

8. 都道における車道透水性舗装の構造検討

Structural Examination of Permeable Pavements in the Roadway in Tokyo

技術支援課 峰岸順一、上野慎一郎、小林一雄

1. まえがき

東京都における透水性舗装は、街路樹等の育成環境改善と雨天時の歩行性の向上が主目的で、治水対策の一助にもなることから、昭和 47 年頃から歩道の透水性舗装の研究が開始された。昭和 58 年度には、総合治水対策の一環としての流域貯留浸透事業と位置づけられ、昭和 59 年歩道の透水性舗装の本格施工が開始された。歩道の透水性舗装は、平成 19 年 4 月現在約 330 万 m² の実績があり、区部の約 70%、多摩部の約 40%に施工されている。

透水性舗装が東京都において車道へ適用されなかった理由は、走行車両の荷重が載荷する車道では、人が歩行する歩道とは異なり、車両の荷重により舗装を痛める度合いが大きく異なること、雨水が浸透することで路床・路盤の支持力が低下し、舗装体が破壊し走行車両の事故が懸念されたこと、埋設物周辺の埋戻し材料の流出により空洞が発生し陥没により走行車両の事故が懸念されたことなどによる。

しかし、近年、車道の透水性舗装の必要性が、都心における集中豪雨対策、地盤・地下水環境保全、ヒートアイランド現象の緩和など循環型都市づくりの推進にさらなる貢献をすることから、強く求められてきた。東京構想 2000 の中でも、雨水浸透舗装として都道をはじめ道路の歩道部分を順次透水性に転換し、雨水浸透機能を向上させるとされた。車道部についても透水性を考慮した舗装材の実験を実施し、将来的な導入について取り組むこととされた。

東京都では、平成 12 年度から都市型洪水対策、地下

水涵養の一環として透水面積拡大の観点から車道透水性舗装の導入に取り組んできた。車道透水性舗装は、大きく分けて路床浸透型と一時貯留型に分けられる。

今まで試験施工等で検討してきたタイプは、交通量の少ない交通量区分 N5 までの箇所での路床浸透型である。基本構造は、他の設計法の経験がなかったことから T_A法によった貯留能力を確保するためできるだけ舗装厚を厚くした、占用企業者の埋設物が必ずあり、路床は関東ロームで軟弱な場合が多いことからフィルター層をジオテキスタイルで上下挟む構造とした。課題として、構造的耐久性、路面陥没、コストなどが挙げられたため、試験施工箇所での追跡調査項目として、現場透水量、平坦性、すべり抵抗、FWD たわみ量、空洞探査、散水実験などを実施してきた。交通量区分 N5 までの箇所での路床浸透型については、ある程度構造的なものは解決したと考えている。これらの検討結果については、既報¹⁾を参照願いたい。

そして、平成 15 年 6 月特定都市河川浸水被害対策法が成立し、平成 16 年 5 月同法施行された。同法で指定された流域（東京都では鶴見川流域の町田市、稲城市の一部地域が該当する）における一定規模の雨水浸透阻害行為に該当する開発行為については、開発前に比較した開発後のピーク流出量の増量をゼロにする必要がある。よって、指定流域の道路・街路新設事業において透水性舗装や浸透・貯留施設の設置による雨水流出抑制対策をとる必要がある。しかし、透水性舗装は、車道での適用は少なく、設計方法および雨水流出抑制性能の算定方法が確立されていなかった。浸透・貯留

施設についても道路に設置する場合の設計方法が確立されていなかった。

このような状況で、平成 17 年 6 月(独)土木研究所：道路路面雨水処理マニュアル(案)²⁾(以下、マニュアル(案)という)が発刊され、特定都市河川浸水被害対策法に対応した雨水処理施設の設計条件の設定方法、車道の透水性舗装の設計方法と雨水抑制性能の算定方法および浸透・貯留施設の設計方法が初めて示された。

本報告では、マニュアル(案)に準じて路床浸透型、一時貯留型について車道透水性舗装の実道での施工を想定した構造検討を、過去に冠水が多かった箇所と鶴見側流域から表 - 1 に示す 10 箇所を選定し、現地の地理条件・交通条件・排水状況等を踏査し、7 種類の車道透水性舗装構造タイプの適用性について検討し、最適な車道透水性舗装の舗装構造を提案したものである。

この提案は、各個所別に雨水流出抑制性能、コスト、排水ます、集水管などの構造を含めての最適な舗装構造断面となるものであり、今後の実施工の参考となると考えている。また、路床が粘性土の場合や地下埋設物がある場合の留意点についても提示している。

2. 舗装構造検討調査

(1) 舗装構造検討調査

都内 10 箇所について、7 種類の舗装構造タイプの適用性について検討し、最適な車道透水性舗装の舗装構造を提案した。

1) 舗装構造断面の検討

都道における透水性舗装(表 - 2 および図 - 1 の 7 タイプに分類)の舗装構造断面例を検討し、検討舗装構

造断面での雨水流出抑制性能の評価を行った。

表 - 1 の都内 10 箇所を事例として検討した。各箇所 7 タイプ(路床浸透型と一時貯留型、その他混成も含めたものの 7 タイプ)の適用を検討し適用の可否を提示した。

調査箇所は、都内中小河川流域、冠水が多かった地域、特定都市河川浸水被害対策法の規制を受ける鶴見川地域(町田市)などから選定した。

2) 雨水流出抑制性能の評価

雨水流出抑制性能の評価は、マニュアル(案)によりハイエイトグラフを作成し有効雨量の設定、水収支計算し、単位面積あたりの流出雨水量の算出、合理式による透水性舗装設置区間の流出ハイドログラフの作成と最大流出雨水量の算定を行った。³⁾⁴⁾現状の舗装構造や道路構造等の制約条件の中での透水性舗装が受け持つ雨水流出抑制効果の目標値を設定した。

ハイエイトグラフの作成に必要な 10 年確率の 24 時間雨量および 1 時間雨量は、気象庁が公表した近接の雨量又は、東京都水防災総合情報システムの雨量を使用した。

3) 解析

解析に当たっては、現地調査結果と道路の縦横断面構造、路床 CBR、地質条件、路床・原地盤・路盤の浸透性(実績から仮定)舗装計画交通量、占用物件(地下埋設物台帳、道路台帳)等を考慮した。

路床浸透型の舗装構造は、 T_A 法および東京都の試験施工断面とした。一時貯留型の舗装構造は T_A 法により、排水ますや集水管等の構造は道路および舗装構造により現地に適したものを検討し提案した。

