

3. 関東大震災における東京市道路局試験所の被害調査について

Damage investigation of Great Kanto Earthquake by Tokyo city Road Bureau Laboratory

技術支援課 時吉 賢、○小作 好明

1. はじめに

令和 5 年(2023)は、大正 12 年(1923)9 月 1 日に発生した関東地震による関東大震災から 100 年を迎える。東京都土木技術支援・人材育成センターの前身である東京市道路局試験所は、大正 11 年(1922)年 4 月 4 日に道路舗装の試験・研究を目的に発足している。関東大震災は、当所の発足から約 1 年 5 ヶ月後に発生した。当所でも大正 11 年(1922)10 月に設置したばかりの新たな橋分室(石材と木材の試験室、深川区にあった水道課出張所の一部に設置)が罹災してしまったが、幸いにも、東京市役所、東京府庁の近くにあった東京市衛生試験所構内にあった当所の事務所や瀝青試験室は、難を免れている。しかし、「昭和 3-7 年度 土木試験所報告(東京市役所 昭和 8 年 3 月)」 附録 「土木局土木試験所沿革調査表」に当時の職員人数が記載されているが、大正 11 年 28 名、大正 12 年 29 名、大正 13 年 21 名、大正 14 年 28 名となっており、大正 13 年が 21 名であることから、関東大震災の影響があったのかもしれないが、詳細な記録はない。

当所では、大正 12 年の関東大震災の後、「大正十二年度 道路試験報告書 東京市道路局試験所 大正十三年五月」にある「大正十二年九月一日震火災に依る東京市現在舗装道路の被害調査報告」(以下、「調査報告」という。)を残している。この「調査報告」は当時のものなので縦書きであり、旧字が多く文章も読みにくいものになっている。附図を除く本文は 48 ページもあるが、この中には興味深い記載があるため、抜粋して解説する。

附録

大正 12 年 9 月 1 日震火災に依る
東京市現在舗装道路の被害調査報告

第 1 舗装道路被害状況梗概(こうがい)

- 1 火災被害一覧
- 2 震災被害一覧
- 3 震災当日の気象一覧

第 2 舗装道路の被害詳説

- 1 瀝青混泥土舗装
- 2 瀝青「マカダム」舗装
- 3 舗木道
 - (イ) 火災被害
 - (ロ) 被害状況
 - (ハ) 震災に依る被害舗木の調査
(大正 12 年 11 月 17 日調)
 - (ニ) 燃焼舗木の在油試験
 - (ホ) 燃焼舗木の抗圧試験
 - (ヘ) 焼損舗木の吸水並に膨張試験
 - (ト) 震災被害
- 4 舗石道
- 5 煉瓦舗道
 - (1) 煉瓦道
 - (2) 震害状況
 - (3) 震災前に於ける舗道並に地況
 - (4) 被害推理
- 6 舗装歩道
(目次終)

※上記目次では、漢数字をアラビア数字、縦書きを横書き、旧字を新字に改めた。
※巻末に附図が第 1 図から第 9 図まで添付されている。

図-1 「調査報告」の目次

2. 調査路線と火災範囲

「大正十二年度 道路試験報告書」の「調査報告」には、調査路線の表が記載されている。また、巻末には、「調査報告」関係する附図が添付されている。当時の地名や住居表示が現在とは異なり、場所が分かり

