

研究



路床用砂—粘土混合材の研究 (上)

永 富 勘 四 郎 譯

米國南部各州では多年低工費道路の築造に關し調査研究を進め豊富なる經驗を得て來たが、之に依り粗骨材量を種々になせる或種の砂及び粘土の天然混合物は比較的輕交通用の路面として優れてゐる事が明らかにされた。

斯る道路に於ける交通量の増大を來したが爲、磨損抵抗力を附與する或種の處理を施す事が愈々必要となつて來た。路面處理施行の經驗に依れば、處理前に高度の安定性を有する道路は之に耐水性の表層を被覆するとその路床は不安定となつて來る。

之は 1932 年 Bureau of Public Roads がカール會社の代表者と協力して行つた北カロライナ州に於ける砂—粘土、衣土 (top soil) 及び砂利路床上に設けた表面處理の調査に依り明瞭である。

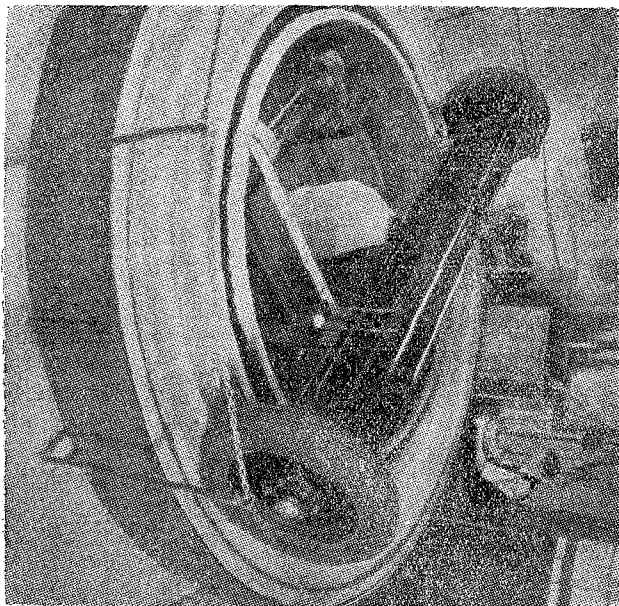
瀝青質表層を鋪設すべき、低工費路床に適切な材料の性質を更に究めんとして聯邦政府道路局のアーリントン試験場に

於ては第1圖の如き室内圓形トラックに依り交通量や含水量を調節し、11種の路床用砂、粘土混合材の性状に就き調査研究を行った。

此の圓形トラックは深12呎、幅18呎、中心線に於ける徑12呎の圓形コンクリート樋である。内壁の底部より樋内へ水を入れ、樋内の水位を任意に保ち得る様になつてゐる。(第2圖)

交通は低壓タイヤを裝備せる自動車々輪2個に依り行ふが、本試験に用ひたタイヤはバルーン型、大きき6.00~20、空氣壓は平方吋當り35封度とした。各車輪の標準荷重は車輪の取付けてある桁の半分の重量と車輪の重量とから成り、800封度であつたが、試験の後期には桁に鉛錘を吊るして1000封度を増大した。

試験の初期には供試材の搗固めをなす爲交通を分布せしめたが、之は桁の旋回軸を變へて車輪の走行経路を螺旋狀に交互に擴大又は收縮して行ひ、以てトラックの全面に互り交通が行はれる様にした。



第1圖 道路材料試験用圓形トラック

又集中交通は試験の後期に行つたが、之は車輪が2つの集中圓形コースをとる様な位置に車輪取付け桁の滑り軸受を固定して行つたが、その際車輪コースの中心線は試験區間中心線の何れかの側に約21/2吋隔てる様にした。

試験に供した砂—粘土材はボトマツク河砂、粘土粉末及び液性限界90、塑性示數78の現地地で得られる赤粘土を以て作つた。之等の諸材料を種々の割合で組合せ第1表に示す如き粒度及び塑性示數の混合物を作つた。又之等の混合物の中5つは第1表、第1類に見る如く根本的には同一粒度で、塑性示數が0から18の範圍に亘る様に設計したものである。而して茲に採つた粒度は一般に實際の砂—粘土路床の築造に供せられてゐる材料の粒度に類似せるものである。

