

(45) 補強鋼材を用いたプレテン方式スラブげたの特性

川田建設(株) 開発部 正会員 ○新井 達夫
 同 上 正会員 北野 勇一
 同 上 小林 泰一郎

1. はじめに

けた高を低くするために、圧縮域に補強用の鋼板(以下、補強鋼材)を配置したPCけたの挙動については過去の本シンポジウムなどで発表してきた。

本報告では、補強鋼材をプレテンスラブげたに適用した場合の試設計を実施したので、その特性について述べる。一般に、コンクリート中に鋼材を配置すると、鋼材によりコンクリートの塑性ひずみが拘束されるため、断面を構成する部材間で応力転移が生じ応力分布が変化する。補強鋼材はコンクリート断面の2%から3%程度配置する必要があるため、その影響を考慮したクリープ解析を行う必要がある。そこで本報告では、JISに規定されたスラブ橋げたのけた高を低め、鋼材の影響を考慮した試設計を実施することにより、各タイプの最適な鋼材量、あるいは、その発生応力度の特徴などについて検討したものである。

また、補強鋼材を用いたプレテンスラブげたの橋梁が実施工されたのでその概要についても紹介する。

2. 設計条件

補強鋼材を用いたプレテンスラブげたの試設計に用いた設計条件は、設計製造便覧¹⁾に示されているJISげたの設計条件と同一とした(表-1)。ただし、JISげたのけた高に対して試設計では適用支間12m、15m、18m、21m、24mの5パターンについて、けた高スパン比(H/L)を1/30とした。図-1にJISげたのけた高支間比を、表-2に試設計のけた高を示す。

設計曲げモーメントは、けた自重と場所打ちコンクリートについてけた高を低めた影響を考慮した値とし、その他(橋面荷重、活荷重)については設計製造便覧で用いられている値とした(表-3)。

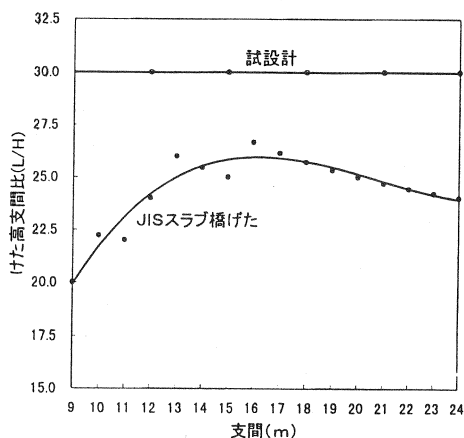


図-1 けた高支間比

表-1 設計条件(使用材料)

型式	PCスラブ橋げた
支間長	12, 15, 18, 21, 24m
全幅員	12.5m
主桁本数	16本
活荷重	B活荷重
斜 角	90°
コンクリート	$\sigma_{ck}=500\text{kg/cm}^2$ (主桁)
	$\sigma_{ck}=300\text{kg/cm}^2$ (間詰)
PC鋼材	SWPR7B
鉄 筋	SD295
補強鋼材	SM490

表-2 試設計に用いた支間とけた高

支 間 (m)	12	15	18	21	24	
けた高 (cm)	JIS	50	60	70	85	100
	試設計	40	50	60	70	80

表-3 試設計に用いた設計曲げモーメント(tf・m)

支 間	12	15	18	21	24
けた自重	10.64	18.66	29.72	45.73	68.36
場所打ち	1.84	3.73	6.61	10.69	16.16
橋面荷重	7.55	12.21	18.05	29.33	38.52
活 荷 重	21.05	24.21	31.22	34.85	42.76
合 計	41.08	58.81	85.60	120.60	165.80

3. 補強鋼材を考慮した設計方法とその比較

補強鋼材を考慮した設計方法には以下に示す2通りの方法が考えられる。

- ①CASE-1: 補強鋼材を抵抗断面に考慮しているが、クリープ解析において鋼材拘束の影響を無視した現行の設計法。
- ②CASE-2: 補強鋼材を抵抗断面に考慮し、かつ、クリープ解析において鋼材拘束の影響を考慮した設計法^{2), 3)}。

