

立案者の見たる橋梁細則案

内務技師 工學博士 物部長穂

一 車輛荷重

大正八年、道路會議に於て道路街路に對する荷重の原案決定さるゝと同時に、橋梁の設計に對する細目規定の必要を生じ、當時道路會議員にして東大橋梁工學の擔任教授た

りし、故柴田博士主としてその立案に當り、次で筆者も亦之を助くる事となりしが、當時の原案、即ち第一案に於ては極度の積極方針を執り、自動車及電車荷重は左表の如きものであつた。

車輛荷重比較表

街路	國道	府縣道	市道
自動車 橋造令案 三・五	米頓 八・七	米頓 七・〇	米頓 一・〇
自 動 車	橋 造 令 案	米 頓	米 頓

即ち自動車荷重に於ては殆んど、道路構造令車輛荷重の二倍に近く、當時世界最大の自動車荷重を使用せし米國國庫補助州道の規定に據り、電車に於ては獨逸ライン工業都市に於ける高速電車に則り、これ亦道路橋荷重として世上最大のものであつた。而して之等車輛の橋梁に對する影響は各車の重量の他、その負載方法即ち並列狀態に依て著しき相異を生ずる次第なるが、當時の案に於ては一車線の

幅員を八呎、自動車長を一八呎とし、橋面全體に密集走行する場合に對して充分安全なる耐力を有せしむる方針である。

然るに軌道を敷設する場合、その必要幅員に對しては電車經營者に於て工費を負擔するを常とし、長距離運轉にして乗客多數なる時は大型車輛を使用する程有利にして而も一定の型式重量の車輛を採用するは、ある限度に於て經營者の隨意なるを以て暫く之を除外し、一方輶壓機は衝擊割増を要せず、而も軸重割合に少なるを以て、一般に同重量の自動車に比し、橋梁に對する作用弱きを以て、單に自動車荷重のみに就て考ふるに、上記の案に依れば、街路橋に於て、橋面一平方呎に對し約二八〇斤の荷重となり、當時設計に採用されつゝありし一〇〇斤に比し一躍一・八倍となり、その他の道路に於ても一倍以上の重荷となり、爲めに橋桁工費に著しき增加を來し、數に於て多きを占むる短徑間橋梁に於ては、その倍加する場合も渺なからず、財力、豊かならざる我國に於ては橋梁の改良を著しく遲延せし

め、爲めに一部の新式橋もその能力を充分に發揮し得ざる結果となるべきを考慮し、筆者は茲に橋梁負擔の輕減を主張し、先づ各國に於て橋梁設計に採用する車輛荷重並にその負載方法に就て詳細調査せる結果、當時歐州に於ては自動車未だ普及せず、車輛荷重は、輶壓機砲車及び電車を用ひ、軍事上、道路の最も發達せる佛國に於ては、一軸八粧の馬挽砲車を用ひ、その平方呎當り荷重は著しく少く、獨逸工業都市の大橋に於ては、電車及び二三廻輶壓機を標準とし、英國に於ては、倫敦及工業大都市に於て稀れに巨大なる蒸氣牽引車を採用する等を以て寧ろ異例と爲し、其他の諸國に於ては、一軸六粧、等布一〇〇斤（一平方メートル五〇〇斤）以下の荷重を以て普通と做せるの状況にして、一方米國に於ては一五乃至二〇メートルのトラックを標準とせるも、その負載は單に一車線一輪に限り周圍の橋面には一〇〇斤以下の等布荷車を用ふる程度にして而も當時にありては一〇メートル以上の車輛は極めて稀れる状況であつた。