表 - 1 調査箇所

番号	路線名		通称道路名	箇所		整理番号
1	主	11	太田調布線	多摩堤通り	世田谷区 鎌田 3, 4 丁目(鎌田橋付近)	5
2	主	317	環状六号線	山手通り	品川区 北品川 4 丁目	10
3	主	44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	瑞穂町 箱根ヶ崎	21
4	主	18	府中町田線	鎌倉街道	町田市 本町田 812(菅原神社交差点)	28
5	国	411	4 1 1 号	滝山街道	八王子市 滝山 2 丁目(乗馬クラブ付近)	34
6	主	46	八王子あきるの線	高尾街道	八王子市 元八王子 1 丁目	39
7	主	4	東京所沢線	青梅街道	西東京市 柳沢 1 丁目	49
8	—	121	武蔵野調布線	三鷹通り	三鷹市 上連雀	55
9	—	248	府中小平線	新小金井街道	小金井市 貫井北町 4 丁目(学芸大学付近)	57
10	主	15	府中清瀬線	小金井街道	小平市 花小金井 3 ~ 4	59

(2) 現地調査

前述の都内 10 箇所（表 - 1）について、現地の地理条件・交通条件・排水状況等を踏査し舗装構造検討資料とした。調査対象延長は、当該地点前後 100～200m、計 200～600m 程度とした。また、沿道周辺の家屋等を対象とした。

1) 調査方法

現地調査は踏査にて行う。調査結果は、事前に作成した踏査記入表に書き込むとともに写真を撮影した。

2) 踏査記入表の作成

踏査記入表は、以下の情報を元に作成した。

道路の縦横断面構造、舗装構造、路床 C B R、地質条件、路床・原地盤・路盤の浸透性（実績から仮定）舗装計画交通量、占用物件（地下埋設物台帳、道路台帳）

3) 調査項目

交通条件（現況確認） 地理条件（周辺河川の状

況、勾配等の現況確認） 排水状況（道路側溝、排水ます、マンホール等の現況確認） 道路条件（道路構造を含めて） 沿道の家屋の立地状況等

4) 調査の留意事項

交通条件、地形条件、原地盤の浸透能力、地下水位、周辺の土地利用状況等に関する調査を行い、以下の事項に留意して施設設置の可否を判断した。

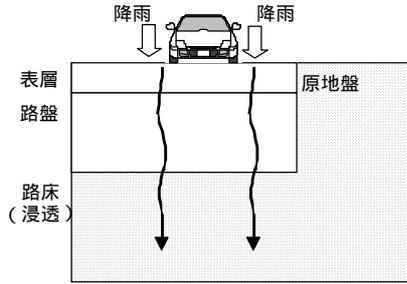
雨水の地下浸透による道路構造物や周辺構造物の安定性への影響、雨水の地下浸透による周囲の生活環境や、土壌・地下水質環境への影響、路床・原地盤の浸透能力

上記に関して問題が懸念される場合は、浸透による影響を軽減する措置をとる、地下に浸透させない構造を用いる、当該区域外まで雨水を導水して処理する、当該区間で必要とされる対策量を別の区間で処理する、などの対策を講じることとした。

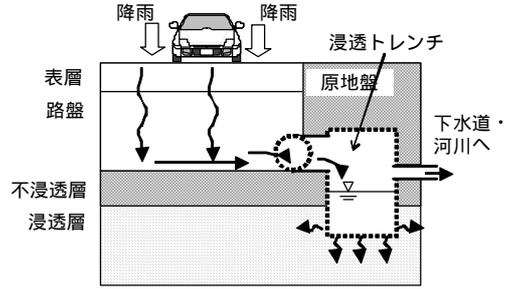
表 - 2 透水性舗装のタイプ²⁾

舗装および施設の種類の種類	概要	想定設置箇所
透水性舗装(路床浸透型)	雨水を路床から直接浸透させるタイプ	原地盤の透水性が期待でき、かつ、路床構築をする際に、安定処理をする必要のない場所。
透水性舗装(一時貯留型) + 浸透施設	舗装体内に浸透した雨水を路床へ浸透させず放流孔(排水管)から浸透施設に導水し、浸透施設から原地盤浸透させるタイプ	路床面は不透水層であるが、近下に浸透層が存在する場所。
- 1 透水性舗装(一時貯留型)	雨水を舗装体内に一時貯留し、路床面上に設置した放流孔(排水管)より雨水流出を遅延させて排水を行うタイプ。	路床も原地盤も不透水であるが、周辺の状況を考慮して浸透させない場合のうち、舗装厚が厚く、舗装体内での一時貯留が期待できる場所。
- 2 透水性舗装(一時貯留型) + 貯留層等割り増し	路盤下に砕石層などの貯留層等を設置し、一時貯留能力を高めるタイプ。 - 1同様、雨水流出を遅延させて排水を行う。	路床も原地盤も不透水であるが、周辺の状況を考慮して浸透させない場合のうち、舗装厚だけでは貯留能力が不十分な比較的軽交通な場所。なお、路床が粘性土で舗装としての耐久性の確保のために設ける舗装厚の割り増し分についても、この場合と同様に貯留能力として取り扱ってよい。
透水性舗装(一時貯留型) + 貯留施設	透水性舗装と併せて貯留施設を設置し、一時貯留能力を高めるタイプ。	路床も原地盤も不透水であるが、周辺の状況を考慮して浸透させない場合のうち、舗装厚だけでは貯留能力が不十分で貯留施設が必要な場所。
浸透施設	透水性舗装ではないが通常の舗装の路面排水施設に浸透施設を接続し、雨水を原地盤に浸透させるタイプ。	原地盤において雨水の地下浸透が可能で、かつ、原地盤の透水係数が中程度(1×10^{-4} cm/s程度)以上の場所。
貯留施設	透水性舗装ではないが通常の舗装の路面排水施設に貯留施設を接続し、雨水を貯留させるタイプ。排水方式には、自然排水と強制排水(ポンプ)がある。	浸透不適地あるいは浸透による対応を考えない場所

