
² A':2s Ü g5đ †#Ý 8 S5r9µ ¥ á ; Ü î °4Š ! b S4 "l ö \ Q b Â#Ý

.,(;¾ %¼ û G µ 3 Æ. (£ p \$3\

0["

, S_6ä\$î K S² A Ü g5đ b Ü%T ö 9, \>* G b g5đ †#Ý 8 S5r5đ ¥ á ; Ü î °

¢\$|g q b f g m € œ c>* 3û g5đ b Q € | ~ v(Ü

` 18 G € c>* G b g5đ b Q#Ý _ | ~0Á Â Š Ø † v W \9x C \ ~ " • G \ †&g

K Z 8 • ² A Ü g5đ †#Ý 8 S q > | g q c%Ú o _ 8 S • r [>* ö²

b ò • †&g K S g5đ b Â Š Ø c5r'½ ¥ á ; Ü î ° \] b0£'ì [Ó u S í _ | C

K S ²5đ Ü g5đ †#Ý 8 S Û3, F « † 0¿ K>*# ~ j#Ý p [6 •

構造特性とその応用

Mechanical Characteristics and Application of Steel Concrete Structures

using Newly Developed H-Shapes

佐藤 政勝*
Masakatu Sato

石渡 正夫**
Masao Ishiwata

近藤 伸治***
Sinji Kondo

山中 栄輔****
Eisuke Yamanaka

そこで、当社では SC および SRC 部材の設計において、H 形鋼を異形鉄筋と等価に置き換えた PC 方式が成り立つように、横断面異形鉄筋と同

後者は当社が SRC 用として新規に開発したものである。第 1 回試圧延では、突起高が 2.5mm、その間隔が 42mm であったが、最終的には太径異形

た圧延 H 形鋼（以下条溝付 H 形鋼と略す）を新規に開発した。この条溝付 H 形鋼の採用によって、上述の累加強度方式における問題が解消されるの

さが 3.5mm その間隔が 20mm の突起形状を得ることができた。

2-2 突起付鋼板の付着強度

のである。

量に対する規定が明らかにされていないのが実状

るため突起付鋼材の付着強度に及ぼすその突起高
や間隔の影響を定量的に把握することは難しいが、

階における突起付鋼材の付着性能を評価するもの
として δ_f が 0.05mm に対応した τ_{mb} が一応の目安

ては幅 300×長さ 300×厚み 250 のコンクリートに埋め込み、その比較材として H・194×150×6×9 の平 H 形鋼を用いた。また、条溝付 H 形鋼およびその比較材の平 H 形鋼には H・469×199×9×14 のものを用い、これらを幅 300×長さ 650×厚み 300 のコンクリートに埋め込んだ供試体を製作した。

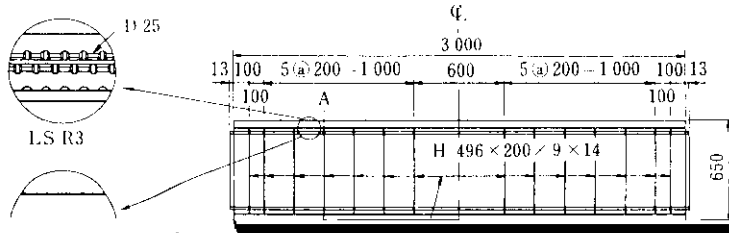
コンクリートを使用した。施工時におけるスランプは 12.6m と引抜き試験のものとはほぼ等しいが、試験時におけるコンクリートの圧縮強度は引抜き試験用のものより 20% 程度低い 300kgf/cm^2 であった。

引抜き試験における平 H 形、角小付 H 形および条溝付 H 形鋼の τ_m (δ_f が 0.05mm に対応した平

および 3.5mm のものである。また、 τ_{ns} は平 H 形
 押抜き荷重をコンクリートとの総接触面積 T_a で除
 した値で、 τ_{ms} は押抜き荷重から突起付 H 形鋼に
 おける半鋼部の接触面で負担している荷重 ($\tau_{ns} \cdot$

Table 4 Compressive test results of concrete

Specimen	Pull-out test and FHS, FUH		Flexure test and FHL, LHI, LH2	
	Water (98)	Air (55)	Water (98)	Air (98)
Curing condition (days)				





合、次の釣り合い式から求めることができる。

$$\frac{B}{2n}x^2 + A_{fu}(x - d_{fu}) + A_{ru}(x - d_{ru})$$

用い、また、 n が15に対応した値は常用の設計値

ただし、 $\lambda < \dots < H \dots (9)$

3.3.3 設計荷重

本実験の試験体については、(9)式を満足して
したが、この条件式を満足しない場合には、中立

Fig. 4 に示す供試体について、H 形鋼、異形鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa} を 1400、1800kgf/cm² とし、コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} を 100kgf/cm² とし、計算により求めた各載荷荷重

