

質 疑 応 答

質 問

道路管理者の立場から、PC橋（たとえば $L=20.0\text{ m}$, $W=6.0\text{ m}$, 荷重 20 t のような場合）に超重量物（たとえば自重 100 t クラス）を通過させる場合、もちろん台車の諸元によって左右されると思いますが、その耐荷力（安全性）をどのように考え、どのような処置をとるべきであるか、詳細に説明して下さい。

【横浜市 中川 英憲】

解 答

超重量物の橋上通行についてはPC橋にかぎらず、その他の橋梁でも問題になる点が多いと思います。いろいろ

法規上の問題もあるでしょうが、ここでは技術的な問題のみについて説明いたします。

（1） 運搬用トレーラー

重量品をトレーラーに積載して運搬する場合、トレーラーの寸法、大きさ、構造などは橋梁などに対する強度計算についての基本的な数値として非常に重要なものがあります。すなわちトレーラーの寸法、大きさ、構造などによりタイヤに作用する荷重が変わり、これに左右されて橋梁に生ずる曲げモーメントやせん断力がことなってきます。現在、わが国では重量品の陸上（道路）運搬はほとんど日本通運KKによっておこなわれており、同社ではタイヤにかかる荷重、走行軌跡、走行抵抗などを考慮の上、それぞれの載荷重量に応じたトレーラーを所有しています。以下にはこれらの日通の所有しているトレーラーについて話を進めることにいたします。御質問にあります 100 t 程度の場合にはそのトレーラーは 図-1

図-1 日通式 180 t トレーラー略図

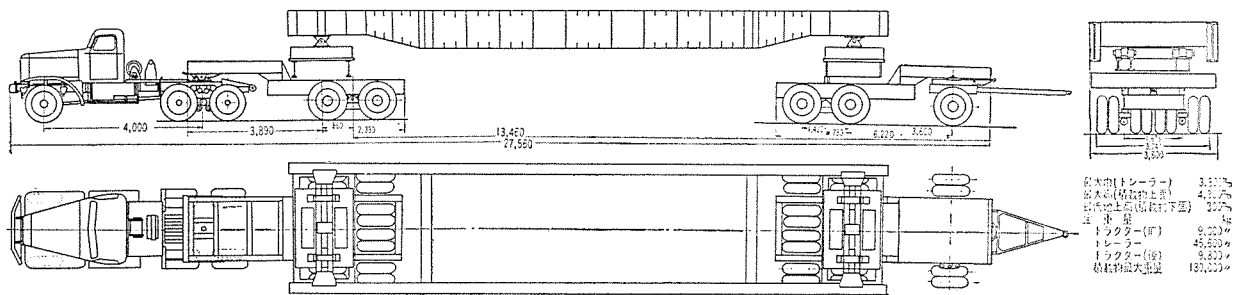
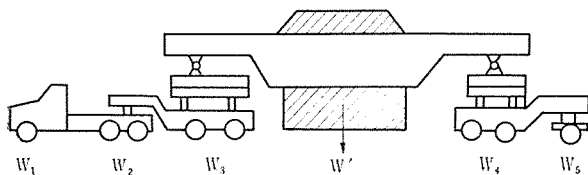


表-1 日通式 180 t トレーラー各軸荷重表 (t)

W'	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	計
1	3.490	8.550	16.056	14.910	8.091	51.097
50	3.537	13.395	37.056	33.560	14.449	101.097
80	3.566	16.302	48.216	44.750	18.263	131.097
100	3.586	18.240	56.256	52.210	20.806	151.097
120	3.603	20.160	64.356	59.710	23.268	171.097
150	3.632	23.050	76.456	70.910	27.049	201.097
180	3.660	25.975	88.461	82.151	30.850	231.097



に示すようなものです。このトレーラーは自重のみが 51 t で 180 t まで重量品を積載することができます。重量品を積載したときにタイヤに作用する荷重は 表-1 のようになります。

（2） 曲げモーメントに対する検討

いま、前述したようなトレーラーが橋上を通過すると

き、主桁に生ずる曲げモーメントを検討する場合に問題になるのは、橋梁は床版、横桁などで横方向に緊結されており、橋全体としてこれらの荷重に抵抗するはずですから、各主桁の間にどのような割合で荷重が分配されるかということだと思います。このような荷重分配の作用は橋のスパンと巾員の比、主桁方向と横桁方向の曲げ剛性の比、桁のねじり剛性の大きさ、載荷状態などによって変わってまいります。

