

北海道開発局土木試験所 正員 大島 久
北海道大学 工学部 正員 ○ 西堀忠信

まえがき

数年来、筆者らはフレテンション方式のPCゲタを並列しにスラブ橋の横方向の継手方法に関する実験的研究を行なってきた。昨年は模型スラブによる荷重分配性状、スラブの終局強度などと継手方法との関係について報告したが、今年は昨年に引続いて行った模型および実橋における実験結果と安全度に関する比較検討を行った結果について報告する。

模型実験の概要

(模型について) 模型スラブはS105のJISゲタ10本を用いて支間5m、スラブ幅3.32mの矩形スラブで、ゲタの横方向の継手方法はスラブA：中詰コンクリートのみ、富配合コンクリート使用(図-1.(b))、スラブB：横締めの用孔に $\phi 32\text{mm}$ 異形棒鋼を通し、富配合の中詰コンクリート打設(図-1.(a))、スラブC：横締めの用孔に $\phi 22\text{mm}$ 異形棒鋼を通し、貧配合の中詰コンクリート打設(図-1.(a))、スラブD：横締めを行わないもので中詰コンクリート富配合の4種である。スラブA、BおよびDの中詰コンクリートは使用セメント量 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 、水セメント比37%、スラブCのコンクリートは使用セメント量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 、水セメント比51.3%である。スラブBおよびCはいずれもスラブの外側にナットで定着した。

(載荷方法) 荷重はスラブの支間中央でスラブを構成するゲタの重心位置 $25 \times 25\text{cm}$ の支圧板を介して1点集中荷重で載荷した。載荷位置はスラブの端ゲタより順次移動し、各ゲタ上でにわみおよびひずみの影響線を求めた。載荷重は12tで、1ゲタより10ゲタまで3回の載荷実験を行った。載荷実験はオ1回が材令7日に、オ2回はオ1回の載荷実験後で材令約10日頃、オ3回はオ2回の実験終了後上限荷重12t、下限荷重36t、荷重速度250回/毎分の繰返し荷重を1ゲタ上で100万回、および6ゲタ上で100万回加えた後に、スラブの影響線を求めた後に1ゲタで破壊試験を行い、1部破壊したスラブで再び6ゲタで破壊試験を行った。

(実験結果) オ2回の載荷試験および繰返し荷重載荷後のオ3回の載荷試験において1ゲタ上および6ゲタ上に載荷した場合のにわみは図2に示す。図2で明らかなように、いずれのスラブも繰返し荷重によって荷重分配特性が変化したが、この変化の度合いはスラブAおよびCで大きく、スラブBおよびDは小さい。スラブDについてGuyon-Massonnetの図表より α および θ を測定結果を用いて逆算すると $\alpha = 0.968$ 、 $\theta = 0.416$ となり、横締めしないスラブA、BおよびCについては α が0.83~0.96、 θ が0.45~0.68の範囲であり、しかし、横締めしないスラブでは推定曲線との偏差が大きく、この傾向は中詰