軸が上フランジに位置するものとして(7)式を修正し、中立軸を再計算する必要がある。

次に、梁の終局曲げモーメント M_u は、

$$M_u = \frac{Bx_p^2}{2} F_c + A_s (\beta_{ru} + \beta_{rl}) \sigma_{ry}$$

になる。本実験の SC 梁 (NS S3, LS S3) および SRC 梁 (NS R3, LS R3) の P_{ds} は H 形鋼の許容引張応力度に対応した荷重であって、それぞれ 1400/27.6 = 50.7t、1400/20.9 = 67.0t (Table 5 参照) である。

3.4 終局耐荷力

Fig. 7 に示すように、終局時における鋼材とコ

$$\left\{ A_s (\beta_{ru} + \beta_{rl}) + \frac{t_w}{2} (\beta_{su}^2 + \beta_{sl}^2) \right\} \sigma_{sy} \dots \dots \dots (10)$$

で示され、 M_d を差引き修正した値が載荷荷重に対する最大抵抗曲げモーメント M_{uc} である。本供試体についてはその最大耐荷力 P_{uc} は次式で表わされる。

は n を 7 とした RC 方式による計算値とほぼ一致していること、また、この荷重段階まではコンクリートおよび H 形鋼のひずみが直線的に増加し、断面におけるひずみ分布がほぼ直線的であることなどが確認される。

3-5-2 梁における条溝付 H 形鋼の付着特性

一般に、梁におけるコンクリートの最大ひび割れ幅 (以下 $W_{c,max}$ と略す) は引張側鋼材の付着強度と密接な関係があるとされている⁷⁾。そこで、

$n = 15$ とした RC 方式で求めた σ_{tf} と $W_{c,max}$ の関係を Fig. 10 に示す。ここで、 $W_{c,max}$ は純曲げ区間における片側面のひび割れ幅のうち最も大きい 2 個の平均値である。さらに、これら両側面の平均値と σ_{tf} の関係を Fig. 11 (a)、Table 7 に示し、条溝付 H 形鋼を用いた SC 梁の $W_{c,max}$ をリバーコン D 51 を用いた RC 梁のそれと比較したものが Fig. 11 (b) である。

これらの表や図から条溝付 H 形鋼を用いた SC 梁の $W_{c,max}$ は平 H 形鋼を用いた梁のそれより 25%

Table 6. Comparison of the maximum crack width $W_{c,max}$ and the average value of the crack width $W_{c,ave}$ between the SC beam and the RC beam.

