

[107] 負の曲げを受けるプレキャスト合成床版の継手に関する研究

正会員 太田 俊昭 (九州大学工学部)
 正会員 日野 伸一 (九州大学工学部)
 正会員 ○山本 豊 (石川島建材工業 開発企画室)
 冨沢 三郎 (石川島建材工業 開発企画室)

1. まえがき

昨今、橋梁におけるRC床版の損傷は著しく、種々の補修、補強工事では事足らず、全面打替えを必要とするケースも少なくない。全面打替えを行う場合、薄鋼板とコンクリートを合成したプレキャスト合成床版は、現場工期の大幅短縮や死荷重の軽減が可能であり、直接的、間接的な経済効果に富んだ有力な床版構造となりうる。

しかしながら現在行われている床版相互の連結は、図-1に示すように主桁上で目地部の鉄筋をラップさせた後に目地コンクリートを打設して一体化するため、相当の目地幅を必要とし、現場でのコンクリートの打設量がかなり多いことや、継手部における連続性の確保が問題とされている。

そこで筆者らは、十分な強度および連続性の確保が可能で、かつ、現場での連結作業の簡略化、目地幅の縮小化、継手部における誤差の吸収等の条件を満足しうるプレキャスト合成床版の継手として、鋼継手構造の開発を試みている。本研究は、その第一段階として、主桁上での床版相互の連結を想定し、鋼継手を有する数タイプの連結床版の負の曲げに対する静的力学特性に関して、在来の鉄筋ラップ方式及び継手のない単体床版との比較を交えて実験的に検討をしたものである。

2. 実験概要

実験に用いた継手構造の種類は、図-2に

示すとおりであり、その特徴を以下に述べる。

(a) HT1: 床版接合端部に配した型鋼に引張り鉄筋をナット定着させ、両方の型鋼にプレートと溶接し、相互に添接板を介して4本分の鉄筋を2本の高力ボルト摩擦接合によって連結した、現場での省力化を考えた構造である。

(b) CT: HT1と同様に床版の接合端部にCT型鋼を配し、フランジ部に作った凸形の切欠きにワッシャーを用いて引張鉄筋をナット定着させ、相互のCT型鋼フランジ面に添接板を介して、高力ボルト摩擦接合により連結した。目地幅もせまく、かつ継手部に溶接を用いない構造である。

