

5. 石神井川・善福寺川・神田川の河谷底地盤

Ground Condition of the Valley Deposit at Shakujii, Zenpukuji and Kanda rivers

技術支援課 名兒耶 薫、町田 晋、○中山 俊雄、辻 昌拓

1. はじめに

都内中小河川では、現在、時間 50 ミリ（一部 70 mm）対応の河道整備事業と調節池建設が進められている。中小河川沿いの地盤には、いわゆる泥炭層（有機質土）を含む軟弱層の分布が知られており、この軟弱層対策が、河川整備事業を進める上での一つの課題となっている。

中小河川沿いに分布する軟弱層の土質特性については、これまで工事箇所ごとには検討されてはきたが、河川全体として、その特性をまとめた報告はない。

そこで、今回は、石神井川、善福寺川、神田川を対象に、当センターの地盤情報データをもとに、軟弱層の地質・土質特性についての検討を行った。

2. 河川沿いの地形・地質

神田川水系には、北から妙正寺川（支川：江古田川）、桃園川、善福寺川、神田川がある。このうち、桃園川は下水道幹線となり、建設局管理の河川からは外されている。

これら各河川は、いずれもその下流部で神田川と合流する。善福寺川、神田川は、その上流、標高 50m 付近に善福寺池、井の頭池があり、そこでの湧水が水源とされている。妙正寺川と善福寺川は顕著な蛇行を示す河川であるが、神田川は蛇行河川ではない。これらは、河川勾配の違

いを反映したものである。

3. 河川沿い軟弱層の形成年代

河川沿い軟弱層の形成年代を示す 2 つの事例を示す。

(1) 江古田植物化石層

江古田植物化石層は、昭和 11 年、江古田川橋梁工事中、直良信夫氏により寒冷化を示す植物化石が発見され、氷期の存在を示す証拠として注目された。現在、中野区認定観光資源として指定されている。

1961 年、江古田 2 丁目でトレンチ調査が行われ、江古田層の層序が明らかにされた（図-1）。ここでの層序は、I 層から VI 層に区分され、この内 I～III 層は下位の IV 層以下を浸食した谷埋め堆積物で、泥炭質の地層からなる。IV 層はローム層で、V 層は層相から

		層厚 (cm)	年代			
I	黒色埋土層	30~60		谷埋め堆積物		
II	黒色草炭質泥炭層	30~80				
III 1	黒色泥炭層	28				
III 2	暗灰色中粒砂層	19	2360±100			
III 3	暗灰色泥炭質粘土層	13				不整合
IV 1	黒色風化帯					
IV 2	粘土質ローム層					立川ローム最上部層？
V 1	火山灰質粘土層	10~30			Fagus主体	暖化期
V 2	暗灰色泥炭質粘土層	7~25				気候寒冷化の極相
V 3	灰色粘土層	40	11840±300 11330±261			
V 4	褐灰色粘土層	25			Picea, Larix, T sugaの減少	やや温暖化
VI 1	含礫泥質砂層	30	28770±2600		Fagus, Picea, T suga, Alunus,	寒冷気候
VI 2	礫層					

図-1 江古田植物化石層の層序（関東ロームより編集）

4区分され、この内V2、V3層には植物化石が含まれ、V3層から約1.1万年前の年代値が得られている。VI層も木片、草本類の根を多量に含み、木片から2.8万年前の年代値が得られている。寒冷化を示唆するいわゆる江古田植物化石層はIV、V層に相当し、更新世末期の地層である。上位の谷埋堆積物(I~III層)では、III-2層から約2360年前の年代値が得られており、完新世の地層である¹⁾。

これらのことから、河谷底に分布する泥炭層(有機質土)を含む軟弱層は、更新世末期から完新世にわたり形成された地層であることがわかる。

(2) 板橋区若木町の河谷底の軟弱層

板橋区西台から若木町・相生町に至る、南西-北東に伸びる谷(この谷をここでは若木谷と呼ぶ)は武蔵野台地(成増面)を開析する谷である。現在、この若木谷に沿って環状8号線道路が通っている。この環状道路建設にあたり、若木谷には泥炭層を含む軟弱