而して又他の6混合物は第1表、第2類に見る如くその塑性示數を約5とし、種々の粒度が得られる様に設計したものである。

第1表 砂—粘土路床材の粒度及び土の性状常數

粒 度	第 1 類					第 2 類					
	區間 1	區間 2	區間 3	區間 4	區間 5	區間 1	區間 2	區間 3	區間 4	區間 5	區間 6
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
10 番 篩 通 過	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
20 "	91.4	90.5	91.7	90.0	90.6	90.2	87.7	89.1	93.8	82.9	67.3
40 "	70.6	65.9	67.7	67.1	67.3	69.2	64.3	64.5	80.2	50.6	47.5
100 "	35.8	31.0	31.6	33.4	33.7	51.2	37.7	26.0	53.0	25.0	33.8
200 "	25.1	25.5	26.9	28.6	29.1	44.7	31.0	20.1	40.8	20.2	29.3
0.005 mm 篩通過	10.5	14.5	18.0	20.5	21.5	16.0	13.0	13.0	16.0	12.0	12.0

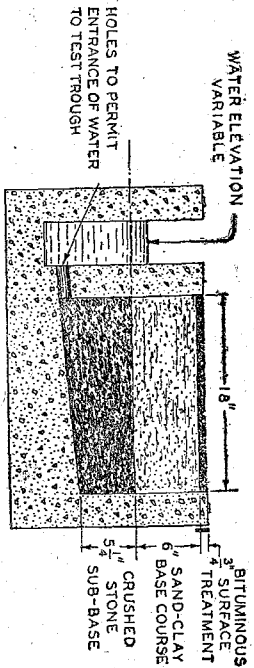
0.001	6.0	9.5	12.0	14.0	15.0	10.0	8.0	9.0	10.0	8.0	8.0
微粉比*	36	39	40	43	43	65	48	31	51	40	62
40番篩通過部分の試験液性限界	18	20	25	28	33	21	19	21	21	20	20
塑性示数	0	5	9	13	18	4	4	5	6	6	4

* 微粉比 = $100 \left(\frac{200 \text{ 番篩通過部分百分率}}{40 \text{ 番篩通過部分百分率}} \right)$

所要塑性示数を得るに要する砂と粘土との配合割合は、豫め作製せる混合物に就き之を定めた。之には次節に述べる如き方法を用ひたが、同法は實際工事に用ふる材料の配合上有利である事が分つた。

豫備試験に依る配合割合

粘土含有量を夫々異にせる數多の混合物に就きその塑性示数試験を行つた。而して液性限界や塑性示数は第2表に示す如く混合物の粘土量に對して夫々之をプロットした。次いで混合物に所要の塑性示数を與ふるに要する粘土割合は第3圖の下段の曲線から之を定め、又上段の曲線は夫に相應する液性限界を示せるものである。第1表中の第1類のものは粒度を一定に



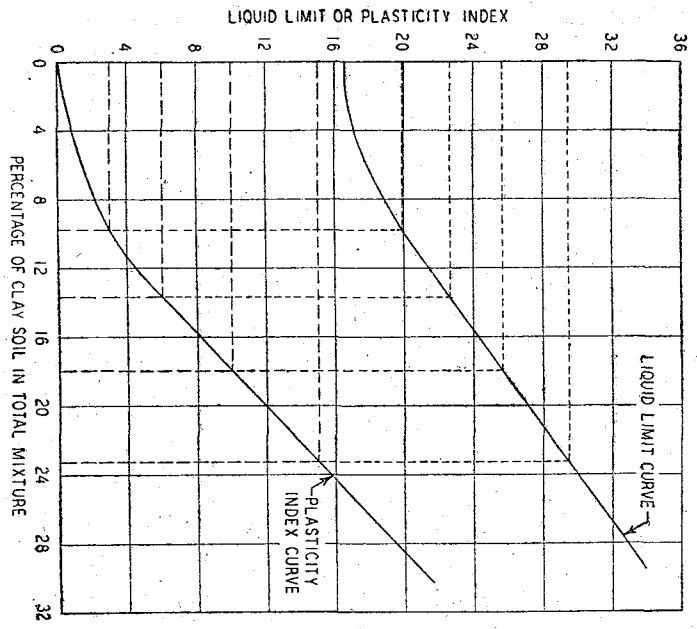
第2圖 トラック断面。砂-粘土路床供試材の配置を示す

なすを要したが、200 番篩通過の細粒粘土及び粉末粘土の割合を種々にとり、200 番篩通過部分の總量を著しく變へずに塑性示數を變化せしめた。

第 1 表に示す粒度及び土の性状常數はトラツク試験の爲に調製した最終の混合物であつた。

第 1 類の混合物は凡てトラツクで同時に試験を行つたが、各混合物の試験區間は幅 18 吋、長約 7.5 呎とした。次に第 2 類の 6 混合物を入れた第 2 トラツクでは各混合物の試験區間は長約 6.3 呎、又はトラツク圓周の 1/6 とした。各試験區間の深は搗固め後に於て約 6 吋であつた。