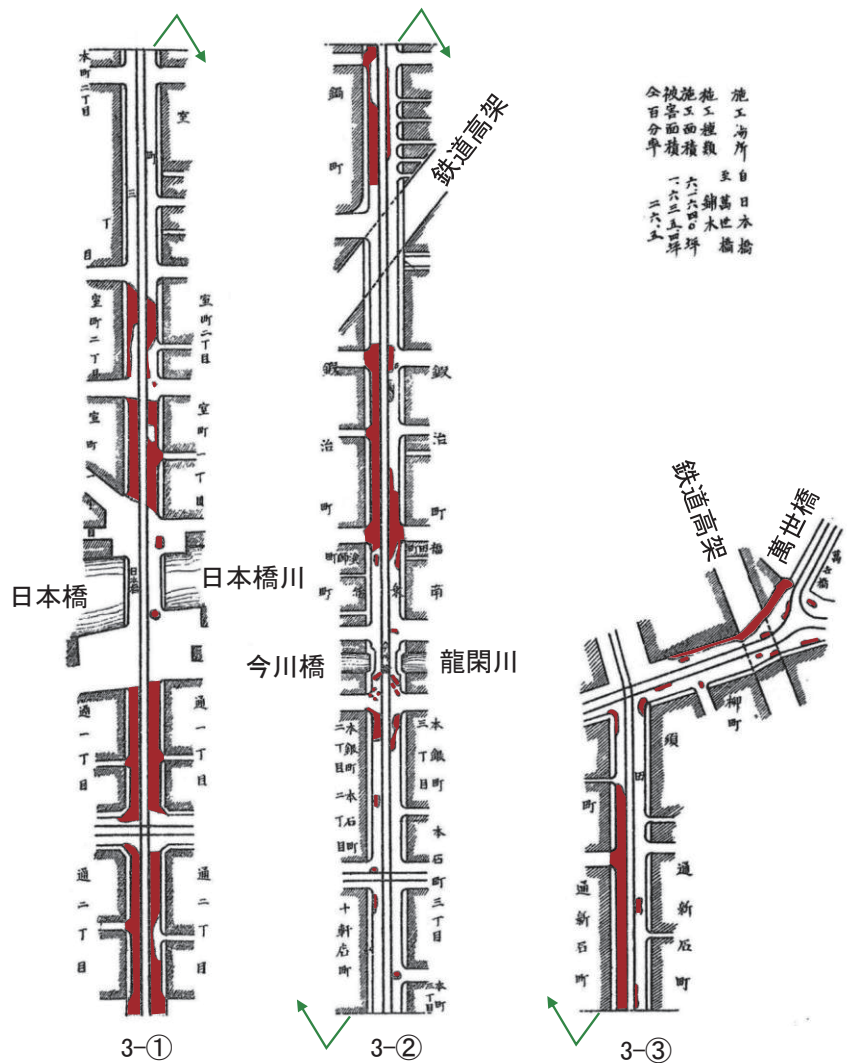


図-5 「附図第六図」(舗木の火災被害)

にくかった。そこで、火災範囲と被害調査路線を重ねて示すため、「震災豫防調査會編 震災豫防調査會報告 第百號 (戊) 火災篇 大正 14 年 附図」を加工して、被害調査路線の位置図を示した(図-2)。

「大正十二年度 道路試験報告書」の巻末には、関係する附図が添付されている。そのうち、道路の火災被害に関する附図の一例を図-3、図-4、図-5 に示す。この附図を見ると道路両側に火災被害が多く、道路中央部では少ない傾向にある。

「調査報告」には、火災による各種の舗装の被害面積の一覧を記載している。これを見やすくして表-1 に示す。「総舗装面積」と「直接火災区域に接する焼損率」の欄があることから、火災区域外にある舗装については、調査対象外にしているようである。焼損率をみると瀝青マカダム以外では、焼損率が概ね 20%代であるが、瀝青マカダムでは、焼損率が 46%になってい

表-1 火災被害一覧

舗装種別		総舗設面積	焼損面積	舗設面積	直接火災区域に接する焼損率
瀝青混凝土道 アスファルトコンクリート	坪	14,300	1,470	7,000	21%
	m ²	47,190	4,851	23,100	
瀝青マカダム道	坪	7,600	2,900	6,200	46%
	m ²	25,080	9,570	20,460	
舗木道	坪	32,100	5,440	23,700	23%
	m ²	105,930	17,952	78,210	
舗石道	坪	7,900	1,350	4,800	23%
	m ²	26,070	4,455	15,840	
計	坪	61,900	11,160	41,700	27%
	m ²	204,270	36,828	137,610	

(注) 調査報告の表では面積の単位が坪であったため、m²も併記した。

る。この理由として「調査報告」では、「瀝青『マカダム』道の火災被害は道路幅員著しく狭小なりしたため、焼損率比較的大なりしものと認められる。」と記載しており、道路幅員が狭小で、歩道がなく、火災による

焼失家屋に近接しているためと考えられる。他の舗装の路線では路面電車が走る道路となっており、広い道路では損傷率が低く、狭い道路では損傷率が高くなる。つまり、瀝青マカダムという舗装であるということ損傷率が高くなっている訳ではないようである。なお、舗石道の欄では焼損率が23%になっているが、 $1350/4800 \div 0.28125$ (約28%)なので、何らかの誤植なのかもしれない。

