

落葉堆積量に対する雨水柵蓋の排水能力調査

中村裕美・近藤浩毅・松浦達郎・岩崎宏和

1. はじめに

道路冠水発生の原因の一つとして、下水管路の能力には余裕があっても、雨水柵蓋及び側溝上への落葉の堆積によって下水管内への雨水流入が阻害されている例が報告されている。雨水柵蓋及び側溝上に落葉が堆積した際に生じる道路冠水の発生頻度軽減に向けた方策を検討することが必要である。そのためには、柵蓋及び側溝上の落葉堆積量の実態把握と、柵蓋の排水能力に影響を与えることがわかっている柵蓋種類・側溝流量・側溝縦断勾配の各条件¹⁾に加えて、落葉が柵蓋の排水能力に与える影響の定量的な把握が必要である。

そこで、雨水柵蓋及び側溝上の落葉堆積量を現地で調査し、その実態を踏まえた上での落葉堆積時の雨水柵蓋の排水能力を実験で確認した結果を報告する。

2. 雨水柵蓋及び側溝上の落葉堆積量調査

2.1 現地調査概要

道路管理者へのヒアリングから過去に冠水があった1路線を選定し、冠水があった区間（以下「冠水区間」という。）と反対車線側の冠水がない区間（以下「未冠水区間」という。）の雨水柵蓋及び側溝上の落葉堆積量を調査した。調査は平成27年12月8日に実施した。

2.2 現地調査結果

調査結果を表-1に示す。単位面積あたりの柵蓋及び側溝上の落葉堆積量の最小値は、未冠水区間の柵蓋間①で0.3kg/m²であり、最大値は冠水区間にある柵蓋間④の2.5kg/m²であった。柵蓋間①及び柵蓋間④の落葉堆積状況を写真-1に示す。調査時期・対象路線が限定的であるものの、本調査対象においては、落葉堆積量が未冠水区間より冠水区間の方が多結果となった。

次に、落葉の堆積が雨水柵蓋の排水能力に与え

表-1 柵蓋及び側溝上の落葉堆積量調査結果

	未冠水区間		冠水区間	
	柵蓋間①	柵蓋間②	柵蓋間③	柵蓋間④
柵蓋区間延長(m)	17.9	22.0	10.9	18.4
側溝幅(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
側溝面積(m ²)	9.0	11.0	5.5	9.2
落葉堆積量(kg)	2.3	15.2	5.6	22.9
単位面積当たりの落葉堆積量(kg/m ²)	0.3	1.4	1.0	2.5
平均落葉堆積量(kg/m ²)	0.3		1.7	



写真-1 柵蓋及び側溝上の落葉堆積状況

る影響について、前述の調査結果から得られた落葉堆積量を参考に条件を設定した実験で確認した結果を報告する。

3. 落葉堆積時の雨水柵蓋排水能力実験

3.1 実験概要

落葉堆積量が雨水柵蓋の排水能力に与える影響を調べるため、柵蓋種類・側溝流量・側溝縦断勾配に加えて落葉種別・落葉堆積量を変化させた時の柵蓋の排水能力を実験で確認した。

実験では、図-1に示す実規模道路模型を用いており、実験条件と設定理由及び測定項目は表-2の通りである。落葉種類は日本全国で植樹数の多い

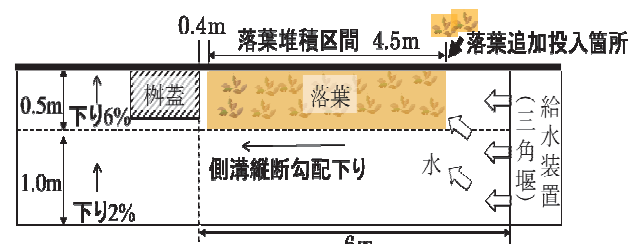


図-1 模型平面図

表-2 実験条件

実験条件(単位)	詳細(設定理由)
側溝縦断勾配(%)	0.5(ほぼ水平) 2.0(緩勾配) 6.0(急勾配)
柵蓋種類	鋼製グレーチング コンクリート 落葉対策
給水量(ℓ/s)	給水開始から60秒後に下記降雨に相当する一定給水量となるよう供給 1.3(30mm/h降雨相当) 2.6(60mm/h降雨相当) 4.3(100mm/h降雨相当)
落葉種類	ケヤキ(葉面積20cm ² 程度) イチョウ(葉面積20cm ² 程度) プラタナス(葉面積189cm ² 程度)
落葉堆積量(kg)	現地調査結果を参考に設定 1 3 5(現地調査時の冠水区間の最大落葉堆積量2.5kg/m ² より算出)
測定項目(単位)	計測方法
排水量(ℓ/s)	柵蓋の下にある三角堰で30秒ごとに計測



