

## 友永博士の論説を読んで

友永博士のプレストレスト コンクリート誌 (Vol.2, No. 2 1960) 上にのべられた「わが国における PC 鉄道橋の問題点」と題する論説を興味ぶかく拝読した。この論説のなかで、友永博士はいろいろな方面から PC 橋および PC 鉄道橋について考察され、また、われわれ PC 関係者の注意すべき点について論じておられることは、PC の発展のために非常に意義あることで、友永博士の御努力に対して深く感謝する次第である。しかし、その論旨のうちには筆者が必ずしも同じ意見でないものもあるので、これらの点について、筆者の見解を述べて読者の方々の御批判をおおぎたいと思い、この文を發表するわけである。

友永博士の論文中 2. PC 橋の縦のヒビワレ、4. PC 鉄道橋の支承については、筆者もほぼ同じ意見であって、特に PC のグラウチングについては施工をもっともっと慎重にすべきであると考えている。

3. PC 鉄道橋の剛度と衝撃について、において、友永博士は PC 桁が対数減衰係数が小さいこと、自重が大きいので通過荷重の進行にともなう桁上の車両の位置の変化による桁の載荷自己振動周期の変化が少ないこと等の理由から、PC 桁の衝撃係数を鋼桁の場合と同じくせよと論ぜられている。

友永博士のいわれる PC 桁の共振については、わが国鉄信楽線大戸川橋梁を施工したとき、いろいろと考えてみたので、そのときの考察をのべてみよう。報告書 (土木学会論文集第 27 号) にのべてあるように、大戸川橋梁は 25 km/h 前後の速度で列車が通過すると、桁が共振をおこすおそれがあったので、桁の自己振動周期、通過荷重によるタワミ、応力等の測定を慎重に行なった。その結果、振動発生機を用いた場合には、かなりはっきりした共振点がみとめられたが、列車荷重によっては、ほとんど共振のような現象はみとめられなかった。

もちろん、筆者の実験測定は数少ないのであるが、その後 6 年あまり毎日列車が 25 km/h 程度の速度で走っているが、何の欠点もでていない。よく考えてみると、共振という現象はかなり明瞭な現象であって、共振がおこるためには、くり返し荷重のある程度の正確さをもったくり返しが必要なのだと思った。友永博士が PC 橋について、ある程度の共振があるのではないかと心配されるの

はよく理解されるが、多くの実験や実測の総合結果として危いとか、何か共振と思われる原因による事故があったとかいう場合がないなら、現在筆者たちが PC 桁の設計で用いている鋼橋で採用している衝撃係数の 1/2 を鋼橋の場合と同じまで上げる必要はないのではないか。大戸川橋の測定結果から筆者は活荷重による PC 桁の共振はほとんどないと考えているが、他の橋梁についてはどうであろうか。

また、わが国の鉄筋コンクリート橋の衝撃係数は長い間鋼橋の 1/2 の衝撃係数を用いてきたが、これは鉄筋コンクリート鉄道橋には道床があることと桁の自重が大きいことに注目して採用したのが、その後の長い経験と実測にもとづいて、この程度でよからうと判断されて用いられているのである。

PC 鉄道橋の衝撃係数を経験的に何の欠点も出ていないのに現在われわれが用いている値より上げなくてもよいと思うが……。また、たとえ上げる必要があるとしても、鋼桁、PC 桁、合成桁、鉄筋コンクリート桁などについて、材料の性質、荷重の実態等各方面から十分に検討してから定めないと、無益な投資をすることになりはしないだろうか。

6. PC 橋の疲労について、において友永博士は

(1) PC 橋の疲労強度に関する安全率の計算が各国できまったものがないことが、PC 桁が鉄道橋にとり入れられない理由であろう。

(2) Ekberg が

$$M_{\text{dyn-ult}} \geq K(D+L+I)$$

の式で  $K$  を 2 くらいにとるのがよいとしているが、いろいろな点から考えて、重要線区の鉄道橋では  $K=1.75$  くらいにせよ。

(3) 鋼線の許容応力はドイツの規格のように

$$\sigma_{pa} < 0.55 \sigma_{pu} \text{ または } \sigma_{pa} \leq 0.75 \sigma_{py}$$