3. 当時の舗装についての説明

当時では、現在のようなアスファルト舗装が普及しているわけではないため、幹線道路以外では土砂道や碎石の道路も多く、また、今では見かけないようなシートアスファルト舗装というものもあった。今とは異なる舗装もあるため、当時の舗装について解説する。図-8に戦前における舗装分類を示したが、これは関東大震災があった大正期ではなく、戦前である昭和初期の舗装についてのものである。ただし、これは確定した分類ではなく、このような分類ではなかったかと思われるという推測した分類である。また、当時の舗装名の呼び方も必ずしも統一されていた訳ではなかったようである。大正期には、このうちの一部の種類の舗装があるに過ぎなかった。瀝青混凝土、シートアスファルト、瀝青マカダム、鋪木、鋪石、煉瓦舗装、混凝土ブロックの舗装歩道といった舗装があったようである。震災復興を機に自動車

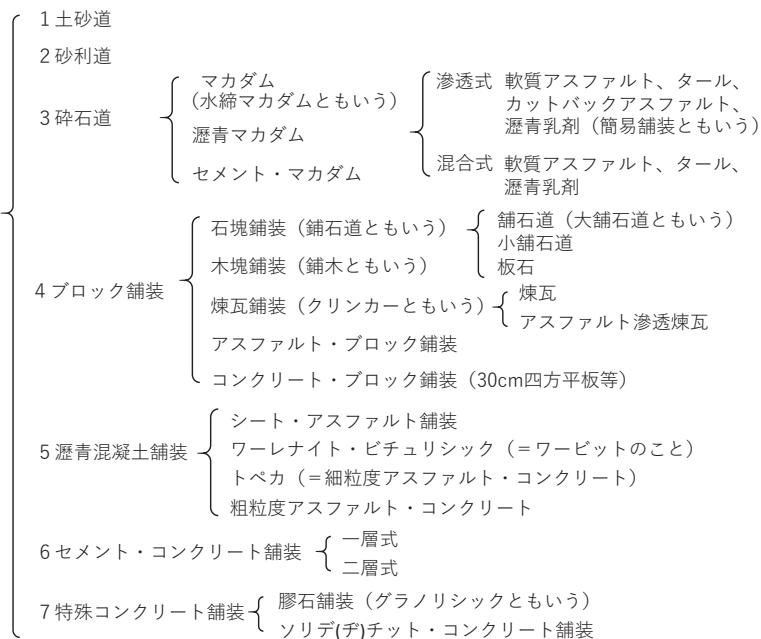


図-8 戦前における舗装の分類

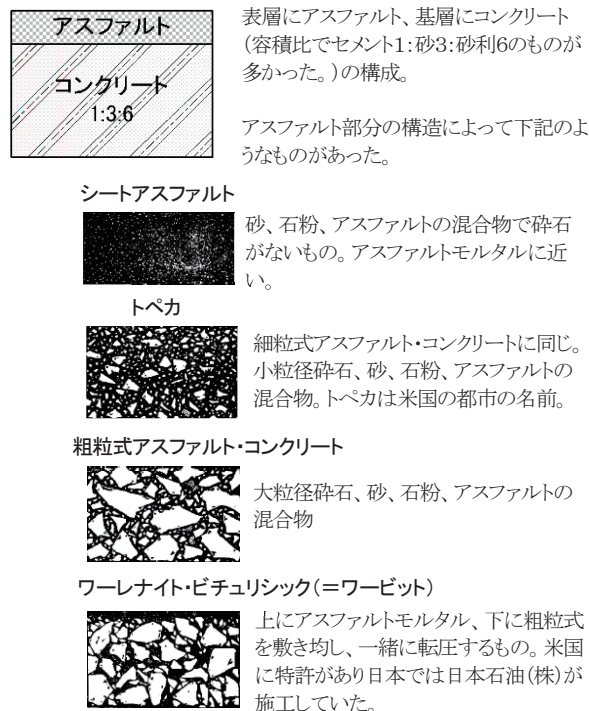


図-9 瀝青混凝土の概念図

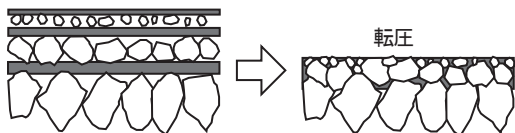


図-6 瀝青マカダム舗装の概念図

碎石同士の粘着材が粘土シルトのものを普通のマカダム(水縮マカダム)といい、瀝青が粘着材の場合を瀝青マカダム、セメントモルタルの場合がセメントマカダムといった。



図-7 簡易舗装の概念図

簡易舗装とは瀝青乳剤と碎石とを交互に散布し転圧するだけの簡易な処理でできあがる舗装のこと。東京市では、舗装普及促進のため昭和3年(1928)から施工はじめた。

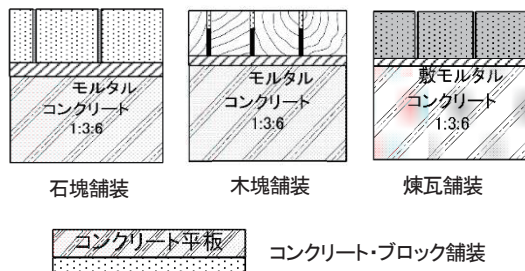


図-10 ブロック舗装の概念図

の数が増え（図-11、図-12）、舗装が必要になったことで舗装技術が進み、使用される舗装の種類も増加していくことになる。

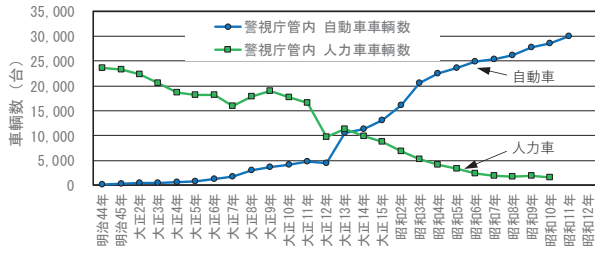


図-11 自動車と人力車の車輛数
東京市道路誌より加工

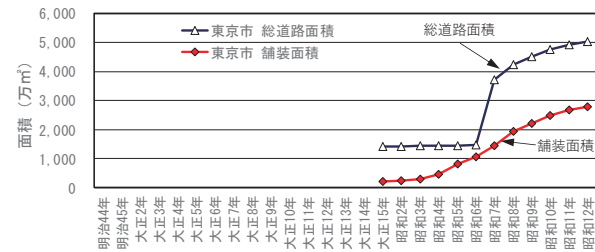


図-12 道路面積と舗装面積

東京市道路誌より加工、昭和7年に道路面積が増加したのは東京市域の拡張による。

4. 瀝青混凝土の室内試験