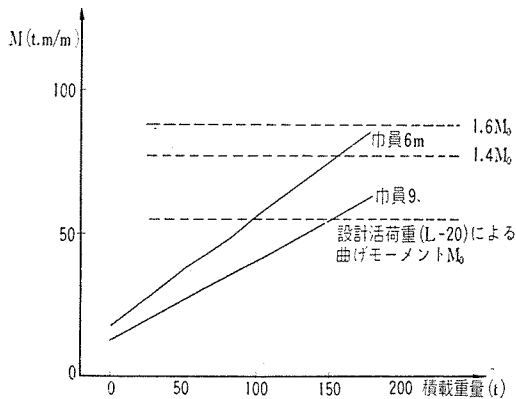
各主桁にできるだけ同じ大きさの曲げモーメントを生ぜしめるようにトレーラーの通行位置を定めるのが有利であるということはいうまでもありません。このようにするためには、よく周知のとおり巾員の中央の位置にトレーラーを通行させればよいわけです。以下においてはトレーラーはすべて巾員中央の位置を通行するものといたします。

PC橋では鋼プレート ガーダー橋などとくらべて桁のねじり剛性がかなり大きいので荷重の分配は非常に優れております。軸荷重の巾（外側タイヤから外側タイヤまでの距離）は 3.24 m ですので、最大曲げモーメント

を検討する場合、御質問にありますようなスパン 20 m、巾員 6 m 程度の橋では、まず各主桁が均等にトレーラー荷重を負担すると考えてさしつかえありません。また同じスパンで巾員が 9 m 程度になりますと、巾員中央付近にある主桁に生ずる曲げモーメントは、各主桁が均等に荷重を負担すると考えたときの曲げモーメントの 10% 増し程度と考えると十分安全側です。これらの事実は弾性範囲内における載荷の場合の多くの実橋についての計算結果や、実験結果からいえることです（弾性範囲をこえ、桁にひびわれが発生したのちの大きな載荷の場合にも、荷重分配の状態は弾性範囲内におけるものと、ほとんど変わらないということが模型実験の結果より得られております）。

図-1 に示したトレーラーを用い、積載重量をいろいろ変えた場合、スパン 20 m、巾員 6 m および巾員 9 m の橋梁で、曲げモーメントがどのようになるかを示すと図-2 となります（図-2 の曲げモーメントは巾員 1 m

図-2 日通式 180 t トレーラーの積載重量と曲げモーメントの関係
(スパン 20 m、巾員 6 m、9 m の場合)



当たりについての値です)。重量品をトレーラーで運搬する場合には、きわめて低速 (5 km/h 以下) で走行するので、衝撃の影響はほとんど考えなくてよいと思います。これは建設省関東地建管内における実測結果からいえる事実です。また図-2 には鋼道路橋設計示方書に示されている活荷重 L-20 による衝撃の影響をふくんだ曲げモーメントの値も示されています。

図-2 から、巾員 1 m 当りの曲げモーメントは巾員の増加とともに小さくなるのがわかります。すなわち巾員の大きいほど安全度が大きいといえます。いま御質問の巾員 6 m の場合には積載重量 100 t (トレーラー自重を加えれば全重量 151 t) 以下では設計活荷重 (L-20) による曲げモーメントより小さいので十分安全です。また従来活荷重のひびわれに対する安全度 1.4 以上となるよう設計していますので (設計においてこのような安全

度を考慮することに対しては意義があるかどうか疑問に思いますが)、設計活荷重の 1.4 倍の曲げモーメントに相当する積載重量は約 160 t です。しかし今までに架設されてきたフレシネー式の橋梁の場合には、このような活荷重のひびわれに対する安全度は設計計算では 1.6 以上になっているのが普通ですから、設計活荷重の 1.6 倍による曲げモーメントも図-2 に示してあります。

図-2 からわかるように、図-1 に示すようなトレーラーに最大積載荷重 180 t を積んだ場合 (全重量 251 t) でも、計算上は主桁にはひびわれも発生せず、何ら異状は認められないはずで、曲げモーメントに対しては橋梁

図-3 曲げモーメントとスパンとの関係
(巾員 6 m、積載荷重 50, 100, 150, 180 t の場合)