表-1 C14年代測定結果

深度 (GL-m)	土質名	記号	C14年代 (年)	暦年代 (年)
1.50~1.95	腐植土	Ap	1160±60	1030±100
3.0~3.85			2600±65	2740±20
5.0~5.85			5620±80	6400±90
7.0~7.85	粘土質シルト	Ac	7100±90	7910±100
9.0~9.80			7810±80	8550±110

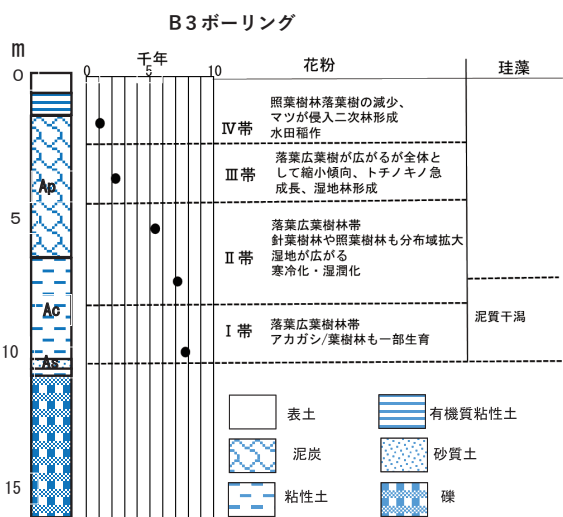


図-2 若木谷の地盤

層が厚く分布することが予想されたことから、所管する第四建設事務所では、詳細な地質調査、延長約1kmの若木谷で6本の地質調査ボーリングと地質分析

(花粉・珪藻分析、年代測定)を行っている²⁾。これによると、若木谷の地盤は、地表から下位に向かって、沖積層(表土(B)、腐植土(Ap)、沖積粘土層(Ac)、沖積砂質土層(As))と洪積層(第1粘性土層、第一砂礫層、第二粘性土層、第一砂質土層、第二砂礫層、第二砂質土層)から構成され、沖積層では、年代測定、花粉分析、珪藻分析が実施されている(表-1、図-2)。

年代測定結果から、下位の沖積粘土層(Ac)から8550±110年~7910±100年前の年代値が、上位の泥炭層(Ac)からは6400±90年前~1030±100年前の年代値が得られている。このことから、ここでの泥炭層の形成は約7000年前頃には始まっていたと考えられる。

花粉分析からは沖積粘土層(Ac)が堆積した8000~7000年前頃の周辺環境は、台地ではコナラ亜属を主体に、クマシデ属、アサダ属、クリ属、ニレ属、ケヤキ属からなる落葉広葉樹林が広く分布し、台地斜面や低地には、エノキ属-ムクノキ属を中心にサワグルミ属、クルミ属、ハンノキ属、カエデ属などの広葉落葉林が分布し、アカガシなどの照葉樹林も一部で生育していた環境が推測されている。7000年~5500年前には、周辺台地にはコナラ亜属やエノキ属-ムクノキ属を主体とした落葉広葉樹林が引き続き分布しているが、スギ・ヒノキ類の針葉樹林や照葉樹林が次第に分布を拡大してきたと考えられる。

泥炭層(Ap)の深度5~5.85mに未分解の繊維質泥炭が挟まれており、イネ科やカヤツリグサ科・ミツクリ属、オモダカ属等の花粉化石がみられることから、7000年前頃には、湿地が一時的に広がったことが推測されている。

5000年~2000年前になると、周辺台地にはコナラ亜属やクリ属などの落葉広葉樹が広がるが、全体として縮小傾向を示し、台地斜面にはトチノキ属が急速に生産地を広げている。このトチノキ属の出現から、気候の一時的な寒冷化が推定されている。低地には湿地にハンノキ属やトネリコ属が侵入・拡大し湿地林が形成された。スギやアカガシ亜属が若干増えていることから湿潤化も考えられる。

2000 年前以降になると、台地部にはアカガシ亜属を主体にシイノキ属-マテバシイ属などの照葉樹林帯が広がり（温暖化）、斜面部には、スギやヒノキ類が増加、コナラ亜属を中心とした落葉広葉樹の減少とともに、マツ属複雑管束亜属（アカマツやクロマツなどの二様松）が侵入し二次林を形成した。低地にはイネ科が多産することやオモダカ、コナギといった水田雑草を含むことから、この頃には水田稲作が行われていたと推測されている。

