

論說報告

土木學會誌 第三卷第一號 大正六年二月

鐵道橋ノ設計ニ際シテ假定スヘキ活荷重

工學士 黒田武定

鐵道橋ヲ設計セントスルニ當リ荷重將來ノ發達ヲ豫想シ幾年後ニ出來スヘキ荷重ヲ以テ標準トスヘキヤハ經濟上重要ナル問題ナリトス

茲ニ該經濟的假定荷重カ幾年ノ後ニ來ル可キカヲ求メントスルニ當リ計算ヨリ得ラルヘキ該年數カ橋梁ノ生命ヨリモ長キ場合ト短キ場合トアルヘシ前者ニ於テハ假定荷重トシテ選定スヘキハ橋梁ノ終末期ニ於ケル荷重ナルコト論ヲ俟タス故ニ問題トシテハ後者ニ就キテ試ミレハ足レリトス

(一) 荷重ノ發達ト年次トノ關係

爾來荷重カ發達シ來レル趨勢ヲ以テ將來モ尙略同様ノ發達ヲ遂クルモノナリトセハ大略次式ノ示スカ如キ關係アリ

$$E = 33 + 0.32y$$

但シEハy年後ニ來ルヘキ荷重(Cooper's class E)トシ現在ノ荷重ハE33トス

(二) 荷重ト橋桁ノ最初ノ價格トノ關係

此ノ關係モ種々ノ場合ニ對シテ一樣ニ示スコト能ハサレトモ大體ニ於テ價格ハ橋桁ノ重量ニ正

比例シ重量ハ荷重ノ三分ノ二乘ニ比例スルモノトセハ大差無キカ如シ即チ此關係ヲ式ニテ示サハ次ノ如シ

$$O = K(33 + 0.32q)^3$$

但シKハ或ル常數トシOハ橋桁ノ價格O中ニハ架設費ヲモ含ムトス

(三) 金利

此問題ト金利トハ密接ノ關係アルコト明カナリ而シテ金利ハ大體上世運ノ進歩ト共ニ漸次低落スルノ傾向ヲ有スルモノナレトモ其變化極メテ遅々タルモノナレハ年五分ニテ不變ナルモノトシテ大差ナカルヘシ

(四) 將來荷重發達シ遂ニ橋桁ノ架換ヲ要スル時期ニ際シ其有スル價格

該價格ハ維持方法ノ良否土地ノ天候其他之ヲ撤去シタル後他ニ流用シ得ル機會ノ有無等種々ノ事情ニ因ツテ甚タ不同アリサレト今假ニ橋桁ハ架設後ハ直ニ其賣價最初ノ價格Oノ三分ノ二ニ低落スルモノトス如何トナレハ此ヲ直ニ他ニ流用シ得ルコト甚タ稀ナレハナリ次ニ年經ルト共ニ價格ハ減シ行キ遂ニ六十年後ニハ全ク價格ヲ失フモノト假定セハY年後ニ有スヘキ價格O'ハ次ノ如シ

$$O' = O \left(\frac{2}{3} - \frac{Y}{90} \right)$$

$$\therefore O' = K(33 + 0.32q)^3 \left(\frac{2}{3} - \frac{Y}{90} \right)$$

五) 散長ニ匹スル費用

リトセハ此ノ撤去費 C'' ハ次ノ如シ

$$C'' = \frac{C}{15} = \frac{K}{15} (33 + 0.32y)^{\frac{2}{3}}$$

(六) 橋桁架換迄ニ費サレタル費用(元利合計)

最初ノ價格 C ハ y 年後ニ於テハ元利合計 $C(1+0.05)^y$ トナルヘシ次ニ之レヲ取換フルニ要スル費用 C'' ヲ必要トスヘク一方ニ於テハ撤去後ノ橋桁ノ價格 C' ヲ收メ得ヘシ即 y 年後迄ニ費サレタル費用ヲ差引 P トセハ次ノ如シ

