

下水道管の老朽化予測に関する研究

日大生産工（院） ○亀田 瞬 日大生産工 保坂 成司

1. はじめに

近年下水道管の老朽化に起因した道路陥没事故が頻繁に発生し社会問題となっている。コンクリート製の下水道管の法定耐用年数は50年であるが、特にコンクリート下水道管において法定耐用年数より早く老朽化が生じている事例が多く報告されており、早期老朽化が道路陥没事故の一因となっているのが現状である。こうした道路陥没を未然に防止するためには、道路陥没事故の原因を調査究明する必要がある。

本研究は陥没発生要因の調査から老朽化の予測が行えるか検討を行い、将来的には下水道管の効率的な維持管理に役立てようとするものである。

2. 調査地域

下水道の老朽化のほとんどはコンクリート下水道管において発生しているが、本研究においては他の管種においても客観的な調査を行うため、調査地域にあるコンクリート管に限定せず全ての管種において調査・分析を行った。

本研究の調査対象とした地域は、板橋区高島平1丁目付近、板橋区小茂根1丁目および桜川2・3丁目付近、練馬区豊玉中1・3・4丁目付近とした。この地域は住宅が密集し供用年数が30～40年のコンクリート管が多い地域であることから、老朽化に対する調査に適している。この地域において東京都下水道局が行った管路内調査工の報告書をもとに453路線を調査した。

3. 調査および分析結果

下水道に起因する道路陥没事故は下水道の微生物腐食が原因となるものや、クラック・破損から周囲の土砂が下水道管に流れ込むことで出現する空洞が原因となる。

表 - 1 異常の発生路線数と割合

	異常発生路線数 (路線)	割合 (%)
クラック	196	43.3
破損	229	50.6

調査路線数 453路線

表 - 2 調査路線総延長における異常の発生頻度

	総数(箇所)	発生頻度
クラック	253	1箇所/48.36m
破損	416	1箇所/29.41m

本管路線延長 12235.26m

表 - 3 異常ランクの判定基準

ランク		A	B	C
項目	ヒューム管	5mm 以上	2mm 以上	2mm 未満
	陶管	管の1/2 以上	管の1/2 未満	
クラック	ヒューム管	5mm 以上	2mm 以上	2mm 未満
	陶管	円周2/3 以上	円周2/3 未満	

本研究では道路陥没に直接起因すると考えられるクラックと破損に着目し分析を行う事とした。

3-1 クラックと破損の発生割合

調査対象とした453路線における異常の発生路線数と割合の調査結果を表-1に、調査路線総延長における異常の発生頻度を表-2に示す。

表-1よりクラックや破損は全体の半数近くの下水道管で発生していることがわかる。また表-2により調査地域においてクラックは48.36mにつき一箇所、破損は29.41mにつき一箇所の頻度で発生している。これを東京区部で管轄する下水道総延長約15,800kmで換算すると、潜在的な数も含めクラックで約327,000箇所、破損で約537,000箇所と膨大な数の異常が発生している計算となる。

A study about the deterioration prediction of the sewage trachea
Shun KAMEDA, Seiii HOSAKA

この数値からも危険度の高い箇所を予測し、効率的な補修・修繕を行うことが望まれる。

3-2 土被りと交通量による異常分布の割合

下水道管におけるクラックや破損の発生は管への外圧の増加が原因であると推察される。よって、外圧に影響を与える因子である土被りと交通量を基準に異常の分布について分析を行うこととした。また、土被りに関しては下水道台帳により調査し、交通量に関しては現地にて調査を行った。クラックや破損の異常ランクの判定に関しては表-3 に示す東京都が使用している判定基準を用いた。なお、分析を行うにあたり調査データが不明なものなどは除外し、409 路線を調査対象とした。

a) 土被りに関する分析結果

図-1 の左側は土被りとクラックのヒストグラムであり右側は各クラスを 100% 表示したものである。

図-1 は 1.75m 以上のサンプル数は少ないものの、クラック A ランクと B ランクについて見ると、土被りが大きくなると共に発生数が減少し、特に A ランクが減少傾向を示した。

図-2 は土被りと破損のヒストグラムおよび各クラスの割合を示したものであるが、土被りの違いによる変化は見られなかった。

これらのグラフより、クラックは土被りが大きくなるにつれ異常ランクが軽くなる傾向が見られたが、破損に関しては特に傾向は見られなかった。これはクラックが管円周方向のひび割れであり、管のたるみなど基礎地盤の影響や過大な上載荷重で発生することに対し、破損は管軸方向のひび割れであり過大な上載荷重や埋戻し時の転圧不足などの施工不良が原因となり発生するためであると考えられる。

b) 交通量に関する分析結果

次に交通量と下水道管に発生する異常について分析を行った。今回調査を行った地域は住宅地であり大型車の通行は殆どなく、普通車が主であったことから普通車交通量をもとに分析を行った。