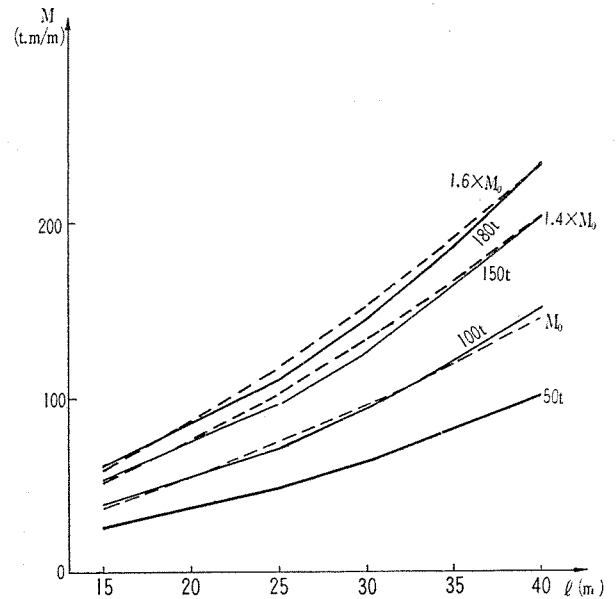
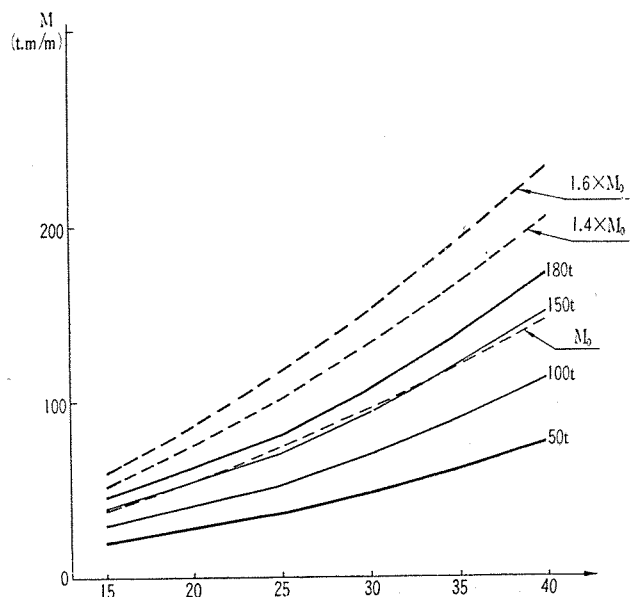


図-4 同上
(巾員 9 m、積載荷重 50, 100, 150, 180 t の場合)



は十分安全であるということが出来ます。

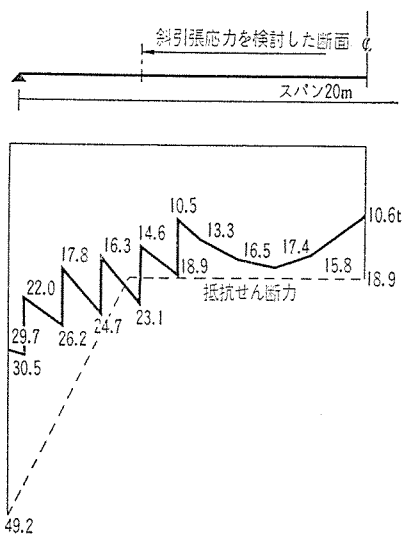
次に、積載重量を 50, 100, 150, 180 t と変えたときのスパンと曲げモーメントとの関係を巾員 6 m と 9 m の場合について示せば、図-3, 4 となります。この場合にも上述のようにトレーラーは巾員中央の位置を通過するとし、もちろんスパンとの関係で変るとは思いますが、一応巾員 6 m では各桁が均等に荷重を負担するとし、巾員 9 m では各桁が均等に荷重を負担するとしたものの 10% 増しの値を考えております。図-3, 4 には設計活荷重 (L-20) による曲げモーメントおよび上述した意味からこの 1.4 倍, 1.6 倍の曲げモーメントも示してあります。これらの図から 40 m までのスパンでは巾員 6 m のとき積載重量 100 t の場合の曲げモーメントが大体設計活荷重 (L-20) による曲げモーメントに相当し、従来架設されてきたフレシネー式の橋梁では 180 t の積載荷重でも、ほとんどびびわれを発生しないはずであり、巾員 9 m のときには安全度がさらに増大し、十分に安全であるということがわかります。