4. 河谷底に分布する軟弱層の層厚

善福寺川、神田川沿いの地盤は、N 値が 5 以下の軟弱層とその下位には N 値が 30 以上の礫層からなる。この礫層は、周辺台地（武蔵野台地：武蔵野面）、で見られる表層の関東ローム層下位に分布する武蔵野礫層に相当する。

軟弱層は、先の江古田層を参考にする、概ね下位に粘性土層（砂質土含む）、中部に泥炭層、上部に粘性土層・盛土層から構成されている。この構成層を河谷底の軟弱層の堆積モデルとして、河川ごとに、各層の層厚を求めた。

(1) 善福寺川河谷底地盤の軟弱層

善福寺池から神田川との合流地点までの河川沿い低地に分布するボーリング 157 本について、上流から下流に沿って、上記堆積モデルにあてはめ各層の層厚を集計・図化した（図-3）。層厚分布図は、ギザギザ波形を示しているが、これは、河谷を横断する断面でその層厚が変化することを反映している。そこで、ピークの層厚をその付近での軟弱層の最大層厚と仮定し、ピークを結ぶラインを図中に示した。軟弱層の層厚は上流から 103 地点付近を境に、上流側で約 6m、下流側で約 4.5m と変化している。次に、各層ごとの層厚分布図をみると、泥炭層（有機質土）の層厚は、上流から 97 地点付近を境に、上流側で層厚 3～4m、下流側で層厚 2m へと変化している。上記 2 地点（103、97 地点）は、いずれも杉並区成田西町付近にある。ここは善福寺川の河川蛇行が始まる地点でもある。