$$P = C(1+0.05)^y + C'' - C'$$

(七) 最小ニスヘキ總費用トシテ將來幾年間ノ通計ヲ取ル可キヤ

前述ノ如ク最初 y 年間ノ交通ヲ繼續スルニ P ナル費用ヲ投スヘシ次ノ期間ハ更ニ之ニ相應スル費用ヲ投シ順次如斯シテ將來幾年間ニ費サルヘキ經費ノ通計ヲ最小ニ爲サハ經濟的ナリト云フヲ得ヘキヤ鐵道ハ將來幾百年間繼續スヘキヤハ殆ト豫想シ難キ所ナランモ此問題トシテハ此ノ如キ遠キ將來迄ヲモ考フル必要無カル可シ如何トナレハ該計算ニヨリ求メラルヘキ經濟的年數 y ハ管前述數條ノ假定カ通用シ得ル範圍内ニ於テノミ正シキモノニシテ將來追々種々ノ狀況變轉シテ上記假定カ不適當ナルニ至ラハ最早此ノ結果ヲ應用スルコト能ハサレハナリ從ツテ餘リ遠キ將來迄モ考慮スルハ無意義ノコトニ屬シ上記假定ノ通用シ得ヘキ期間ニ對シテ問題ヲ試ムヘキナリ扱前述ノ假定中最不安定ナルハ(一)ナル荷重ノ發達ト年次トノ關係ナルヘシ現今荷重ノ發達ハ大略前式ノ如ク直線的ナレトモ將來 F_{50} ニモ成ラハ最早同様ノ發達ヲナシ得サルコト明カナルヘシ而シテ荷重 F_{50} ニ達スルノ時機ハ $\frac{50-33}{0.32} = 56.3$ ヲヨリ約六十年ノ後トナルヘシ茲ニ

於テ問題トスヘキ期間トシテハ來ルヘキ六十箇年ヲ以テ適當ナリトス

(八) 計算

上記數條ノ前提ニ依ツテ該六十箇年間ニ對シテ最モ經濟的ニ橋桁ヲ架換ヘ行クヘキ期間 γ ノ値ヲ直接ニ見出スコト甚困難ナレハ次ニ數例ニ就キテ實際數字上ノ結果ヲ求メ之レニ依ツテ經濟的年數ヲ推理セントス

$$P = K(33 + 0.32\gamma)^3 \left\{ 1.05^\gamma + \frac{1}{15} \left(\frac{2}{3} - \frac{\gamma}{90} \right) \right\}$$

(1) 十年毎ニ分チタル場合 (9=10)

$$P_1 = K 36.2^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) \times 1.05^{(99-10)} = 142.8K$$

$$P_2 = K 39.4^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) \times 1.05^{(99-20)} = 92.2K$$

$$P_3 = K 42.6^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) \times 1.05^{(99-30)} = 60.0K$$

$$P_4 = K 45.8^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) \times 1.05^{(99-40)} = 38.7K$$

$$P_5 = K 49.0^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) \times 1.05^{(99-50)} = 24.8K$$

$$P_6 = K 52.2^3 \times \left(1.05^{10} + \frac{1}{15} - \frac{5}{9} \right) = 15.9K$$

$$\therefore \Sigma P = 374.4K$$

(2) 十五年毎ニ分チタル場合 ($y=15$)

$$P_1 = K 37.8^3 \times \left(1.05^{15} + \frac{1}{15} - \frac{1}{2} \right) \times 1.05^{45} = 166.8K$$

$$P_2 = K 42.6^3 \times \left(1.05^{15} + \frac{1}{15} - \frac{1}{2} \right) \times 1.05^{30} = 86.8K$$

$$P_3 = K 47.4^3 \times \left(1.05^{15} + \frac{1}{15} - \frac{1}{2} \right) \times 1.05^{15} = 45.0K$$

$$P_4 = K 52.2^3 \times \left(1.05^{15} + \frac{1}{15} - \frac{1}{2} \right) = 23.0K$$

$$\therefore NP = 321.6K$$

(3) 二十年毎ニ分チタル場合 ($y=20$)

$$P_1 = K 39.4^3 \times \left(1.05^{20} + \frac{1}{15} - \frac{4}{9} \right) \times 1.05^{40} = 186.0K$$

$$P_2 = K 45.8^3 \times \left(1.05^{20} + \frac{1}{15} - \frac{4}{9} \right) \times 1.05^{20} = 77.5K$$

$$P_3 = K 52.2^3 \times \left(1.05^{20} + \frac{1}{15} - \frac{4}{9} \right) = 31.7K$$

$$\therefore NP = 294.2K$$

(4) 三十年毎ニ分チタル場合 ($y=30$)

$$P_1 = K 42.6^3 \times \left(1.05^{30} + \frac{1}{15} - \frac{1}{3} \right) \times 1.05^{30} = 214.0K$$

$$P_2 = K 52.2^3 \times \left(1.05^{30} + \frac{1}{15} - \frac{1}{3} \right) = 56.6K$$