(3) せん断力に対する検討

せん断力に起因する斜引張力に対しても検討することが必要ですが、PC 橋ではケーブルの曲げ上げの状態によってせん断力が変わり、また断面寸法、桁に生じている軸方向応力状態などによっても斜引張応力度がことになってきます。これらの斜引張応力度におよぼす要素は各橋によって異なるので、なかなか一般的に説明するのはむづかしいと思われます。それでここでは御質問にありますようなスパン 20 m, 巾員 6 m ですすでに架設されているある橋の実例について御説明いたします。この実例は一等橋、主桁数 5 本、主桁間隔 1.35 m, 主桁高さ 1.1 m, $\sigma_{cs}=400 \text{ kg/cm}^2$, 設計断面で 12- $\phi 5$ ケーブル 9 本を使用しており、この程度の規模のフレシネー式の橋としては、まず標準的なものだと考えてさしつかえありません。

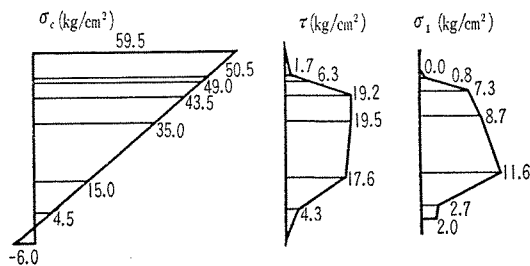
せん断力の計算の場合には、各主桁への荷重の分布の状態を曲げモーメント

図-5 積載重量 180 t (全重量 251 t) の場合のせん断力



の場合と同じだと仮定するのは厳密には正しくありません。いま各主桁への荷重の分布を近似的に次のように考えて積載重量 180 t の場合のせん断力図、図-5 を画きます。まず各主桁への荷重の分布は近似的に曲げモーメントの場合と同じように考えてスパン中央断面におけるトレーラー荷重によるせん断力を計算します。次に支点断面にのるトレーラーの軸荷重はその巾 (3.24 m) のみへ他の軸荷重は曲げモーメントの場合と同じように分布すると考えて支点断面におけるせん断力を計算します。スパン中央断面と支点断面の間ではトレーラー荷重によるせん断力は直線的に変化すると考え、これに死荷重によるせん断力とケーブルの曲げ上げによるせん断力を加えて図示しますと図-5 となります。全重量 231 t というような大きな荷重が作用しているのですから、許容斜引張応力度として一応 $\sigma_{ia}=16 \text{ kg/cm}^2$ (土木学会制定プレストレスト コンクリート設計施工指針, 57 条, 表-12, パーシャルプレストレッシングの場合を参照) とします。この値はコンクリート引張強度の約 42% で 2.4 の安全率を有しております。いま $\tau=16 \text{ kg/cm}^2$ となるような抵抗せん断力を図-5 に書き込みますと、ウェブ巾拡大始点付近で抵抗せん断力を超過するということになりますので、この断面について斜引張応力度を計算しますと図-6 のようになり、上記の許容値を満足

図-6 斜引張応力



しておりますから、せん断破壊に対しても十分に安全だといえます。

このようなトレーラー荷重によるせん断力に対する検討は個々の橋についておこなうことが必要ですが、ここに取り上げた実例の橋は大体標準的なものだという点、また上記では許容斜引張応力度を 16 kg/cm² としましたが、このような特殊な重荷重が載荷するときには、もっと大きな値が許容されてもよいと思われる点などを考え合わせますと、積載重量 180 t 程度までは、一般にせん断破壊に対して十分に安全だといえましょう。

曲げモーメントの場合と同じように種々の積載重量に対してのスパンとせん断力との関係を巾員 6 m と 9 m の場合について示せば、図-7, 8 となります。この場合にも巾員が大きくなるとともに有利になるということが

図-7 せん断力とスパンとの関係
(巾員 6 m の場合)

