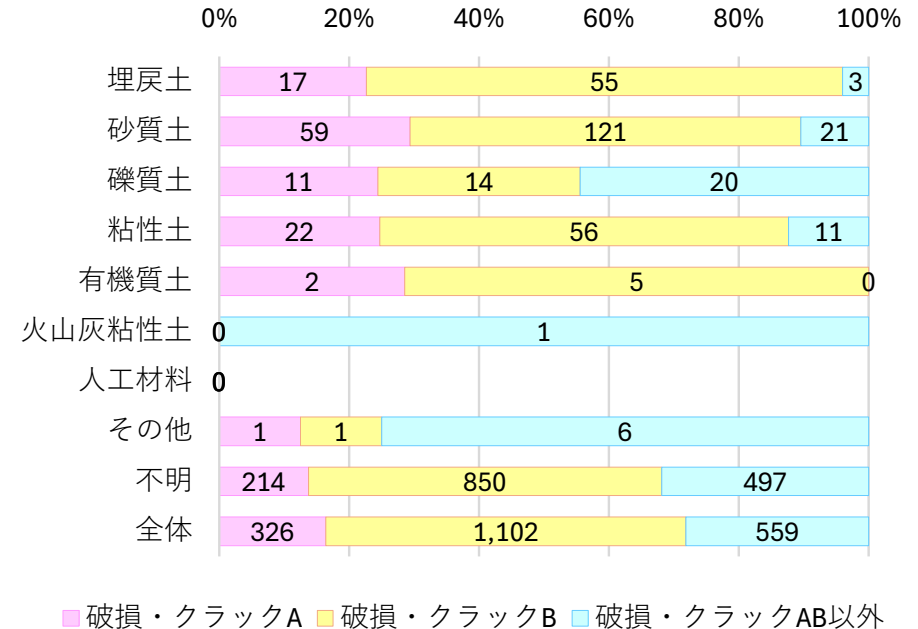
【全国特別重点調査（管きよが埋設されている地盤条件と破損・クラック判定とについて整理した結果）】

- 地下水位が高い管渠は破損・クラックランクA及びBが多い傾向だった。
- 土質による破損・クラック判定に傾向はみられなかった。

地下水位及び管内水位差による
評価ランク(破損・クラック等)割合
(全国特別重点調査)



上流側管頂部付近の土質別
評価ランク(破損・クラック等)割合
(全国特別重点調査)

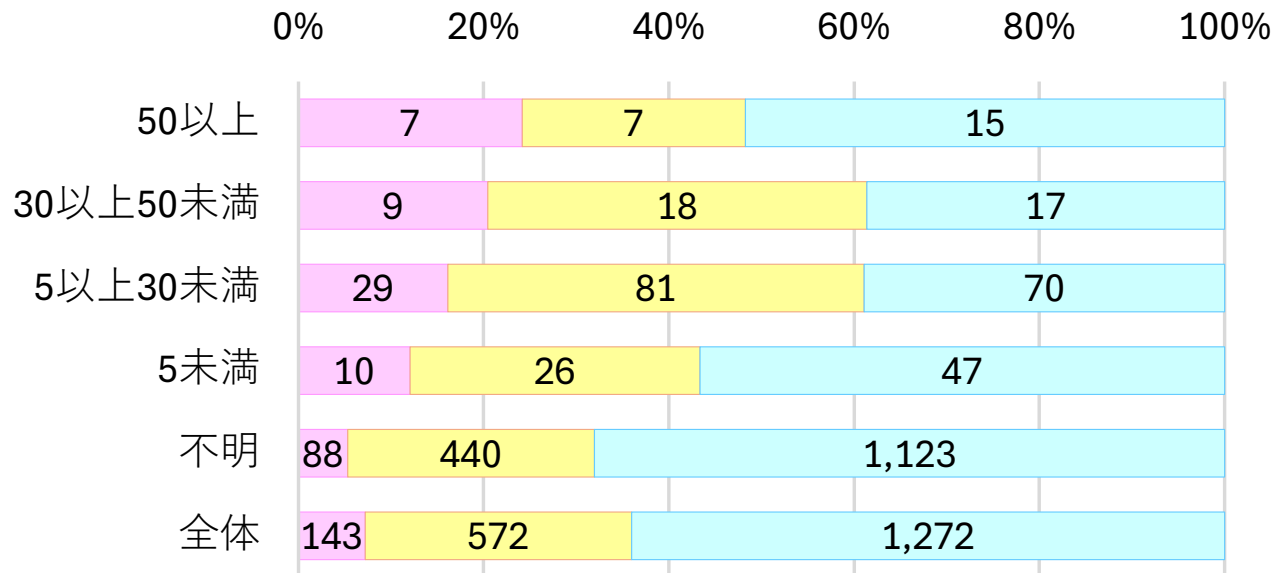


2-3. 地盤的弱点箇所に関する整理(全国特別重点調査結果)

【全国特別重点調査（管きよが埋設されている地盤条件と破損・クラック判定とについて整理した結果）】

○ N値による破損・クラック判定に傾向はみられなかった。

N値区分別評価ランク(破損・クラック等)割合
(全国特別重点調査)



■ 破損・クラックA ■ 破損・クラックB ■ 破損・クラックAB以外