(c) FB1, FB2: 床版の接合端部から突き出、継手中央部で左右千鳥にラップした引張鉄筋の上下面にフラットバーを配し

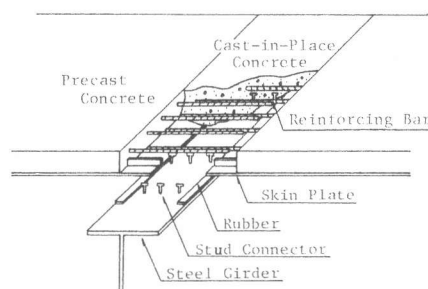


図-1 プレキャストRC合成床版の継手構造

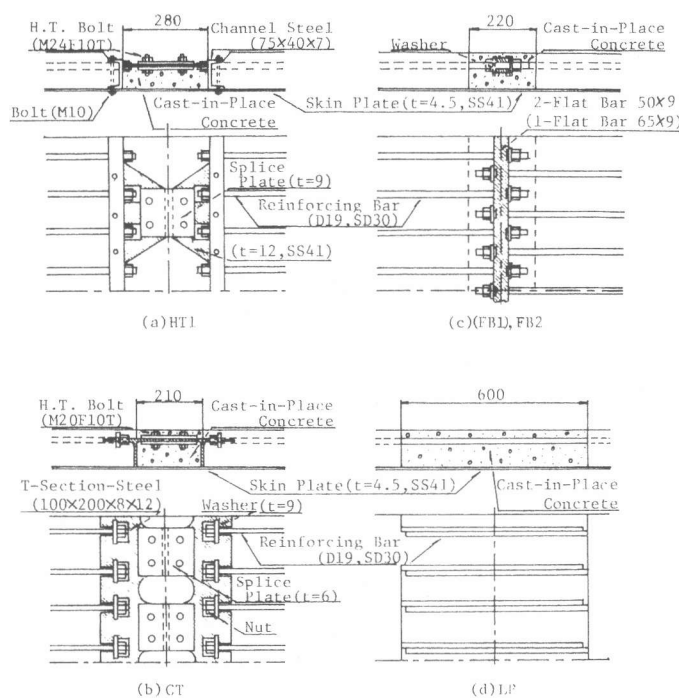


図-2 供試体の継手構造

(F B 1 は上面に 1 枚, F B 2 は上下面に各 1 枚), その側面でワッシャーを介して鉄筋をナット定着し, フラットバーのせん断力によって連結した構造である。

(d) L P : 従来の鉄筋フック方式の構造である。

(e) N J : 継手のない一体構造で, (a) ~ (d) の継手構造との比較に供する。

以上 5 種類 (合計 8 体) の連結床版供試体は, 比較用単体床版 N J と同様に, パイプコネクターを溶接した薄鋼板の上に主鉄筋としてネジ型異形棒鋼を配し, 中央部に各種継手構造を取り付けたのちコンクリートを打設して製作した。供試体の一例 (N J) およびコンクリートの配合をそれぞれ図 - 3, および表 - 1 に示す。

荷重方法は, 継手部に負の曲げモーメントを作用させるため, 実際の使用状態とは上下逆にして, 図 - 4 に示すような 2 点線荷重による静的漸増荷重とした。

実験時の測定項目は, ひびわれ発生荷重, 各荷重段階におけるひびわれ状況, 床版のたわみ, 主鉄筋, コンクリート, 継手鋼板のひずみ, ならびに破壊荷重である。

3. 実験結果および考察

実験結果は, 表 - 2 および図 - 5 ~ 13 に示す。表 - 2 中の \bar{M}_u は道路橋示方書²⁾により算定した破壊曲げモーメントである。ひびわれ発生荷重の実測値は目視によるものであり, 多少のばらつきのあることを考慮しても, やはり打継目位置におけるひびわれ耐力の低下が認められるが, 終局耐力に関しては, ほとんどの供試体が設計曲げモーメント M_d に対して, ほぼ 3 以上の安全率を確保していることがわかる。

また供試体の破壊形式は, L P が定着破壊したものを除き, すべて曲げ破壊であった。

以下に各供試体における荷重時の特性について述べる。

(1) H T 1 は, N J と比較して 15% 程度耐力が低下しており, また曲げ剛性も他の供試体に比べてかなり小さくなっている。この要因としては, 図 -

9 の鋼継手中央部のひずみ ϵ_5 がその両側のひずみ ϵ_4 に比して, かなり過大となっており, そこに定着されている鉄筋 (図 - 7 のひずみ ϵ_1) が早期に降伏してしまうためと考えられる。

(2) C T は, H T 1 と異なり耐力ならびに変形特性において,

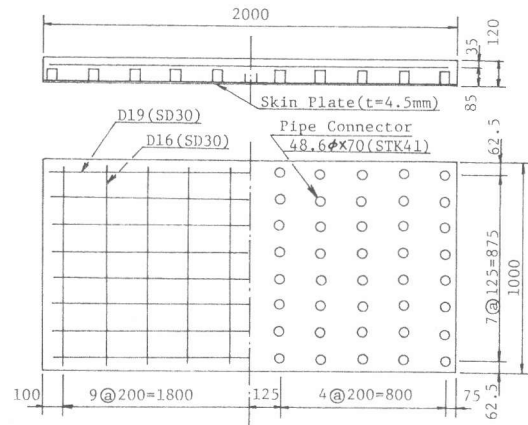


図 - 3 供試体の配筋及び寸法 (N J)

表 - 1 コンクリートの配合

Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Content (kg/m ³)				
				C	W	S	G	Ad-mixture
6±1	—	58	42	397	230	694	954	3.17

