

技術相談

設計上疑問のこと、現場でお困りのこと等、何でも技術上の御質問をお寄せ下さい。本欄で確実なお答えをいたします。ただし

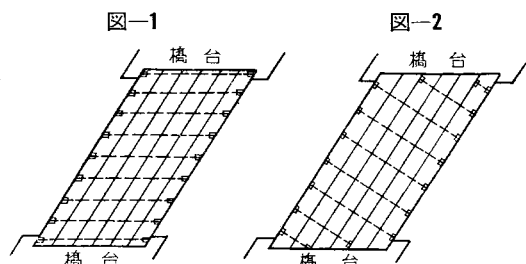
1. 要領を得た簡潔な質問とする。
2. 質問の採否、または部分的加除修正は編集委員会に一任されたい。
3. 質問者の会員種別、住所および氏名を明記する。
4. 解答はすべて誌上で行い、直接個人的にはこれを行わない。

【問 1】 プレテンション桁を並列したスラブの横締め

プレキャストのプレストレスト コンクリート桁を並列して、その間に場所打ちコンクリートを打つ道路橋の場合、横方向はフルプレストressingで設計しなければならないということを聞きましたが、横方向をフルプレストressingで設計すると、非常に多くの横締めケーブルを配置しなければなりません。

例えば1等橋スパン 12m で幅員 6m 程度の場合、直径 5mm の PC 鋼線 12 本をおさめたケーブルを約 60 cm 置きに使用せねばなりません。幅員が増すとケーブルの使用数はもつと増加します。少し使いすぎというような感じをうけるのですが、事実必要な量なのでしょうか。

横方向は普通の鉄筋コンクリートと同じように考えて配筋鉄筋程度の横締めボルトまたは鉄筋を引張力を加えないで配置しておくことでは不十分なのでしょうか。



斜橋の横締めケーブルまたは、横方向鉄筋（横締めボルト）は図-1のように桁の中心線に対して斜にすべきか、または図-2のように桁の中心線に関して直角にすべきか、あるいは別に適当な角があるのでしょうか。以上の点をお教え下さい。 【山崎 広志】

【解答】

まだはつきりとお答えできる段階にはなっておりませんが、現在設計上迷っておられる方々のために、現状をお伝えしましょう。

プレテンションした桁を並列して、スラブ橋を作るときに、なぜ横方向に連結しなければならないかを考えましょう。もし1本の桁だけでその上に直接載る輪荷重を支持できるならば、横方向に連結する必要はないのですが、一つの輪荷重を数本の桁に分布させて経済的な設計

を行うため、横方向の連結が必要になってくるわけです。

新しい道路橋の示方書によると設計荷重には T 荷重と L 荷重の 2 種があつて、T 荷重は自動車荷重であり、L 荷重は設計計算の便利のために自動車荷重を換算した線荷重と等分布荷重の組合せであります。従つてスラブ橋のように直接に荷重を受け、集中荷重の影響の大きい構造物では床や床組と同じように考えて T 荷重を用いて計算を行うべきでしょう。

しかし T 荷重によつて版の計算を行うことは煩雑であり、また版に生ずる橋軸方向の曲げモーメント（以下 M_x とする）がスパンと幅員とによつて変化し、設計断面を各スパン、各幅員ごとにかえなければならないことになります。

そのため一般に PC スラブ橋を設計する場合には一つの自動車荷重を一車線幅当りの桁に等分布させて計算するか、L 荷重を用いています。このような計算方法をとっている以上、輪荷重を数本の桁に分布させることが必要なのです。横方向の連結を行うには次の二つの方法が考えられましょう。

一つはプレシネーケーブルか高張力ボルトを用いて横方向にポストテンションする方法です。この場合は、横方向にもコンクリートの全断面を有効と考えることができるので等方性の版と考えると計算することができ、プレキャストビームを並列しよ PC スラブ橋を利用する程度のスパンならば、T 荷重による M_x は L 荷重による M_x よりも小さくなります。従つて L 荷重によつて計算すれば M_x について不経済ではありますが安全側になります。しかし、この方法を行うには、(a)現場にポストテンションの設備を必要とします、(b)橋軸に直角方向のポストテンションすべきコンクリートの面積は橋軸方向よりも大きいのでフルプレストレスとするには多量の PC 鋼線を必要とします、(c)橋軸に直角方向の曲げモーメント M_y が大きくなり、かつ負の曲げモーメントを生ずるようになる、等の難点があります。

第二の方法はプレキャストされた桁を鉄筋コンクリートで連結すると考える方法です。現在、一般に行われている方法がこれで、鉄筋の代りにボルトを利用しています(荷重の分布を考慮して桁の設計をしている以上、横方向にせん断力と曲げモーメントが働くので、このボルトは桁の横方向移動を防ぎ、桁の連結はコンクリートのみによると考えるのは誤りでしょう)。このボルトをいくら配置したらよいか、従来計算されていなかったようですが、この計算の一つの方法として次のようなものが考えられます。