図-3 はクラックのヒストグラムおよび各

クラスの割合を示したものであるが、交通量が増加するにつれ、クラック A ランクも増加する傾向が見られる。しかしサンプル数は少ないが、1500 台を超えると比較的 A・B ランクが少なくなっている様に読み取れる。推測ではあるが、これは設計交通量による舗装構成の違いが影響したことも一因と考えられる。

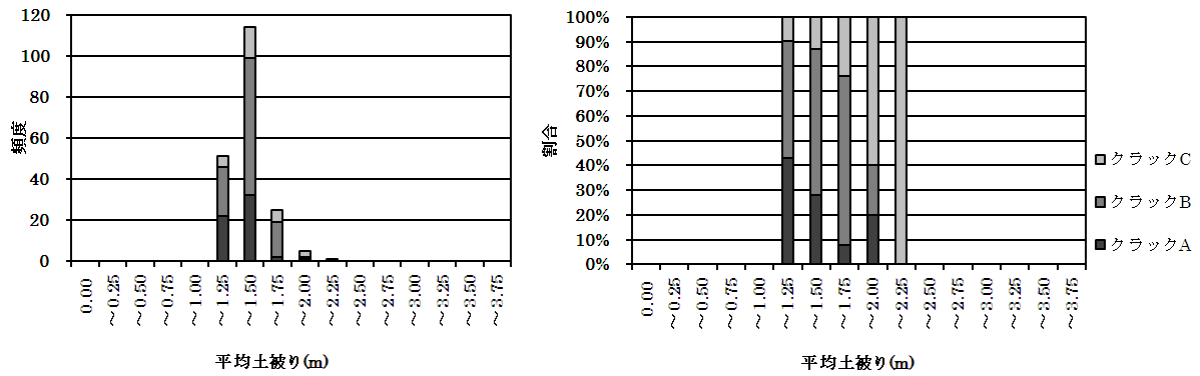
図-4 は破損のヒストグラムおよび各クラスの割合を示したものであるが、全体的に見て交通量が増加するにつれ破損 A ランク、B ランクも増加し、それに伴い破損 C ランクは減少する傾向が見られた。

交通量に関する分析の結果、交通量の増加とともにクラックや破損も増加するが、クラックに関してのみ 1500 台以上になると減少する傾向が見られた。このクラックや破損の増加は車両の輪荷重の影響に関係し、土被りが深くなるにつれて指数関数的に小さくなるが、今回調査を行った地域は平均土被り 1.50 m 程度の路線が多く比較的浅い位置に埋没されていた。このことも交通荷重の影響を受けやすくさせていたと考えられる。また 1500 台以上で減少傾向を示した一要因としては舗装構成の違いが影響していると推察される。

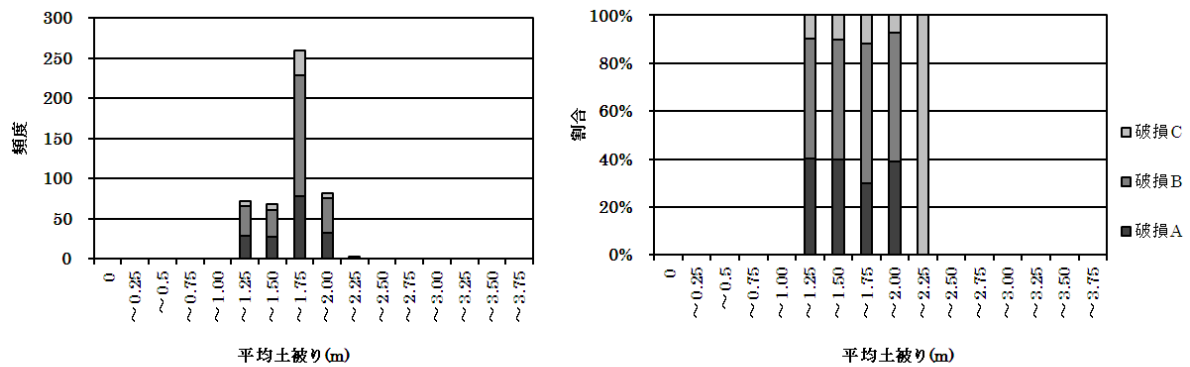
3-3 取付管施工不良による異常分布の割合

管路内調査工の映像データによる異常箇所の確認を行ったところ、本管において取付管接合部付近に多くのひび割れが見られた。このひび割れは取付管の接合箇所の施工不良が原因であったと考えられる。この施工不良とは本管への取付管設置個所にコアを抜かず、研り作業で孔を開けたため孔周辺にクラックが発生したと考えられるものや、本管への取付管接合箇所の仕上げ作業が不十分で孔が弱点となり、その後の外圧によりクラック・破損が生じたものと考えられる。