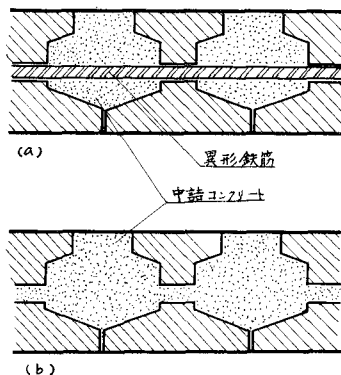


図-1. スラブの横断面図

コンクリートのみのスラブAで特に著しかった。

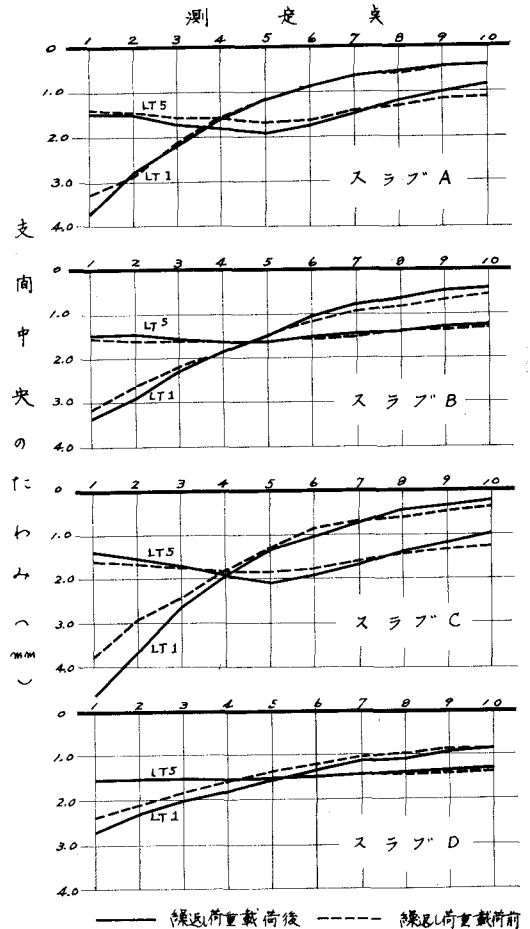
実験による載荷実験

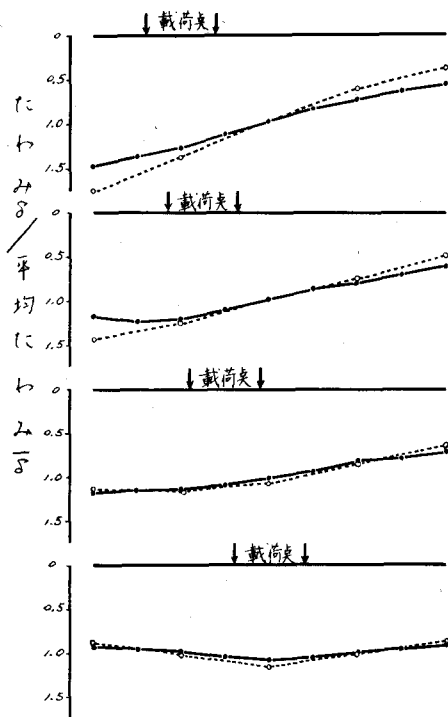
有効幅員7.50m, スラブ幅9.12m, 支間13.0m
3連よりなる一等橋で3連のうち中央径間(オ
2連)は従来のように横締めを行(にもの, 側径
間(オ1連およびオ3連)は横締めを行わず, 模
型スラブBおよびCと同じように横締め用孔にφ
32mmおよびφ22mmの異形棒鋼を通し富配合の
中詰コンクリートと打設しにものである。中詰コ
ンクリートの配合は1連目および3連目がセメン
ト使用量430 kg/m³ 水セメント比34.6%ポズリス
2.15 kg/m³, σ_{28} (標準)=450 kg/cm², 2連目はセ
メント使用量300 kg/m³, 水セメント比45.3%,
ポズリス1.5 kg/m³, σ_{28} (標準)=312 kg/cm²である。

スラブの荷重分配は総重量20tのトラック1台
を用い, トラックの後輪が支間中央で, 後輪の中
央がスラブの幅員方向でそれぞれ $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$,
 $\frac{1}{2}$ およびこれらの対称実計7英で1ヶ所につき
3回づつ載荷し, にわみおよびひずみの測定を行
った。載荷の時期はオ1回が中詰コンクリート打
設後約25日目で橋面の舗装の前であり, オ2回
が供用を開始してから約7ヶ月経過後で橋面舗装
前である。実験の結果オ1回およびオ2回の実験
においてもいずれのスラブの場合でもスラブの上