第 1 トラツクの場合では試験區間の材料は Proctor 搗固め試験に依り定めたその最適含水量より約 1% 多くなる程度の水量を混和した。又第 2 トラツクの 6 混合物はその Proctor 含水量は最適含水量より幾分少くした。何故にその含水量に差別を設けたかは次の 2 つの理由に因るものである。即ち第 1 には實驗室條件下に於ける混合時の水損失は豫想より少ない事が分つた爲と、第 2 には第 1 類のトラツク試



第 3 圖 砂—粘土混合物の液性限界及び塑性示數に及ぼす粘土含有量の影響

験及び平方時當り 3000 封度の荷重を以て直接壓縮して行ふ成形試験の結果、Proctor 法に依るよりも高い密度を得る事が分つたが爲である。又最大密度は Proctor 法に依るよりは低い含水量で直接壓縮試験及びトラツク試験の兩方に於て得られる事も明らかにされた。

第 2 表 トラツク各區間の最適含水量及び真含水量
 (交通に依る搗固め 1 日後)

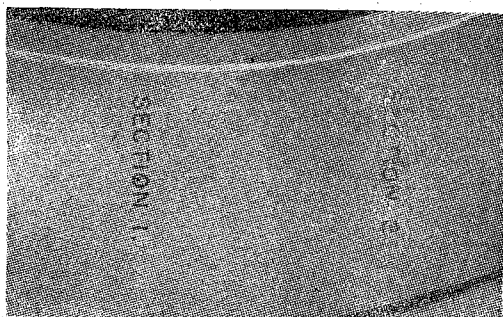
試 験 區 間 第 1 類	Proctor 最適 含水量		搗固 1 日後の 區間の含水量	
	%		%	
1	8.6		8.3	
2	9.3		10.0	
3	9.5		10.7	
4	10.3		11.0	
5	10.6		11.7	
第 2 類				
1	10.0		8.3	
2	9.8		7.3	
3	10.2		8.7	
4	9.9		8.3	
5	10.0		8.6	
6	9.4		6.9	

道路工事の實際の場合では此の Proctor 最適含水量を使用したのが爲に含水量が幾分超過しても、之は却つて都合よく所要混合時間を經た後、搗固めの爲に尙充分な水分を残留せしめる事となつて有利である。

第2表には Proctor 試験に依り定めたる、最適含水量及び交通に依る搗固め後1日のトラツク試験區間の含水量を示す。

含水量の相異は別として、トラツク供試材の作製、試験區間の築設及びその表面處理の操作は兩トラツク共に同一で次の如くである。

1. 蒸潤にせる砂—粘土混合物は先づその水分を均等に分布せしめる爲充分混合し、次いで之をトラツク中に略同様な2層に設け、各層は空氣入タイヤーに依りその表層面に均一分布交通をかけ、之を搗固めた。
2. 搗固めはより以上沈下が認められぬ迄表層に之を繼續して行つたが、第1類の區間には8,000回、第2類のものには32,000回車輪を走行せしめた。
3. 各區間は第4圖に示す如く平滑になし、數日間之を乾燥せしめた。
4. 次いで平方碼當り0.3ガロンの輕タームでファイヤーを設け之を養生す。
5. 更に熱處理瀝青材0.4ガロンを以て表面處理を施し、之に粒度最大3/4吋の骨材を平方碼當り50封度宛鋪設した。



第4圖 搗固め及び仕上げをなし表面處理の準備成れる砂—粘土漿床の状態

6. 終りに此の上にて分布交通をかけた掃固めを行い、表面をよく封緘し變化の起らぬ様にした。

第1類試験 交通のかけ方及び水位變化は試験區間の性状と共に第3表に之を示す。又第4表はトラック區間の密度、含水量及び空隙率を掃固めの諸段階及び交通試験の終結時に就いて示せるものである。

第3表 第1類試験區間の試験操作及び性状

操 作	交 通 走行回数	路床表 面上の 水位					備 考
		第1區間 觀性示數=1	第2區間 觀性示數=5	第3區間 觀性示數=9	第4區間 觀性示數=13	第5區間 觀性示數=18	
路 床 掃 固	0~8,000	1)	良	不 安 定	稍不安定	不 安 定	良
同上及び表面處理	2) 8000~3,6000	1)	"	稍不安定	同上	稍不安定	同上
3) 分布交通に依る試験	36000~120000	0	"	同上	良	同上	不良
集中	120000~160000	0	"	良	同上	同上	同上
同	160000~176000	0	"	同上	同上	不安定,不良	
同	176000~248000	+2	"	同上	稍變位す		止まつた空氣は開放されて水が上つた
同	248000~266000	+3	"	同上	稍龜裂		試験中止