Specimen No.	SC beam		RC beam	
	$W_{c,max}$ (mm)	$W_{c,ave}$ (mm)	$W_{c,max}$ (mm)	$W_{c,ave}$ (mm)
SC1	0.15	0.10	0.25	0.15
SC2	0.12	0.08	0.20	0.12
SC3	0.10	0.07	0.18	0.10
SC4	0.08	0.05	0.15	0.08
SC5	0.07	0.04	0.12	0.06
SC6	0.06	0.03	0.10	0.05
SC7	0.05	0.02	0.08	0.04
SC8	0.04	0.02	0.07	0.03
SC9	0.03	0.01	0.06	0.02
SC10	0.02	0.01	0.05	0.01
SC11	0.01	0.00	0.04	0.01
SC12	0.01	0.00	0.03	0.00
SC13	0.01	0.00	0.02	0.00
SC14	0.01	0.00	0.01	0.00
SC15	0.01	0.00	0.01	0.00
SC16	0.01	0.00	0.01	0.00
SC17	0.01	0.00	0.01	0.00
SC18	0.01	0.00	0.01	0.00
SC19	0.01	0.00	0.01	0.00
SC20	0.01	0.00	0.01	0.00
SC21	0.01	0.00	0.01	0.00
SC22	0.01	0.00	0.01	0.00
SC23	0.01	0.00	0.01	0.00
SC24	0.01	0.00	0.01	0.00
SC25	0.01	0.00	0.01	0.00
SC26	0.01	0.00	0.01	0.00
SC27	0.01	0.00	0.01	0.00
SC28	0.01	0.00	0.01	0.00
SC29	0.01	0.00	0.01	0.00
SC30	0.01	0.00	0.01	0.00
SC31	0.01	0.00	0.01	0.00
SC32	0.01	0.00	0.01	0.00
SC33	0.01	0.00	0.01	0.00
SC34	0.01	0.00	0.01	0.00
SC35	0.01	0.00	0.01	0.00
SC36	0.01	0.00	0.01	0.00
SC37	0.01	0.00	0.01	0.00
SC38	0.01	0.00	0.01	0.00
SC39	0.01	0.00	0.01	0.00
SC40	0.01	0.00	0.01	0.00
SC41	0.01	0.00	0.01	0.00
SC42	0.01	0.00	0.01	0.00
SC43	0.01	0.00	0.01	0.00
SC44	0.01	0.00	0.01	0.00
SC45	0.01	0.00	0.01	0.00
SC46	0.01	0.00	0.01	0.00
SC47	0.01	0.00	0.01	0.00
SC48	0.01	0.00	0.01	0.00
SC49	0.01	0.00	0.01	0.00
SC50	0.01	0.00	0.01	0.00
SC51	0.01	0.00	0.01	0.00
SC52	0.01	0.00	0.01	0.00
SC53	0.01	0.00	0.01	0.00
SC54	0.01	0.00	0.01	0.00
SC55	0.01	0.00	0.01	0.00
SC56	0.01	0.00	0.01	0.00
SC57	0.01	0.00	0.01	0.00
SC58	0.01	0.00	0.01	0.00
SC59	0.01	0.00	0.01	0.00
SC60	0.01	0.00	0.01	0.00
SC61	0.01	0.00	0.01	0.00
SC62	0.01	0.00	0.01	0.00
SC63	0.01	0.00	0.01	0.00
SC64	0.01	0.00	0.01	0.00
SC65	0.01	0.00	0.01	0.00
SC66	0.01	0.00	0.01	0.00
SC67	0.01	0.00	0.01	0.00
SC68	0.01	0.00	0.01	0.00
SC69	0.01	0.00	0.01	0.00
SC70	0.01	0.00	0.01	0.00
SC71	0.01	0.00	0.01	0.00
SC72	0.01	0.00	0.01	0.00
SC73	0.01	0.00	0.01	0.00
SC74	0.01	0.00	0.01	0.00
SC75	0.01	0.00	0.01	0.00
SC76	0.01	0.00	0.01	0.00
SC77	0.01	0.00	0.01	0.00
SC78	0.01	0.00	0.01	0.00
SC79	0.01	0.00	0.01	0.00
SC80	0.01	0.00	0.01	0.00
SC81	0.01	0.00	0.01	0.00
SC82	0.01	0.00	0.01	0.00
SC83	0.01	0.00	0.01	0.00
SC84	0.01	0.00	0.01	0.00
SC85	0.01	0.00	0.01	0.00
SC86	0.01	0.00	0.01	0.00
SC87	0.01	0.00	0.01	0.00
SC88	0.01	0.00	0.01	0.00
SC89	0.01	0.00	0.01	0.00
SC90	0.01	0.00	0.01	0.00
SC91	0.01	0.00	0.01	0.00
SC92	0.01	0.00	0.01	0.00
SC93	0.01	0.00	0.01	0.00
SC94	0.01	0.00	0.01	0.00
SC95	0.01	0.00	0.01	0.00
SC96	0.01	0.00	0.01	0.00
SC97	0.01	0.00	0.01	0.00
SC98	0.01	0.00	0.01	0.00
SC99	0.01	0.00	0.01	0.00
SC100	0.01	0.00	0.01	0.00