写真-2 ケヤキ2.5kgを敷き詰めた時の様子

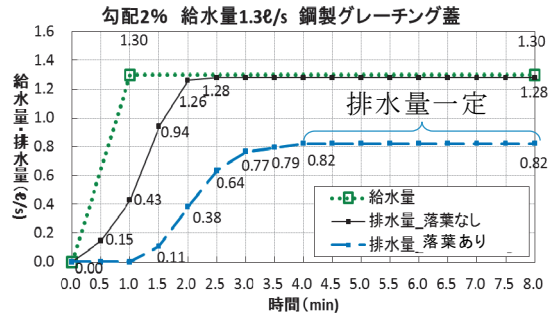


写真-3 柵蓋種類

高木²⁾の中から選定した。落葉の堆積方法は、事前に落葉堆積量の半分を雨水柵蓋の上流4.5mの側溝上に均等に堆積させ、残りの半分は給水開始から給水量が一定となった時点で、葉が塊とならないように数回に分けて手で追加投入した。これは、実道路において降雨前に柵蓋の近くに堆積した落葉が降雨時に雨水と共に柵蓋に向かって流されるものに加えて、柵蓋から少し離れた箇所に堆積した落葉が降雨時に柵蓋周囲に雨水とともに集まってくることを想定したものである。落葉堆積量5kgの実験開始時の状況を写真-2に示す。また、柵蓋は写真-3に示す3種類を用いた。

3.2 柵蓋の排水能力評価方法

雨水柵蓋の排水量は給水量に応じて変化するため、給水量に対する排水量の比である落下率を用いて排水能力を評価することとした。落下率は、



$$\text{落葉ありの落下率}(\%) = \frac{0.82}{1.30} \times 100 \text{----式(1)}$$

$$\text{落葉なしの落下率}(\%) = \frac{1.28}{1.30} \times 100 \text{----式(2)}$$

図-2 計測結果と落下率の求め方

雨水柵蓋からの排水量が90秒以上一定となった時点の柵蓋からの排水量(ℓ/s)を給水量(ℓ/s)で除した値とした(図-2)。柵蓋の排水能力の評価は、給水量が同一の時の着目する実験条件(ただし、給水条件に着目した項目以外を除く。)の時の落下率を比較して、柵蓋の排水能力を評価した結果を報告する。また、柵蓋周辺の落葉堆積の形状を動画で撮影した。

3.3 実験結果と考察

平成28、29年度に実施した全253ケースの実験結果から得られた落下率を表-3に示す。また、下記に示す(1)~(5)に示す実験条件に着目して落下率への影響を確認するため、着目する実験条件以外は同一の実験条件の落下率を比較した。

