

歩行者系舗装の要求性能と管理水準に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 23

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：久保和幸、寺田剛、川上篤史、井谷雅司

【要旨】

近年、歩きやすい歩道に対する意識が高くなってきており、歩行者系舗装においても歩きやすさや景観性等を重視した舗装が多種開発されている。本研究は、歩行者系舗装の利用形態別の路面要求性能を明らかにすること、路面の平坦性・段差等の管理水準に関する提案等を行うことを目的とした。そこで、道路管理者に歩行者系舗装に求める性能および管理項目についてアンケート調査や、健常者（60歳未満および60歳以上）、車椅子、ベビーカーを被験者として、多様な路面を歩行することによる感応調査等を行った。その結果、歩行者系舗装の性能評価項目として、段差および平坦性が重要であることが分かった。また、高齢者、車椅子、ベビーカーと健常者を含めた路面管理の目標値を提案することが出来た。

キーワード：歩行者系舗装、性能評価、平坦性、段差、すべり抵抗性

1. はじめに

近年、歩きやすい歩道に対する意識が高くなってきており、歩行者系舗装においても歩きやすさや景観性等を重視した舗装が多種開発されている。平成18年12月に施行されたバリアフリー新法では、舗装の求められる機能として、「雨水を地下に円滑に浸透させることができる構造で、平坦で滑りにくく、かつ水はけの良い仕上げとする」となっているが、平坦性や段差等の具体的な目標値については検討事例^{1)、2)、3)}はあるものの、未だ明確になっていないのが現状である。

本研究は、歩行者系舗装の利用形態別の路面要求性能の明確化、路面の平坦性・段差等の管理目標に関する提案、各種舗装技術の選択（バリアフリーの観点など）の際の留意点等を明らかにすることを目的としている。

まず初めに、道路管理者が歩行者系舗装に求める性能を明らかにするため、道路管理者にアンケート調査を行い、歩道の管理を行う上で、重視する項目を抽出した。

次に、歩道利用者が歩行者系舗装に求める性能を明らかにするため、実歩道等において多様な被験者を対象にアンケート調査を行い、歩行者系舗装に求める性能およびその傾向を明らかにするとともに、路面の平坦性・段差の管理目標に関する検討を行った。

また、各種舗装技術の保有性能について過去の調査データ（文献等）から抽出し、歩行者系舗装に求める目標値との比較を行うことによって、各種舗装技術の選択の際に参考となる技術データを作成した。

なお、歩行者へのアンケート調査の一部は、土木学会歩行者系舗装小委員会と連携して実施したものである。

2. 研究方法

2.1 道路管理者が歩行者系舗装に求める性能

道路管理者が歩行者系舗装に求める性能を明らかにするため、道路管理者にアンケート調査を行った。アンケート内容は、表-1に示すとおり、補修に関する質問、住民の苦情に関する質問、道路管理に関する質問を行った。補修に関する質問および道路管理に関する質問については、複数の選択肢について多い順または重視する順番を記入するようにした。

表-1 アンケート概要

【質問 1】補修(表層のみ)に関する質問 既設舗装の補修を行った理由として、多い順に番号を記入		
ひびわれ	すべり抵抗性の低下	平坦性の低下
段差の解消	透水性の低下	色彩等の劣化
樹木の根上がり	その他	住民の苦情等(質問2へ)
【質問 2】住民の苦情に関する質問 住民の苦情はどのような内容か記入		
【質問 3】道路管理に関する質問 歩行者系舗装を管理する上で重視する順に番号を記入		
耐久性	すべり抵抗性	平坦性
段差	衝撃吸収性、弾力性	透水性
路面温度低減	色彩、景観、見た目	その他

2. 歩行者系舗装の利用形態別の路面要求性能および路面の管理目標（案）

本調査では、歩行者系舗装の物理性状データが大きく異なる歩道を選定し、健常者（60才以上を高年齢者として分類）、車イス、ベビーカーを対象としてアンケート調査を行い、路面性状値と歩行者等の感覚の関係について解析した。