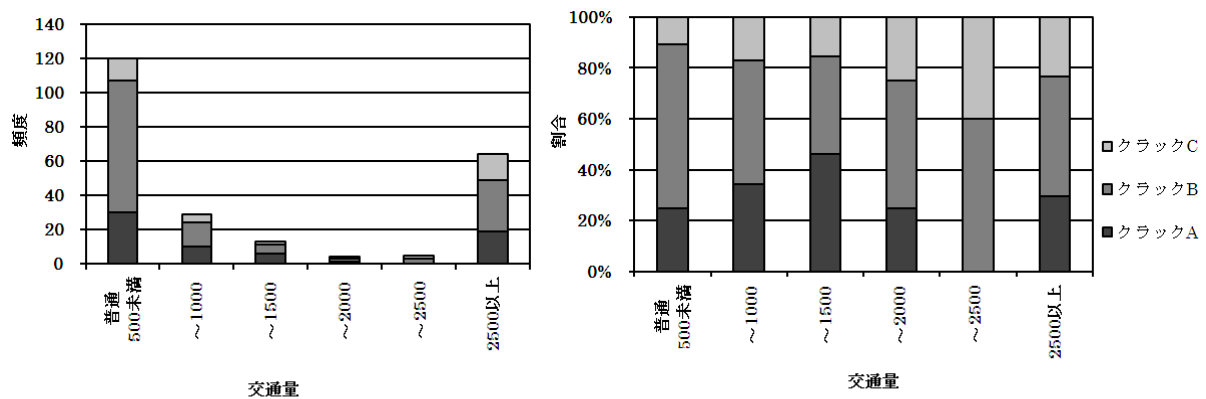
これらの施工不良が最終的に道路陥没を引き起こした可能性が大いに考えられる。よって取付管付近に生じたひび割れを「取付管施工不良」とし分析を行うこととした。なお、取付管施工不良の判定方法は東京都が使用しているクラックや破損の判定基準と同等のも