(1) 落葉堆積量が落下率に与える影響

落葉がない場合と落葉1kgを比較した全72ケー

表-3 落葉堆積時の柵蓋排水実験結果

側溝縦断勾配(%)	給水量(ℓ/s)	蓋種別	落下率(%)											
			落葉無し			ケヤキ			イチョウ			プラタナス		
			無し	1kg	3kg	5kg	1kg	3kg	5kg	1kg	3kg	5kg		
0.5	1.3	コンクリート蓋	97.1	75.9	75.9	64.1	94.3	47.8	47.8	80.9	83.5			
		鋼製グレーチング	100.0	68.7	59.8	75.9	66.4	49.7	57.7	91.5	91.5			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	91.5	75.9	100.0	100.0	68.7	86.1	83.5			
		コンクリート蓋	100.0	72.1	41.3	45.2	95.7	52.4	35.1	63.4	53.9			
		鋼製グレーチング	100.0	58.5	41.3	41.3	63.4	33.9	41.3	73.9	66.8			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	91.5	46.6	100.0	100.0	95.7	66.8	72.1			
0.5	2.6	コンクリート蓋	76.8	75.3	32.2	23.9	75.3	58.5	21.7	37.9	41.0			
		鋼製グレーチング	100.0	54.7	35.0	33.1	79.9	37.9	21.0	61.2	40.0			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	83.1	27.9	100.0	100.0	83.1	51.1	54.7			
		コンクリート蓋	100.0	78.3	55.6	55.6	66.4	53.6	78.3	59.8	71.0			
		鋼製グレーチング	100.0	71.0	59.8	71.0	51.6	55.6	57.7	68.7	64.1			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	100.0	97.1	100.0	88.8	100.0	71.0	94.3	97.1		
2.0	1.3	コンクリート蓋	87.4	85.3	52.4	48.0	100.0	41.3	46.6	77.6	60.1			
		鋼製グレーチング	100.0	75.7	45.2	38.7	50.9	33.9	30.6	60.1	35.1			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	65.1	43.9			
		コンクリート蓋	72.4	63.8	41.0	36.0	68.0	37.9	41.0	48.7	33.1			
		鋼製グレーチング	100.0	72.4	38.9	27.1	70.9	65.2	72.4	41.0	45.3			
		落葉対策蓋	100.0	100.0	96.5	86.3	96.5	96.5	93.0	76.8	28.7			
2.0	2.6	コンクリート蓋	78.3	73.4	78.3	78.3	100.0	97.1	64.1					
		鋼製グレーチング	100.0	57.7	57.7	68.7	100.0	68.7	35.8					
		落葉対策蓋	100.0	100.0	94.3	94.3	100.0	100.0	91.5					
		コンクリート蓋	63.4	87.4	55.4	45.2	68.5	49.4	46.6					
		鋼製グレーチング	97.8	75.7	63.4	61.7	55.4	58.5	63.4					
		落葉対策蓋	95.7	91.5	97.8	91.5	95.7	97.8	97.8					
2.0	4.3	コンクリート蓋	54.7	59.8	28.7	32.2	75.3	36.0	30.4					
		鋼製グレーチング	98.2	56.0	54.7	48.7	61.2	47.6	45.3					
		落葉対策蓋	89.6	86.3	93.0	83.1	83.1	89.6	86.3					
		コンクリート蓋	78.3	73.4	78.3	78.3	100.0	97.1	64.1					
		鋼製グレーチング	100.0	57.7	57.7	68.7	100.0	68.7	35.8					
		落葉対策蓋	100.0	100.0	94.3	94.3	100.0	100.0	91.5					
6.0	1.3	コンクリート蓋	63.4	87.4	55.4	45.2	68.5	49.4	46.6					
		鋼製グレーチング	97.8	75.7	63.4	61.7	55.4	58.5	63.4					
		落葉対策蓋	95.7	91.5	97.8	91.5	95.7	97.8	97.8					
		コンクリート蓋	54.7	59.8	28.7	32.2	75.3	36.0	30.4					
		鋼製グレーチング	98.2	56.0	54.7	48.7	61.2	47.6	45.3					
		落葉対策蓋	89.6	86.3	93.0	83.1	83.1	89.6	86.3					

スのうち、7割程度の51ケースで落葉1kgの方が落下率が小さく、さらに1kgと3kgの比較で3kgの方が落下率が小さいのは全72ケースのうち、7割程度の47ケース、3kgと5kgの比較では5kgの方が小さいのは全63ケースのうち、6割程度の36ケースだった。このことから、落葉がある方が落下率が小さくなり、また落葉堆積量が大きくなると落下率が小さくなる傾向が確認された。

また、側溝縦断勾配0.5%、給水量4.3ℓ/s、グレーチング蓋、イチョウ5kg堆積時に落下率が21.0%と本実験での落下率の最小値を示した。

(2) 落葉種類が落下率に与える影響

ケヤキとイチョウの落下率を比較した全108ケースのうち、ケヤキの方が落下率が大きいケースは4割程度の47ケースであり、ケヤキとイチョウの違いによる落下率への明確な影響はみられなかった。プラタナスは、他の葉と比較すると、特に落葉対策蓋において落下率が小さくなる（対策効果が小さい）傾向がみられた。