そこで、支間2.4mに対してけた高を80cm(けた高/支間=1/30)とし、プレテン方式のJISスラブげた(BS24)より20cmけた高を低めたモデル(図-2)についてそれぞれのケースの設計計算を行って比較することとした。補強鋼材はけた上縁から85mmに配置し、厚さを40mm、幅を30cmの鋼板とした。これは、コンクリート断面の3.4%に相当する。PC鋼材量はBS24と同じとした。

設計計算は、弾性荷重を両ケース同条件で載荷しており、場所打ち荷重以降の弾性荷重が $\phi=1.2$ の時点で載荷されるものとして計算している。支間中央断面の応力度計算結果を図-3に示す。あわせて設計荷重作用時($\phi=3.0$)の発生応力度を表-4に示す。

CASE-1、CASE-2ともに弾性荷重による応力度はほぼ等しいが、クリープによる発生応力度に大きな違いが出てくる。CASE-1ではコンクリートの引張応力が許容応力度を満足しないが、鋼材の拘束の影響を考慮したCASE-2では、上縁コンクリート応力がCASE-1に比べて半分以下となり、下縁コンクリートも引張応力が減少しゼロとなった。これに対し、補強鋼

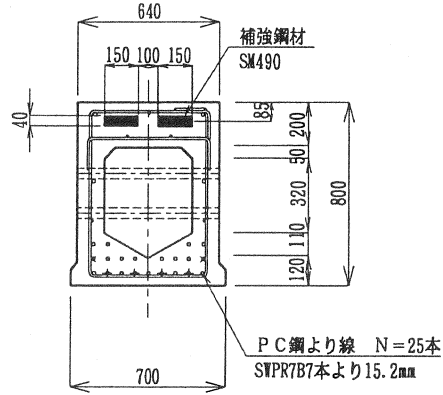
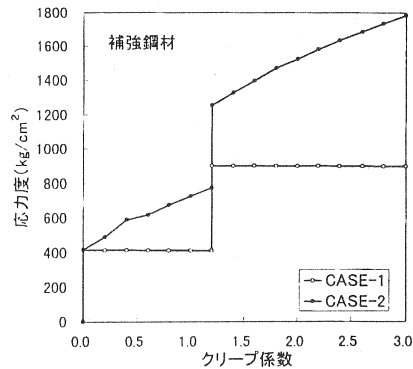


図-2 比較設計モデル(L=24m)

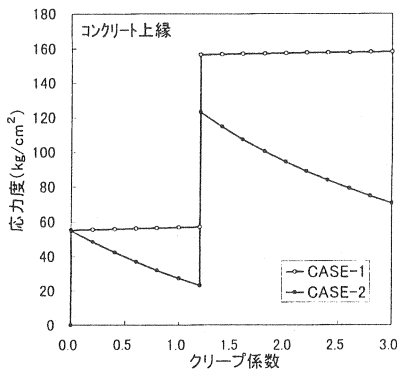
表-4 設計荷重作用時支間中央応力比較

	CONC上縁	CONC下縁	補強鋼材
CASE-1	158	-23	896
CASE-2	71	0	1784
許容値	$-18 \leq \sigma_c \leq 160$		$\sigma_s \leq 1900$

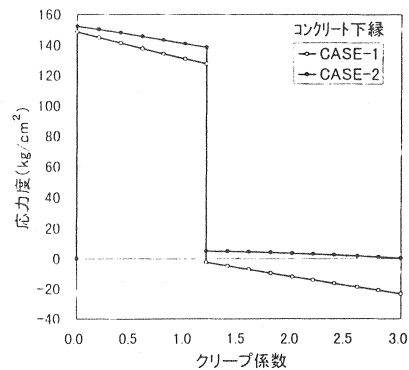
(kg/cm², マイナスは引張応力)



(a) 補強鋼材応力度



(b) 上縁コンクリート応力度



(c) 下縁コンクリート応力度

図-3 設計荷重作用時支間中央応力度

材には設計荷重作用時にCASE-1のほぼ2倍の圧縮応力度が発生することとなり、コンクリートの圧縮力が補強鋼材に転移することがわかる。

両ケースの結果より、正確な曲げ性状を把握し、より経済的な設計を行うためには、鋼材の拘束の影響を考慮したクリープ解析(CASE-2)を行う必要があること、通常の応力度照査に加え、コンクリートからの応力転移に伴って増加する補強鋼材の圧縮応力度に留意する必要があることがわかった。