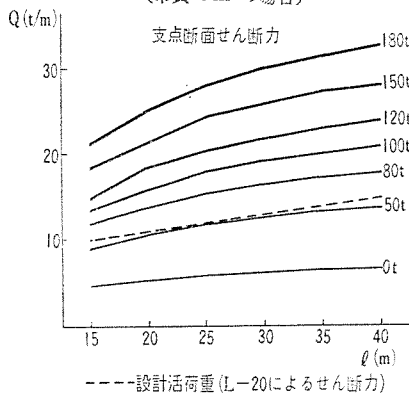
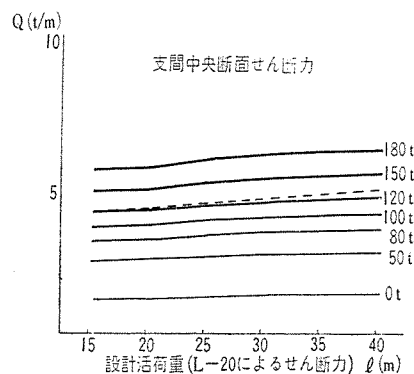
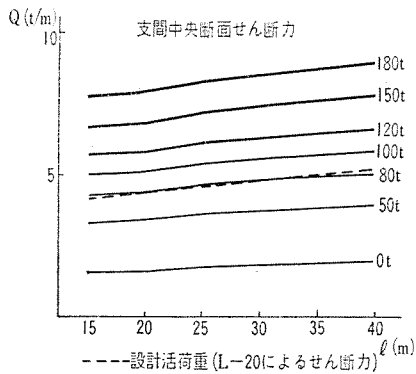
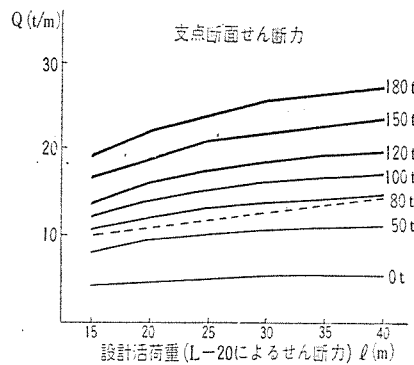


図-8 同 左
(巾員 9 m の場合)



わかります。

(4) 重量物の通行に対する処置

トレーラーの構造としては一つの軸にかかる荷重ができるだけ小さくなるよう、また走行にさしつかえない程度に軸荷重の間隔の大きいものを選び、タイヤの空気圧もできるだけ載荷面積が広がるように調節します。

また橋上の通行にあたっては衝撃をできるだけ生ぜしめないよう橋面上の凹凸をなくし、橋面上で急旋回したり急停止したりすることなく、低速で通過させるよう留意いたします。

重量物の重量、トレーラーの寸法などが与えられますと計算でまず上述のような検討をおこなえばよいわけですが、一般に 40 m 程度までの巾員 6 m 以上の PC 橋

で現在までに架設された一等橋では大体積載重量 180 t (全重量 231 t) 程度まではなんらの支障なく通行させることができると判断してさしつかえありません。巾員が 6 m 以下のときには、主桁に微細なひびわれが発生するかも知れませんが、これは普通の使用状態にもどれば口を閉じてしまいますので、大して心配する必要はありません。

上記には、スラブについてふれませんでしたでしたが、一つの輪荷重(タイヤ 2 輪を 1 組として輪荷重と考える)の大きさは積載重量 180 t で最大約 11 t となり、T-20 の後輪荷重で衝撃の影響を考えると大体これに近い値となります。ただ 11 t の輪荷重が比較的せまい範囲 (3.24 m × 1.42 m) に 8 コ作用しますので、それだけ危険を増しますが、猪股博士によっておこなわれた実験の結果からも、スラブは非常に大きな安全度

を有しているということがわかっておりますので、まず問題になることはないと思います。

以上に述べた以外に日本通運 KK では積載重量 300 t (全重量 420 t) のトレーラーを所有しております。このようなものに対しては巾員の狭い場合かなり危険な状態となりうる場合もあると思われませんが、PC 橋では他の橋梁とことなり、スパンの中央を一時的に支持するというような簡便な方法で補強することができませんので、どのような方法で補強するかということは今後に残された大きな課題の一つだと思います。

【建設省土木研究所 国広 哲男】

質疑応答欄の御利用について

毎号の質疑応答欄は非常に好評を頂いております。小さな疑問、設計上の根本的な考え方など、皆様が目ご首をかきげられるような問題は決して少なくないものと思います。編集委員会の立場でわかる範囲でお答えできるものもありますし、また関係各省へ御相談しなければ即答が困難な問題もあります。しかしできるだけ質問者の立場に立って現段階でわかっていることを正確に解答するよう心がけておりますから、どしどし御質問を御寄せ下さい。本号の中川氏への解答が大変遅れましたことを御詫び申し上げます。

(編集委員会)