東京市道路局試験所では、火災による舗装内部の損傷を調べるため、現地（萬世橋和泉橋間舗設 1-②の路線と思われる。）から試験体を採取している。火災による被害は、道路両側に火災被害が多く、道路中央部では少ない傾向があるため、A 焼損激烈（道路両側）、B 焼損軽微（道路中央）、C 焼損なし 三つの場合について室内試験を行っている。表-2に「調査報告」に記載されている比重試験の結果、表-3にビ

チューメンの理化学性試験の結果を示す。「調査報告」では、

(一) 比重

験體（けんたい）Aに於ける比重の平均は漸（よう）く 1.946 に過ぎず之をBに於ける平均 2.262 に比し甚（はなは）だしく小なり、～中略～ 尚（なお）験體Aはその断面を見るに一樣に無数の小孔を存し外観恰（あたか）も輕石の如く且つ骨材を包める「ビチューメン」の薄膜は舗道の下部に在りては往々褪褐色を呈する個所の存するを認むと雖（いえど）も概ね寧（むし）ろ金屬光澤に類似する灰黒色を呈せるを以て二硫化炭素に溶解する「ビチューメン」の存在を全く悉無（かいむ）なるべきは何人も容易に首肯し得るが如き觀を呈す。

と記述している。なお、ここでいう「ビチューメン（Bitumen）」とは、瀝青分のことである。記述では、試験体A（焼損が激しい道路両側）では、瀝青分が固定炭素のような物質に変化して金属光沢のような灰黒色になっており、試験体の骨材の被膜は、外観上は褐色の輕石のようだとしている。

比重の試験結果である表-2を見ると、明らかに試験体A（焼損が激しい道路両側）の比重が小さくなっており、瀝青分が減少していることが見てとれる。理化学性試験の結果である表-3では、瀝青の硬軟を示す針入度が低くなっており、溶融点が高く、伸長度が0であった。つまり瀝青分の軟らかい成分がなくなっている。この当時、全瀝青分とは、二硫化炭素に溶ける成分としており、瀝青を加熱しすぎると二硫化炭素に溶けて四塩化炭素に溶けないカーベン(Carbenes)

表-2 比重試験（瀝青混凝土）

検体番号	1	2	3	4	5			平均	
A 焼損激烈 舗道両側	2.06	1.93	1.95	1.91	1.88			1.946	
B 焼損 軽微 舗道中央部	2.25	2.24	2.26	2.29	2.27			2.262	
C 焼損 蒙らざるもの	2.289	2.206	2.309	2.279	2.288	2.257	2.189	2.305	2.265