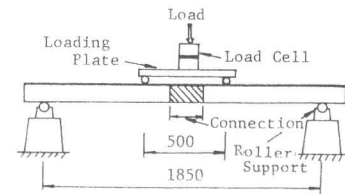


図 - 4 荷重方法

表 - 2 静的曲げ試験結果

Type of Specimen	Cylinder Strength (kg/cm ²)		Cracking Load (t)			Ultimate Strength			$\frac{M_u}{M_d}$	$\frac{M_u}{M_{un}}$	$\frac{M_u}{M_{un}}$	
			Exp.		Cal. 1)	Exp.		Cal.				
	Slab	Connection	Slab	Connection		Cal. 1)	P_u (t)		M_u (tm)	\bar{M}_u 2)(tm)		
HT1	572	572	3.0	2.0	3.38	20.00	6.75	7.82	3.03	0.86	0.85	
CT	441	441	5.5	5.5	2.97	23.78	8.03	7.82	3.60	1.02	1.01	
FB1	No.1	500	469	3.0	2.0	3.16	19.75	6.67	7.82	2.99	0.85	0.84
	No.2	574	486	3.0	2.0	3.39	21.45	7.24	7.82	3.25	0.93	0.91
FB2	No.1	497	396	5.5	2.5	3.15	22.10	7.46	7.82	3.32	0.95	0.93
	No.2	612	543	4.0	2.5	3.50	24.00	8.10	7.82	3.63	1.04	1.02
LP	No.1	581	531	5.0	2.0	3.41	24.00	8.10	7.82	3.63	1.04	1.02
	No.2	531	545	5.0	2.0	3.26	25.80	8.71	7.82	3.91	1.11	1.10
NJ	No.1	393	—	4.0	—	2.80	23.20	7.83	7.82	3.51	1.00	—
	No.2	545	—	2.5	—	3.30	23.75	8.02	7.82	3.60	1.03	—

Note: 1) Cal. : Calculated Value by ACI Code 318-71 (See Ref. 3)).

2) $\bar{M}_u = C(h-0.8x-2d') + T_s'(h/2-d') + T_s(d-h/2)$ (See Ref. 2)).

3) M_d : Design Moment (=2.23tm)

4) M_{un} : Average Ultimate Moment of Specimens NJ (=7.93tm)

NJとほとんど遜色のない結果を得た。これは、鋼継手部のひずみ（図-9のNo.1, 2, および3）がほぼ同一で破壊時まで線形的に増加しているのので、これに定着された鉄筋の引張力が均等に分布、伝達されたためと考えられ、その実測値は、通常の応力算定式に基づく計算値と良く一致している（図-7参照）。またCT型鋼のフラットバー部に鉄筋定着用に設けた凸形切欠き部の主応力は、図-11に示すとおりであり、使用材料SS41に対して十分な安全性を確保していることがわかる。

(3) 表-2および図-6に示すようにFB1は、NJに比して15%程度、耐力および曲げ剛性が低下している。これは荷重の増加とともに継手部のフラットバー位置で軸力の偏心が影響し、セミヒンジ現象を呈し、フラットバー上面に大きいひびわれが発生してしまうことが考えられる。これに対してFB2は、耐力、曲げ剛性ともNJとほぼ同一の性状を示す結果を得た。これはFB1と異なりフラットバーを2枚用いることにより、鉄筋の軸力を偏心させることなく伝達しうる構造となったためと考えられる。またフラットバーの側面板厚部のひずみは、図-10に示すように、幅方向にはほぼ均等で、かつ線形的挙動を呈している。そのひずみ量については、鉄筋定着部の鉄筋中心間距離をスパンとするフラットバーを連続梁として考え、逆方向鉄筋の引張力を単一中央集中荷重Tとして解析したモデルIより、ワッシャー端部間距離をスパンとし、逆方向ワッシャーを介して等分布荷重 $T/50$ が作用すると仮定し解析したモデルIIの方が、かなり精度良く追跡できる。

フラットバーの主応力については、図-12に示すように、破壊時で700MPa程度の小さな値を示し、フラットバーの降伏でなく鉄筋の降伏により破壊していることがわかる。

(4) LP方式は、打継目位置のひびわれを除き、当然ながらNJの各性状を上まわる結果を得た。これは、ラップ長さが供試体寸法の $1/2$ にもなり、その部分の鉄筋等量が2倍になっているためである。また図-7, 8において鉄筋のひずみが