(1) アンケート調査箇所およびその路面性状

アンケート調査箇所およびその路面性状値（平たん性および段差量）を表-2に示す。調査箇所は、土木研究所構内、つくば市内、取手市内、守谷市内の合計17路面を選定した。ここで、土木研究所構内のブロック舗装（段差工区、凹凸工区）は、様々な段差、凹凸になるように施工された舗装である。つくば市内（つくばA～D）および立沢公園（A1～3、B）は、段差やひび割れが発生している箇所を踏査等により選定した。取手市内の戸頭Bは、街路樹の根上がりにより路面の段差が生じている箇所であり、戸頭Aは戸頭Bと比較するために、隣接しているひび割れが小さな箇所を選定した。また、南守谷はひびわれにより平たん性がよくない箇所である。

路面性状値（平たん性および最大段差量）の測定は、舗装性能評価法別冊⁴⁾に準拠して「歩道の平たん性」は小型プロファイラを用いて測定し（ $\sigma_{0.5m}$ ）、「歩道の段差」は定規およびノギス等を用いた。

表-2 アンケート調査箇所および路面性状値

地点名	舗装種類	路面性状物性調査結果	
		$\sigma_{0.5m}$ (mm)	最大 段差量 (mm)
土研(密粒)	密粒アスファルト	0.48	0
土研(ゴム入り)	アスファルト弾性	1.07	0
土研(ブロック段差)	ブロック(段差工区)	8.96	※
土研(ブロック凹凸)	ブロック(凹凸工区)	2.43	0
土研(ブロック平坦)	ブロック(平坦工区)	1.54	0
つくばA	タイル(100×100)	1.63	17
つくばB	ブロック(300×300)	2.18	8
つくばC	ブロック(300×300)	2.77	10
つくばD	ブロック(300×300)	5.47	20
戸頭A	カラーアスファルト1	1.06	3
戸頭B	カラーアスファルト2	2.85	12
立沢公園A1	タイル(300×300)	4.60	36
立沢公園A2	タイル(300×300)	1.64	9
立沢公園A3	タイル(300×300)	0.63	6
立沢公園B	タイル(300×300)	3.36	42
南守谷A1	密粒アスファルト	1.89	19
南守谷A2	密粒アスファルト	2.22	14

※段差の実測値はそれぞれ、11.5、12.5、18.5、17.7、24.2、24.0、29.3、29.0mmである

(2) アンケート調査および被験者数

アンケート調査は、表-3に示すとおり、健常者（60才未満、60歳以上）、ベビーカー、車イスののべ320人を対象に行った。

アンケートは、「つまづきやすい」、「ややつまづきやすい」、「普通」、「ややつまづきにくい」、「つまづきにくい」の5段階評価（悪い評価は1点～良い評価5点）とした。

なお、ブロック(段差工区)の段差量の評価では、異なる段差が8箇所あることから評価者が1点もしくは2点とした時の段差量を回答して頂いた。

また、つくばB、C、立沢公園A1～3およびB、南守谷A1～2については、後述する舗装の補修に関する質問も行った。

表-3 アンケート被験者数

地点名	健常者 (60才未満)	健常者 (60才以上)	ベビーカー	車イス	合計(のべ人数)
土研(密粒)	-	5	6	5	16
土研(ゴム入り)	-	5	6	5	16
土研(ブロック段差)	-	5	6	5	16
土研(ブロック凹凸)	-	5	6	5	16
土研(ブロック平坦)	-	5	6	5	16
つくばA	6	5	5	5	21
つくばB	6	5	5	5	21
つくばC	10	8	-	3	21
つくばD	10	8	-	3	21
戸頭A	-	5	5	5	15
戸頭B	-	5	5	5	15
立沢公園A1	10	8	-	3	21
立沢公園A2	10	8	-	3	21
立沢公園A3	10	8	-	3	21
立沢公園B	10	8	-	3	21
南守谷A1	10	8	-	3	21
南守谷A2	10	8	-	3	21
	92	109	50	69	320

(3) 路面の平坦性・段差等の管理目標（案）の検討

前項で明らかにした歩道利用者が歩行者系舗装に求める性能およびその傾向に対して、路面の平坦性・段差の管理水準に関する検討を行った。

具体的には、つくばB、C、立沢公園A1～3およびB、南守谷A1～2において、アンケート調査を行った際に舗装の補修の必要性に関する質問も行った。質問内容は、「早急に必要（3点）」、「必要であるが緊急ではない（2点）」、「必要ではない（1点）」である。これにより、歩道利用者の感応評価および補修に関するアンケート調査結果の関係により、舗装の補修に関する目安を提案した。