斯く大車輛を使用するは一般道路交通としては寧ろ異例

に屬し、而もそれ等の地域に於ては橋梁のみならず主要道路の鋪装も亦これに對應するが如き、強度を必要とし、獨逸工業地域の主要道路に於ては、堅固なる基礎上ニ三三噸ローラーを以て輒壓せる方石塊鋪装を用ひ、倫敦の如きは鋪装の基礎に厚、一呎乃至一・五呎(オックスフォード街、商業中心及港灣地帶主要道等)の混凝土を用ふの狀況にして、橋梁に對して大荷重を採用するに於ては必然道路構造に於ても亦同程度の強度を有せしめざるべきからず、而も大車輛の使用は將來共極めて少數なるべきは明かにして國家的見地よりその最大軸重を制限するもさして不都合を生ぜずとの見地の下に、英式單位より佛式單位に變更の機に乘じ、第二案の如く輕減した。

而て一方負載方法の緩和に就ても、種々比較計算の結果、

一車線六輪連續を限度と爲す事を得たるも、橋桁の大多數を占むる一一〇尺以下の徑間に對しては何等の影響する所なきを以て實際上の効果は大差なきの狀態に存した。幾もなく、柴田教授は健康上の都合より後事を余に委し

て保養せらるゝ事となりしを以て、三浦内務技師の援助を得、消極方針に據て改案を企て、意を決して車輛荷重を既定道路構造令のそれと同一に低減し、而も負載方法に於て一車線一輪に緩和し、その占用面積を擴大し併て衝擊係数を低下するに到りしが、これ等は現今一般に使用されつゝある設計荷重にして、これを第一案に比較すれば、

自動車荷重低減表

	一等橋(街路橋)	二等橋(國道橋)	三等橋(府縣道橋)
第一案	八〇	三五	七〇
第二案	六〇	三〇	六〇
第三案	三〇	八〇	六〇

而て府縣道中の重要路線に於ては二等橋の規定に遵ふ事となつて居る。

茲に電車荷重を除外したるは前述の理由の外、占用面積太に軸荷重均一なると、特種の床構造を使用し得るとに依り一二噸自動車を對象として設計せる街路橋は裕に三〇噸ボギー車の走過に耐え得るに由るものである。

次に一車線一輪に低減したるは、高速度を特徴としも各車單獨に走行する車輛に於ては相當の距離間隔を置かざれば到底事故の發生を防止するを得ず、事實時速一〇哩に對し七・五米、一五哩に對し一五米以上の純間隔を必要とする次第なるを以て、一の縦桁又は床桁が一車線一輪以上を負載する場合絶無にして、一方多くの主桁に對しては自動車占用面積の周圍に毎平方米、四〇〇乃至六〇〇匁の等布荷重を負載するを以て、各種車輛の占用面積に依り等値車輛重量に換算すれば左表の如く、若し各車自長の半に等しき間隔をとりて走行する場合を考へ規定の衝撃割増を加ふれば同表走行車輛重量となる。

即ち、各種等布荷重は、それぞれ相當等級の自動車をその自長の半に等しき間隔を置きて密集走行せしむる場合と殆んど等値にして稍長徑間の橋梁に於ては斯の如き異常状態を生ずる事絶無なるを以て、現今細則の等布荷重はその車輛荷重に比し實質上過重なりと云ふを得る。

大戰以後歐洲に於ても自動車運輸は急激なる發達を爲し、車數の激増を見、一車重量に於ては馬挽車輛時代に比し著しき増大を見ずと雖も橋梁技術の一般的進歩に順應するの必要上、各國中道路橋梁規程を改正せるもの多きを以て、次に現行各國車輛荷重を比較表示する。

最近各國車輛荷重表

一方自動車運輸の最も發達せる米國に於ても七・五純（自重四純）以上の重車輛は總車數の一%以下（約二〇萬輛）にして、特殊の路線のみに運轉さるる炭車（最大一五純）を除けば一〇純以上は極めて稀れにして道路運輸の經濟上（道路の築造維持費等を含み）將來共一〇純以上の自動車の普及は到底期待し得ざる状況に在る。