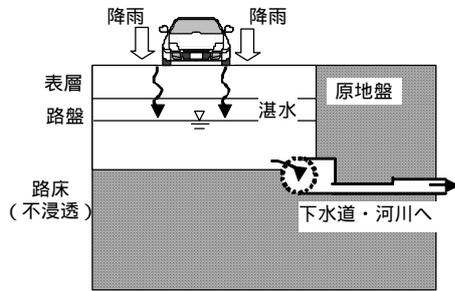
透水性舗装（路床浸透型）



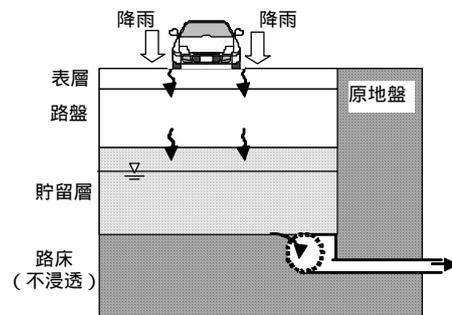
透水性舗装（一時貯留型）+ 浸透施設



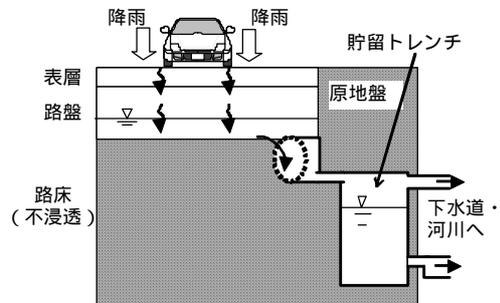
- 1 透水性舗装（一時貯留型）



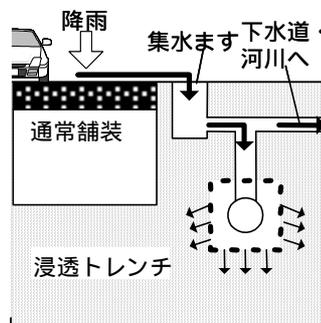
- 2 透水性舗装（一時貯留型）+ 貯留層等割増し



透水性舗装（一時貯留型）+ 貯留施設



浸透施設



貯留施設

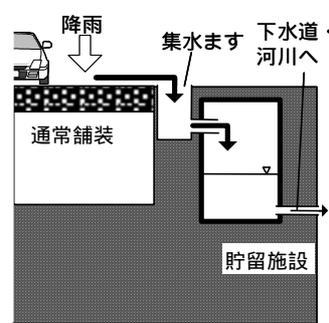


図 - 1 雨水処理施設の基本体系²⁾

3. 現地調査結果

現地調査結果の一覧を表 - 3 に示す。

4. 舗装構造検討結果

各路線について計算過程及び結果について紙面の関係で、一覧表のみで示すのみとした。ここでは一例として、太田調布線（多摩堤通り）の舗装構造検討結

果を示した。

各路線の水収支計算結果（最大流出雨水量 / 最大雨量）の一覧を表 - 4、各路線の概算工事費を表 - 5 に示した。また、各路線における雨水処理タイプと流出抑制性能、コスト、周辺環境等の条件の関係の一覧を表 - 6 に示した。

表 - 3 現地調査結果一覧表

番号	路線名		通称道路名	整理番号	現場条件					地理条件						
					設計交通量区分	対象延長 (m)	舗装平均幅員 (m)	車道透水性舗装面積 (m ²)	路面状況		雨水の地下浸透による道路構造物や周辺構造物の安定性への影響面から注意を要する区域					
									破損の有無	程度	法令指定地	法面・斜面周辺・擁壁周辺	構造物の基礎周辺	凍上の危険性がある地域	地下埋設物 (縦断方向)	
1	主	11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	500	11	5,500	なし	-	×	×		×	
2	主	317	環状六号線	山手通り	10	N6	300	23	6,900	縦Cr	小	×			×	
3	主	44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	500	7	3,500	なし	-	×	×	×	×	
4	主	18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	300	6	1,800	なし	-	×		×	×	
5	国	411	411号	滝山街道	34	N6	400	7	2,800	なし	-	×	×	×	×	
6	主	46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	600	6	3,600	縦Cr	小	×	×		×	
7	主	4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	400	22	8,800	なし	-	×	×		×	
8	一	121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	200	6	1,200	なし	-	×	×		×	
9	一	248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	300	11	3,300	なし	-	×	×		×	
10	主	15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	300	11	3,300	縦Cr	小	×	×		×	

○: 該当する、期待できる。 ×: 該当しない、期待できない。 縦Cr: 縦ひびわれ

番号	路線名		通称道路名	整理番号	地理条件				沿道家屋の立地条件			
					雨水の地下浸透による周辺の生活環境や、土壌・地下水質環境への影響の面から注意が必要な区域		路床・路盤の浸透性の面から注意が必要な区域		沿道の状況	主な建物	河川・用水路等の有無	
					隣接地の地盤が低く、浸透雨水により影響が及ぶ恐れがある地域	土壌汚染の恐れのある地域	路床・路盤の浸透性	地下水位が高く、かつ降雨により地下水位が敏感に上昇する。				
1	主	11	太田調布線	多摩堤通り	5	×	×	×	不明	住宅地	店舗民家	河川用水路
2	主	317	環状六号線	山手通り	10	×	×	×	不明	市街地	ビル	擁壁
3	主	44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	×	×		×	住宅地	民家田畑	なし
4	主	18	府中町田線	鎌倉街道	28	×	×	×	不明	住宅地	民家	用水路
5	国	411	411号	滝山街道	34		×	×	不明	住宅地	民家乗馬クラブ	用水路
6	主	46	八王子あきるの線	高尾街道	39	×	×	×	不明	住宅地	民家	河川用水路
7	主	4	東京所沢線	青梅街道	49	×	×	×	不明	住宅地	民家	河川
8	一	121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	×	×	×	不明	住宅地	民家ビル	河川ボックスカルバート
9	一	248	府中小平線	新小金井街道	57	×	×	×	不明	住宅地	民家学校	河川
10	主	15	府中清瀬線	小金井街道	59	×	×	×	不明	市街地	ビル	なし

○: 該当する、期待できる。 ×: 該当しない、期待できない。

表 - 4 水収支計算結果(最大流出雨水量 / 最大雨量) 一覧表

水収支計算1 (路床の飽和透水係数 1×10^{-6} cm/s)

