

# 北米合衆國に於ける二大道路試験(三)

内務技師 牧野雅樂之丞

前面に於て「ピッツバーグ」及「ベーツ」の二大試験道路を述べたから最後に合衆國政府の經營にかかるものを御話したいと思ふのである、本試験場は主都「ワシントン」を去ること程遠からぬ「ヴァージニア」州「アーケントン」郡にありて數年前以來繼續して殆ど永久的の事業として試験して居るのである、

本試験の目的は合衆國に於る道路(主として路面)を最も完全に且つ經濟的に設計するに際して必要なる資料を得且現在の道路の適當な設計であるや否やを究め將來の方針を定めようとするのである。

本試験に於ては剛性舗道であると否とに關せず主として路床上に造れる床版上を車輛が通過する場合即上等の路面に付て考へてゐるのである、路床の支持力は土質の性質や含有水分の量等により非常に異ふのであるから路面の設計には常に路床と云ふことを念頭に置かなければならぬのである、此意

味からして「アーケントン」の試験場に於ては路床並に其排水方法に付て深く研究しつゝあるのである、猶路面の破壊に就ては單に路面のみならず車輛の破壊作用に就ても充分調査研究を進めつゝあるのである、

## 衝 撃

車輛は或る速度で走るのみならず路面は如何に注意しても築造の際に多少波状を呈し且路面に多少の凸凹を生ずることは免れないのだからして此等のために車輛は路面に對して垂直運動を起し其結果衝擊を與ふることとなるのである、本試験場に於ては車輪や輪帶の異なる各種の自動車に付て異なる速度で幾回も試したのである、其結果各種車輛の路面に及す力や破壊の比較位は大體推定することが出来る様になつたのである、其試験方法は圓筒形の銅器を「ハイドロクックジャク」の下に置き之を路面下に埋め其上を或速さで走てる自動車を或

る高さより落して銅器の歪を計り之れと同一の歪を生ずる力を機械により知ることにより衝撃の大きさを知るのである。

力學上力は質量と加速度との積であるから運動してゐるものを止めるのに急なれば急なる程大きな力を要するのである、丁度金敷を槌で打つ時は槌は急に止めらるる故非常な力が起るのであるが金敷の上に「ゴム」でも敷て打つ時は徐々に止まるのであるからして壓力は少ないのである。

**衝撃と車輛の速度との關係** 大體から云ふと車の速度が早ければ衝撃は増すのであるが車輛の構造や輪帶の種類路面の凹凸の度數により異なるのであるから一樣でないが然し速度は衝撃には大なる關係を有するのである、輕き自動車は重き「トラック」よりは速力が早いのであるから輕自動車は快速力で走るときは重自動車が其最大速力で走るときと同じ位の衝撃を與ふるのである。

**衝撃と重量との關係** 之も或る程度迄は車の構造によるので同一の重さを持って居つても四輪のものとは六輪のものとは比較すると一輪に來る重さは四輪の方が重いから従て四輪の方が衝撃が大きいのである、又彈條より上部の重さと下部の重さとをより考へるときは車輛の重さは同じであつても彈條以下の重さの輕い方が路面に對する衝撃が少い様に思ふるの

である、然し大體に於て速力同一なれば重い自動車路面に衝撃を與へることが大きいのである。

**衝撃と輪帶との關係** 輪帶の性質により衝撃は非常に違ふのである、彈力性に富める輪帶を持てる車程路面に對する衝撃が少いのである、本試験に於て同一の車に中實「タイヤ」「クツシセンタイヤ」と空氣「タイヤ」とを各別に付けて試験した結果其路面に對する衝撃が甚しく異なる事を知つたのである、一例を擧ぐれば中實「タイヤ」を有する二噸「トラック」が一時間十六哩の速度で走る時には其自重の四倍乃至五倍の衝撃が後車輪に起り空氣「タイヤ」の場合には自重の七十五「パーセント」増し「クツシセン」「タイヤ」の場合には其中間の衝撃を起したのであります、此結果より見るときは單に路面の保持と云ふ點から云ふと空氣「タイヤ」を備ふるを經濟なりとすれども實用上並に重き輪荷重に對しては空氣「タイヤ」を用ひ難き事情あるを以て全て空氣「タイヤ」を使用する事も出来ないものである、之れと同一の試験が「クツシセン」「ホタル」にも行れたのであるが「クツシセンホエル」の衝撃に關ては構造によることが多いのである、「クツシセン、ホエル」を用るときは路面に對して「ハブ」が移動するを以て車の衝動を減ずることを得るのである、然しながら本實驗上では「クツシセ