(2) 神田川河谷底地盤の軟弱層

井の頭公園から、善福寺川と合流する杉並区和田

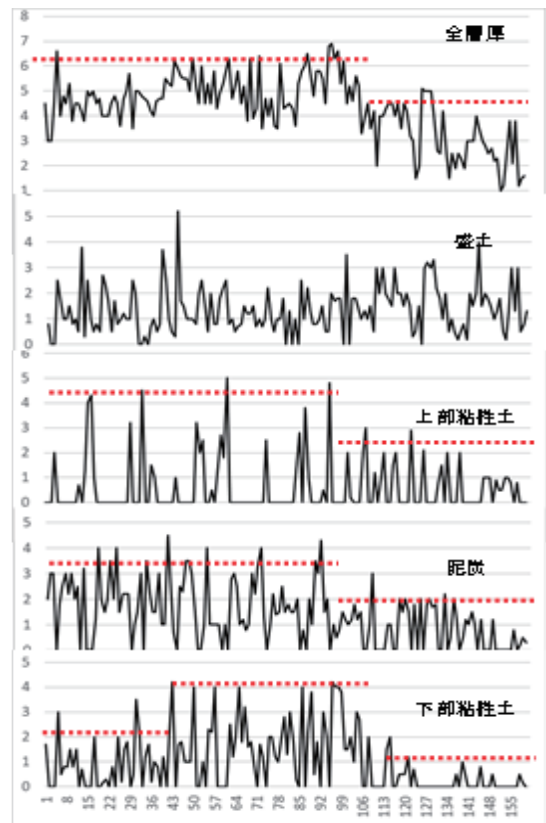


図-3 善福寺川沿い軟弱層の層厚分布

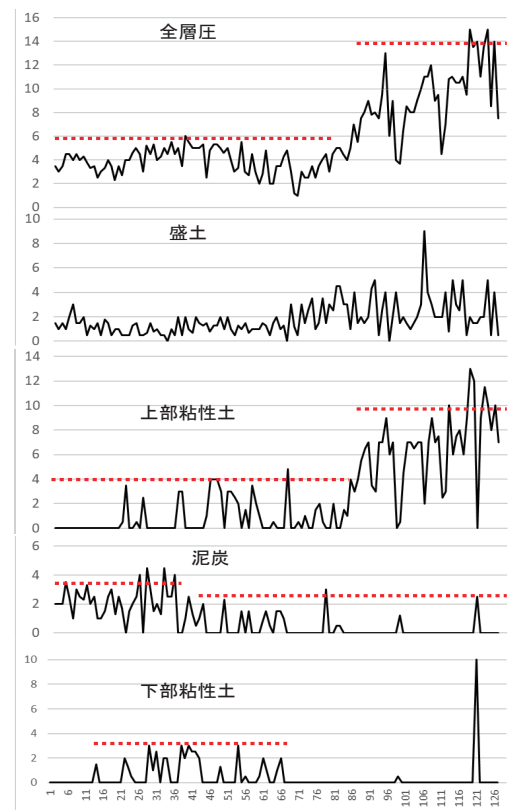


図-4 神田川沿い軟弱層の層厚分布

一丁目を経て、千代田区西神田までの河谷底区間にあるボーリング 126 本について、上流から下流に軟弱層の層厚分布図と、各層別の層厚図を示す(図-4)。

軟弱層の層厚は、81 地点(新宿区関口付近)を境に、上流側で約 6m、下流側では約 10~14mと層厚を増す。これは上部粘性土の層厚変化とも対応している。有機質土(泥炭)の層厚は、36 地点を境に上流側で約 4m、下流側で約 2mと変わる。この地点は杉並区高井戸東付近に当たり、神田川の流路が上流での南東流下から北東流下に転じる地点にあたっている。

5. 河谷底に分布する軟弱層の土質特性

(1) 泥炭(有機質土)と粘性土の比較

若木谷に分布する泥炭(有機質土)と粘性土の物理特性を図-5に示す。

比重は粘性土が 2.7~2.8 に値が集中するのに対し、泥炭(高有機質土)は、2.0~2.1 付近に小ピークはみられるが、1.8~2.6 とばらついた値を示している。間隙比は、粘性土では 2~3 にピークがあるが、泥炭では 2~11 までの広い分布範囲を示している。自然含水は、粘性土では 50~100 にピークがあるが、泥炭では 0~550 までの幅広い分布を示している。湿潤密度は、粘性土では 1.44~1.55 にピークが見られるが、泥炭では 1.05~1.10 に小ピークが見られるものの全体として 1~1.4 までの幅広い分布を示している。乾燥密度は、粘性土では 0.7~0.9 にピークが見られるが、泥炭では 0.2~0.3 に小ピークが見られるが、0.1~0.7 までの幅広い分布を示す。

このように土の物理特性は、粘性土では比較的明瞭なピークがみられ、泥炭では幅広い分布を示している。このことは、泥炭層は繊維質を多量に含む典型的な泥炭から、有機質土を含む粘性土、いわゆる黒泥・有機質粘性土と呼ばれるものまでが含まれていることを示している。