に更め、獨逸に於ては重量車害合に多く道路（橋梁）における（アーチ）の維持に困難を生じ遂に大車輪は三軸を用ひて、空氣タイヤを使用せしめ、二軸車は九噸を限度とするに到り、獨、奥地、瑞諸國の車輛荷重は輶壓機を除き實質上我國の現行案と酷似するに到つたが、唯三等橋に對しては一、二等橋にてノード橋として運行する事無く、支橋にて全長を跨ぐ。

のみである。

二 衝擊係數

衝撃係數に於ても、第一案にありては最高五〇%にして大體當時の各國規程中の大なるものに範を採りしが、筆者は第二案に於て四〇%に、第三案に於て遂に最高三〇%に低減したるが、當時各國の道路橋衝撃係數は最高三〇乃至六〇%にして、徑間又は橋體重量の大なるに從て漸減せしめ、獨り米國に於ては大車輛を採用せし結果、工費過増を緩和せんが爲めと、既に自動車交通に對して相當の經驗を有し、その性質上鐵道車輛の如き激烈なる衝撃の決して作用せざるべきを信じ、僅かに二五乃至三五%を以て限度となせる狀態である。

仰も自動車に於ては、その性質上不平衝廻轉部を有せざるを以て衝撃作用は主として路面の凹凸に因る衝突作用に基づくと雖も、近代道路橋に於ては特に路面の平滑等齊に留意するのみならず、若し假りに障礙物を乗り越す場合ありとするも、重量車にありては時速一哩程度を超えず、而もスプリング、ゴムタイヤの如き緩衝材を介して路面に接するを以て衝撃作用の輕微なるべき推察に難からず、事實

試験所に於て總重量六・三五噸のソリッド・タイヤトラックを用ひて各種路面に於ける衝撃係數を測定せる結果に依れば、最高平均衝撃係數は次表の如くである。

路 面	時速一〇哩	時速一五哩
市内各種鋪裝	八二%	一六・三%
砂 利 道	一九・三	三九
軌 道 橫 斷	二六・五	三五・八

尙、一九一七年米國デラウエーア橋に於て徑間三呎一〇吋の鐵筋混擬土連續床版に對し、ソリッドゴムのクツミヨンを介し一五〇〇〇呎の重量の落下試験を行ひたる結果に依れば、落下高〇・五吋に對し二二%，同一吋に對し四三%の衝撃係數を示して居る。

一方米國土木學會に於て多年に亘り自動車の衝撃作用を實測研究したる結果、道路橋の鋼部材（床構造を含む）に對しては最高二五%を以て充分なりとし、四〇呎以上の徑間に對して更に之を低減するの成案に達したるが、之れを我國の規程に比すれば三乃至五%低く、而も性質上鐵筋混

凝土構造に對しても其儘適用して支障なきものと認めらる。

三 床版の荷重分布

次に鐵筋混泥土版に對する車輛荷重の分布なるが、単位幅の版が支持すべき車輛荷重は實にこの分布幅に逆比例して低減するを以て、凡ての橋梁の床版は勿論、短徑間の主桁に對し、極めて重大なる問題にして、當時に於ては橋床

に鐵筋版を利用する事は未だ普及せず、歐洲諸國に於ける

規程も、バッケル鋸・トラツフ鋸等の床構造を標準とし、バラストと同様四五度分布法を採用しつゝありし爲め、第

一案に於ては矢張りこれに準據せしが橋床の如き比較的薄

厚の版に薄き鋪装を使用する場合は有効幅は著しく少となり、版の設計に困難を來すべきは勿論、その重量の増大は床桁、主桁等に影響し、工費の點より見るも輕視すべからざる事項なるを以て種々調査研究を行ひたるも、當時版の理論未だ發達せず、載荷試験の如きも稀有にして、集中荷