「ンホエル」は路面に對する衝擊を減少しないのである之れ恐らくは輪縁の重き大なる爲めならむと思はるれども構造の堅牢なる爲には止を得ざることとなり、路面に對する衝動を緩和しないが「グツシセンホエル」の本來の目的たる車の衝動を緩和することは事實である、然しながら路面の破壊作用に關しては其有無は殆關係がないのである、然るにある種の「クツシセンホエル」は路面に對する衝動を緩和するものあり、衝擊の甚しきものは自重の七倍にも達せるものあり、中實「タイヤ」の場合は平均後輪に來る靜荷重の四倍位なりとす、而して空氣「タイヤ」に於て平均一倍三分位なりとす、道路の破壊は無論此の衝擊の度によるのである、

以上の試験の結果を綜合すると

- 一、衝擊はタイヤの種類並状態に因ること大なり
- 二、中實「タイヤ」にて薄きものなるか又は摺り減りしものなるときは例ひ其幅廣くとも衝擊大なり
- 三、空氣「タイヤ」は衝擊を緩和するには最も效果ありて速力の増加による衝擊の増加少し
- 四、「クツシセンタイヤ」は其弾力性空氣「タイヤ」と中實「タイヤ」との中間にあるを以て其衝擊緩和の點に於ても又中間に位するものなり
- 五、衝擊は車輛の速力に従ひ増加するものなれど速度の一定の比例により變化せぬもの如し

六、彈條以下の重きもの程大なる衝擊を與ふれども主要なる原因をなさず

七、輕くして速き自動車と重くして速き自動車の破壊力の比較は本試験にては決定すること出来なかつたが或る場合には等しき衝擊を起すもの如し

八、中實「タイヤ」を有する自動車にして一時十六哩の速さにて走るとき一哩高さの障害物に合ふときは甚しきは其後輪に來る靜荷重の七倍の衝擊を起し平均四倍に達せり、空氣「タイヤ」に於ては最大七十五「ハセント」を増し平均二割五分増すに過ぎりき

九、殆全ての「クツシセン、ホエル」は車輛の衝動を緩和すれども路道に對する衝擊を緩和することなし

此の試験は今後其實際道路上を走る「トラック」に付て「アクサロ、メーター」を用ひて繼續執行しつゝあるのである。

#### 路面に於ける衝擊の影響

本試験場に於て既に多數の各種鋪裝床版を造り實驗せしのみならず現に猶實驗中のもの頗る多いのである、床版は全て七呎平方に造り直接之を路床上に据え付け分布彈條の設備等全て實際の自動車と同一のものとする特別詔への機械により衝擊を與ふることとしたのである、此の機械を床版の中央に反復して何回も落したのであるが初め八分の一吋の高さから五百回然る後八分の三吋の高さを増す毎に五百回落して床版の撓み其他の變化を注意して測定したのである、

其試験の一例を申すと荷重は五噸「トラック」の後輪の重さとし彈條以下の重さを千八百封度とし中實「タイヤ」を備へ六千封度の重さを支ふる自動車彈條をつけたのである四吋厚の「コンクリート」床版(一、一半、三、〇配合)は六百四十回にて破れ六吋厚のものは千二百三十九回八吋厚のものは二千五百五十二回で破れたが十吋厚のものは六千回に達するも破れなかつたのである。煉瓦鋪裝に就ても砂利を有するもの、四吋及六吋厚の「コンクリート」の上に造れる「セミモノリシツク」又は「モノリシツク」のもの又は瀝青填充のもの等種々行ふたのであるが、大體に於て衝擊に關しては床版の強さが大に關係するので床版の強さの大なるもの程衝擊に對して強いと云ふ結果になつたのである、本試験場の結果も「ベーツ」道路の結果も結論に於ては大體一致してゐるのであるが、「モノリシツク」「ブリツク」床鋪道の強さは「モノリシツク」其ものの強さよりは寧ろ各個々の強さに近く瀝青目筋の煉瓦鋪裝の強さは「コンクリート」基礎の強さに近く軟弱な路床上の「マカダム」基礎を有するものは忽ち破壊さるゝのである、