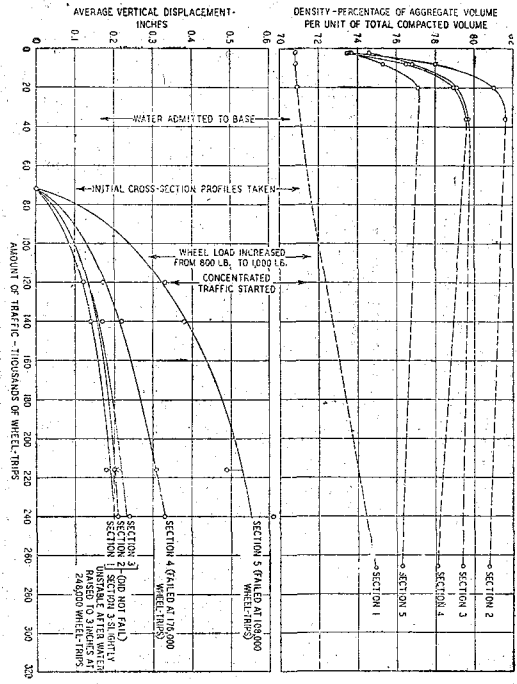
- 1) 路床中に水無し
- 2) 走行回数 36000 の時路床に水を添加す
- 3) 走行回数 107000 の時車輪荷重は 800 から 1,000 封度に増大す。

水量大であつた。

路床への水添加と試験區間の早期損壞

第5圖は壓固め及び交通に依りトラツク表面に起る垂直變位率を示すものである。壓固めを表す上部曲線群は第4表のデータからプロットしたものである。又下方の曲線群は表面の變位を示し、基層内の變位に因る表面の形及び高さの變化を測定するフロフロメーターに依り得たデータからプロットせるものであるが、同器は夫より得た代表的記録例を第6圖に示した。各試験區間にはフロフロメーターを以て週期的に讀みをとる爲に測定點を2個處置けたが、第5圖の變位曲線上の各點は此の2測定點に於て得た變位の平均を示すものである。

第1及び2類のものに用ひた種々の材料の相對的品質は、交通に依つて生じた垂直變位量及びその變位率とに依り主として之を判定した。變位の發生に

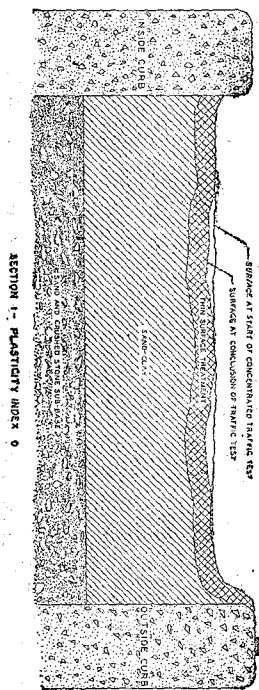


第5圖 第1類、交通に依る壓固め及表面變位狀態を示す

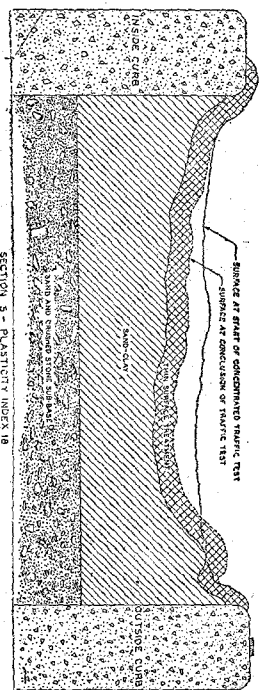
要する時間の如何を不問、平均約0.25の垂直變位で充分瀝青表層に著しい損傷を與へる事ができた。而してその損傷は龜裂、反り返り、並びに表面處理と路床との分離等であつた。又此の變位率は試験の初めに比較的高く(第5圖)、交通が進められるに伴れ漸次小になるを認めた。兩トラック中の材料の品質に大きな相異のあつた事は、良好な材料は別に著しい損傷を示す事なく、不良な材料より90,000 から140,000回も多く走行交通に耐たと言ふ事實に依り示されてゐる。