番号	路線名	通称道路名	整理番号	設計交通量区分	対象延長(m)	舗装平均幅員(m)	車道透水性舗装面積(m ²)	路床・原地盤の透水係数 cm/sec	降雨強度式	24h降雨量		路床浸透	路床浸透(割増し)	一時貯留型 + 浸透施設	一時貯留型		一時貯留型 + 貯留層割増し	一時貯留型 + 貯留施設	透水性 - 浸透施設	透水性 - 貯留施設						
										24h最大(mm/h)	24h累積(mm)				放流孔管径:5cm 放流孔流出係数C:0.6						浸透トレンチの必要長さ H1m×W1m	目標最大流出雨水量	貯留施設の必要面積			
										10年確率降雨強度	24時間中央集中型降雨波形				放流孔間隔50m	放流孔間隔50m				放流孔間隔100m				放流孔間隔50m	放流孔間隔100m	放流孔間隔50m
1	主 11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	500	11	5,500	1×10^{-6}	$1212/(t^{2/3}+7.1)$	100	172	0.90	0.61	0.24	0.24	-	0.28	-	0.24	25m	0.046	300m ²			
2	主 317	環状六号線	山手通り	10	N6	300	23	6,900	1×10^{-6}	$1023/(t^{2/3}+0.4)$	189	151	0.75	0.25	0.16	0.16	-	0.19	-	0.16	40m	0.109	300m ²			
3	主 44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	500	7	3,500	1×10^{-6}	$1690/(t^{2/3}+13.3)$	92	231	0.90	0.90	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
4	主 18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	300	6	1,800	1×10^{-6}	$1231/(t^{2/3}+9.3)$	86	172	0.90	0.67	0.29	0.45	0.25	0.47	0.30	0.29	15m	0.013	400m ²			
5	国 411	411号	滝山街道	34	N6	400	7	2,800	1×10^{-6}	$1737/(t^{2/3}+6.1)$	156	247	0.90	0.90	0.26	0.26	-	0.30	-	0.26	25m	0.036	300m ²			
6	主 46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	600	6	3,600	1×10^{-6}	$2406/(t^{2/3}+22.8)$	87	312	0.90	0.90	0.27	0.49	0.45	0.54	0.33	0.29	30m	0.026	800m ²			
7	主 4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	400	22	8,800	1×10^{-6}	$1026/(t^{2/3}+0.7)$	180	151	0.16	0.04	0.16	0.16	-	0.17	-	0.16	45m	0.099	300m ²			
8	一 121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	200	6	1,200	1×10^{-6}	$1147/(t^{2/3}+0.0)$	229	169	0.90	0.50	0.20	0.20	-	0.24	-	0.20	15m	0.023	200m ²			
9	一 248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	300	11	3,300	1×10^{-6}	$1523/(t^{2/3}+10.9)$	96	211	0.90	0.90	0.26	0.26	-	0.30	-	0.26	35m	0.026	400m ²			
10	主 15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	300	11	3,300	1×10^{-6}	$1129/(t^{2/3}+0.0)$	225	167	0.89	0.47	0.12	0.12	-	0.14	-	0.12	20m	0.062	200m ²			

1: 放流孔間隔50mにおける流出係数が0.30を満足しない場合に放流孔間隔100mを検討する。

水収支計算2 (路床の飽和透水係数 1×10^{-5} cm/s)

番号	路線名	通称道路名	整理番号	設計交通量区分	対象延長(m)	舗装平均幅員(m)	車道透水性舗装面積(m ²)	路床・原地盤の透水係数 cm/sec	降雨強度式	24h降雨量		路床浸透	路床浸透(割増し)	
										24h最大(mm/h)	24h累積(mm)			
1	主 11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	500	11	5,500	1×10^{-5}	$1212/(t^{2/3}+7.1)$	100	172	0.90	0.53
2	主 317	環状六号線	山手通り	10	N6	300	23	6,900	1×10^{-5}	$1023/(t^{2/3}+0.4)$	189	151	0.59	0.24
3	主 44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	500	7	3,500	1×10^{-5}	$1690/(t^{2/3}+13.3)$	92	231	0.89	0.89
4	主 18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	300	6	1,800	1×10^{-5}	$1231/(t^{2/3}+9.3)$	86	172	0.89	0.57
5	国 411	411号	滝山街道	34	N6	400	7	2,800	1×10^{-5}	$1737/(t^{2/3}+6.1)$	156	247	0.90	0.90
6	主 46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	600	6	3,600	1×10^{-5}	$2406/(t^{2/3}+22.8)$	87	312	0.89	0.89
7	主 4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	400	22	8,800	1×10^{-5}	$1026/(t^{2/3}+0.7)$	180	151	0.12	0.02
8	一 121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	200	6	1,200	1×10^{-5}	$1147/(t^{2/3}+0.0)$	229	169	0.78	0.37
9	一 248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	300	11	3,300	1×10^{-5}	$1523/(t^{2/3}+10.9)$	96	211	0.90	0.90
10	主 15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	300	11	3,300	1×10^{-5}	$1129/(t^{2/3}+0.0)$	225	167	0.76	0.34

注) 水収支計算は、「路床浸透型」および「一時貯留型」により実施し、その流出雨水量を用いて浸透施設および貯留施設を検討する。よって、「一時貯留型」で最大流出雨水量の目標値を満足する場合には、浸透施設および貯留施設を必要としないため、「一時貯留型」の水収支計算と同じ結果となる。

水収支計算3 (路床の飽和透水係数 1×10^{-4} cm/s)

番号	路線名	通称道路名	整理番号	設計交通量区分	対象延長(m)	舗装平均幅員(m)	車道透水性舗装面積(m ²)	路床・原地盤の透水係数 cm/sec	降雨強度式	24h降雨量		路床浸透	路床浸透(割増し)	一時貯留型 + 浸透施設	一時貯留型		一時貯留型 + 貯留層割増し	一時貯留型 + 貯留施設	透水性 - 浸透施設	透水性 - 貯留施設						
										24h最大(mm/h)	24h累積(mm)				放流孔管径:5cm 放流孔流出係数C:0.6						浸透トレンチの必要長さ H1m×W1m	目標最大流出雨水量	貯留施設の必要面積			
										10年確率降雨強度	24時間中央集中型降雨波形				放流孔間隔50m	放流孔間隔50m				放流孔間隔100m				放流孔間隔50m	放流孔間隔100m	放流孔間隔50m
1	主 11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	500	11	5,500	1×10^{-4}	$1212/(t^{2/3}+7.1)$	100	172	0.11	0.00	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
2	主 317	環状六号線	山手通り	10	N6	300	23	6,900	1×10^{-4}	$1023/(t^{2/3}+0.4)$	189	151	0.04	0.00	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
3	主 44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	500	7	3,500	1×10^{-4}	$1690/(t^{2/3}+13.3)$	92	231	0.59	0.38	0.29	0.38	0.21	0.41	0.25	0.30	5m	0.027	150m ²			
4	主 18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	300	6	1,800	1×10^{-4}	$1231/(t^{2/3}+9.3)$	86	172	0.12	0.00	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
5	国 411	411号	滝山街道	34	N6	400	7	2,800	1×10^{-4}	$1737/(t^{2/3}+6.1)$	156	247	0.49	0.36	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
6	主 46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	600	6	3,600	1×10^{-4}	$2406/(t^{2/3}+22.8)$	87	312	0.85	0.85	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
7	主 4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	400	22	8,800	1×10^{-4}	$1026/(t^{2/3}+0.7)$	180	151	0.00	0.00	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
8	一 121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	200	6	1,200	1×10^{-4}	$1147/(t^{2/3}+0.0)$	229	169	0.09	0.01	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
9	一 248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	300	11	3,300	1×10^{-4}	$1523/(t^{2/3}+10.9)$	96	211	0.35	0.16	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											
10	主 15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	300	11	3,300	1×10^{-4}	$1129/(t^{2/3}+0.0)$	225	167	0.09	0.00	路床・原地盤の透水係数 1×10^{-6} cm/sで検討											