2. 3 各種舗装技術の選択の際の留意点

今後、道路管理者等がバリアフリーの観点などにより歩行者系舗装を選択する際に参考とする留意点等を取りまとめた。具体的には、各種舗装技術の保有性能について、既存文献等から調査データを抽出した。これを、今回の検討において提案した歩行者系舗装に求める性能値との比較を行うことによって、舗装種毎に特徴や留意点を取りまとめた。

3. 研究結果

3. 1 道路管理者が歩行者系舗装に求める性能

道路管理者へのアンケートは、全国の地方整備局の18道路事務所から回答を得た。

既設の歩行者系舗装の補修理由を整理した結果について、点数化して整理した結果を図-1に示す。点数は、一番多いと答えた項目を3点、二番目および三番目を2点とし、四番目以降を1点としたものである。その結果、既設の歩行者系舗装の補修理由では、段差が特に多く、続いて、ひび割れ、平坦性の低下となり、樹木の根上がり、透水性の低下等の順となった。ひび割れ、樹木の根上がりについては、段差や平坦性の低下につながることから、段差および平坦性が特に着目する必要があると考えられる。

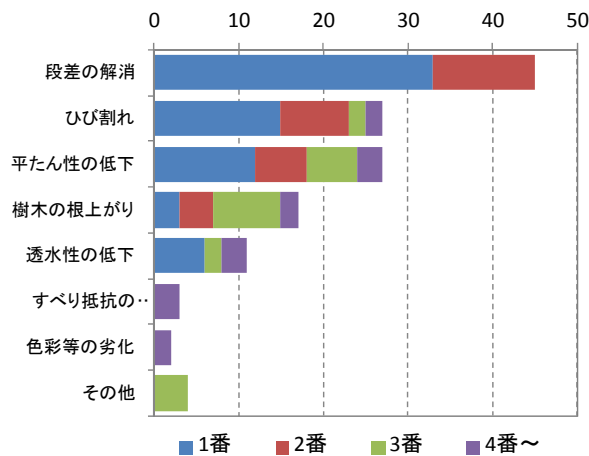


図-1 既設舗装の補修理由

次に、歩行者系舗装に対する住民等による主な苦情事例を表-4に示す。全回答数は22件であり、段差、水たまりに対する苦情が最も多い結果となり、ついで平坦性、除雪・凍結となった。段差、平坦性については、既設舗装の補修理由も高かったこともあるが、水たまりの苦情も多かったことにより、

透水性も重視すべき性能であると考えられる。

表-4 歩行者系舗装の主な苦情事例

項目	回答数	項目	回答数
段差	6	ポットホール	1
水たまり	6	ひび割れ	1
平坦性の低下	3	ILBのがたつき	1
除雪・凍結	3	陥没	1

(全回答数22件)

次に、道路管理の上で重視している項目を整理した結果を図-2に示す。補修理由および苦情内容にもあったように、段差、平坦性、耐久性が高く、次に透水性、すべり抵抗性等となった。すべり抵抗性については、補修理由の点数が低かったように他の項目に比べ補修するまでに悪化することが少ないまでも、道路管理として注視している項目であることが伺われる。

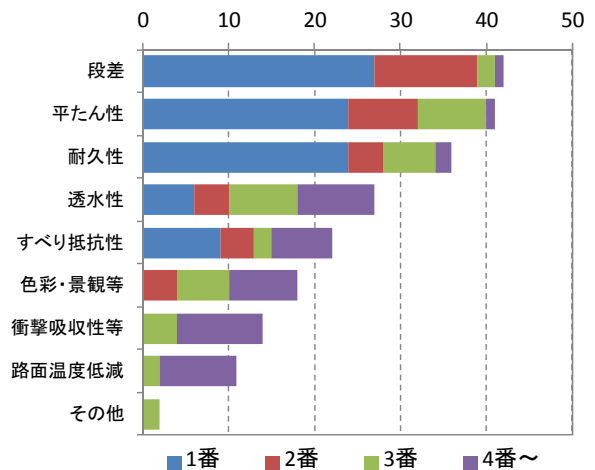


図-2 道路管理上で重視している項目

これらの結果より、歩行者系舗装を管理する上では、段差や平坦性、透水性、すべり抵抗性の路面性状の項目が特に重要であることが明らかになった。このうち、日本道路協会「舗装の性能評価・基準」の歩行者系舗装に求める性能基準については、透水性は300ml/15s、すべり抵抗性についてはBPN40以上がある。しかし、段差や平坦性については基準値がなく、このことから歩行者等が求める性能基準を明らかにする必要があると考えられる。