版に一つの集中荷重が載荷された場合、単位幅当りの M_x は版の縦横の辺長および縦横の曲げ剛度の比によつて左右され、 $\theta = \frac{b}{2a} \sqrt{\frac{B_x}{B_y}}$ の関数になる。 $a = \frac{\text{スパン}}{2}$ 、

$b = \frac{\text{幅員}}{2}$, B_x : 縦方向の曲げ剛度, B_y : 横方向の曲げ剛度, この θ と M_x, M_y との関係は, Guyon や Massonet によつて表にされているので, 以下の計算にはこの表を用いましたが, θ が増大すると M_x は増大し M_y は減少します (この場合ポアソン比の影響を無視していますが, ポアソン比の影響は比較的小さく, 特に M_x に対しては小さいのです)。

この版は横方向には鉄筋コンクリートであるから, 当然 M_y によつて中立軸以下のコンクリートにはひびわれが入り, 従つて横方向の剛度を計算する場合に引張側のコンクリートを無視するのが妥当でしょう。このように考えれば鉄筋量を減らすと中立軸が上り, B_y は減少し, M_x は増大します。しかしこの版は, L 荷重を用いて設計しているので M_x は L 荷重による値を超えてはなりません。従つて M_x の L 荷重による計算値と T 荷重による計算値とが等しくなる値以下に, 鉄筋量を減少させることはできません。この観点から最小鉄筋量を求める計算法であります。

L 荷重による M_x と T 荷重による M_x とが等しくなる θ は, スパンと幅とにより変化しますが, 幅がスパンの 2 倍以下であれば, 2 以下になることはないので $\theta=2$ とします。

ボルトの位置を上縁から $1/1.5 H$ (H : 版の高さ) にあるものとし $n=10$, 中立軸の位置を上縁から $x=H/1.5 k$ にあるとしますと,

$$B_x = \frac{E H^3}{12}, \quad B_y = \frac{E x^3}{3}, \quad \theta=2 \quad \text{より}$$

$$k = 0.38 \left(\frac{b}{l} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{となります。}$$

一方, 鉄筋比 p と k とは

$$p = \frac{k^2}{2n(1-k)} = \frac{k^2}{20(1-k)} \quad \text{ですから}$$

b/l がきまれば p すなわち鉄筋量を求めることができます。例えばスパン 6 m, 車道幅員 10 m, 版高 32.5 cm ですと $b/l=0.83$, $k=0.3$, $p=0.0064$, $A_s=0.0064 \times 32.5 \times 1/1.5 \times 100=13.9 \text{ cm}^2$ となり, $\phi 25 \text{ mm}$ を 35 cm 間隔に入れることになります。 $\theta=2$ として $2 M_y$ を求めますと, この M_y に対して必要な鉄筋量は以上の計算による鉄筋量より小さいので, 以上の計算による鉄筋量で十分と思われま

す。PC スラブ橋の横方向の連結をどうしたらよいかということはイギリスでも問題になつていとみえて, 昨年のイギリス土木学会誌に十数人の討論が掲載されています。イギリスは高張力ボルトによるポストテンションを行つており, この配筋量をいかにするかが議論されています。たしかにポストテンションした方が理論的に割切れるとは思われますが, それでは広幅員の場合の負の反力に対してどうするかという問題も残っていますし, 施工上に幾つもの問題があると思います。さらに実験等に

よつて十分検討を実施し, 鉄筋ですます方法を検討することが便利と思います。

なお $15^\circ \sim 20^\circ$ 以上の斜橋は縁端付近に負の反力が生ずるので特別に考慮する必要があります。また M_y の値は桁端で 0, スパン中央で最大値となりますが, スパンの $1/4$ 点でも最大値の 90% 程度であるため, 鉄筋間隔は桁端付近以外はあまり変化させない方がよいでしょう。

【問 2】

振動を利用して土を転圧する国産の機械およびその効果について御説明下さい。

【梅田 昌郎】

【解 答】

土の振動締め固め機械はわが国においては最近発達してきたものですが, その種類には振動式ゴムタイヤローラ, 振動式 (平滑胴) ローラ, 振動式プレートソイルコンパクタ等があります。ゴムタイヤローラは自重と振動とを利用するものですが, 後 2 者は主として振動を利用するものです。

表一1 振動締め固め機の諸元

	ゴムタイヤローラ	平滑胴ローラ	プレートソイルコンパクタ
自重 (t)	6.7	1.6	1.6
全備重量 (t)	11.0		
全長×全幅×全高 (m)	4.6×2.7×2.5	3.7×1.315×1.37	1.58×1.09×1.25
転圧幅 (m)	1.22	0.90	1.0
タイヤまたはローラ	12.00-20(4本)	750 mmφ × 幅 900 mm	
振動機回転数 (rpm)	700~1400	2400×3000	600~1000
原動機	30HP ガソリン機関	7.5HP ディーゼル機関	10HP ディーゼル機関
前後進速度 (km/h)	2000 rpm 関	1500 rpm 関	
		0.9~1.8	0.6