(注) 調査報告では縦書き漢数字の表であるが横書きアラビア数字にした。

表-3 抽出せる「ビチューメン」の理化学性試験（瀝青混凝土）

	A 焼損激烈 舗道両側	B 焼損 軽微 舗道中央部	C 焼損 蒙らざるもの
針入度(攝氏25度100瓦(g)錘5秒間)	1-2	30	30
溶融點(ボール、アンドリング法)	攝氏90度	攝氏55度	攝氏54度
伸長度(スミス式攝氏25度)	0	100糎以上	100糎以上
固定炭素	14.02%	11.30%	11.32%
二硫化炭素に融解するも四塩化炭素に融解せざる物質	0.38%	0	0

(注) 調査報告では縦書き漢数字の表であるが横書きアラビア数字にした。

が生成されることが知られていた。このことから、カーベンに対応する量を測定している。つまり、火災によって加熱され変性していることを示している。間接的に瀝青分が固定炭素に変性したことを室内試験で示そうとしたようである。

また、道路の両側では高熱による瀝青の変性が明らかだが、道路中央部では、被害がない試験体と同じような値であることから、道路中央部では熱によって変性していないことを示している。

5. 鋪木の室内試験

大正期の舗装には鋪木（ほぼく、木塊舗装ともいう）があった。この鋪木は、防腐のためにクレオソート油を注入しており、クレオソート油の引火点が80℃であるため、当時、火災に対して弱いという認識があったようである。それを確認するため、現場から採取した榎（ブナ）、赤松、米松の鋪木について試験を実施している。「調査報告」では、

無處理（むしより）木材が普通の状態に於て燃焼するは攝氏約260度にして之れに引火點約80度の「クレオソート」油を注入せる防腐處理材は點火（てんか）温度の更に低下するは當然（とうぜん）なり。「アメリカ」合衆國林産物試験所に於（おい）て行へる「クレオソート」油注入材の燃焼試験結果に依（よ）れば、「クレオソート」油注入後短時日の間は甚だよく燃焼すれど年と共に燃焼に對する抵抗性増大す。之れ輕油は注入後暫時にして蒸發し重油を殘留するに基因す。～中略～

同試験場長「ワイス」氏の言に依れば「クレオソート」油注入材をして完全に空氣乾燥状態にあらしめば燃焼による材質の被害は素材に比し輕微（けいび）なりと。依是觀之（これによりてこれをみれば）鋪木が「クレオソート」油を注入せしむるが爲（た）めに燃焼性を助長せりと斷（だん）ずるは早計にして未だ研究の餘地（よち）ありと認めらる。又實際（じっさい）道路に鋪設されたる場合は唯（わずか）に木口面を露出せるのみにして且（かつ）鋪木面上は泥砂薄層を以て被覆さるゝ状態なれば學術的實驗により得たる點火温度を直に茲（ここ）に適用し難きは自明の理なり。

と記述しており、木材が260℃で燃焼し、クレオソート油の引火点が80℃だからといって、燃焼性が助長されると断定するのは早計であり、鋪木の露出面は上面だけなので点火温度をそのまま適用できないのは自明であるとしている。実際の調査結果として鋪木の火災

被害は局部的な炭化に留まっており、木材の比較では、赤松、榎、米松の順に燃えにくかったようである。この結果を受けて東京市道路局試験所では、3分（約9mm）以上焼損した鋪木は取り除くことを提案している。

6. 煉瓦舗装の被害

煉瓦舗装の被害について、「調査報告」では、

芝浦日之出町所在煉瓦道は本市に於ける唯一のものにして火災の被害を受けざりしも其（その）震害他の路線に比し極めて顕著なるものあり。

～中略～

震災當時（とうじ）の實驗者（じっけんしゃ）の談に依（よ）れば龜裂部（きれつぶ）より著しく噴水し路面に溢流（いつりゅう）せりと云（い）ふ。

～中略～

本道路線地域は埋立地にして明治四十一年の埋立にかゝり地質極めて軟弱なり。

～中略～

（四）被害推理

當（とう）路線に於ける被害が他の路線に比し比較的著しかりしは當地域が新しき埋立地なること並（ならびに）に其の交通も他の路線に於けるが如（ごと）く頻繁ならず。且其一端は近く海に面せるに依（よ）り其被害は主として地盤の移動陥没に基因するものと認めらる。