3. 2 歩行者系舗装の利用形態別の路面要求性能および路面管理の目標(案)

(1) 平坦性および段差のアンケート調査結果

平坦性とアンケート調査結果を図-3 およびその相関関係を表-5 に示す。なお、ブロック（段差工区）については、段差が不連続に設置してあることから、解析には加えないこととした。実験の結果、どの被験者も平坦性が大きくなると評価も悪くなる傾向があるのが分かる。特に、車椅子、高齢者、ベビーカーが健常者（60歳未満）に比べて、回帰直線の傾きが大きい。これは、平坦性の悪化に対して、健常者（60歳未満）より路面に対する要求が高いことを示しているものである。

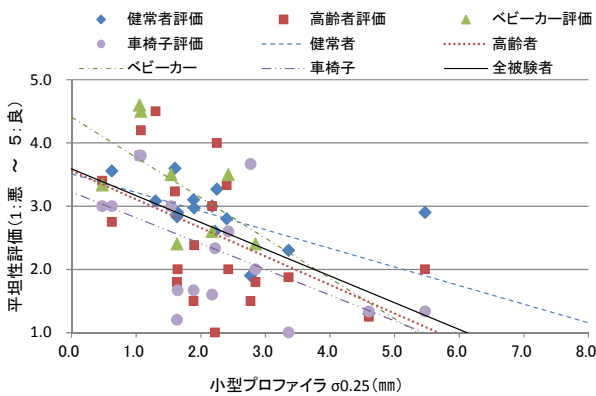


図-3 平坦性とアンケート調査結果

表-5 平坦性とアンケート調査結果の相関関係

健常者	$y = -0.2948x + 3.5118$	$R^2 = 0.3811$
高齢者	$y = -0.4512x + 3.5594$	$R^2 = 0.2788$
ベビーカー	$y = -0.6382x + 4.4097$	$R^2 = 0.3375$
車椅子	$y = -0.408x + 3.2257$	$R^2 = 0.3284$
全体	$y = -0.4231x + 3.5889$	$R^2 = 0.2978$

次に、段差量とアンケート調査結果を図-4 およびその相関関係を表-6 に示す。平坦性同様、最大段差量が大きくなるほど、評価が悪くなるのが分かる。また、車椅子、高齢者、ベビーカーについても、健常者（60歳未満）に比べ、路面要求が高いことが分かる。

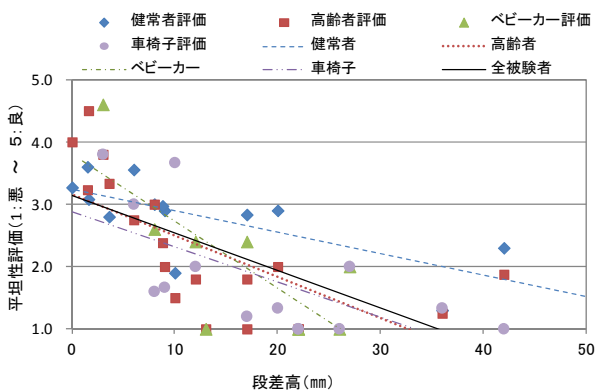


図-4 最大段差量とアンケート調査結果

表-6 最大段差量とアンケート調査結果の相関関係

健常者	$y = -0.0345x + 3.2349$	$R^2 = 0.5015$
高齢者	$y = -0.0658x + 3.1494$	$R^2 = 0.463$
ベビーカー	$y = -0.1073x + 3.7883$	$R^2 = 0.5515$
車椅子	$y = -0.0559x + 2.866$	$R^2 = 0.4345$
全体	$y = -0.0604x + 3.1471$	$R^2 = 0.4435$

(3) 路面の平坦性・段差等の路面管理案の検討

これまでに明らかにした歩道利用者が歩行者系舗装に求める性能およびその傾向に対して、路面の平坦性・段差の管理水準に関する検討を行った。

具体的には、つくばB、C、立沢公園A1~3 およびB、南守谷A1~2において、アンケート調査を行った際に舗装の補修の必要性に関する質問も行った。質問内容は、「早急に必要（1点）」、「必要であるが緊急ではない（2点）」、「必要ではない（3点）」である。この結果と歩道利用者の感応評価結果の関係を図-5 に示す。