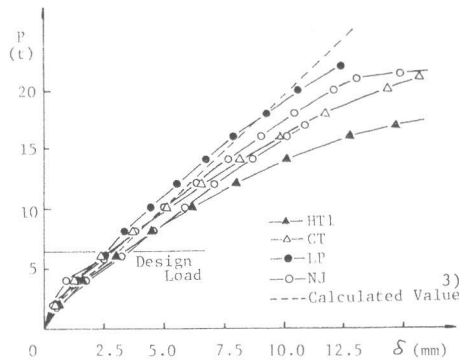


図-5 荷重-たわみ曲線 (HT1, CT)

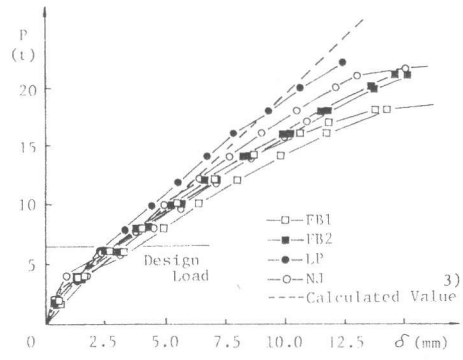


図-6 荷重-たわみ曲線 (FB)

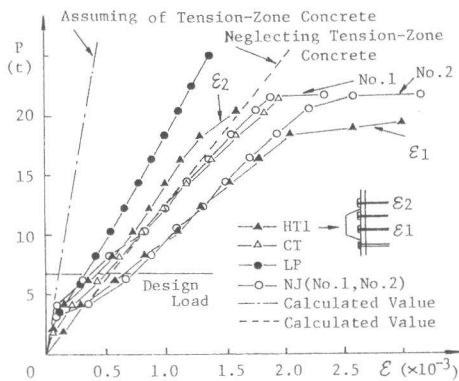


図-7 鉄筋の荷重-ひずみ曲線 (HT1, CT)

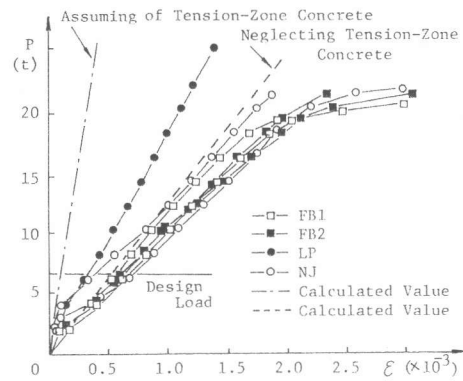


図-8 鉄筋の荷重-ひずみ曲線 (FB)