(5) 最初二十年ト次ニ四十年トニ分チタル場合

$$\therefore \Sigma P = 270.6K$$

$$P_1 = K 39.4^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{20} + \frac{1}{15} - \frac{4}{9} \right) \times 1.05^{40} = 185.0K$$

$$P_2 = K 52.2^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{40} + \frac{1}{15} - \frac{2}{9} \right) = 96.1K$$

$$\therefore \Sigma P = 281.1K$$

(6) 最初二十五年ト次ニ三十五年トニ分チタル場合

$$P_1 = K 41.0^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{25} + \frac{1}{15} - \frac{35}{90} \right) \times 1.05^{35} = 200.5K$$

$$P_2 = K 52.2^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{35} + \frac{1}{15} - \frac{25}{90} \right) = 74.0K$$

$$\therefore \Sigma P = 274.5K$$

(7) 最初四十年ト次ニ二十年トニ分チタル場合

$$P_1 = K 45.8^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{40} + \frac{1}{15} - \frac{2}{9} \right) \times 1.05^{20} = 234.0K$$

$$P_2 = K 52.2^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{20} + \frac{1}{15} - \frac{4}{9} \right) = 31.8K$$

$$\therefore \Sigma P = 265.8K$$

(8) 最初三十五年ト次ニ二十五年トニ分チタル場合

$$P_1 = K 44.2^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{35} + \frac{1}{15} - \frac{25}{90} \right) \times 1.05^{25} = 225.5K$$

(九) 結論

$$P_2 = K 52.2^{\frac{2}{3}} \times \left(1.05^{25} + \frac{1}{15} - \frac{35}{90} \right) = 42.8K$$

$$\therefore \Sigma P = 268.3K$$

計算ノ結果ニ徴スルニ六十年以内ニ於テ成ル可ク遠キ將來ノ荷重ヲ豫想シテ設計スルカ得策ナルカ如シ然レトモ三十年位ヨリ以上ハ殆ント差無キヲ認ム大差無シトセハ近キヲ選フヲ至當ナリトス蓋シ遠キヲ選フ程種々ノ變動ニ逢着スルノ機會多ケレハナリ且他ニ支線又ハ輕便線等ノ荷重ノ發達遅レタルモノアリテ此等ニ本線ヨリ撤去シタル橋桁ヲ流用シ得テ O' ノ値大ナル場合ニアリテハ殊ニ然リトス且鋼鐵橋ノ生命ハ三十年ヲ超スコト餘リ長カラサルカ如シ故ニ現今選定スヘキ荷重トシテハ三十年後ニ來ルヘキ荷重 ($E = 33 + 0.32 \times 30 = 42.6$) 即 E_{1921} 乃至 E_{1937} 以テ最適當シタルモノナリトセンカ

附言

選定スヘキ荷重ヲ幾何ニセハ最經濟的ナリヤト云フ該問題ノ如キハ種々雜多ノ原因ニ左右セラレ且此ノ原因タル此ニ掲ケタルカ如キ簡單ナル連續函數トシテ表ハシ得サルモノアリ從ツテ上記ノ結果ヲ以テ直ニ實用ニ供セントスルハ早計ナランモ只空漠ニ荷重ノ選定ヲ行フハ多少根據アル方法ニ依ルニ若カサラン而シテ本論ノ主眼トスル所ハ此ノ方法ノ上ニ存シテ結果ノ上ニ存セサルコトヲ諒トセラレタシ著者ハ茲ニ諸士ノ批判ヲ仰キテ上記獨斷的假定ノ適切ニ改正セラレタル曉聊カタリトモ實用上參考ノ資料ニ供セラレンコトヲ欲スル者也完