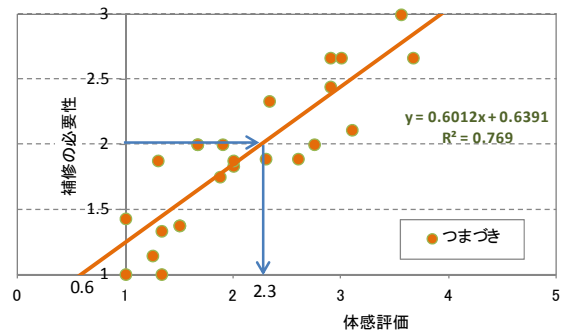


図-5 体感評価と補修の必要性評価の関係

「必要であるが緊急ではない（2点）」は、体感評価の2.3点となった。また、「早急に必要（1点）」は体感評価の0.6点になったが、体感評価は1点から5点で評価していることから、「早急に必要（1点）」は体感評価の1点とみなすことにした。したがって、体感評価の2.3点および1点が、「必要であるが緊急ではない」および「早急に必要」になるとして、アンケート調査結果と比較した。平坦性および段差のアンケート調査結果との比較を図-6、7 および表-7 に示す。また、既往文献において、平坦性および段差に対して歩きやすさや補修の基準値の目安が示されている値を図中に示す。

平坦性については、既往文献で健常者の「歩きやすさ」の評点「0」が $\sigma_{0.5}=3.0\text{mm}$ に対して、本調査での健常者の「体感評価2.3点」が4.1mm、「体感

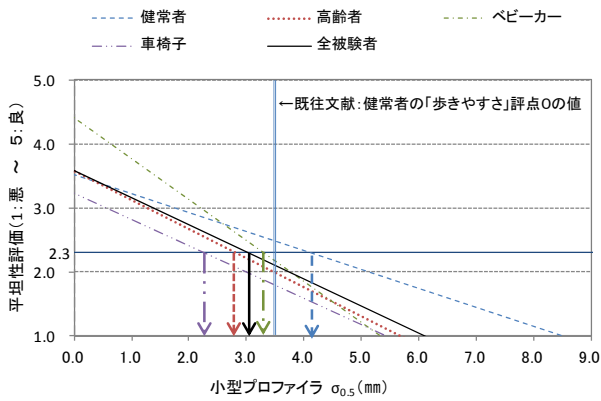


図-6 平坦性に対する補修の必要性評価の関係

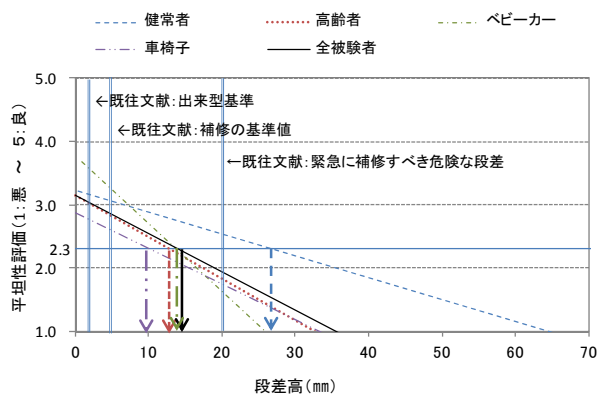


図-7 段差に対する補修の必要性評価の関係

表-7 体感評価 2.3 点および 1 点との比較

対象	体感評価 2.3 点		体感評価 1 点	
	平坦性 ($\sigma_{0.5}$)	段差 (mm)	平坦性 ($\sigma_{0.5}$)	段差 (mm)
健常者	4.1	27	8.5	64
高齢者	2.7	12	5.6	32
ベビーカー	3.3	13	5.3	25
車椅子	2.2	10	5.4	33
全体	3.0	14	6.1	35

評価 1 点」が 8.5mm であった。土木研究所での過去の研究¹⁾では、健常者の歩きやすさの総合評価であるが、今回調査の「体感評価 2.3 点」に近い値となった。

段差については、インターロッキング協会がインターロッキング舗装設計施工要領²⁾において、ILB 舗装の出来型基準および補修基準を 3mm および 5mm としている。また、英国 Highway Agency³⁾では、20mm が緊急に補修すべき危険な段差としている。今回調査で得られた体感評価 2.3 点に対する段差の値は、健常者を除いて ILB 舗装の補修基準および Highway Agency の緊急に補修すべき危険な段差の中間の値となった。健常者については既往文献より大きな値となったが、補修基準を決めるにあたっては歩行者