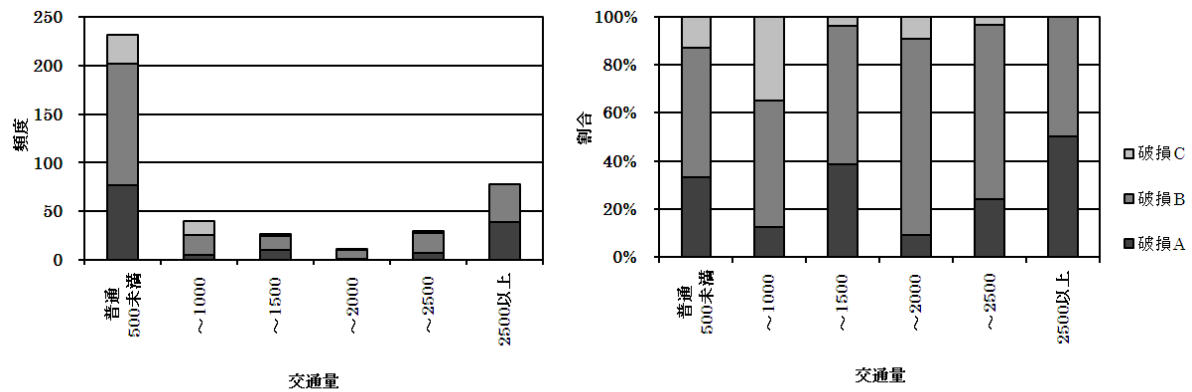
図ー1 土被りとクラックのヒストグラムおよび各クラスの割合



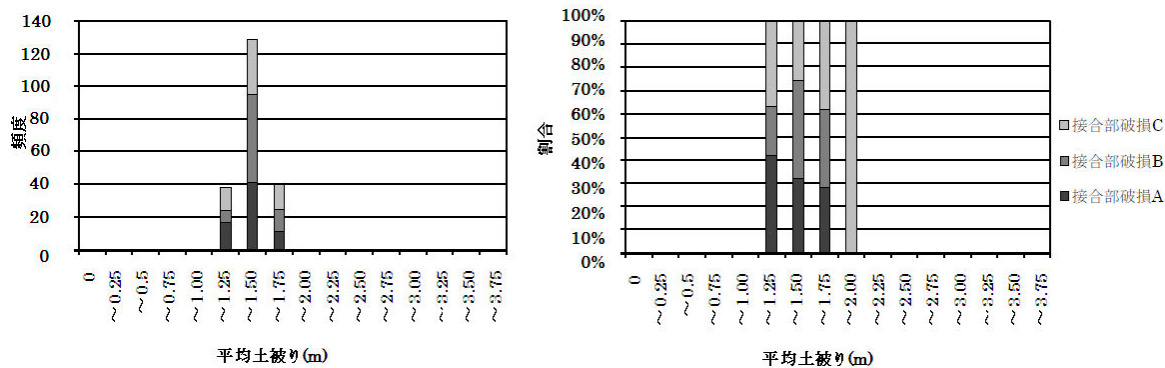
図ー2 土被りと破損のヒストグラムおよび各クラスの割合



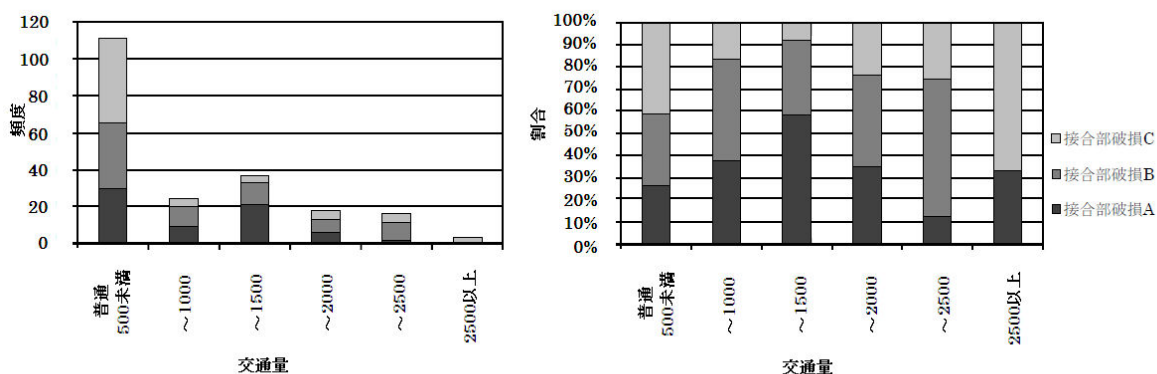
図ー3 普通車交通量とクラックのヒストグラムおよび各クラスの割合



図ー4 普通車交通量と破損のヒストグラムおよび各クラスの割合



図ー5 土被りと取付部施工不良のヒストグラムおよび各クラスの割合



図ー6 普通車交通量と取付管施工不良のヒストグラムおよび各クラスの割合

のとし、5mm以上のひび割れをAランク、2mm以上のひび割れをBランク、2mm未満のひび割れをCランクとした。

a)土被りに関する分析結果

図ー5 に示す土被りと取付管施工不良のヒストグラムおよび各クラスの割合によると、土被りが大きくなってもAランクとBランクを合わせた割合に変化は無いが、Aランクに限ってみると減少傾向が見られた。これはクラックにも見られた傾向であるが、基礎地盤の影響や過大な上載荷重によって施工不良のひび割れが大きくなったと推察される。

b)交通量に関する分析結果

図ー6 の交通量と取付管施工不良におけるヒストグラムおよび各クラスの割合によると、交通量が増加するにつれてAランクが増加する傾向が見られたが、クラックと同様に交通量が1500台を超えると異常が減少する傾向を示した。このことから交通量に関してもクラックと同様の原因が考えられる。

4. まとめ

本研究により道路陥没の発生要因と考えら

れるクラック、破損、取付管施工不良にはそれぞれ傾向があることがわかった。

クラックと取付管施工不良は、土被りが大きいほど異常ランクは低くなり交通量が多いほど異常ランクが高くなった。すなわち、管に外圧が掛かることでクラックや取付管施工不良の異常ランクは高くなることが判明した。

また、破損は土被りや交通量の影響をあまり受けない事が確認された。これはクラックや取付管施工不良が基礎地盤の影響や過大な上載荷重で発生するのに対し、破損は埋め戻し時の転圧不足など施工不良が原因で発生するためであると推察できる。

本調査結果より、下水道管の老朽化による道路陥没事故の要因としてクラックや取付管施工不良が影響を与えていることが確認された。今後は、これら異常項目をもとに老朽化の予測式の構築を行う予定である。

謝辞

本研究にあたり、管路内調査工のデータを東京都下水道局西部第二下水道事務所に提供していただきました。ここに謝意を表します。