(3) 柵蓋種類が落下率に与える影響

落葉なしの場合、鋼製グレーチング蓋と落葉対策蓋は、全9ケースで落下率が80%以上なのに対し、コンクリート蓋では全9ケースのうち5ケースが落下率80%未満となり、他の柵蓋に比べて落下率が小さくなる傾向が確認された。

落葉がある場合、落葉対策蓋の全69ケースでは8割程度の53ケースにおいて落下率が80%以上だった。一方で、他の2つの蓋を合わせた全138ケースで落下率が80%以上だったのは1割程度の14ケースに留まったことから、落葉対策蓋が他の2つの蓋に比べて有効であることがわかった。

また、コンクリート蓋と鋼製グレーチング蓋を比較した全69ケースでは、コンクリート蓋の方が落下率が大きいのは半数の35ケースであり、落下率に明確な差はなかった。ただし、落葉1kgの場合にコンクリート蓋と鋼製グレーチング蓋を比較した全24ケースに限ると、コンクリート蓋の方が落下率が大きい場合が7割以上の17ケースと多く、コンクリート蓋の方が鋼製グレーチング蓋より落下率が大きい傾向が確認された。

(4) 給水量が落下率に与える影響

落葉がない場合の落下率の変化は、給水量1.3ℓ/sと2.6ℓ/sを比較すると全9ケース中8ケースで2.6ℓ/sの方が落下率が小さいか同じであった。

給水量2.6ℓ/sと4.3ℓ/sの比較では9ケース中8ケースで4.3ℓ/sの方が落下率が小さいか同じであった。このことから、落葉が無い場合は給水量が大きくなると落下率が小さくなる傾向を持つと考えられる。

落葉がある場合は、給水量1.3ℓ/sと2.6ℓ/sを比較すると69ケース中8割程度の52ケースで2.6ℓ/sの方が落下率が小さく、2.6ℓ/sと4.3ℓ/sでは63ケース中8割程度の49ケースで4.3ℓ/sの方が落下率が小さい。このことから、落葉がある場合も給水量が大きくなると落下率が小さくなる傾向が確認された。

(5) 側溝縦断勾配が落下率に与える影響

落葉がない場合、側溝縦断勾配が0.5%と2%を比較すると、全9ケースのうち、鋼製グレーチング蓋と落葉対策蓋の6ケースは側溝縦断勾配によらず落下率がすべて100%で、コンクリート蓋の3ケースのうち2ケースで2%の方が落下率が小さかった。側溝縦断勾配が2%と6%を比較すると、全9ケースのうち給水量1.3ℓ/sの鋼製グレーチング蓋と落葉対策蓋の2ケースは側溝縦断勾配によらず落下率が100%で、それ以外の7ケースは6%の方が落下率が小さかった。

落葉がある場合、0.5%と2%の比較では全72ケース中、落下率がどちらも100%または同値で変化がなかった10ケースを除いて、半分程度の29ケースで2%の方が落下率が小さかった。また、2%と6%の比較では全54ケース中、落下率がどちらも100%または同値で変化がなかった4ケースを除いて、6割の30ケースで6%の方が落下率が小さかった。以上から、側溝縦断勾配が6%まで大きいと落下率が小さくなる傾向が見られた。

(6) 落葉堆積形状

実験の中で、柵蓋周囲の落葉堆積形状によって、落下率が異なる傾向が確認された。そこで、堆積形状による落下率の違いを確認するため、特徴的な落葉堆積形状（以下「形状A」という。）とそ

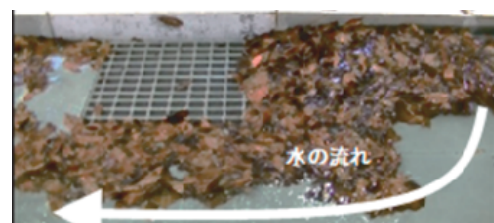


図-3 落葉堆積形状A

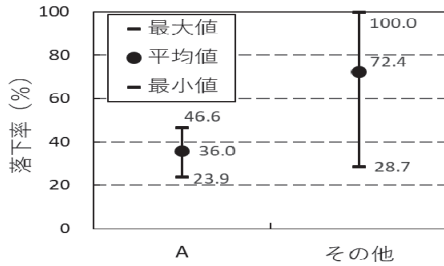


図-4 形状Aとその他の形状の落下率の分布

表-4 形状Aが生じた実験条件(ケヤキ)