第1類に於て、その第4區間は走行回数約126,000回、又は路床に水を入れた後140,000回に於て損傷したが、第5區間は之よりも早く約108,000回で損傷した。第1及び第2區間は試験の終りの226,000回迄何等の損傷を示す事なく交通に耐えた。又第3區間は些少の龜裂以外には266,000回迄良好な状態を保つたが、248,000回の時路盤底部上約3吋迄水位を高めた後は車輪の通過する度毎に些か變位するを認めた。第3區間の材料は従つて疑問なものとされ又は境界のものとして分類された。

第1類の試験區間の性状は第7圖に示す如く第1、4及び5區間の交通試験中の状態に依りよく表はす



SECTION 1 - PLASTICITY INDEX 0



SECTION 3 - PLASTICITY INDEX 18

第6圖 試験區間の断面(集中交通の相對的效果を示す)

事ができる。

第4及び第5區間は圖に見る通り移動を起し、轍を印し、波状を呈し、表面處理の損壞及び剝離著しく、全く損壞した。第1區間は此の段階に於ては第2及び第3區間より幾分良好なる様に見えたが、その差異は甚だ小さく、故に、第7圖の左圖は此の時及び又走行回数 266,000 回の試験終結時に於ける第1,2及び第3區間の状態の典型的なものと見て差支へない。



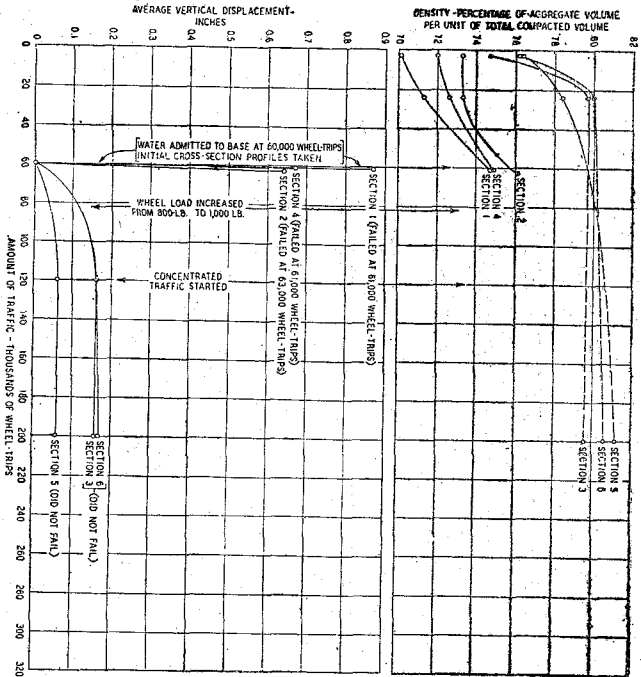
第7圖 試験交通後、第1トラツクの3區間の状態
(區間4及び5は損壞す)

第5表 第2類トラツク區間の試験操作及び性能状態

操 作	交 通	走行回数 時	性 状					
			區間 1	區間 2	區間 3	區間 4	區間 5	區間 6
路床 掃 固 め		0~32,000	良	良	不安定	良	不安定	稍不安定
同上及び表面處理	3)	32,000~60,000	良	良	良	良	良	良
分布交通に依る試験	3)	60,000~120,000	61,000回で 毀損	63,000回で 毀損	良	61,000回で 毀損	良	良
集中交通	4)	120,000~200,000	良	良	良	良	良	稍不安定
1) 路床上に水なし。	2)	60,000回にて路床上に水を入れる。						
	3)	82,000回の時車輪荷重を800から1,000封度が増大。						

第8圖は第2類の區間の沈下率及び垂直變位を示す。上部曲線群は沈下率を示し、第6表よりプロットせるもの、又下部曲線群は變位率を示し、前記第1類に述べたと同一の方法に依り得た斷面のデータよりプロットせるものである。

第1類の場合の如く變位曲線は良好な材料と不良なものとを明確に區別した。區間1及び4はその路床に水を添加した後は僅かに1,000回の分布交通に、又區間2は3,000回に耐えたに過ぎなかつた。損壞後に測定せる垂直變位の平均は區間1では0.87吋、區間4では0.67吋、而して區間2では0.64吋であつた。區間3及び5は終始優秀な状態を保持し、僅かに夫々0.16吋及び0.06吋の終局變位を示したに過ぎなかつた。又區間6は試験中一般に安定で僅かに0.17吋の終局變位を示したが、車輪走行回數約120,000回の時、交通に依り變位を來し若干の龜裂を生じ縁が解きほぐれてきた。此の状態は試験の後期に於ては消滅したが一時的にもせよ薄弱と言ふ缺點があつたが爲本區間の材料は之を境界點のものとして分類するを妥當とした。(續く)



第8圖 第2類、交通下に依る壓固め並びに表面變位率