(3) 各河川の軟弱層の物理特性

石神井川、善福寺川、神田川沿いに分布する軟弱層にも泥炭から黒泥・有機質粘性土までが含まれていると考えられることから、これら各層相を区別せ

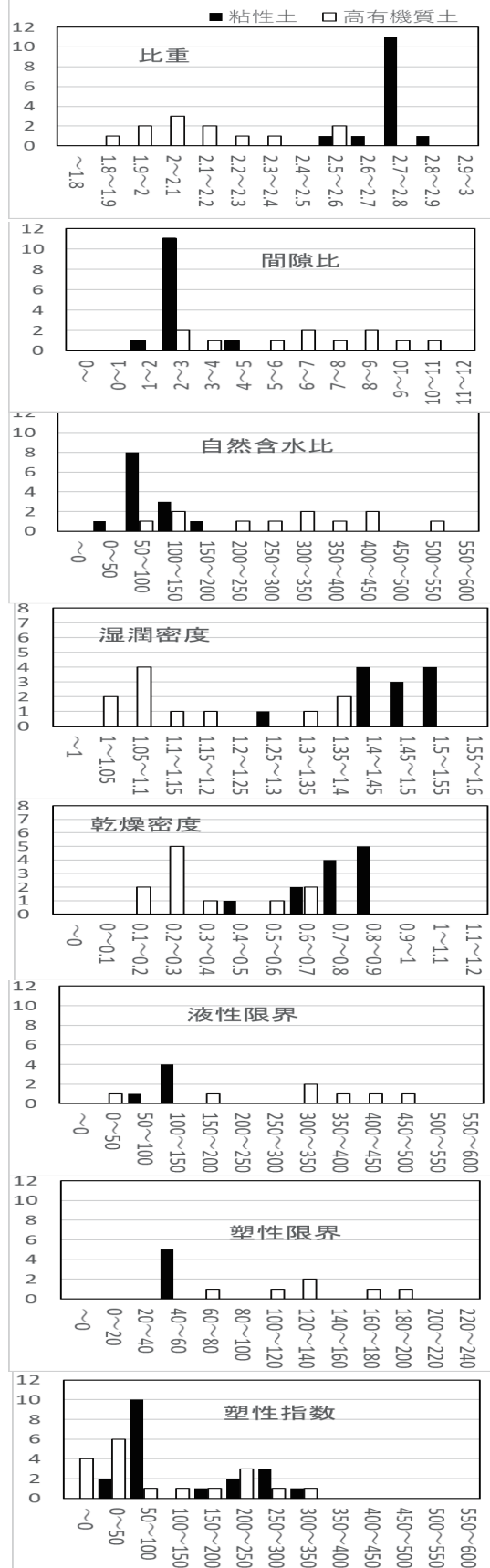


図-5 若木谷軟弱層の物理特性

ず軟弱層として一括し、その土質特性の上・下流での地域性について検討した。石神井川、善福寺川で

は、河川流路のほぼ中間地点を境に上流と下流に区分した。神田川では層厚の変化する新宿区関口付近を境として上・下流に区分した。上・下流での物理特性値についてヒストグラムを示す。