表 - 5 概算工事費計算結果一覧

番号	路線名			通称道路名	整理番号	設計交通量区分	対象延長(m)	舗装平均幅員(m)	車道透水性舗装面積(m ²)	直接工事費	
										路床浸透	路床浸透(割増し)
1	主	11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	500	11	5,500	70,100,000	79,500,000
2	主	317	環状六号線	山手通り	10	N6	300	23	6,900	87,900,000	99,800,000
3	主	44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	500	7	3,500	42,300,000	48,000,000
4	主	18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	300	6	1,800	22,900,000	26,000,000
5	国	411	411号	滝山街道	34	N6	400	7	2,800	35,700,000	40,500,000
6	主	46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	600	6	3,600	45,900,000	52,100,000
7	主	4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	400	22	8,800	149,600,000	171,600,000
8	—	121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	200	6	1,200	15,300,000	17,400,000
9	—	248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	300	11	3,300	42,100,000	47,700,000
10	主	15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	300	11	3,300	42,100,000	47,700,000

番号	直接工事費(円)										
	一時貯留型 ¹⁾ + 浸透施設		一時貯留型	一時貯留型 + 貯留層割増	一時貯留型 + 貯留施設 ²⁾		密粒 - 浸透施設 ³⁾			密粒 - 貯留施設 ³⁾	
	施設規模 ¹⁾ (m ³)		- 1	- 2	施設規模 ²⁾ (m ³)		施設延長 (m/個)	設置個数		施設規模 ²⁾ (m ³)	
1	0	64,800,000	64,800,000	74,300,000	0	64,800,000	25	50	26,100,000	300	10,500,000
2	0	81,300,000	81,300,000	93,200,000	0	81,300,000	40	30	25,100,000	300	10,500,000
3	280	53,300,000	43,500,000	49,100,000	250	52,200,000	5	50	5,200,000	150	5,300,000
4	189	27,800,000	21,200,000	24,300,000	315	32,200,000	15	30	9,400,000	400	14,000,000
5	0	33,000,000	33,000,000	37,800,000	0	33,000,000	25	40	20,900,000	300	10,500,000
6	744	68,500,000	42,400,000	48,600,000	800	70,400,000	30	60	37,600,000	800	28,000,000
7	0	141,200,000	141,200,000	163,200,000	0	141,200,000	45	40	37,600,000	300	10,500,000
8	0	14,100,000	14,100,000	16,200,000	0	14,100,000	15	20	6,300,000	200	7,000,000
9	0	38,900,000	38,900,000	44,600,000	0	38,900,000	35	30	21,900,000	400	14,000,000
10	0	38,900,000	38,900,000	44,600,000	0	38,900,000	20	30	12,500,000	200	7,000,000

- 1) 一時貯留型 + 浸透施設では放流孔50m毎に浸透施設を設置する。施設規模は合計数量とする。
- 2) 一時貯留型 + 貯留施設および密粒 - 貯留施設では対象面積全体を集水面積として浸透施設を設置する。
- 3) 瑞穂富岡線は透水性 - 浸透施設および透水性 - 貯留施設とする。

車道透水性舗装 材料設置単価表(m²あたり) (単位:円)

排水性混合物(13)	1,730	5 cm
排水性混合物(20)	2,000	5 cm
クラッシュランC-40	490	10 cm
透水性As処理	4,180	15 cm
集水管および放流孔	326	-
浸透トレンチ	20,883	1 mあたり
浸透施設(ハイドロスタフ)	35,000	1 m ² あたり
フィルター層(砂、シオテキ)	1,480	15 cm
フィルター層(シオテキ)	200	-

- 1: 道路路面雨水処理マニュアル(案)
- 2: ハイドロスタフの標準的な施工費(掘削、埋戻し、残土処分は含まない)

車道透水性舗装構成

設計交通量区分	路床CBR	必要TA (cm)	表層排水性13 (cm)	基層排水性20 (cm)	上層路盤透水性As処理	路盤C-40 (cm)	(割増し) C-40 (cm)	フィルター層 (cm)	TA (cm)
N5	2	29	25	0	0	40	33	15	35.0
N6	3	35	5	5	20	40	35	15	36.0
N7	2	51	5	5	30	70	51	15	51.5

概算工事費(m²あたり)

設計交通量区分	路床CBR	表層排水性13 (円)	基層排水性20 (円)	上層路盤透水性As処理	路盤C-40 (円)	(割増し) C-40 (円)	フィルター層(砂、シオテキ) (円)	フィルター層(シオテキ) (円)	路床浸透 (円)	路床浸透(割増) (円)	一時貯留型 + 浸透施設 (円)	一時貯留型 (円)	一時貯留型 + 貯留層割増 (円)
N5	2	8,650	0	0	1,960	1,617	1,480	-	12,090	13,707	12,416	12,416	14,033
N6	3	1,730	2,000	5,573	1,960	1,715	1,480	200	12,743	14,458	11,789	11,789	13,504
N7	2	1,730	2,000	8,360	3,430	2,499	1,480	200	17,000	19,499	16,046	16,046	18,545

路床浸透を考慮する。

表 - 6 各路線における雨水処理タイプと流出抑制性能、コスト、周辺環境等の条件の関係

番号	路線名			通称道路名	整理番号	設計 交通量 区分	透水 係数 cm/sec	評価項目	路床浸透	路床浸透 (割増し)	一時貯留型 + 浸透施設
1	主	11	太田調布線	多摩堤通り	5	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.61	0.24
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.13	0.92
								総合判定	4	3	1
2	主	317	環状六号線	山手通り	10	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.75	0.25	0.16
								周辺環境等の条件	×	×	×
								コスト	1.00	1.14	0.92
								総合判定	5	4	2
3	主	44	瑞穂富岡線	岩蔵街道	21	N5	1×10^{-4}	流出抑制性能	0.59	0.38	0.29
								周辺環境等の条件			
								コスト	1.00	1.13	1.26
								総合判定	6	3	5
4	主	18	府中町田線	鎌倉街道	28	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.67	0.29
								周辺環境等の条件	×	×	×
								コスト	1.00	1.14	1.21
								総合判定	6	5	4
5	国	411	411号	滝山街道	34	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.90	0.26
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.13	0.92
								総合判定	3	4	1
6	主	46	八王子あきるの線	高尾街道	39	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.90	0.27
								周辺環境等の条件	×	×	×
								コスト	1.00	1.14	1.49
								総合判定	5	6	4
7	主	4	東京所沢線	青梅街道	49	N7	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.16	0.04	0.16
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.15	0.94
								総合判定	4	5	1
8	-	121	武蔵野調布線	三鷹通り	55	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.50	0.20
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.14	0.92
								総合判定	4	3	1
9	-	248	府中小平線	新小金井街道	57	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.90	0.90	0.26
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.13	0.92
								総合判定	3	4	1
10	主	15	府中清瀬線	小金井街道	59	N6	1×10^{-6}	流出抑制性能	0.89	0.47	0.12
								周辺環境等の条件	×	×	
								コスト	1.00	1.13	0.92
								総合判定	4	3	1