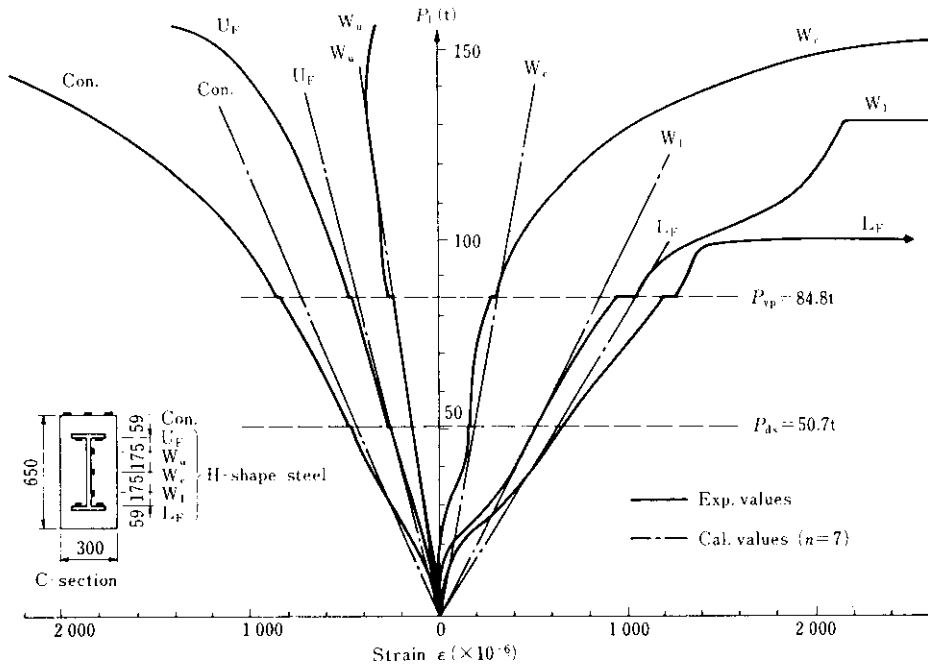


Fig. 9 Load-strain curves at midspan section on I.S.S3

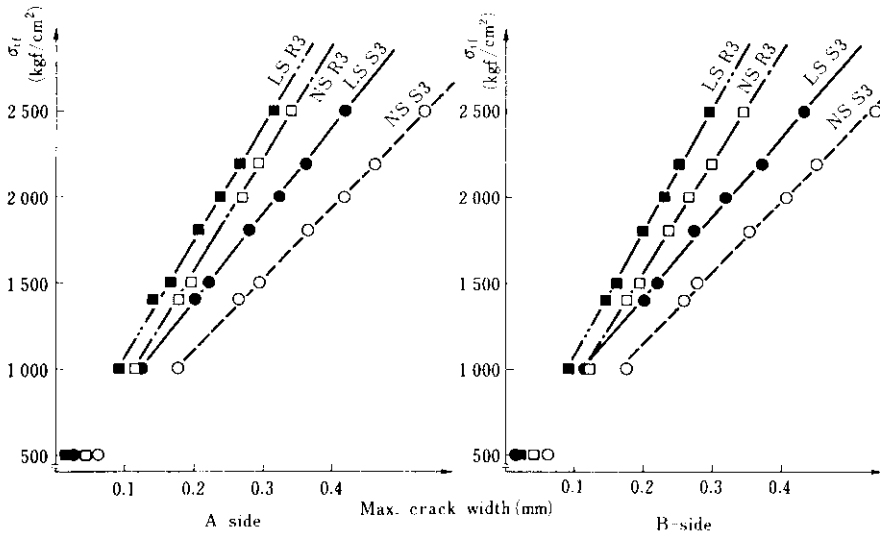


Fig. 10 Relations between maximum crack widths and tensile stresses of H shape steel

程度小さくなり、計算応力 1400kgf/cm^2 に対応する $W_{c,max}$ は 0.2mm 程度でリバーコン D 51 を用いた RC 梁のそれ⁸⁾ とほぼ等しいこと、また、条溝付 H 形鋼を用いた SRC 梁では、 $W_{c,max}$ が 0.2mm に対応する σ_{t1} が 1800kgf/cm^2 であることなどが確認され、条溝付 H 形鋼の採用によって $W_{c,max}$

が小さくなることが実証された。

3.5.3 梁の終局耐力および梁端における滑り

梁の最大耐荷力の実測値および計算結果を Table 6 に示し、荷重と最大たわみ δ_c の関係を Fig. 12 に示す。平 H 形鋼を用いた梁では、まず

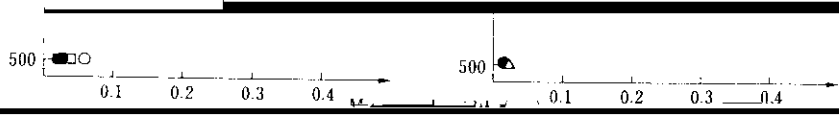
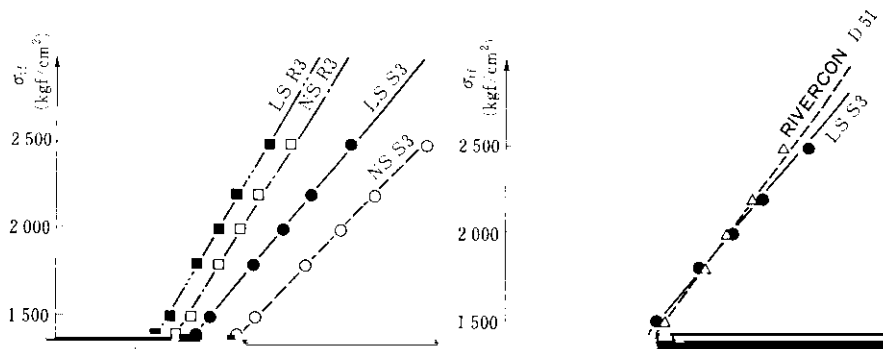
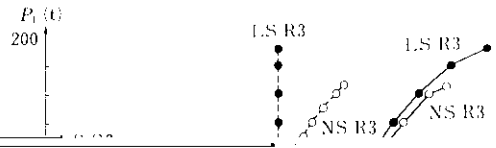


Fig. 11. Relation between σ_f and ϵ for different steel-concrete composite materials.