と記述している。

芝浦煉瓦舗道龜裂實況

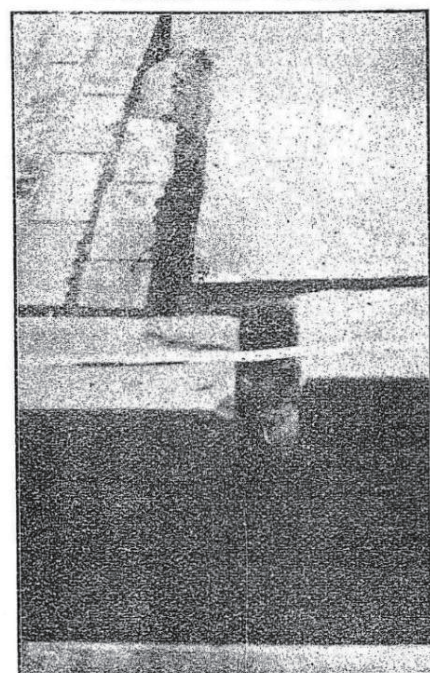


写真-1 煉瓦舗装の液化化による被害

大正期には、煉瓦舗装がほとんどなく、関東大震災の当時、東京市には煉瓦舗装が芝浦日之出町にしかなかったようである。また、震災時の話として、亀裂部から著しく噴水して路面に流れたという証言があり、当時、液状化という用語はなかったが、新しい埋立地の液状化が原因で亀裂陥没していることを推定している。液状化という言葉はなくとも、その現象については大正期には既に認識されていたようである。

7. 歩道の被害

歩道の被害は、陥没やうねり、移動が著しい場所について調査しており、「調査報告」では、

歩道面の移動及陥没は主として丸の内に於て見らるゝが如(ごと)き近代大建築物(多く地下室を有するもの)の周囲(しゅうい)に於て多く神田其他に於けるが如く一般木造建築に接する歩道に於ては殆(ほとんど)ど其(その)形跡を認めず右に徴する歩道の横の移動は明かに地下構造物の動揺に依り押し寄せられたるものと推斷せられ、且又歩道面の陥没は地下築造物築造後に於ける附近の跡埋め不充分なりしに因るものと考へらる。

と記述しており、歩道面の移動及陥没は、大きな建物(多くは地下室を有するもの)の周囲にある歩道に多く、一般木造建築に接する歩道では形跡がないことか

ら、地下構造物の動揺による押し寄せが推測され、歩道面の陥没は、地下構造物築造後の埋め戻しが不十分だったためではないかとしている。

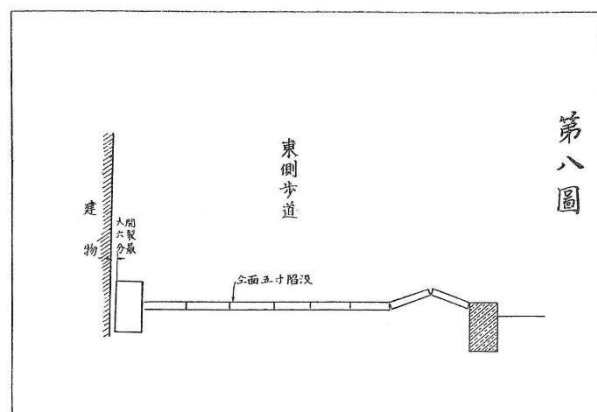


図-13 歩道の被害

8. おわりに

当所の前身である東京市道路局試験所は、大正11年(1922)年4月4日に発足したが、その約1年5ヶ月後の大正12年(1922)年9月1日に関東地震による関東大震災が起きた。東京市道路局試験所では東京市内の道路に関して被害調査の報告書を残しており、令和5年(2023)、関東大震災から100年を迎えるにあたり、この被害調査の報告書について一部の内容を紹介した。内容を読み進めると当時の道路の様子が垣間見える上でも当時の記録として貴重なものである。

参考文献

- 1) 東京市道路局試験所(1924): 大正十二年度 道路試験報告書 附録 大正十二年九月一日震火災に依る東京市現在舗装道路の被害調査報告 193-240
- 2) 東京市役所(1933): 土木局土木試験所沿革調査表、昭和3-7年度土木試験所報告 附録、45-46
- 3) 震災豫防調査會(1925): 震災豫防調査會報告 第百號 (戊) 関東大地震調査報文 火災篇 岩波書店、附図
- 4) 東京市(1939): 東京市道路誌、349-352