一時貯留型	一時貯留型 + 貯留層割増し	一時貯留型 + 貯留施設	密粒 - 浸透施設	密粒 - 貯留施設	備考
- 1	- 2				
0.24	0.28	0.24	1250	300	評価項目 ・流出抑制性能: 最大流出雨水量 / 最大雨量、()内は放流孔間隔100m、 は施設規模合計(m ³)
			×	×	
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(0.40)	・周辺環境条件: 設置可能、×設置不可。
1	2	1	6	5	
0.16	0.19	0.16	1200	300	・コスト: 路床浸透型を1.00とした場合のコスト比、 は浸透施設を1.00とした場合のコスト比。
×	×	×	×		
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(0.42)	・総合判定: 適用性の格付け、1が最も優れている。 (一時貯留型の評価については注1)を参照)
2	3	2	6	1	
0.38 (0.21)	0.41 (0.25)	0.25	250	150	・注1)水収支計算は、「路床浸透型」および「一時貯留型」により 実施し、その流出雨水量を用いて浸透施設および貯留施設を検 討する。よって、「一時貯留型」で最大流出雨水量の目標値を満 足する場合には、浸透施設および貯留施設を必要としないため、 雨水処理タイプは「一時貯留型」と同じものとする。
1.03	1.16	1.23	(1.00)	(1.02)	
1	2	4	7	8	
0.45 (0.25)	0.47 (0.30)	0.30	450	400	
			×	×	
0.93	1.06	1.41	(1.00)	(0.67)	
1	2	3	8	7	
0.26	0.30	0.26	1000	300	
			×	×	
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(0.50)	
1	2	1	6	5	
0.49 (0.45)	0.54 (0.33)	0.29	1800	800	
			×	×	
0.92	1.06	1.53	(1.00)	(0.74)	
2	1	3	8	7	
0.16	0.17	0.16	1800	300	
			×		
0.94	1.09	0.94	(1.00)	(0.28)	
1	2	1	6	3	
0.20	0.24	0.20	300	200	
			×	×	
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(1.11)	
1	2	1	5	6	
0.26	0.30	0.26	1050	400	
			×	×	
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(0.64)	
1	2	1	6	5	
0.12	0.14	0.12	600	200	
			×	×	
0.92	1.06	0.92	(1.00)	(0.56)	
1	2	1	6	5	

以下に、太田調布線（多摩堤通り）での検討例を示す。

(1) 雨水処理目標の設定

1) 透水性舗装が受け持つ雨水流出抑制性能の目標設定

当該路線は、都内中小河川流域にあり都市型洪水被害（道路冠水）が問題となっている。そのため、大雨時の路面雨水排水量をできるだけ小さくし、河川、下水道の負担を軽減する必要がある。本検討では、透水性舗装に求められる最大流出雨水量 / 最大雨量を 0.30

とし、他との流出ハイドログラフの組み合わせは行わずに単独で対応した。

(2) 現場条件の設定

1) 路床、原地盤の浸透性

当該路線の路床、原地盤は、既存資料から粘性土とし、飽和透水係数を $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ と設定した。

2) 舗装としての耐久性の観点からの設計

当該路線の必要 $T_A = 35 \text{cm}$ を満足する舗装構造とすると図 - 2 のようになる。

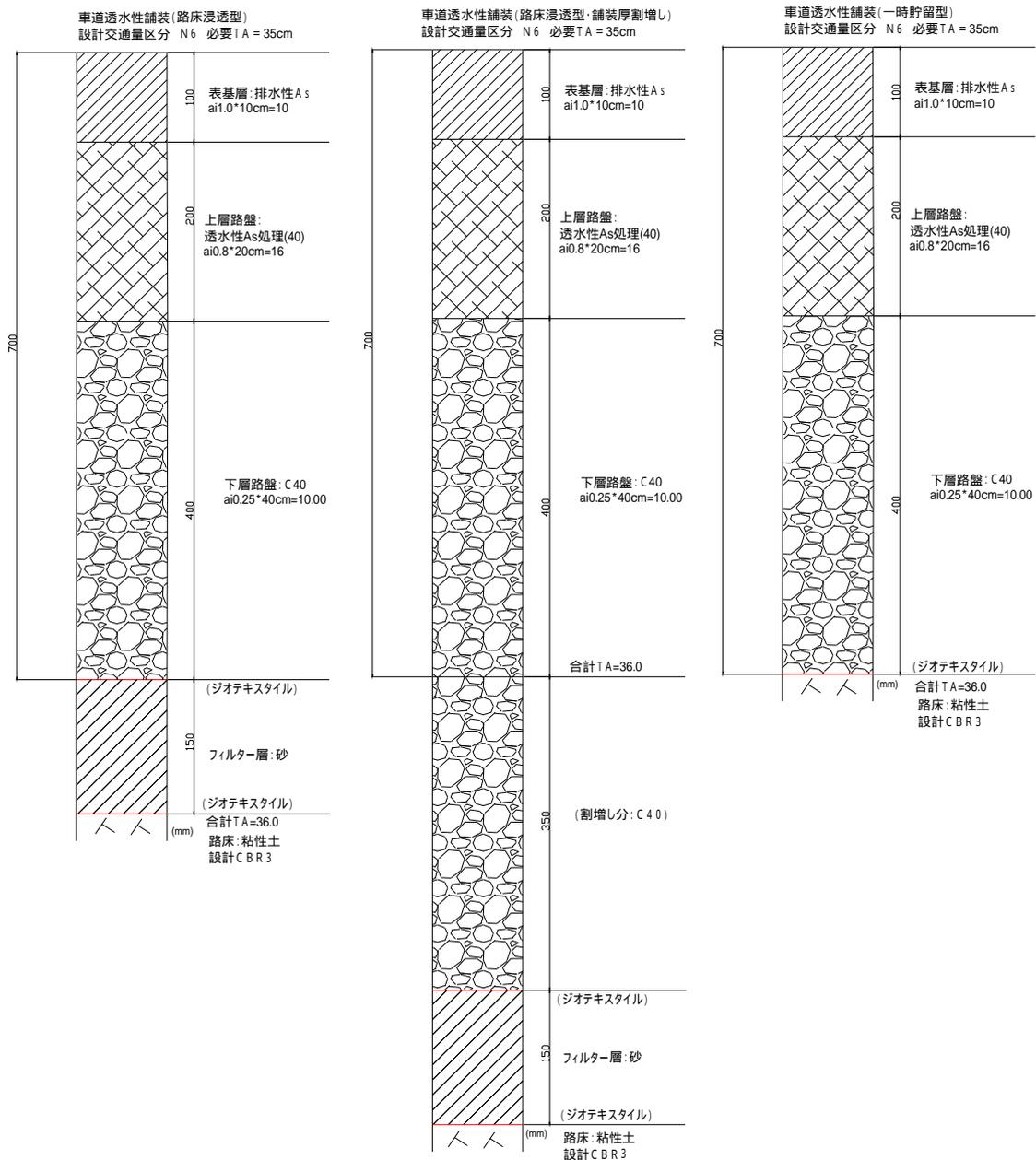


図 - 2 透水性舗装構造 (多摩堤通り)