4. 補強鋼材量に対する検討

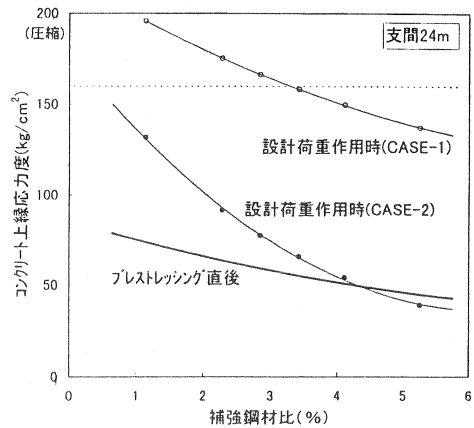
最適な補強鋼材量を求めるためには、支間、荷重などが決まっている場合に、けた高、P C鋼材量、さらに補強鋼材量などをパラメータとして、安全性と経済性を考慮して決定しなければならない。

ここでは、1つのモデルケースとして図-2に示すモデル(支間2.4m, けた高80cm, P C鋼材25本)を用い、補強鋼材量を変化させて最小の鋼材量を求めることとした。

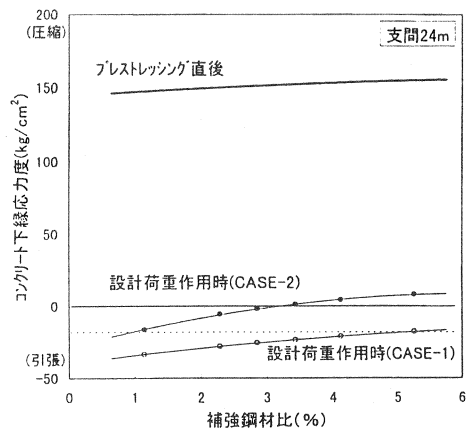
計算結果を図-4に示す。ここで横軸の補強鋼材比はコンクリート断面に対する補強鋼材の断面積の比率である。点線は材料の許容値を示している。

図-4(a)と(b)はコンクリート上下縁の発生応力度の鋼材量による変化を示したものであるが、鋼材量を増やすほどコンクリートの応力緩和が大きくなることわかる。この傾向は圧縮縁ほど顕著であり、4%を越える鋼材を配置した場合の設計荷重作用時圧縮応力はプレストレス直後の応力よりも小さくなる。鋼材の拘束を考慮したクリープ解析(CASE-2)によれば、コンクリート応力度から求められる最小鋼材量は下縁の引張応力により決まり約1%となる。なお、上縁の圧縮応力に関しては、橋面施工時の応力度に注意する必要がある。

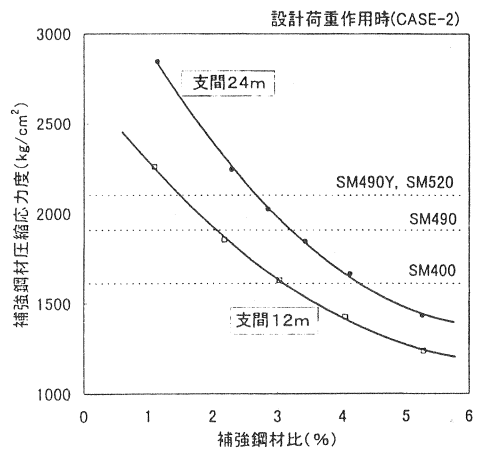
図-4(c)は、設計荷重作用時の補強鋼材圧縮応力度を示したものであるが、参考のために支間12m(けた高40cm)の場合もプロットしている。設計法はCASE-2によるものである。鋼材量を増やせば発生応力度は小さくなるが、鋼種によって許容値が異なるため、経済性や入手難易度、さらに配置可能性や施工(製作)性などについて検討して決定すべきである。今回の場合、鋼種をSM490としているので、最小鋼材量は3.2%程度となる。



(a) 上縁コンクリート応力度



(b) 下縁コンクリート応力度



(c) 補強鋼材応力度

図-4 補強鋼材量と発生応力度の関係(支間24m)

