

(4) 式に (2), (3) 式を代入し, (1) 式の原理を適用し, 未定係数に関して偏微分し, 零とおく。未定係数に関する多元一次方程式をとけば解を得る。

$$\begin{aligned}
 H &= \text{ダム高} = 116\text{m}, & R &= \text{中央面半径} = 70\text{m} \\
 2L &= \text{天端長} = 160\text{m}, & h &= \text{ダム厚} = 43.6 + 0.35x \\
 \nu &= \text{ポアソン比} = 1/6
 \end{aligned}$$

とすると,

$$v = \frac{1}{E}(x+0.0181y^2)\{-y(1.17+0.00144x)+y^3(0.000161+0.000000469x)\} \dots\dots\dots(5)$$

$$w = \frac{1}{E}(x+0.0181y^2)\{5.35+0.0664x+0.000227x^2-y^2(0.000112+0.0000000616x)\} \dots\dots(6)$$

応力は (5), (6) 式と, 変位と歪, 歪と力の関係式から求める。以上の方法は, 3成分の剪断応力を解病的に求めることが出来るので, 此の例のように特に, 狭い谷の場合に興味深い。但し, 本文では, いろいろの仮定を用いているので, 尙近似度は低く, 今後仮定の取扱いを考究すべきであると考えらる。

(22) 橋梁橋脚の震害に関する動力学的考察

(第3報) (15分)

——橋軸に直角方向の振動をも考慮した場合——

京都大学 後藤 尙 男

橋梁下部構造の震害が, 殆ど例外なしに橋梁全般の震害に対して, 直接又は間接に決定的な影響を與えるという事が, 先般の北陸地震の結果からみても益々明らかとなつた。こうした意味から本題目の下に主として橋梁下部構造の震害について, 理論実験の両面から動力学的な考究を進めて来た。即ち第1報⁽¹⁾では京福電鉄九頭龍川中角橋における第1次, 第2次振動試験⁽²⁾の結果に基づいて, 基礎地盤の弾性のために惹起される動揺振動ともいべき現象を考慮して, 橋梁橋脚の固有振動を理論的に取扱い, 該中角橋について計算した所, 従來の算定式ではとても説明出来ない実測週期とよく一致する結果を得た。次いで第2報⁽³⁾では地震動を合理的に表わして $e(t) = \sum A_i \sin(2\pi/T_i \cdot t + 2\pi/\lambda_i \cdot r_i)$ ⁽⁴⁾ とおき, これを一般力にとつて強制振動の理論解を得た。そして現地の最も具体的な資料に基づいて計算を行つた結果, 本橋梁の震害機構をかなり良く説明することが出来た。

その後第3次振動試験⁽⁵⁾を実施したが, それより橋軸に直角方向の振動を相当重要視すべきことが分つた。そこでこの第3報では, 第1報, 第2報と同様の考えの下に, 橋軸に直角方向の固有振動並びに地震動による強制振動をも理論的に取扱い, 改めて中角橋に適用して数値計算を行い, 震害を総合的に検討した。

(1) 固有振動 第1報に相当して橋軸直角方向の振動を取扱つたが, 橋脚全体乃至橋梁全体としての振動週期に対して, 各橋脚の及ぼす影響は橋軸方向では β^2 という軽重率を有したが, 直角方向ではこの軽重率が1即ち軽重率をもたないという点が注目される。

(2) 強制振動 第2報の橋軸方向に相当して, こゝでは直角方向の強制振動について, 上述の地震動を一般力にとつて理論解を得た。この場合も全体の振動に対して各橋脚が軽重率をもたないことは, 更に相当の意義があるわけである。

(3) 適用計算例 以上の理論解を改めて中角橋に適用して数値計算を実施中である。本橋脚において単体としての計算ではその断面形から橋軸直角方向の固有振動, 週期が橋軸方向の約1/2となるはずであるのに反して実測週期では兩者の間に全く差違が認められなかつた。これは既に第1報で述べた様に, 本橋脚は全体として振動する傾向が強く, しかも橋軸方向が前述の通り β^2 なる軽重率を持つものに対して, 直角方向がこの軽重率を持たないことに基因することが明らかにされた。この事実は震害の動力学的考察上極めて注目されることである。次に本橋脚で北陸地震に対して算出された震度 0.52 を用い, 一応P波, S波を対象としてこれらを橋軸及び直角方向の分力にかけて各々の振動を計算し, この結果を合成して軌跡曲線を求め, 震害を2次的に検討中である。