程度に鋼線の許容応力を下げよ (わが国では鋼線に対して  $\sigma_{pa} \leq 0.6 \sigma_{pu}$ )。

(4) ヒビワレに対する安全率を 1.4~1.5 くらいにとるのがよい。

等の主張をされている。

友永博士はこの論説でいろいろな面から文献等を引用されながら説明されているが、結論として桁の疲労その

他からみて日本の現在の鉄道橋の設計方式で設計した場合より約 25% くらい多い鋼線を用いなくては、鉄道橋としての PC 桁の安全は確保されないとされている。

これらの点について筆者は友永博士とかなり異なった意見をもっているもので、以下のべてみたいと思う。ただ、友永博士の論旨は多方面にわたっているが、筆者としては基本的な考え方を一括してのべる方が、筆者の主張がはっきりすると思うので、以下そのような方針でのべることにする。

筆者は昭和 18 年頃から 24 年頃まで PC 桁についての実験をしていたが、そのころ PC 桁の設計をどうすべきかについて随分考えてみた。初めは PC 桁の安全率としてヒビワレ荷重に対して 2、破壊荷重に対して 3 くらいをとりたいて考えていたが、外国で行なわれた実験や考え方を検討してみても、とうていこのような安全率がのぞめないということがわかってきた。それはヒビワレ荷重に対して 2 の安全率をもたせるような設計をすると、鋼線の量が多くなって不経済となり、PC 鋼線のような良質な材料を用いる意味がなくなるばかりでなく、プレストレスングのとき桁の下縁に大きな力をかけるので、桁の上縁の引張応力が大きくなって困ることになる。さらに、鋼線の許容応力を低くとると、静的な破壊試験において、ヒビワレが低い荷重でおこり、PC 鋼線の引張強度が大きいために荷重が増すとともに PC 鋼線の伸びが大きくなってヒビワレの巾がひろがり、二次的な変形がおこり（この場合には、われわれが普通に計算するとき用いる変形が少ないという仮定がなりたたなくなる）、鋼線の破断強度よりはるかに小さい荷重で桁が破壊してしまうのである。それで筆者は外国でヒビワレ荷重と設計荷重との差が小さくとられている意味が納得できたのである。そこで筆者は鋼線の許せる範囲内でプレストレスングのときの鋼線の応力は高くとることが材料費の高い PC 鋼線を桁の破壊時まで十分利用するために必要であると信じている。しかし、このように桁の破壊を、鋼線の破断によっておこすようにするためには、よほど良質の PC 鋼線を使用することが必要であって、PC 用の鋼線は質がわるくてもよくはないかというような考え方は根本的に間違っているのである。PC 桁の成立はもともと普通の鉄筋コンクリート桁の鉄筋に高張力鋼を用いて鉄筋量を減らしたいという点から出発したものである。ただコンクリートのクリープが相当大きい値になるので普通の鉄筋より少し高いくらいの強度の鋼を用いたのでは、とうてい成功しなかったものが、PC 鋼線を用いるというホイヤーやフレッシュの着想がみられて今日の発展をきたしたのである。したがって、本来からいえばヒビワレ荷重よりも破壊荷重に対する安全

率を考えてゆかないと経済的になりたないということに注意すべきであると思う。しかし筆者は PC において、ヒビワレ荷重が意味ないというのではない。ヒビワレ荷重は桁にヒビワレが生ずると応力状態が一変し、したがって、ヒビワレが出ると桁の疲労が早くなる。また、ヒビワレが生じたことによって桁の保守管理が面倒になってくる。こうした意味においてヒビワレ荷重は十分検討されなければならないのである。