表一1 に示すゴムタイヤローラを用いて砂質粘土ローム (最適含水比 19.4%, 最大乾燥密度 1.76 g/cm^3) をその最適含水比付近で転圧した結果によれば (村山朗郎ほか: 東条川アースダムにおける転圧試験, 「土と基礎」 Vol. 3, No. 10) 転圧回数の増加による乾燥密度の増加の割合が非常に急速で, まき厚 15 cm の場合わずか 3 回の転圧で 1.36 g/cm^3 から 1.69 g/cm^3 の締め固まり度が得られています。またまき厚 40 cm の場合に振動機を止めて, 単にゴムタイヤローラとしたときと比較して, 静的な効果と振動の効果とを分析していますが, それによれば, 仕上り面以下 10 cm, 30 cm の両測定箇所とも, 10 回転圧後の最大密度はそれぞれ振動時の 1.72 g/cm^3 および 1.68 g/cm^3 に対して無振動時の 1.69 g/cm^3 および 1.68 g/cm^3 とほとんど差異がありませんが, 転圧回数に対する密度の増加割合は, 振動を適用しないときは緩慢であつて, 少くとも 5~6 回の転圧ののちによりやく最大値に達します。従つてこの比較試験の結果, 振動式ゴムタイヤローラの振動効果は乾燥密度を急速に増加させ, 転圧回数を節減することに, きわめて有効であ

ることを認めています。

図-1 ゴムタイヤローラ

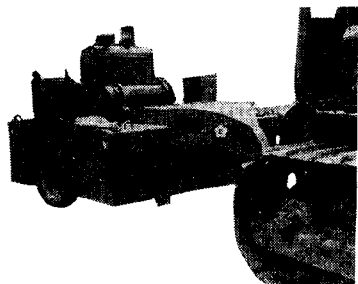


図-2 平滑胴ローラ

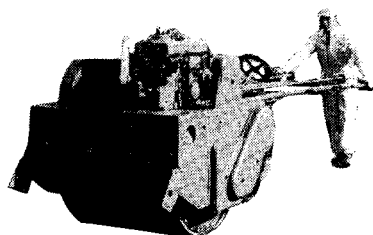
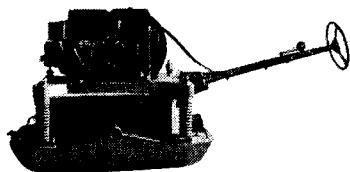


図-3 プレートソイルコンパクタ



次に振動式プレートソイルコンパクタについてはまだわが国において定量的にその効果を測定した例がないので実際の工事に使用した例から申し上げますと、粘土質よりも砂質の土に適し、砂質の場合も粗粒の方がよいようです。特に道路舗装の基礎を締め固める場合には好適で、道路ローラを十数回かけるのにくらべて、その通過回数3回程度で、締め固まり度がきわめてすぐれています。また道路ローラで十分締め固めた基礎の上にこれを通してさせると相当な沈下が起ります。自重0.5tの輸入品と表-1に示す1.6tの国産品とを比較した結果は、後者

の方が締め固め効果がよいことから考えますと、当然ではありますが、あまり軽いものは厚い盛土の締め固めには不向きでしょう。

上に粘土質の土には不向きであると申しましたが、このような土または軟弱な地盤に対しては、砂を敷いた上に切込砂利を置いて締め固めに成功した例があります。また土をまき出した直上は、不陸のために自走できないので他の機械で予転圧をするか、トラック、トラクタ等で牽引すれば使用することができます。なお在来のローラにくらべて転圧幅が小さく、速度が遅くて非効率ではないかと心配されますが、実際に使用してみた結果は転圧回数の節減によつてそれを十分補つております。

最後に振動式ローラは、最近国産品ができたところで、その土に対する振動特性は前2者と同様であろうと思います。

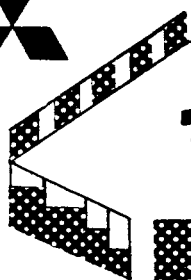
以上振動転圧の利点は急速に締め固めが進むこと、およびその締め固めた結果が良好なことです。土質によつては不適のものもありますから、その使用については十分注意しなければなりません。なお振動締め固めについては各所で研究が進められておりますから、いずれ土質に対する適用性が詳細に判明してくるでしょう。

【問 3】

学会制定の、コンクリート標準示方書解説中、疑問がありますのでお教え下さい。37 ページ上から6~7行に“セメント1にたいし細骨材 2.5” 同ページ上から16行“貧調合(1:3程度)”とありますが「容積比」ですか？示方書の原則から考えれば「重量比」のように思われますが、おたずねいたします。 【河村 協】

【解 答】

モルタル塗仕上げの配合割合についての御質問であります。この場合、容積比でも、重量比でも、さしつかえありません。これは、ACI Manual of Concrete Inspection p. 186, 1955 にも、どちらでもよいことが明記されています。



使って安心

第2号

キルン完成!

三菱セメント

本 社 東京都千代田区丸の内1の4 (新丸ビル)
電 話 (27) 1341-9・1441-9

工 場 福岡県八幡市黒崎 (電話) 八幡 3750-2
営業所 大 阪・広 島・福 岡