こうして地盤工学乃至地震波動と遊離しがちな従來の耐震計算法に対して, 本文ではこれら兩者との深い関連

において、中角橋を例にとり理論、実験実測の両面から考究を進め、震害機構を相当適確に把握しうる見込である。これを更に一般多径間橋梁に推し進め、その耐震性について注目すべき資料を與えようとするものである。尙本研究は文部省科学研究費による研究「弾性地盤上の構造物の振動」の成果の一部であつて、石原、小西兩教授の御指導を仰いだことを記し、謝意を表する。

註：—(1) 土木学会第5回年次学術講演会(昭 24.5.21)において講演(小西教授と連名)。

(2) 震害後應急復旧状態において(昭(23.9.14~25)、及び補強工事大半終了後(昭 23.11.20~30)に夫々実施。

(3) 関西工学連合講演会(昭 24.10.15)において講演(小西教授と連名)。

(4) 石原、佐々教授による、 A_i : 地震動本振幅、 T_i : 週期、 λ_i : 波長、 r_i : 震源からの距離。

(5) 補強工事完全終了後昭 24.9.12~18. に実施、地震学会(昭 24.11.4)にて講演(如中助教授と連名)。

(23) 振動による橋脚の健全性の判定法 (20分)

國鉄技術研究所 鈴木 武夫

老朽橋脚又は洪水により洗掘されて根入れ深サの減少した橋脚などの列車運轉に対する安定度を従來は経験と勘とで判定していたのであるが振動試験の方法によれば定量的の資料によつて判定するので科学的信頼性がある。従來と雖も橋脚の如き構造物の強度を振動によつて調査することが行はれなかつた訳ではないがその調査法が判然としていなかつた。そこで橋脚振動の特性を研究すべきことに留意し新に振動発生機を設計製作して實際の橋脚に対して振動実験を行ひ橋脚自体の振動並びに橋脚と桁との振動時に於ける力学的關係等につき基本的研究を行つた。又一方外見上不健全と判断された橋脚に対して主として走行車輛による振動調査を行ひ、実測資料に基いた速度と振動振巾並びに速度と橋脚の傾斜動との關係を求め、振動発生機による基本的研究の結果を用ひて比較検討した結果、一応振動による橋脚の健全性の判定法を作製した。その要点を示せば次の如くである。(但し高サ 10m 内外の橋脚である)

(1) 橋脚の弾性振動の振巾は列車速度と共に増大するが天端の全振巾が次表の値以下であれば健全脚である。振巾がある速度で次表の値以上になる時は場合によつてはその速度以下に速度制限する必要がある。健全不健全の限界を示す限界振巾は國鉄橋脚に於て 0.3mm 私鉄橋脚に於て 0.2mm である。

速 度 (k/h)	10	20	30	40	50	60
振 幅(國鉄)mm	0.04	0.08	0.11	0.15	0.20	0.28
振 幅(私鉄)mm	0.04	0.07	0.10	0.14	0.15	0.16

(2) 振動振巾がある値を越すと橋脚に曲げ破壊を生ずる危険あり、その振巾を危険振幅とすればその値は國鉄橋脚に於ては全振巾 2mm 程度、私鉄橋脚に於ては 1.2mm 程度である。従つて上記の限界振巾は危険振巾に対して略 6 の安全率を有する。

(3) 橋脚の自己振動週期は 0.03~0.04 秒程度でありこれが卓越して現れる場合は健全脚である。若しある速度以上になつた場合に自己週期よりも大なる週期(例へば 0.1 秒又はそれ以上)の振動が現れるとすれば健全度の低下した橋脚である。

(4) 杭打ち基礎の橋脚では傾斜角が 30 秒以上になる場合は健全度は低下している。井筒基礎の場合は傾斜角が十数秒を越すと健全とは云へない。列車通過後傾斜が復元する場合は健全脚であるが残留傾斜が著しくある場合は不健全脚である。

橋脚が健全であるか否かは恰かも材料の強度が弾性限界内に於て弾性限度に遠いか近いかといふことに相当すると考へられる。従つて不健全脚であると云ふことは直ちに橋脚が構造物として危険であるといふ意味ではなくて列車運行に対して正常状態よりも危険状態に一步近づいていることを示すものである。振動による橋脚の健全性の判定は以上の如き意義を有するものであるがこの方法は現場作業も比較的簡單で短時日の間に結果も判明するので現在の処最も有効適切なる調査法であると思ふ。振動調査の利点は一橋梁中の橋脚の健全不健全が一目瞭然とすること速度制限要否の判定資料となること補強対策樹立に役立ち工事費工期の節減に役立つ事等である。