PC 桁の疲労はヒビワレが出るか出ないかが重要点であることは今までの実験、研究によってほぼ明らかにされていると思う。そこで設計荷重をヒビワレ荷重に対してどれだけの安全率をもたせたらよいかということが大きな問題になる。筆者も友永博士と同じように、設計荷重に対してヒビワレ荷重をなるべく高くとりたいてという点については同感であるが、前に述べたようにあまり高くとると恐ろしく不経済になってしまつて、何のために PC 鋼線のような良質の材料を用いるかがわからなくなってしまうわけである。それではヒビワレ荷重をどうしたらよいであろうか。PC 桁についていろいろと応力やタワミ等を測定してみると、少なくともヒビワレが発生するまでは計算と測定結果とは比較的よく一致するものである。もちろん設計にも施工にも十分の注意は必要であるが……。このような考え方に立つと、ヒビワレはある荷重について計算して出なければ実際にも発生することはないといつてよい。ただ計算するときコンクリートの引張強度はないものとした方が安全であり、構造物の重要度に応じて荷重に余裕をもたせたらよいと思う。その意味で前に友永博士のいわれた PC 鉄道橋の衝撃係数は鋼鉄道橋と同じにとれという論に対しては、ヒビワレ荷重その他について十分関連させて議論した場合には必ずしも反対するものではない。友永博士は PC の施工材料等について非常に懸念され、この意味からもっと安全をとれといわれているが、大戸川橋の施工の実際と、いろいろと実測してみた結果からみて、それほど心配することはないと考えている。幸い日本の現状では PC は専門の施工業者がおり、その技術と信用は必ずしも外国に比較しておとっているとは思われないので、十分な注意は必要であるが、友永博士が心配されるほどのことはないのではなからうか。

また、友永博士が鉄道橋について、道路橋より安全性について慎重でなくてはならぬという理由として、

- (1) 設計荷重と常時通過する荷重との差が小さいこと、
- (2) 重要線区では、高い荷重の瀬度が多いこと、等をあげておられる。

この意見に対して、PC 桁では通過荷重の大小によつ

て生ずる、桁内の増加応力の差はきわめて少ないということを見ると、友永博士の御説は当をえていないと思う。むしろ道路橋では、友永博士もいわれるように、ときたま大きな荷重が通って、そのために桁にヒビワレが生じたりすると困るのだと心配すべきではなからうか。また、最近では鉄道の近代化が叫ばれ、その近代化がすすむと機関車のような大きい軸重をもったものは、だんだんと少なくなっており、その軸重そのものも小さくなっている。東海道新幹線も戦前に弾丸列車といわれたときには、KS-20~22の荷重を考えていたのに対し、今はKS-15~16くらいで設計されていることは、この事実を証明していると思う。したがって、今後はむしろ鉄道橋では、桁が通過荷重に対して強度の余裕をもつことになる。

以上いろいろと友永博士の論旨に対して筆者の考え方をのべたが、これを要約すると、

(1) 鋼線のプレストレスング時における引張応力は使用する鋼線の材質のゆるす限り高くとるのがよく、友永博士の  $\sigma_{pa} \leq 0.55 \sigma_{pu}$  のごとく低く制限すべきではない。

(2) ヒビワレ荷重については、桁の疲労その他の観点からなるべく設計荷重より高くするよう設計するのが望ましいが、設計荷重がのったときに桁の下縁の引張応力が0になる程度におさえるのがよいだろう。設計や施工に十分注意すれば設計荷重とヒビワレ荷重の比をこの程度にしても桁の安全性には心配はない。

(3) 鉄道橋における活荷重と道路橋における活荷重のPC桁におよぼす影響については、友永博士の論には賛同しがたいこと。

(4) PC鉄道橋の衝撃については、友永博士の論も否定するものではないが、もっといろいろな面から鋼橋、合成桁、PC桁、鉄筋コンクリート桁などについて検討してみる必要があること。

等が筆者の考え方である。

要するに筆者は友永博士のいわれるように心配の可能性を全部積み上げて桁の安全を考えると、PCが成り立たなくなってしまう、極端にいえばPC否定論になってしまうということに注意したいと思う。PC桁はそんなに心配しなくても、十分な注意で設計し、施工すれば桁の安全性を確保できると信じている。