(3) 舗装構造の決定

水収支計算で流出抑制性能が目標を満足した場合、コスト、周辺環境等の条件から、より最適な舗装構造となっているか確認を行い、舗装構造を最終的に決定する。

雨水処理タイプと流出抑制性能、コスト、周辺環境等の条件について検討した結果を以下に示す。また、検討結果一覧は、表 - 6 に示す。

1) 流出抑制性能

路床の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ において流出抑制性能の目標値（最大流出雨水量 / 最大雨量 = 0.30）を満足する雨水処理タイプは、「一時貯留型 + 浸透施設」、「一時貯留型」、「一時貯留型 + 貯留層等割増」、「一時貯留型 + 貯留施設」である。

「一時貯留型 + 浸透施設」、「一時貯留型 + 貯留施設」においては、浸透施設または貯留施設を設置せずに、流出雨水を直接下水道、河川へ放流しても最大流出雨水量の目標値を満足した。

透水性舗装でない通常の舗装の路面排水施設に「浸透施設」を接続する雨水処理タイプの場合、設備規模合計が $1,250 \text{m}^3$ で流出抑制性能を満足した。

透水性舗装でない通常の舗装の路面排水施設に「貯留施設」を接続する雨水処理タイプの場合、設備規模合計が 300m^3 で流出抑制性能を満足した。

2) 周辺環境等の条件

路床および地盤の透水係数は $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 程度と考えられ、浸透は期待できない。

当該路線はマンション(構造物の基礎)が隣接し、地下埋設物が縦断方向に存在しているため、路床面下に雨水を浸透させることは適切でない。

当該路線の歩道はフラット型であり排水ますが歩道に設置されている。よって車道透水性舗装の対象範囲がフラット型の歩道部分を含む。

「一時貯留型 + 貯留施設」では、路盤からの排水を貯留槽へ自然流下させるため、放流管にはある程度の勾配が必要となる。そのため、貯留槽の設置深さは 0.65m 以下となり、地下埋設物の制約を受ける。

浸透施設については、路床および地盤の浸透が期待できないこと、路床面下に雨水を浸透させることが適切でないことから、当該路線には適さない。

貯留施設については、構造物が隣接していること、歩道も車道透水性舗装の対象範囲であることから設置スペースを確保することは難しい。

(4) コスト

流出抑制性能の目標値を満足する雨水処理タイプにおいて、最も低コストなタイプは「一時貯留型」である。なお「一時貯留型 + 浸透施設」、「一時貯留型 + 貯留施設」についても同様の構造となる。

密粒舗装において浸透施設または貯留施設単体で処理するタイプでは、貯留施設が低コストである。

(5) 総合判定

流出抑制性能、周辺環境等の条件およびコストから総合的に判断すると、最も適した雨水処理タイプは、「一時貯留型」となる。

なお、「一時貯留型」で流出抑制性能を満足するという事は、「一時貯留型 + 浸透施設」および「一時貯留型 + 貯留施設」の浸透施設および貯留施設を設置しなくとも流出抑制性能を満足する。よって、当該路線では「一時貯留型」、「一時貯留型 + 浸透施設」および「一時貯留型 + 貯留施設」は同じ雨水処理構造と考える。

「一時貯留型」以外の透水性舗装による雨水処理タイプを、適用性の優れているものから選定すると、流出抑制性能を満足する「一時貯留型 + 貯留層等割増」、低コストであるが流出抑制性能を満足しない「路床浸透型(割増)」、「路床浸透型」の順となる。

透水性舗装でない通常の舗装の路面排水施設に接続する「浸透施設」および「貯留施設」は、原地盤の浸透性能、必要とする施設規模および設置スペースの問題から、透水性舗装による雨水処理タイプより適用性が劣る。

当該路線は路床面下に雨水を浸透させることが適切でない。しかし、路床は粘性土であり浸透が期待できないことから、路床上面の止水対策は必要ないものとしてフィルター層(ジオテキスタイル)を設置する。

貯留施設を設置する場合は、コンクリート二次製品の角形貯水槽ではなく、プラスチックを使用したユニット材とシート類を組み合わせて、雨水を地下に貯留する構造(以下、プラスチック製貯水槽)とする。

プラスチック製貯水槽の特長を以下に示す。

- ・空隙率 94%以上
- ・ユニットを組み合わせるため設計の自由度が高い
- ・工期はコンクリートプレキャスト製品より短期間
- ・材料費はコンクリートプレキャスト製品より低コスト

スト

- ・製品重量が軽く取り扱いが容易
 - ・継手レスで施工が簡単
 - ・コンクリートプレキャスト製品と違って小型トラックで材料搬入が可能
 - ・コンクリートプレキャスト製品と違って最小限の規制範囲で施工が可能
 - ・シート材の種類により貯留槽または浸透槽のどちらにも使用可能
- 選定された雨水処理タイプおよび想定地下埋設物を

図 - 3 に示す。

5. まとめ

調査箇所 10 ヶ所の総括したまとめは以下のとおりであった。

(1) 現地調査

調査路線の多くはマンション、ビルに隣接し構造物の基礎周辺に該当する。また、地下埋設物が縦断方向に設置されている場合が多い。

調査路線の路床は粘性土が多いと考えられ、路床の浸透性は期待できない。

環状六号線（山手通り）は、上下線でアンダーパス構造の擁壁が存在する。このような区域では、雨水の地下浸透による道路構造物の安定性への影響の面から透水性舗装は適さない。