「コンクリート」床版に關しては從來種々のものにて實驗し來つたのであるが最近床版の些少の變化を知る少き器械を工夫して之れを床版の中に多數埋めて圖形により其變化を知り

何所に一番大きい力が懸るか又車輛の進行に供ふて床版内の張力壓力の處置並に其大きさ方向を知り得る工夫が出来たのである、其結果充分よく力の分布の状態が判り何所に一番多く荷重がかかり何の位の力が掛ると云ふことが判然すれば最も經濟的な設計が出来る譯である、此實驗の結果によると六吋厚の「コンクリート」床版でも五噸「トラック」が通ると波狀を呈して荷重を受けた直下に最大張力を起すのである、然して最大張力は床版の隅にのみ起ることなく荷重直下に起ることを知つたのである、

「コンクリート」鋪道の溫度の變化による對力に關する研究並に床版や濕度の影響を受けて反りを生ずる事の精しい研究もあるのであるが之れは「ベーツ」道路試験の中に述べたものと結果に於ては同一であるから爰には略する事としたのである、

**磨滅試験**

鋪道の磨滅状態を知る爲め長四百呎幅二呎の一帯の鋪道に四十九種の鋪裝を施し此上を特に此の目的の爲め造れる車を「ケーブル」により前後に幾回も引き試験したのである、此の時の車は五個の大なる鑄物製の車輪から成り其全重量は一個千封度の重さを有し其車の齒の厚さは二吋である、此の車を三つ三吋間隔に列べて前の方に置き二つは後の方に置き前の

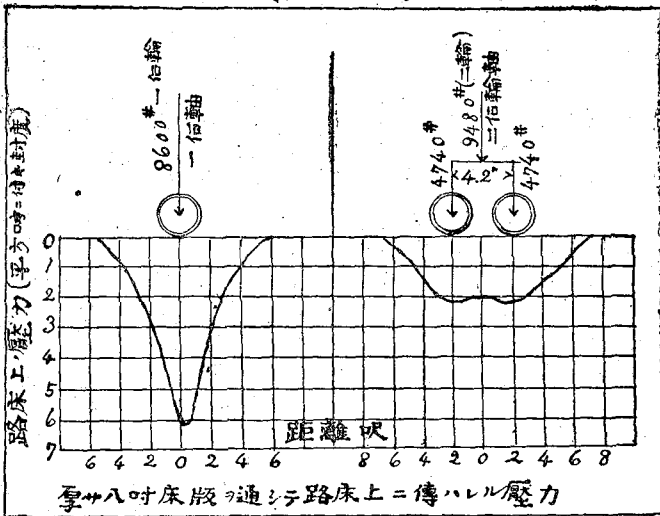
車の間に來る様に裝置し各車は個々別々に動き全重量が路面にかかり約十二吋巾の所を車が通る様にしたのである此試験により石鋪道煉瓦鋪道「コンクリット」鋪道等の鐵輪に對する大體の比較値が知られた譯であるが大部長くなるから茲には省略することとしたのである。

### 路床に就ての試験

荷重が路床にどんな工合に傳るやと云ふ事は鋪裝設計上に於て最も大切な事であるが從來余り知る所がなかつたのである、此點に關して米國道路局に於て床版の下の路床の受る壓力を量る爲め一つの方法を案出し屢々車輛通過に際する壓力を測定したのである、路床材料試験の内で困難な事の一つは道路の任意の所で最も簡單に且實用的に耐力試験を行ふ方法を見出すことであつた、重い輪荷が路面に乗るときは之が爲めに路面を沈下して數平方尺に亘り路床を壓するのである、鋪裝床版が沈下するとき其沈下を甚だ少にして普通十分の一吋より大ならぬのである、換言すれば、耐力の試験は道路の状態を現す爲めに數平方尺に亘り其沈下十分の一吋より少な極く僅かな變化に對して觀測しなければならぬのである、其結果厚さ八吋の「コンクリット」床版上を五噸「トラック」が通過するときには其壓力は普通の土質で水を可なり多く含んで

居るときの耐力と大差なきことを知つたのである。(第一圖 参照)

## 第一圖



路面の沈下を避ける爲めには路床に傳はる最大壓力が路床の耐力を超加せぬ様にせざるべからず、之れが爲めには車輛

の總荷重を多くの車輪に分布するも一策なり又土質悪しき割合には鋪裝の厚さを増して廣き面積に荷重を分布して路床の耐え得る壓力迄進行せしむるも一策なり、此の意味に於て此種の試験を多數行つたのである。