① 比重、間隙比、自然含水比

神田川では、比重が上流と下流で異なる分布傾向が

みられるが、間隙比、自然含水比では各河川とも上・下流に頻度分布に差異はない(図-6)。

② アッターベルグ限界

アッターベルグ限界では、各河川とも共通する傾向を示し、上流と下流での違いは見られない(図-7)。

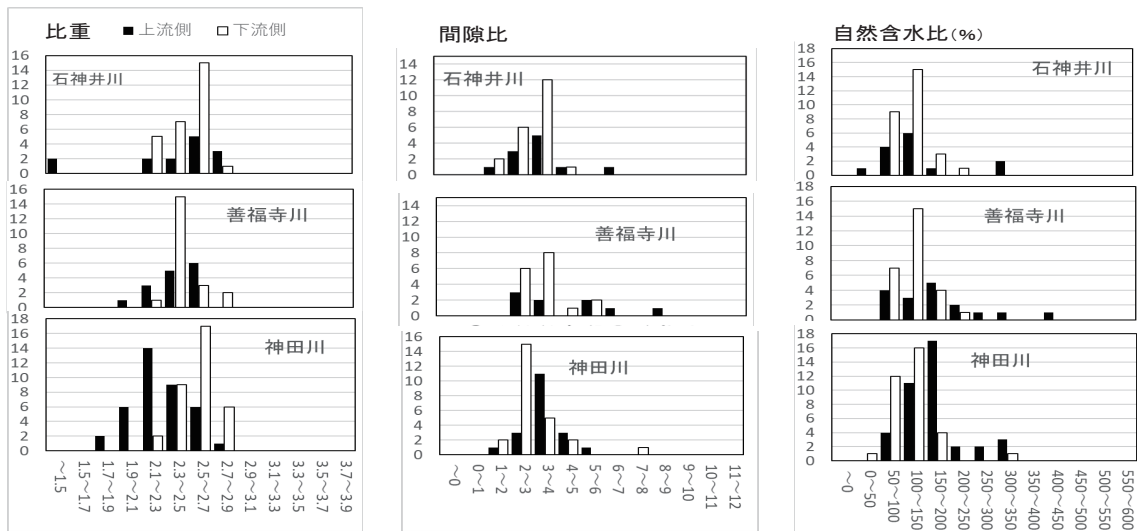


図-6 河川別の軟弱層の比重、間隙比、自然含水比

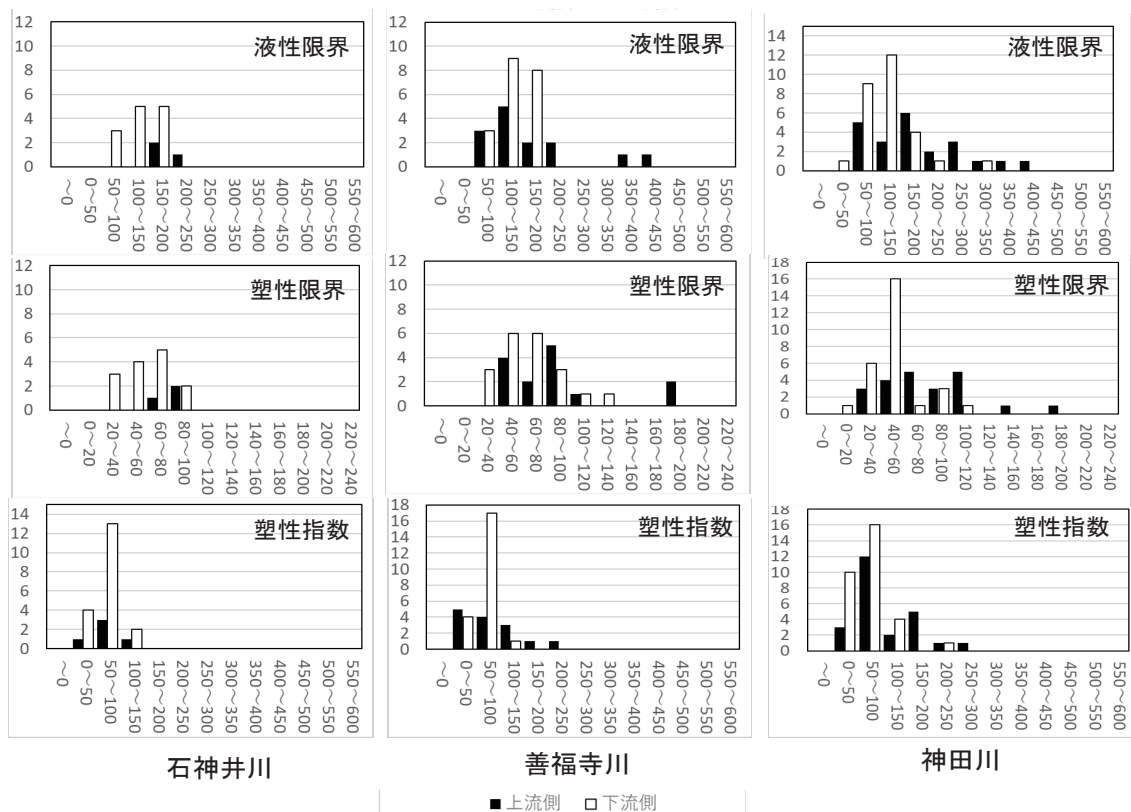


図-7 河川別軟弱層のアッターベルグ限界

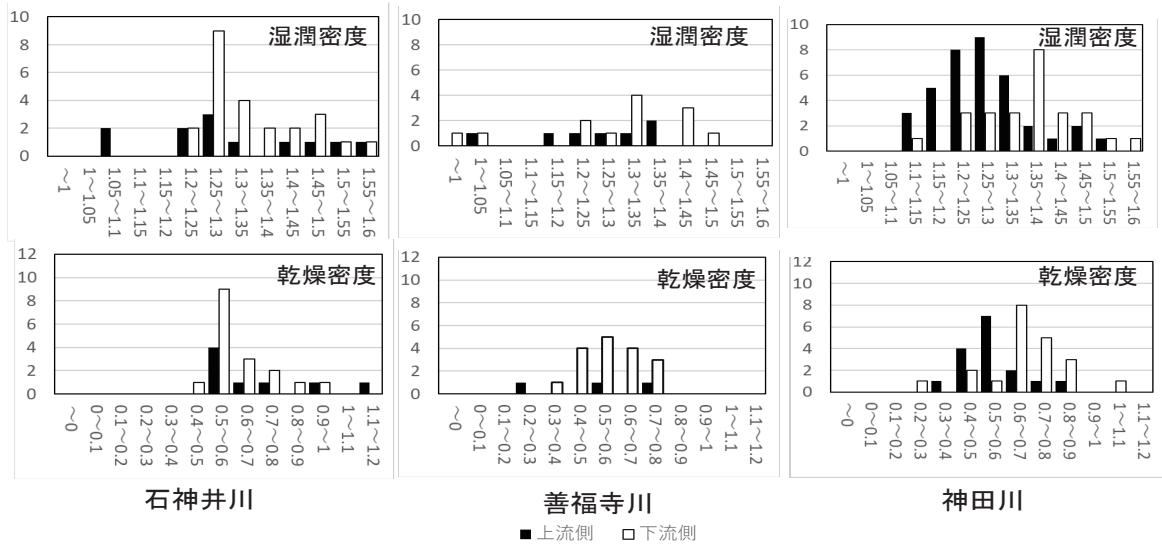


図-8 河川別沖積層の湿潤密度、乾燥密度

(4) 湿潤密度と乾燥密度

ここでも、神田川では、上流と下流で異なる分布傾向を示すが、他の河川では、上・下流での違いは見られない(図-8)。