筆者は技術には理論だけでなく、実験、実測、そしてさらに経験的な面もとり入れて発展させるべきであり、経験的に安全とみとめられるものに、さらに高い安全性を要求することは、技術の一面である、よりよいものをより安く造るという原則に反するので、十分関係者の議論をつくした上で採用すべきであると思う。

しかし、友永博士の論文を拝読すると、たしかに、われわれがPC桁を設計し、施工する場合に注意すべき点がかくわしく論ぜられていて、われわれPC関係者は友永博士の論旨をよく理解し、設計施工の参考とすべきであると思う。

さらに、PCというものは鉄筋コンクリートから発展したものであるが、力学的な考え方においても、材料としても、施工面から考えても鉄筋コンクリートと比較して、くらべものにならないほど高度の技術が要求されている。そこで、設計や施工が適当でないと友永博士がいろいろと懸念されているような欠点があるのも事実である。したがって、PC桁の実施に当っては、設計についても、材料についても、施工に当っても、十分注意する必要がある。

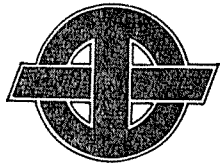
ただ、友永博士の御説のように、そのような心配があるからといって、どんなPC桁でも、今までよりも設計荷重を高くし、鋼線を多くつかい、初応力を低くするというような方法をとると、PCは経済的に成り立たなくなってしまうということを述べてみたわけである。

(筆者：国鉄名古屋幹線工事局長)

## 討 議 欄 の 新 設 に つ い て

学術の発展は活潑な意見の交換があってこそ正しい姿で進歩してゆくべきものだと思います。今回はからずも仁杉博士の友永博士への討議が参りましたので早速とりあげました。果して毎号の雑誌討議が出せるかどうかは疑問ですが、どうかこの欄を十分御利用の上、意見をたたかわせて下さい。ディスカッションという大がかりなものでは言いにくい……という論もありますが、要は私はいこう思う……かくあるべきだ、という小さな御意見でもかまわないと存じます。討議が再び討議を呼び、賛成、反対が入りまじって一つの結論に近づいてゆくことこそ技術の進歩の理想的な形ではないでしょうか。とくに比較的若い学問であるPC技術の場合、解明されなければならない問題が山積しているはずで、協会誌の行き方、協会のあり方などについても誌上で一度討議して下さると非常に有益だと考えております。この討議を皮切りに、どしどし本欄を御利用下さることをお願いしておきます。

【編集部】



◇ピーエスコンクリート

設計・施工・製作

◇各種建設工事請負

# 田島工業株式会社

顧問 稲浦 鹿蔵

顧問 大島 太郎

取締役社長 田島 清一

本社	富山市中島六番地	TEL 富山(代)②6127
東京支店	東京都港区芝新橋二丁目一番地	TEL 東京(571)1695~6
大阪営業所	大阪市南区順慶町二丁目(順慶ビル内)	TEL 大阪②⑥ 6091
名古屋出張所	名古屋市中区御幸本町通り三ノ六(御幸ビル内)	TEL 名古屋②③ 3121
富山工場	富山市中島二十六番地	TEL 富山②6127~20
相模工場	神奈川県相模原市新戸四八五番地	TEL 座間 445~6

PC製品・製造販売

PC構造物設計施工



# 極東工業株式会社

取締役社長 藤田 定市

事業所	所在地	電話
本社	広島市二葉の里115番地	広島(4)代表 8221
大竹工場	広島県大竹市栄町西栄	大竹 607
岡山支店	岡山市上伊福字三十二8の4	岡山(2) 7795
大阪出張所	大阪市北区薬村町78	大阪(37) 8119
小倉出張所	福岡県小倉市到津新町	小倉(5) 3881
福岡出張所	福岡市新雁林町	福岡(5) 6631