路床に就ては必然的に考へねばならぬ事柄は(一)路床材料に適當なる性質及不適當なる性質とは如何なるものか(二)不良の土質を改善するには如何にすればよろしきや(三)路床中の濕氣を左右するものは何であつて其排水方法は如何にすべしやにあり、然して土質には種々ありて其大きさより云ふときは非常に細き粉末状のものより玉石に近きものに至る迄大なる差等あり、又水分を吸収して甚敷膨脹し乾燥すれば再び元の如く收縮するものあり、吸水性少くして膨脹力少なるものあり又含水量同一にして耐力大なるものあり少なるものあり故に鋪道を設計するには適當なる方法により是等の路床の性質を知り其れに應じて設計をすること最も肝要なりとす、以上の意味に於て本試験法に於ては路床の物理的性質により其の變化を知る爲めに次の試験を行ふたのである、

(1)、**粒度試験** (此の試験は土質を構成する各分子の大きさを篩ひ別けるものであつて初め一平方吋に四萬目、一萬目

二千五百目四百目の各篩にかけ各々其の分量を計り之れより

細き粘土は「セントリツァ」と稱する器械にて毎分千五百回の速度で三十分間回轉して遠心力を利用して濾過紙を通して篩ひ別け更に之により細き細粒の粘土超粘土と假に名づくる蒸溜法によつて其分量を決定するのである)

(2)、**含水性**、(此の試験は試験片を水中に浸し水を保留し得る能力を吸収した水の重さにより決定する方法にして粒度の細疎により非常な差異があるのである)

(3)、**含水比**、「セントリヒエジ」にかけて千倍の重力に等しき遠心力を生ずる速度で一時間回轉した時に含有する水分を百分率で表したものを含水比と名づけたのである、此の試験は最も重要な試験であつて土質の耐力並に排水の難易とは密接の關係を持つて居る様に思はるゝのである)

(4)、**垂直吸水性** (土質は毛細管現象により水分が吸上けることは丁度燈心の油を吸ひ上げると同一の理である或るものは可なりの高さ迄水を吸上ることはよく人の知る所なり此垂直吸水性は二十「センチメートル」の高さに吸上るに要する時間に表たもので排水とは重大なる關係を有するのである、粉末状の土質は垂直吸水性大にして疎粒又は砂状のものは一般に少なり)

(5)、**容積の變化**、(此の試験は飽和状態の土質が乾燥せる

時に收縮する度を知る方法にして不均一の乾燥は不均一の收縮を意味し其結果路床に不均一の支持力を與ふる故之又重大なる試験の一つなり道路の端に於て收縮の爲め路床と路面鋪裝と一吋以上も離れたる例ありかゝる時は例へ乾燥して居る時と雖充分なる支へをなす能はず)

(6)、**耐力比較値** (路床の最も大切なことは耐力の大なる事即ち荷重が乗つても沈下することなく支へ得る力を有することである、大なる「トラック」の輪荷重は采國に於て)一萬封度にも達する故沈下せざる大なる支持力を有する路床を必要とすることは明なることである、實驗室に於て此試験をなす爲めに土壤から見本を採り來り之れに色々の割合で水を加へ或る一定の壓力にて固め之れを特に此目的に造れる機械にかけて次第に荷重を加へて機械の針の穿入する度と壓力とを同時に讀むのである、而して耐壓力の比較値は針の穿入十分の一吋の時の壓力にて計るのである)

(7)、**消色性**、(非常に細き粘土即粘超土として知らるゝものは土質に粘性を與ふるものと考らる、水中に漂ふて居る様な極く細かい分子にも其大さは種々ありて丁度砂粒の大きさに種々あると同一である之れが即超粘土の内の性質の異なる因なりと考へらるゝのである、極く細き分子は試験色を無色とす

る性質を有するのである、消色試験は試験土質を通して試験色液を濾過せるときの消色量により計るのである、消色作用の大なるものは最も粘性の強いものと考へらるゝのである) 以上の諸試験を多數行ひし結果目下の所次の結論に達して居る様である、