系舗装の多様な利用形態を考慮する必要があることから、健常者のみの基準は設定すべきでないと考えられる。

以上より、歩行者系舗装の路面の管理水準（案）を設定するに当たっては、体感評価 2.3 点を「補修が必要であるが緊急ではない値」、体感評価 1 点を「緊急に補修が必要な値」とすることとするが、多様な歩道利用者を考慮する必要があることから、車椅子、ベビーカー、高齢者を対象とした基準案と一般道を対象とした基準案に分けることとし、その検討結果を表-8 に示す。

表-8 歩行者系舗装の路面管理の目標値（案）

対象	補修する必要があるが緊急ではない		早急に補修が必要	
	平坦性 ($\sigma_{0.5}$)	段差 (mm)	平坦性 ($\sigma_{0.5}$)	段差 (mm)
高齢者、車椅子、ベビーカー等に配慮した歩行者系舗装等	2.2	10	5.3	25
一般の歩行者系舗装	3.0	14	6.1	35

3.3 各種舗装技術の選択の際に参考となる留意点等

今後、道路管理者等がバリアフリーの観点などにより歩行者系舗装を選択する際に参考となる留意点等を取りまとめた。

各種舗装技術の平坦性 ($\sigma_{0.5}$)、段差およびすべり抵抗値 (BPN) について、既存文献等から路面性状の調査データを抽出した結果を図-8~10 に示す。また、今回の検討において提案した歩行者系舗装に求める路面管理の目標値を図に示す。

既存文献等から平坦性 ($\sigma_{0.5}$) に関する路面性状データは 37 データあり、主にブロック・ILB 舗装およびアスファルト舗装、タイル舗装に関してであった。今回提案した路面管理の目安と比較すると、「早急に補修が必要な範囲」に入る舗装は、ブロック舗装の 1 データであった。しかし、「早急ではないが補修が必要な範囲」には、ブロック・ILB 舗装とタイル舗装の約半分が入る結果となった。これらは、既存文献等で調査対象としている舗装が必ずしも状態のよい舗装でないことが影響していることが考えられるが、交通条件や不陸等の原因によって路面性状が悪くなる可能性もあることも考慮しなければならない。

段差については 19 データのみ既存調査データを得た。「早急に補修が必要な範囲」に入る舗装は見当たらなかったが、「早急ではないが補修が必要な範囲」にはブロック・ILB 舗装の約半数が該当していた。デ

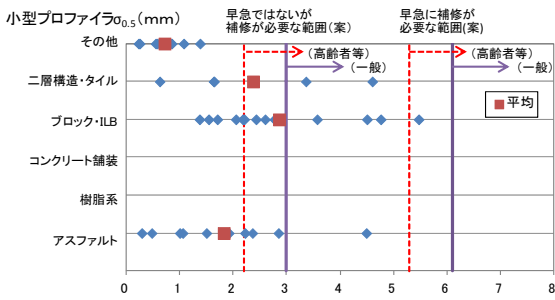


図-8 既存文献等の平坦性 ($\sigma_{0.5}$) に関する路面性状データの範囲

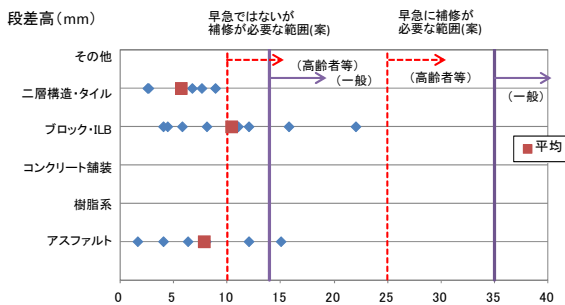


図-9 既存文献等の段差に関する路面性状データの範囲

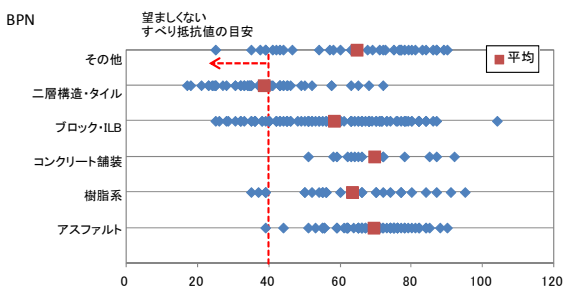


図-10 既存文献等のすべり抵抗値 (BPN) に関する路面性状データの範囲

ータは非常に少ない結果からだが、ブロック・ILB 舗装は段差が大きくなる可能性が高いことが伺える。

すべり抵抗性については調査報告が多く、302 データを得ることが出来た。その中で、タイル舗装が BPN40 を下回っている報告が多かったことは、注意が必要である。