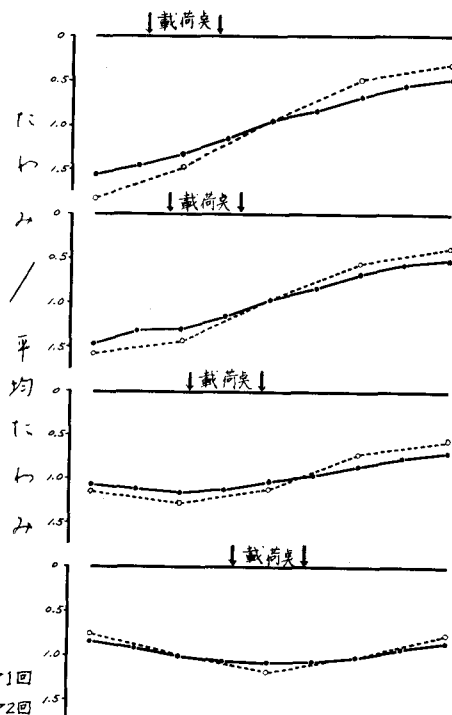
面にひびわれの発生はみとめられなかった。スラブの下面ではケタの下フランジの間の中詰コンクリートが十分行き渡っていないところもあり明瞭ではないが, 完全に充填されている場所ではひびわれが認められなかった。本実験におけるスラブの横方向の曲げモーメントをGuyon-Massonnetの方法で計算すると, 横方向でスラブの全断面を有効とするとコンクリートの最大引張応力度は2.4kg/cm²でありケタの下フランジの部分が無効であるとしても4.9kg/cm²程度でありこの程度のスラブ橋の場合荷重による引張応力度は小さく, コンクリートの引張りにおよぼす乾燥収縮などの影響が特に大きくない場合には, コンクリートの付着のみによてほぼ完全な結合がえられると考えられる。図-3は各載荷状態におけるスラブの各測定点のにわみとこれらより求めたスラブの平均にわみとの比のオ1回およびオ2回の実験結果を示しにものである。図の(a)はオ2連目は横締めを行(にものであり, (d)はオ1連目すなわちφ22mmの異形棒鋼を通しにものである。これらの結果より7ヶ月間一般交通に供用したことにより荷重の分配の性状には変化がみられるが, その変化の割合は両者でほぼ同じく, 特に両者の差違はみとめられない。

図-2 繰返し荷重載荷前後の支間中央のにわみ





(a) 才2連



(b) 才1連

図3. スラブの平均にわみと各奥のにわみとの比の才1回および才2回との比較

横締めしないスラブの解析

模型スラブのA, BおよびC, 実橋での才1連および才3連のように横方向の結合が中詰コンクリートのみの鉄筋と中詰コンクリートによるような場合には横方向の荷重の伝達はスラブの横方向の曲げ剛性によるよりもむしろケタ(またはスラブの要素)のねじり剛性によるものと考えられる。特に、アレンPCケタの横締め用孔はケタの高さの $\frac{1}{2}$ にあり、ケタの下フランジ相互の間隔は平均1.3 cmで中詰コンクリートが十分に填充され難いこと、大きな荷重をうけるとケタと中詰コンクリートの付着が阻害される危険性があることなどより、このようなスラブでは直交異方性スラブとして検討する他に、中詰コンクリートでせん断力が連続的に伝達される多主桁橋(図-4)で検討を加えてみる必要もある。この場合スラブの各要素間のずれ(垂直方向)およびせん断変形が無視出来るものとすると、連続の条件よりi番目とi+1番目の要素の間で

$$w_i + \frac{b}{2} \theta_i = w_{i+1} - \frac{b}{2} \theta_{i+1} \quad \text{---(1)}$$

$$EIx \frac{d^4 w_i}{dx^4} = P_i(x) - g_{i-1}(x) + g_i(x) \quad \text{---(2)}$$

$$GJx \frac{d^2 \theta_i}{dx^2} = -\frac{b}{2} \{g_{i-1}(x) + g_i(x)\} \quad \text{---(3)}$$

ここで EIx , GJx はケタ1本の曲げ剛性およびねじり剛性を示す。

今

$$P_i(x) = \sum P_{i\alpha} \sin \frac{n\pi x}{p}, \quad g_i = \sum g_{i\alpha} \sin \frac{n\pi x}{l} \quad \text{---(4)}$$

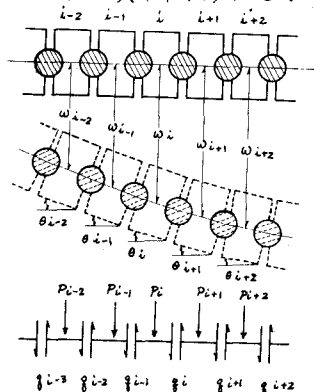


図-4

とおくと、(1)、(2)および(3)より

$$-g_{i-1} + 2 \frac{1+\alpha^2 d^2}{1-\alpha^2 d^2} g_i - g_{i+1} = \frac{1}{1-\alpha^2 d^2} (P_{i+1} - P_i)$$

ここに $\alpha^2 = b^2 \pi^2 EI_x / 4 l^2 GJ_x$ (5)