側溝縦断勾配 (%)	落葉堆積量(kg)	1			3			5			
		給水量(l/s)	1.3	2.6	4.3	1.3	2.6	4.3	1.3	2.6	4.3
0.5	コンクリート蓋									A	A
	鋼製グレーチング蓋					A	A			A	A
	落葉対策蓋									A	A
2	コンクリート蓋										
	鋼製グレーチング蓋									A	A
	落葉対策蓋										
6	コンクリート蓋										
	鋼製グレーチング蓋										
	落葉対策蓋										

れ以外の落葉堆積形状（以下「その他」という。）の落下率の違いについて分析した。形状Aは図-3に示すように、柵蓋の上には堆積せず蓋の上流側から道路側の蓋末端まで連続して落葉が堆積する形状であり、図-4に形状Aとそれ以外の形状の落下率の差を示す。形状Aがその他の形状に比べて落下率が小さいことが確認された。形状Aの落下率が小さい理由については、水が蓋の周りに堆積した落葉を迂回し下流側に流下したため、水が柵に落下しなかったと考えられる。形状Aは、表-4に示すとおりケヤキの場合、全81ケース中9ケースにみられ、流量が2.6l/s以上、勾配が2%以下、落葉堆積量が3kg以上の場合に生じやすい傾向を示すことを確認した。

4. まとめ

本研究より得られた知見を以下に記す。

(1) 現地調査結果から、雨水柵蓋及び側溝上の落葉の堆積が柵蓋の排水能力を低下させている可能性が示唆された。過去冠水があった場所の柵蓋及び側溝上には、調査時に最大2.5kg/m²の落葉堆積量を確認した。

(2) 実験により、落葉堆積時の柵蓋の排水能力を定量的に把握した。本実験中における落下率の最小値は21.0%であった。

(3) 落葉堆積時の柵蓋の排水能力に、落葉種類、落葉堆積量、柵蓋種類、給水量、側溝縦断勾配が影響を及ぼす。また、柵蓋周辺の落葉堆積形状によって柵蓋の排水能力を評価できると考えられる。

(4) 落葉対策蓋はどの実験条件においてもコンクリート蓋及び鋼製グレーチング蓋に比べて排水能力が低下しづらい。ただし、葉の面積が比較的大きいプラタナスに対する効果は限定的である。

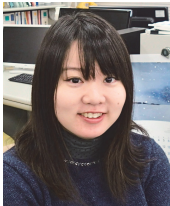
以上の研究結果から、落葉対策蓋への交換で一定の対策効果が期待できることがわかった。ただし、街路樹種別等の地域特性によっては落葉清掃頻度増加等の対策についても検討することが必要であり、この場合は、雨水柵の管理者による清掃の他に、地域住民の協力も有効である。

今後は本実験結果から実験条件と落下率の関係の分析を進めることで、条件に応じた適切な対策方法を検討し、落葉の堆積による雨水柵蓋の排水能力低下に起因する道路冠水の軽減に貢献したい。

参考文献

- 古賀泰之、松尾修、高橋晃浩：道路排水ますふたの雨水の落下効率に関する実験的検討報告書、土木研究所資料第3341号、1995.1
- 栗原正夫、武田ゆうこ、久保田小百合：我が国の街路樹Ⅶ、国総研資料第780号、2014.2

中村裕美



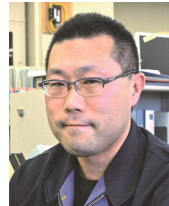
国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室 研究員
Yumi NAKAMURA

近藤浩毅



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室 交流研究員
Hiroki KONDO

松浦達郎



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室 主任研究員
Tatsuro MATSUURA

岩崎宏和



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室長
Hirokazu IWASAKI