重に對するものは僅かに、米國に於て單版に對し二、三行はれたるに過ぎざりしを以て、實際的試験はこれを後目に期し、取り敢えず之等の試験結果を參照して第三案を作成したるが、即ち現行規定にして一例として國道橋に於て版有効幅を第一、第三兩案に就て比較すれば次表の如く、但し輪帶幅を二七粍とし、版中軸面を表面より四割の位置と假定し、第一案に於ては路面より中軸面迄四五度に分布するものとせり。

第一案

路面より版中軸面迄の距離(粍)	第一案	第二案	第三案
版有効幅(粍)	五〇	六〇	七〇
路面より版中軸面迄の距離(粍)	一五・〇	一七・〇	一九・〇
版有効幅(粍)	五・〇	六・〇	七・〇

版有効幅(粍) 一〇〇 一二〇 一三〇
版有効幅(粍) 一七・〇 一九・〇 二一・〇
既ち単位幅の負擔すべき荷重は殆んど半減され、從て工費の節減も相當の割合に達する。

斯の如き版荷重の輕減は横筋を有する版構造の特質に立脚するものなりとは云へ、車輪が版の支邊に近く通過する

場合、剪力及附着力の計算に理論上の無理を包含し、實驗に依て之を檢するの便宜を有せざりし爲め立案者自身も衷心危惧の念に堪えざりしが、爾來米國に於ける橋床の試験と、獨塊に於ける理論並に實驗的研究との結果、版の荷重分布能力極めて大にして重車輪荷重を受くる橋床版として極めて有利なる事を明かにし、大戰以後の新橋梁に於ては高價にして腐蝕の惧れあるバツクルプレートを用ふるもの殆んど跡を斷ち、分布幅の計算も米獨を通じ普通、中央に於て版徑間の三分の一、端に於て同三分の一程度を用ふる事となりしが、我が規定に於ては版徑間の三分の二に更にタイヤの接面長（普通二〇粳）を加ふるを以て之等の可否に就ては他日適當なる試験よりて之れを決定するの必要ありと思ふ。

尙短徑間の單版が直接剛性橋臺に支承さるゝ場合は、端に近き輪荷重の分布に關し不安の點を存し反力、剪力等の計算には獨逸式に徑間の三分の一程度の分布幅をとるを可なりとせんも之等は耐震上、固定版又は暗渠式構造を用ふるものなるが、震災直後數箇月に亘り普く災害地方を踏査

る方有利なるを以て、實際上の支障は少ない。以上記するが如く我國に於ては歐洲諸國に比して輒壓機著しく軽く、車輛荷重は、可及的にその分布を大に、衝撃割増を小に採り、一方徑間に依る等布荷重の低減割合に少なき結果、主桁に比し床版の耐力の余裕割合に少なるの嫌ひあるも、事實兩者は保安上の重要さに於て多少程度を異にし、且つ混擬土の強度は材齡四週に比し將來四、五割の増加を期待し得、又その取換もさして難事にあらざるを以て實質上不合理にあらずと信ずる。

尙ほ第一案當時に於ては將來の荷重増大に對し、壽命殆んど永久的なる混擬土橋に對しては鋼橋より大なる設計荷重を用ひんとする說ありしも、將來強度増加を期待し得るの理由を以てこれを採らなかつた。

四 橋梁の耐震

次に橋梁の耐震に關する條項は關東大地震後新に加へたるものなるが、震災直後數箇月に亘り普く災害地方を踏査

し、將來何れの地方を問はず一朝大地震に遭遇せる場合、凡ての交通運輸は一時、震害の影響最も軽き道路に頼らねばならず、而も耐震的工事の、鐵道港灣等に比し著しく容易にして、平地に於ては主として橋梁に對し適當なる工法を用ふれば足る事に着眼したる結果、耐震の條項を加ふと

同時に、橋臺、橋脚、橋體等の耐震方法を定め、大正十三年初、普く各府縣に配布し、復舊復興には之れに依て耐震的工事を實施する事となつたが、爾來、但馬・丹波の大震害の復舊は勿論、全國一般の新架橋は凡てその地點に於て將來豫期せざるべからざる程度の大地震に對して耐抗し得る様、設計施工さるゝに到つた。