このように軟弱層の物理特性値の分布傾向は石神井川、善福寺川では、上・下流ともに共通しており、地域差は見られないが、神田川沿いの軟弱層では、上流と下流で物理特性の頻度分布の違いがみられる。上・下流の境は、ここから下流側で層厚が厚くなる地点でもあることから、下流側の軟弱層は縄文海進による海水の侵入による影響を受けていることが考えられる。

(3) 軟弱層の力学特性

① 泥炭層と粘性土層の力学特性

若木谷地区での力学試験データについて検討する(表-2)。

表-2 若木谷軟弱層の力学特性

	泥炭		粘性土	
	試料数	平均	試料数	平均
一軸圧縮強さ(kgf/cm ²)	6	0.74	5	0.58
圧縮指数	5	4.45	5	0.91
密降伏応力(kgf/cm ²)	5	0.68	5	1.28

泥炭層は粘性土より一軸圧縮強さが大きくなっている。次に各河川沿い軟弱層の一軸圧縮強さを図-9に示す。河川ごとに一軸圧縮強さの頻度分布

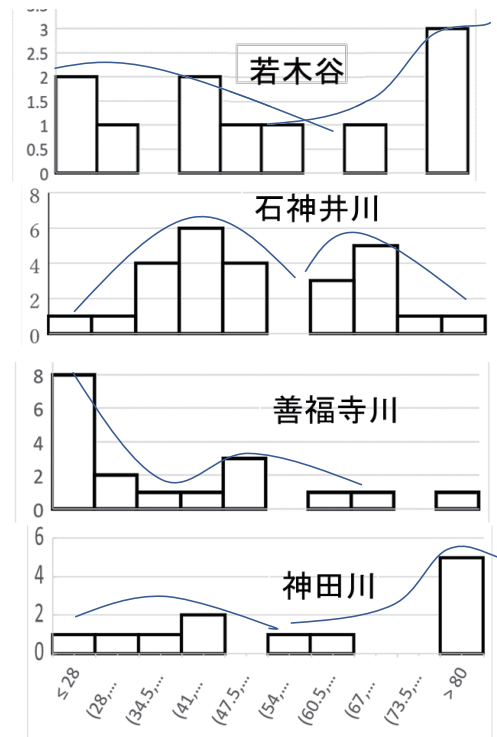


図-9 河川別軟弱層の一軸圧縮強さ (KN/m²)