となり、スラブ縁における境界条件、すなわち

$g_0 = g_k = 0$ (k 主桁よりなるとして) より(5)式を連立に解いて桁間に働くせん断力 g_i が求められ、(2)式よりにわみは、

$$w_i = \frac{l^4}{EI \pi^4} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} (P_i - g_{i-1} + g_i) \sin \frac{n \pi x}{l} \dots (6)$$

曲げモーメントは、

$$M_i = \frac{l^3}{\pi^3} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} (P_i - g_{i-1} + g_i) \sin \frac{n \pi x}{l} \dots (7)$$

として求められる。

この場合、ケタのねじり剛性 GJ_x は明らかではないが、模型ケタに対して $GJ/EI = 0.56$ 、 $\alpha^2 = 0.0196$ とすると計算結果と実測結果は図5のようになり、曲率の大きくなることを除いてはよく一致する。

図6は実橋に対してスラブの中央奥のにわみの計算値とを比較したもので、模型スラブと同様に $GJ_x/EI_x = 0.56$ とすると $\alpha^2 = 0.0020$ となるが比較のために $\alpha^2 = 0$ から $\alpha^2 = 0.0190$ までに対する計算値を比較のために示した。図7はケタ側面のせん断力の影響線で、 GJ_x が大きくなると大きくなり、この種のスラブの場合ケタの上フランジ付け根のせん断に対して検討する必要がある。

まとめ

プレテンPCスラブ橋ではケタと中詰コンクリートとの付着が破壊されした場合の荷重分配は(5)式の α^2 により変化し、支間(2)の大きい場合ほど α^2 は小さくなるので、荷重分配性状がよく図1(a)のようなせん断構造はより有効な結合の方法である。また模型スラブのような場合でも実際の荷重は広く分布するので十分に使用出来ると考えられる。しかしケタの回転によりスラブの縁では小さい水平力が生ずるので(6)のような構造をとる場合、耳ケタには特別の配慮が必要である。中詰コンクリートはせん断力の伝達と行う重要な要素であるので、高い品質のものを使用し、施工も入念に行うことが必要である。

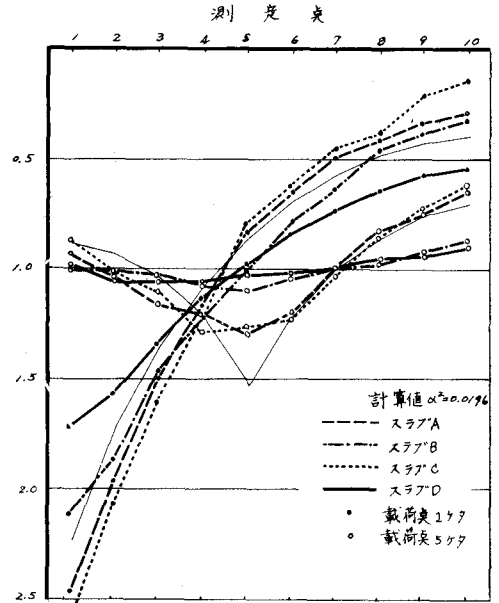


図-5. 1 ケタおよび5 ケタに載荷した時の各測定点のにわみの平均にわみに対する比

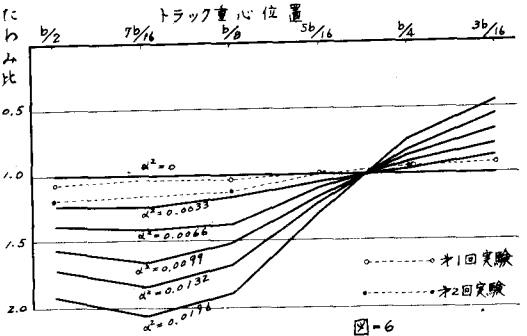


図-6

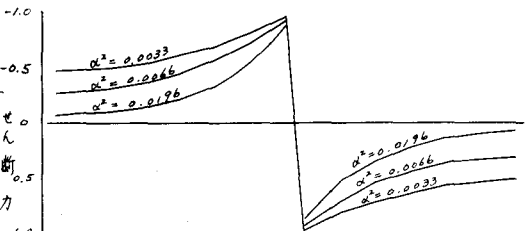


図-7. スラブ中央ケタ側面のせん断力の影響線