以上の検討結果より、支間2.4m、けた高80cmとしても補強鋼材を3.2%配置すれば構造的に成り立つことがわかった。

図-5は、けた高支間比を1/30とした場合の支間と補強鋼材量の関係である。ここで各支間の設計条件は表-2、3に示したとおりで、PC鋼材量はJISと同じとしている。プロットしたデータは、設計荷重作用時(CASE-2)の補強鋼材圧縮応力度($\sigma_{sa}=1900$)より求めた最小鋼材量の値であり、本型式のけたを設計する際の一つの目安となるものである。ただし、支間が短い場合にはコンクリート下縁の引張応力度が大きくなるため、詳細な検討が必要となる。

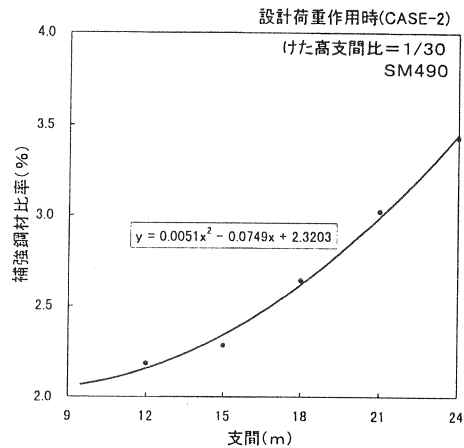


図-5 支間と補強鋼材量の関係

5. 実施工例

補強鋼材を使用してけた高を低めた橋梁が、昨年に施工されたのでここで紹介する。本橋は支間18m、けた高60cm(けた高支間比1/30)の単純プレテンスラブげたである。活荷重はB活荷重であり、BS18に比べ10cmけた高を絞った構造となっている。補強鋼材は、厚さ25mm、幅25cmとしておりコンクリートとの面積比は2.3%である。

試設計より活荷重モーメントが小さいため、補強鋼材比も小さい構造となっている。本橋の製作状況ならびに架設状況を写真-1、2に示す。

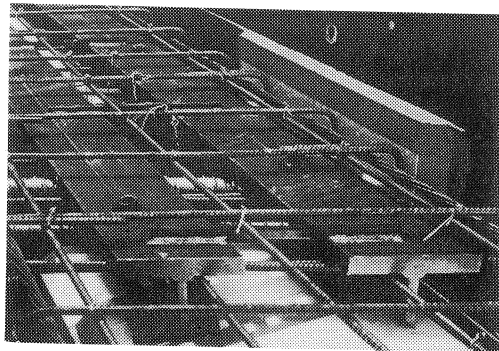


写真-1 主げた製作状況

6. おわりに

圧縮域に配置する補強鋼材は、短期荷重に対して断面性能が改善され、長期的にはコンクリート応力度の緩和などクリープ性状を変えることができる。

今後は、PC鋼材量と補強鋼材量の関係等についてさらに検討を進め、より経済的な構造となるよう研究していく予定である。

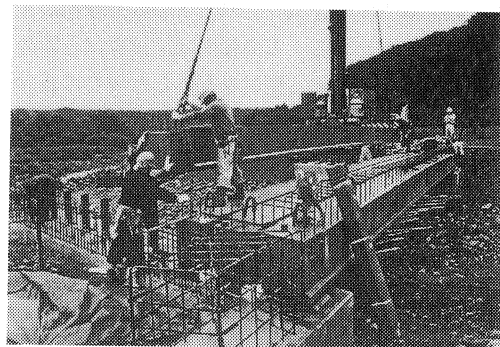


写真-2 主げた架設状況

参考文献

- 1) JIS橋げたによるPC道路橋設計製造便覧, プレストレスト・コンクリート建設業協会, 1995.4
- 2) 野田行衛: PCけたにおける補強鋼材の影響, プレストレストコンクリート, Vol. 39, No. 3, pp. 74~81, 1997.5
- 3) 野田行衛・大澤浩二・新井達夫・渡部寛文: 圧縮鋼材を有するPC桁のクリープ・乾燥収縮挙動について, プレストレストコンクリート技術協会第6回シンポジウム論文集, pp. 115~118, 1996.10
- 4) 野田行衛・大澤浩二・新井達夫・児島啓太郎: 圧縮域に補強鋼材を用いたプレストレストコンクリート桁の力学的挙動, 土木学会論文集, No. 544/V-32, pp. 235~245, 1996.8