の傾向が異なるように見えるが、ここでは指摘するだけにとどめておく。

圧密特性では、泥炭層は粘性土に比べ圧縮指数では約5倍の値を示し、圧密降伏応力では約半分の値を示している。

若木谷での試料から得られた $e - \log p$ 曲線を図-10に示す。

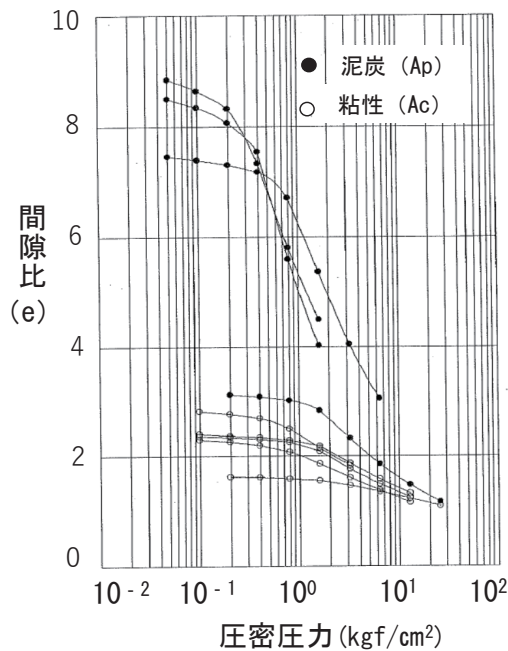


図-10 若木谷軟弱層の e-log p 曲線

e - log p 曲線では、泥炭と粘性土の圧密特性に顕著な違いが見られる。これは、初期間隙比と圧縮指数の違いを反映していることによる。このことは、初期間隙比が分ると、ある程度、その圧密特性が推定できることを示している。

6. 考察

(1) 河川沿いの軟弱層の形成年代

若木谷の年代測定からは、軟弱層は遅くとも約8000年前には堆積が始まっていたことを示している。石神井川・善福寺川・神田川では軟弱層の年代測定値は得られていないが、江古田川での年代値や、三宝寺池での花粉分析結果との比較から、これら河川での軟弱層の堆積も、若木地区の軟弱層と同時代に形成されたと考えられることから、これら河川での泥炭層の形成も、若木谷の泥炭層と同時期のものと考えられる。

(2) 河川沿いの軟弱層の地盤特性の簡易推定

泥炭を含む有機質土からなる地盤では、地盤沈下に対する検討が必要となる。そのため、圧密試験が実施することになるが、その前に、既存データを基に、簡易的に推定する方法を提案する。

① 自然含水比から間隙比を求める

自然含水比と間隙比には図-11 に示されるような高い相関性がある。

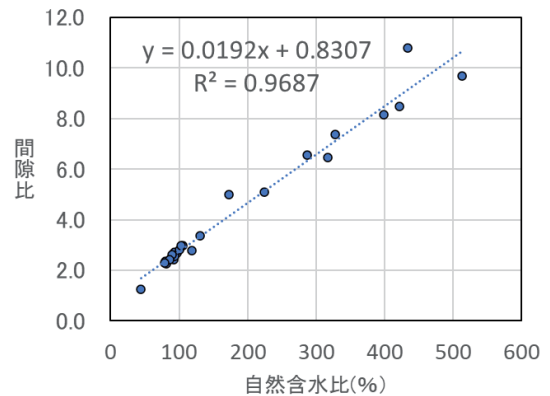


図-11 自然含水比と間隙比の関係

自然含水比は、自然状態の土の質量を求め、次に水分を蒸発させ乾燥した土の質量を求めることにより容易に求めることができる。秤があれば極めて簡単に求まる値である。この得られた自然含水比の値を図-11 に示された関係式 ($y=0.0192y+0.842$) に代入することにより、間隙比が求まる。この間隙比の値を図-10 に投影することにより、その土の概略の圧密特性を推定することができる。

7. まとめ

過去、中小河川改修事業では、しばしば地盤沈下等の地盤災害が起きている。その原因の一つに河川沿いに分布する軟弱層の地盤特性にある。

河谷底の軟弱土の土質特性を知るには、現位置での土質試験を行うことが必須ではあるが、実務的には調査数量には限りがある。そこで、既存データから当該地点での土質特性を推測するため、河川沿いの軟弱層の土質データの整理を行い、地盤特性について検討を行い、物理特性から力学特性を推定する方法を提案した。

今後、データ、特に力学試験データが蓄積されることにより、簡易判定の精度を上げることができると考えている。

参 考 文 献

- 1) 関東ローム研究グループ (1965) : 関東ローム
- 2) 第四建設事務所 (1998) : 環状 8 号線地質調査 (若木Ⅱ期) 報告書
- 3) 中山俊雄、小川好 (1976) : 石神井川河谷底の地盤について、昭和 51. 都土木技術研年報、142 - 150