而して豫期すべき地震力は、地方と地質とに依りて異なり重力の一五乃至四〇%に亘り東京、横濱等の復舊復興には三〇%以上を採つて居る。

尙地震力並に耐震計算法の決定に就ては、工費の過増を避けんが爲め渺なからぬ苦心を要し、或は、許容應力度を高め安定條件を變更し、或は基礎杭に張力を負擔せしむる

方法を探り、尙輕くして變曲に強き種々の構造を用ふるに到つた。

外國にありては昨年竣工せるサンフランシスコ附近のスイサン長橋に於て、橋脚の設計に一五%の地震力を考慮したるを以て耐震橋梁の嚆矢とする。

尙、現細則は極めて簡素にして橋梁設計の詳細に對しては、その要を盡さざるの嫌あるが、こは必ずしも立案の繁を避けしに由るにあらず、日進月歩の技術にたゞさはる人々に研究と工夫との余地となるべく廣く残さんとの、佛國流の方針を採りしが故である。然るに試験的實施後既に七年を経し、國內橋梁の統一均齊を期する上に於て更に細部構造、製作架設等に亘り標準を定むるの必要を生じ、之等は當局技術者に於て協議立案を爲しつゝあるを以て近き將來に於て決定を見る事と信する。

更に筆者は、重要橋又は新型式橋に對しては竣工後、開通に先立て載荷試験を行ふの規定を設けん事を希望する。之れに依て始めて橋梁の實耐力を知り、公共の保安を確か

め得るのみならず、計算の精度、施工の良否を明かにし、
擔任者は自己の苦心の効果を如實に立證し得て多大の満足
を感じ、惹ては將來橋梁技術の進歩に貢献する所極めて大
なりと信ずる。

以上述ぶる所に依り我國道路橋細則中の重大事項に就
き、立案の趣旨を明かにし、併せて現行案に達せし経路を
述べたるが、之を要するに本案は終始消極方針を探り、技
術的に無謀の誹を免れざるかの程度に迄、大膽に工費の低
減を企圖したものにして、これに據て公共の安寧利便に
至大の關係を有する道路橋の設計施工に當らるゝ、技術者
諸子の苦心の多大は實に推察に余りある所なるも、立案者
に於ても必ずしも些少の公費を減却せんとするの趣旨にあ
らず、唯、一に十橋の工費を以て十數橋を架し、百里の工
費を以て百數十里の道を通じ、以て一日も早く改良道路網
の完成を期し、その運輸上の實能力を發揮せしめん事を希
望したるに由るものである。

擗筆に臨み本細則案の實施以來約八箇年に亘り各府縣に

於ける橋梁改良の實績を見るに、最近土木局の調査に依れ
ば、本案に據りて國及府縣に於て新設又は改築したる道路
橋は、總數 九六八九橋、總延長一六〇糠、その工費通計
一億二百萬圓に達し、國內財政状態に鑑みて意想外の進捗
を示し、此期間に於て架橋事業は道路改良の先驅を爲しつ
ゝありしを知るに足る次第であるが、之等橋梁を構造別に
示せば次表の如くである。

最近八箇年間 國及府縣施工 道路橋構造別表

	構	造	橋梁數	總延長	工費	備考
鋼	桁	橋	六五	二元、元九	米元、〇五、四八	圓
鋼	拱	橋	一九	一八、九〇	一八、〇四、六六	橋式を含む
鋼筋混擬土	桁橋	六、五五	八、〇一	一三、一七、二三	主徑間のみ鋼拱	
同	拱	橋	二四	八、四七	八、八五、九三	なるものを含む
其	他	二、五五	五、九二	八、〇〇、七五	吊橋を含む	
計	九、六九	一九、四七	一〇一、〇四、四六			
合	計	九、六九	一九、四七	一〇一、〇四、四六		