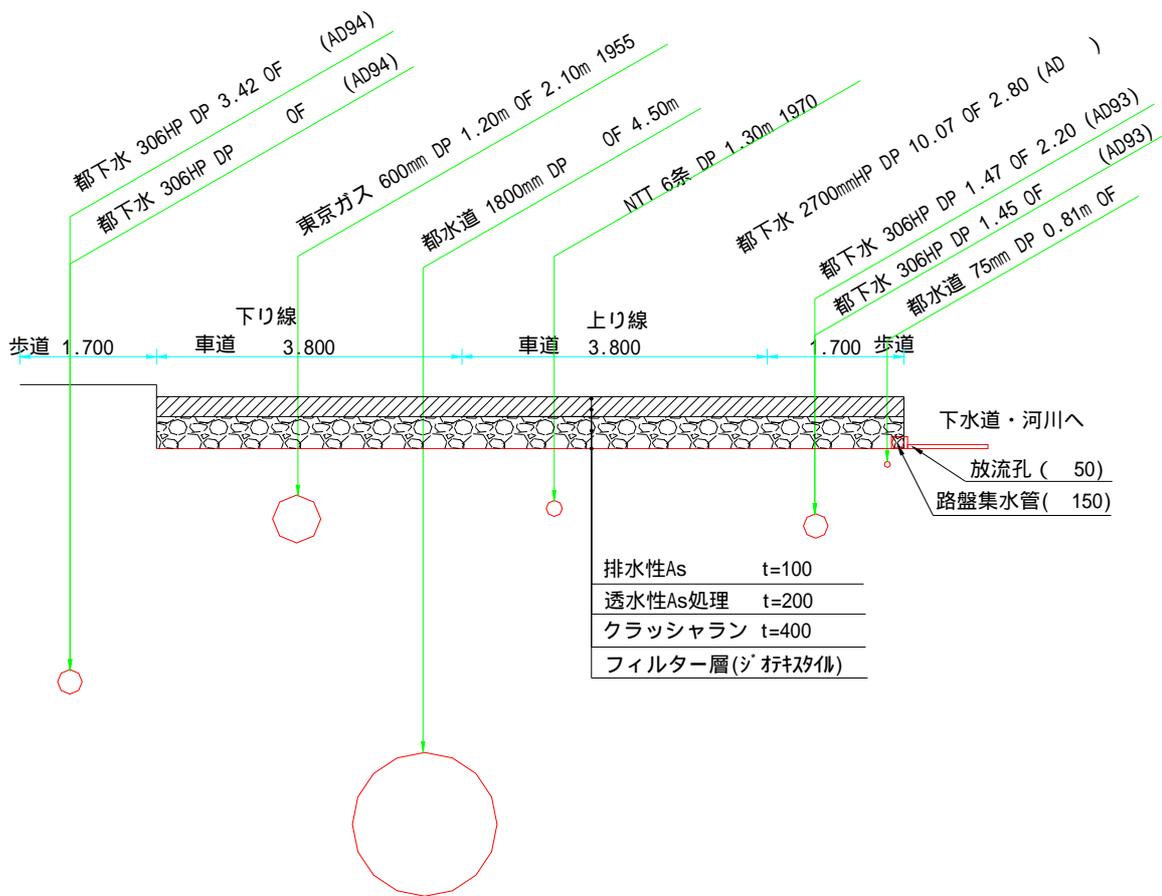


図 - 3 選定された雨水処理タイプおよび想定地下埋設物

(2) 舗装構造検討調査

路床が粘性土の場合は浸透性が期待できないため、現場条件に応じた雨水処理タイプを選定すると「一時貯留型」となる。

水収支計算は「路床浸透型」および「一時貯留型」により実施し、その流出雨水量を用いて浸透施設および貯留施設を検討する。よって、「一時貯留型」で最大流出雨水量の目標値を満足する場合には、「一時貯留型 + 浸透施設」および「一時貯留型 + 貯留施設」は「一時貯留型」の水収支計算と同じ結果となる。

路床が粘性系で集水管・放流孔を設置せず路床下への浸透に対応する場合の舗装厚の割増しは、設計交通量区分 N6、設計 CBR3 で舗装厚 65cm + 33cm の舗装割増し、設計交通量区分 N7、設計 CBR2 で舗装厚 94cm + 47cm の割増しとなる。また、フィルター層(厚さ 15cm)の設置が必要であり、地下埋設物の存在、施工性および経済性を考慮すると、路床が粘性系で集水管・放流孔を設置せず路床下への浸透で雨水処理することは難しいと考える。

T_A 法に基づく必要等値換算厚 35cm (設計交通量区分 N6、設計 CBR3) の舗装構成において、路床の飽和透水係数が $1 \times 10^{-5} \text{cm/s} \sim 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 程度の場合、ピーク降雨強度または 24 時間累積降雨量に対して最大流出雨水量 / 最大雨量が 0.9 程度と一定であり、路床の浸透性は期待できない。

T_A 法に基づく必要等値換算厚 35cm (設計交通量区分 N6、設計 CBR3) の舗装構成において、路床の飽和透水係数が $1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 程度以上の場合、累積 24 時間降雨量に対して最大流出雨水量 / 最大雨量が 0.04 ~ 0.85 程度の範囲で変化し、路床の浸透性が期待できる。

6. 今後の課題

車道透水性舗装構造、雨水処理タイプ、路床の浸透性等の条件が同じ場合でも、ハイエイトグラフ(降雨波形)により雨水流出抑制効果は大きく異なる。

雨水処理タイプが路床浸透の場合、路床の透水係数が $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度で効果的な結果が得られていることから、実際の適用にあっては路床の浸透性を事前に確認することが重要である。

今回の検討は、路面排水の影響を受ける範囲(集水範囲)を全て車道透水性舗装とした場合であり、道路の縦断勾配の影響で対象面積が膨大になる箇所、また、管理者が異なる交差道路からの流入の影響を受ける箇所では、水収支計算どおりの雨水流出抑制効果が得られない場合が考えられる。

一時貯留型の計算において、路盤内の雨水を排水できることが条件となるが、下水道または、排水流末が初期に溢れた場合は、水収支計算どおりの雨水流出抑制効果が得られないことも十分予想できる。

路床が粘性系で集水管・放流孔を設置せずに路床下への浸透に対応する場合、舗装厚の割増しが必要となる。これは、路床上面に作用する圧縮応力を半減させるために設けるものであり、路床の設計 CBR によっては合計舗装厚が 1m 以上となる場合がある。

東京都道においては、地下埋設物が多く存在することから、1m 以上の掘削は難しく、その適用性について検討する必要がある。

今後これらの提案構造について試験施工を実施し、雨水流出抑制効果について検証を行い、車道透水舗装の確立を進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 峰岸順一、小林一雄、武田敏憲(2004): 車道透水性舗装の耐久性と透水機能、H16. 都土木技研年報、63-74
- 2) 独立行政法人土木研究所(2005): 道路路面雨水処理マニュアル(案) 土木研究所資料
- 3) http://www.pwri.go.jp/team/pavement/japanese/subject/rainwater/prog_ver4/explanation.pdf
- 4) http://www.pwri.go.jp/team/pavement/japanese/subject/rainwater/prog_ver4/calculation_r.xls