(1)、**粒度**が殆んど同じでよく似よつて居ると思はるゝ土質も耐力、含水性及容積の變化は全く同一ではなく全く異なるものが多いのである、之れは全く土質中に含まるゝ粘土の性質によるものである、此のことは消色試験により例へ其外觀が似て居ても異つた性質を持つて居ると云ふことを知るのである、

(2)、土質中に含まるゝ粘土の量及性質は毛細管作用による吸水能力並に千倍の重力に等しき遠心力に對して水分を保持する能力に大なる關係を有する事を知つたのである、又含有粘土の量同一であつても其粘土の性質により全く異なる毛細管吸水作用を有するものがあるのである猶又含有粘土の性質により全く異なる容積の變化性を有することを見るのである、

(3)、土質の耐力を決定するものが何であるかと云ふことは未だ充分知ることを得ざれども次の諸點は考へに値する點とす、土質の濕度示數(水容積を土の固體として容積で除した

る商)がより少なる時は耐力は大なるを見るのである、土の濕度示數がより大なるときは消色性の大きるときに限り耐力大なり濕度示數がより大にして且消色性少なきときは殆例外なしに耐力少なるを見るのである、以上三項は數吋平方の面積に適用すべき耐力値であるにより大なる面積に付ては目下試験中に屬するのである、

### 悪路床の改善

排水により充分水を排除するにあらざれば甚しく困難を感じる個所に道路を造らねばならぬ事屢々あるのである、然しながら斯る所に或る混和物を加へて路床材料の性質を改善する方法なきにしもあらず路床として最も重大なる特性中の一は耐力の大なることにして他の一つは容積の變化少き事なり、若し混和物にして此等の特質を増進することを得ば其利益大なのである、石炭及「セメント」を混合物として最も效能ありて下等の土質の容積の變化を減じ耐力を大に増進するのである、其他砂或は之に類する粒狀物は共に此の目的には效能ありて瀝青材料の如きも土壤と混り易きものは有效なのである、

### 路床中の水分の測定

數年來路床排水方法に關して十種類の方法に付て實驗を繼

續し來たのである、側溝に水を充し路面上には實際雨が降るときと同様に水を灌き水分含有の狀況を検せる結果大體次の様な結論になつたのである、一、土管を排水に使用するときには毛細管作用による餘分の水を單に排除するに效あるのみである、此の事は單に土壤内の遊水を排除するに限らるゝのである、二、路表の濕度低きときは毛細管作用による吸水作用を増加するのである、之れによりて冬期に於て鋪道直下の路床に水分の溜まることの説明もつくのである、三、試験せる排水方法中どれも一年中四季を通じて排水に有效であつたと云ふのではないのである、即含水量を絶す低く保ち得たものがないのである、土質のあるものに於ては水分を或る程度に止めると云ふことは實際上不可能なる場合があるのである斯る場合は混合物を加ふるか或は鋪裝の基礎工を強めるか他の方法を講ずることが必要である、

### 鋪裝床版の設計に就て

碎石鋪道や濕めつた粘土又は乾燥せる砂の路床上に造つた「コンクリット」床版の色々の厚さのものに就て靜荷重に對する耐力試験を行つたのであるが、乾燥した砂質の路床の場合に於ては濕氣を帶ぶる粘土床に於る場合よりは遙に多大なる支持力を有する事が明になつたのである、甚しく軟弱な路床上



の碎石基礎の支持力に就ては次の如き結果を得たのである、  
一、路床に於ての最大耐力は基礎厚が薄い程少ないので終には破壊するに至る、二、大體に於て基礎厚の大なる程負荷力大なのである、三、基礎厚が厚ければ厚い程破壊する迄の路床上の單位面積の強さは大になるのである、濕氣を含む粘土層上に造れる碎石基礎に付ては「ベーツ」試験道路の結果に於て見る如く特に變つた性質を有し碎石の厚さ四吋のものも八吋のものも其表面に表れただけでは何等變りないのである、之れは八吋厚の時でも既に路床の單位面積の許容壓力が超過して居るので斯る路床に於ては水を多量に含んだ場合には碎石の厚さが十八吋有つても八千封度の輪壓に耐へること困難ならん、三割六分の水分を含んでゐる路床に付て試験したのであるが之れは恐らく「ベーツ」試験道路より多少堅いものと思はるゝが十六吋厚の碎石に於て六千封度の輪壓をかけたとき少なからず凹凸を生じたのである、然しながら是等の試験は未だ完成せぬ故之れ以上の斷案を下す事は出来ないのである。