下フランジ部が塑性域に達し、たわみが急激に大きくなり、徐々にウェブに塑性域が拡大すると同時に縁維圧縮ひずみも著しく増大し、そのひずみが 25×10^{-4} 程度でコンクリートが圧潰するのに対



栈橋式けい船岸壁は海中部に鋼管杭等を基礎とする棚を構築し、陸上部からは渡橋を介して連絡するという岸壁構造である。

鉄筋 (SD 30)

コンクリート (σ_{ck}

$= 24.0 \text{ N/mm}^2$)

受注した工事は 500t の貨物船を対象とした水深 4.5m、延長 40m の比較的小規模のものであるが、この工事の連絡用渡橋に初めて条溝付 H 形鋼による H 形鋼埋込桁 (SC 桁) を適用した。

主桁の応力、たわみの計算は、前述の計算式にもとづいて行い、H 形鋼の配置等の構造詳細は国鉄建造物設計標準の H 形鋼埋込桁の規定⁹⁾を参考とした。

なお、条溝付 H 形鋼の引張側フランジ周囲に打設した膨張コンクリートにより、コンクリートにはケミカルプレストレスを導入させているが、今回の計算ではこの応力は考慮せず、ひび割れ幅の低減による防食性の向上のみを期待した。

4・1 設 計

4・1・1 設計条件

橋の設計条件は次のとおりである。

型式	H 形鋼埋込桁橋
橋長	$L_T = 6.4 \text{ m}$
支間	$L = 6.0 \text{ m}$
幅員	$W = 37.0 \text{ m}$

4・1・2 設計曲げモーメント

橋の断面を Fig. 15 に示す。条溝付 H 形鋼は

死荷重 w_d は 0.714t/m である。死荷重による曲げモーメント M_d は次のようになる。

$$M_d = \frac{w_d L^2}{8} = 3.21t \cdot m \quad \dots\dots(12)$$

次に、衝撃を含めた活荷重による桁方向の曲げモーメント M_{L1+i} は道路橋示方書より次のようになる。

$$M_{L1} = 1.8L + 0.5 = 11.3t \cdot m/m$$
$$M_{L1+i} = M_{L1}(1+i) = 15.4t \cdot m/m \quad \dots\dots(13)$$

ただし、

$$i = \frac{20}{\dots} = 0.250 \text{ (衝撃係数)}$$

度は $\sigma_t = \sigma_{td} + \sigma_{ti} = 1113\text{kgf/cm}^2$ となり、許容応力度 ($\sigma_{sa} = 1400\text{kgf/cm}^2$) 以内である。

死荷重によるたわみ δ_d は、

$$\delta_d = \frac{5w_d \cdot L^4}{384E_s \cdot I_s} = 0.29\text{cm} \quad \dots\dots(19)$$

また、活荷重によるたわみ δ_L は次のようになる。

$$\delta_L = \frac{5M_{L1} \cdot L^2 \cdot n}{48E_s \cdot I_x} = 0.45\text{cm} \quad \dots\dots(20)$$

δ_L/L は 1/1340 となり、許容値内 (1/1000 以下) となる。

また分布荷重 w_L による曲げモーメント M_{L2} は、

$$M_{L2} = \frac{w_L \cdot L^2}{8} = 9t \cdot m/m < M_{L1} \quad \dots\dots(14)$$

であるから、SC 桁 1 本に作用する設計曲げモーメント M_L は、

$$M_L = M_{L1+i} + w_0 = 9.25t \cdot m \quad \dots\dots(15)$$

4.2.1 製作

素材となる条溝付 H 形鋼は水島製鉄所大形工場

で製造し、鉄筋を通すウェブの孔明け加工も同製鉄所内の加工工場で行った。

次に H 形鋼下フランジ周囲のコンクリートは工

付着性にすぐれているので、耐震構造で要求される期待できる。
る粘り強いSCおよびSRC構造を構築でき、今

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準同解説。(1963)