以上より、舗装種毎に特徴や注意点をとりまとめた結果を以下に示す。

①アスファルト系舗装

アスファルト系舗装は、安価であり施工性もよく最も一般的に利用されている舗装材料であることから、アンケート評価も平均的な値であった。すべり

や平坦性については、今回の調査箇所や既存文献調査結果においては特に顕著な問題は無かった。ただし、街路樹による根上がりにより平坦性の悪化や段差の発生が見られ、舗装に起因する変状ではない（他の舗装も同様）が、街路樹との位置関係には留意する必要がある。

②ブロック系舗装

ブロック系舗装は、街並みとの調和が高い舗装である。ただし、路盤等の不陸や支持力低下等により、平坦性の悪化や段差の発生が問題となることが多いことから、これらには留意する必要がある。

③タイル系舗装

タイル系舗装は、既存文献調査結果よりすべり抵抗性について BPN40 を下回る方向が多かったことから、特に留意する必要がある。ただし、タイル系舗装のすべりに対しては、すべり抵抗性を回復する技術も提案されていることから、これら対策技術について把握しておくことよい。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下の通りである。

- ・歩行者系舗装の要求性能は、段差、平坦性、透水性、すべり抵抗性が重要であることが分かった
- ・歩行者系舗装の利用形態（健常者、高齢者、車イス、ベビーカー）によって、段差および平坦性の要求性能値が異なることが分かった
- ・舗装路面の管理水準は、「車イス、ベビーカー、高齢者」と「健常者」は分けて考える必要があり、「補修が必要であるが早急でない」、「早急に補修が必要」の2段階として提案することができた
- ・各種舗装技術を選択する際に参考となるよう、アスファルト舗装、ブロック舗装、タイル舗装等の特徴や、段差、平坦性、すべり抵抗値の視点から留意点等を取りまとめた

5. おわりに

本研究により、歩行者系舗装に求められる性能を明らかにするとともに、歩行者等による体感評価結果に基づき、平坦性および段差に関する路面管理の目標値（案）を提案することができた。また、各種舗装技術について、道路事業者が適用を検討する際の留意点等を取りまとめた。

残された課題は、今回提案した路面管理の目標値（案）に対して実際の歩行者系舗装において試行し、

実現可能性について検討する必要があることが挙げられる。

参考文献

- 1) 吉田ら：都市内歩行者系道路舗装の総合評価に関する研究、平成 14 年度土木研究所成果報告書、2003.
- 2) インターロッキング協会：インターロッキング舗装設計施工要領、2007.
- 3) Highway Agency: Design manual for roads and bridges Volume7、Footway Design、2001.
- 3) 日本道路協会：舗装性能評価法別冊-必要に応じ定める性能指標の評価法編-、平成 20 年 3 月.

A study on required function and its service level of sidewalk pavement

Grants for operating expenses

General account

FY2011-2015

Pavement Research Team

Kazuyuki KUBO, Masaru TERADA,

Atsushi KAWAKAMI, Masashi ITANI

【英文要旨】

In Japan, the people's concerns to comfortable sidewalk are becoming higher year by year. Therefore the sidewalk pavements that are considered of comfortable and scenery are developed a lot. The objectives of this study are to identify the required function of sidewalk pavement and to propose its service level of the evenness and the bump heights. Therefore, the questionnaire was done by the road administrators about functions and management factors these are considered as important. And also the questionnaire that was answered by ordinary person (younger and elder) and wheel chair users, baby carriage users by walking on some kind of sidewalk pavement were done. As the results, the road administrator considered the bump and evenness as important factor to manage the sidewalk pavement. And the drafts of service level for elderly person, wheel-chair user and baby carriage user and for ordinary person were proposed.

Key word: Sidewalk pavement, Performance evaluation, Evenness, Bump, Skid resistance