### 瀝青「コンクリト」の安定試験

瀝青鋪裝の著しい缺點は恐らくは波狀を呈することと思はるるのであるが此の事實は路面破壊上必ずしも害をなすとも限らぬのである然し其度が多少著しくなると交通上甚だ不愉快であると同時に波狀の爲め自動車の運轉上經濟にならぬのである、夫れで出来るだけ之れを除きたいのであるが此の目的の爲めに半徑百九十呎幅員十三呎の圓形の道路を造り貨物自動車を走らして試験して居るのである、此の道路の基礎は地盤の上に六吋厚の砂利を敷き固め其の上に一、一・半三の配合の六吋厚の鐵筋「コンクリト」を造り其の表面は出来るだけ滑らかにする様普通の仕事より注意し仕上げたのである、此の基礎の上に瀝青の量及其の針度並に骨材の種類により變へた二十七種類の瀝青「コンクリト」を造り各種鋪道毎に見本を採り之れを實驗室で特種の試験行つたのである、猶路面には多數の測點を設け各位置の變化を觀測すると同時に縱斷圖配録機を用ひて路面の縱斷を測つたのである、最初三噸「トラック」を用ひて試験したのであるが氣候が寒かつた爲もあらうが何等異動の形跡はないのである其後實驗を繼續中である、

### 混泥土道路築造のときの石材の性質

混泥土道路に用らるる石材が軟か過ぎぬ爲め現今色々の規定を設けて居るのであるが比較的軟かな石を用ても耐久力のある鋪道を造り得殊に鐵輪の車のない所に於ては軟かな石材を用ふるも支障ないと多くの技術者は考へて居るのである、若し比較的軟き其他地方地方に在る石を使用して支障ない

とすれば甚だ經濟的であるから都合のよいことであるが如何な程度のものを用ゐたらよいかが問題である、此の試験をすゝる爲め全國から硬軟並に堅韌色々石材を集め前に述べた圓形瀝青試験道路の外側に六十二種類ばかり造つたのである、此の試験に於ては骨材の研究のみならず其他種々の試験を併せ行つたのであるが次のものが大體の試験である。

- 一 疎混凝材としての碎石の性質
  - 二 疎混凝材としての砂利の性質
  - 三 細粒混凝材としての砂の性質
  - 四 混合する時又は配合の場合の軟かさ
  - 五 砂及石の代りに用ゐる熔滓の性質
  - 六 其他の混凝材の性質
  - 七 篩目一種を過れる碎石又は砂石屑モルター仕上げ鋪道並に石灰に付ての影響
- 此道路の中は四呎に造り狭軌の「レール」を引き其上を電氣「トラック」を走らして破損の状況を見たのである電氣「トラック」には「ゴム」「タイヤ」を附し任意の荷重がかけらるゝ装置とし一時間に二十二哩の速度で走らしたのである、斯くして時々損傷の状態を視るは勿論であるが使用混凝土に付ても「壓試験」「ラトラ」其他の試験を行ふたのである、

### 斜拱橋の試験

主として橋臺に於ける壓力分布の状態を知らんか爲め小形の斜拱橋に就て目下試験をなしつつあるのである、此の試験には「エキストラドウス」上、等距離に配置せる彈條の作用にて一様に荷重をかけ「ストレンジ」により荷重をかけてる間觀測を爲す外橋臺の反應力を測る爲めに四隅並に各端及側面に於て其反力を測りて全ての方向に及す力を觀測せんとしたのである、此の壓力を測定するには硬き鋼板と硬き鋼球が接して起る彈性的變形の原理を利用したのである、此の實驗は目下進行中にあるので近き内に其結果を發表さるゝことと信ずるのである、

以上は單に本試験場に於て行ひつつある所の結果並に試験の種類を述べたものであるが其研究事項を大別すると四十種の多きに達するのみならず他の道路試験事業にも連絡協力して居るのである、故に其費用も莫大な額に達するのであるが今や合衆國に於ては年々數十億圓の費用を投じて道路改良をなしつつあるのであるから此等の研究により設計に關する根本的知識を得完全な設計と經濟的荷重の制限により維持修繕費を減じ壽命を延ぶことが出来れば研究試験の費用は幾十倍かになつて戻つて來るのである。(完)