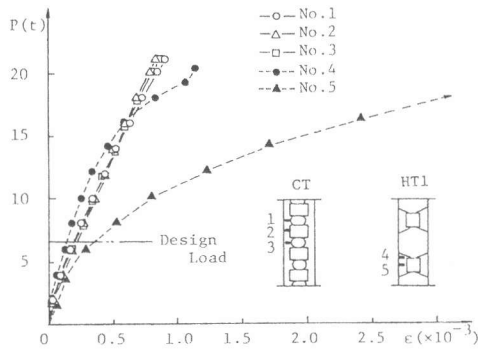


図-9 鋼継手部の荷重-ひずみ曲線

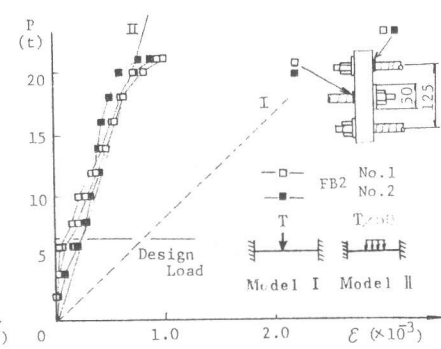


図-10 フラットバーの荷重-ひずみ曲線

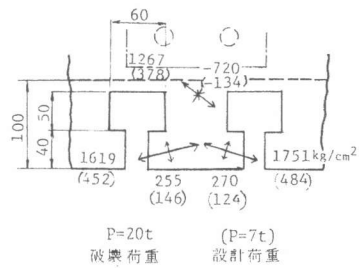


図-11 C T 切欠部の主応力図

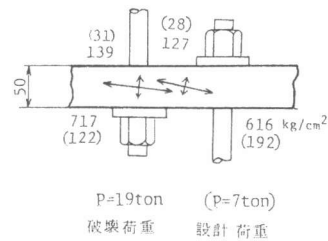


図-12 F B の主応力図

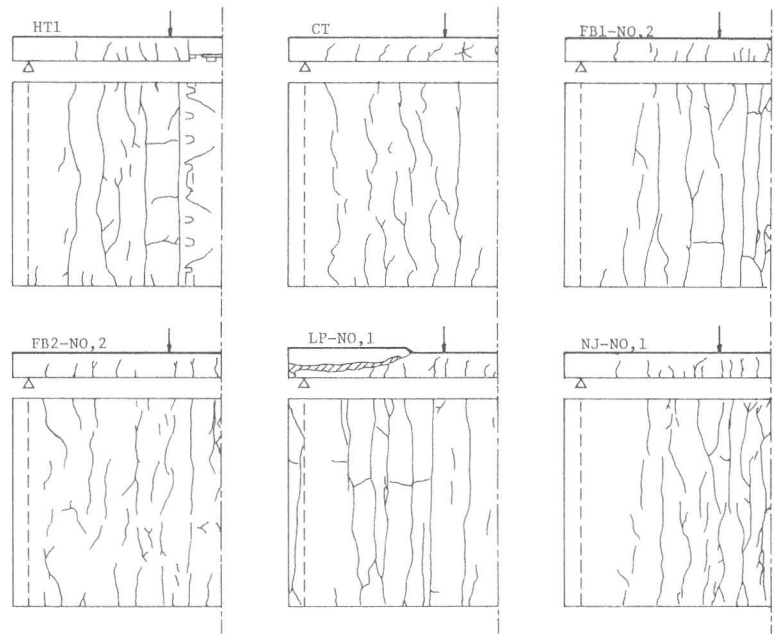


図-13 各供試体のひびわれ分布

過小であるのは、最大の弱点となる打継目附近にゲージを貼付すべきところをラップセンターに貼ったためである。

(5) ひびわれ分布に関しては、HT1を除き各供試体はほぼ同様な性状を示しているが、連結床版における新旧コンクリートの打継目および型鋼コンクリートの継目位置へのひびわれ発生は否定出来ない。

4. まとめ

鋼継手構造を用いた合成床版に関する静的曲げ試験の結果をまとめると、次のとおりである。

- (1) 連結床版のひびわれ発生荷重の低下は否めないが、その終局耐力については、設計曲げモーメントに対してほとんど3倍以上の安全率を得られることが確認出来た。
- (2) 高力ボルト摩擦接合を用いた継手構造は、当然のことながらHT1のように引張力を集中させることはなるべくさけるべきであり、CTのように均等に分散させることが必要である。またCTの場合には、単体床版のNJとほとんど遜色のない力学性状が得られた。
- (3) CT方式は、目地幅をせまくすることが可能となったが、今後の課題としてコスト面の検討もさることながら、フラジ部分の切欠き形状についての疲労をふまえた検討が必要であろう。
- (4) FB方式については、FB2の構造にすることにより、引張力の偏心もなく、NJと比べても遜色のない耐力および変形性状を有している。さらに目地幅も従来のLP方式の60cmに対して、22cmと約1/3に縮少されることを考慮すれば相当に評価しうる継手構造と思われる。
- (5) ラップ方式のLPに関しては、現在実用にも供されているとおり、耐力および変形性状ともに当然の結果が得られた。
- (6) 今回の実験では、新旧コンクリートおよび鋼コンクリートの打継目における、ひびわれ特性に関する検討が不十分であり、繰返し荷重に対する継手部の検討と共に今後の研究課題としたい。

一参考文献一

- 1) 土木学会関西支部：鉄筋コンクリート床版の損傷と疲労設計へのアプローチ、鉄筋コンクリート床版疲労設計委員会報告，1977.7.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説(Ⅲコンクリート橋編)，1978.1.
- 3) ACI Committee 318: Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-71), 1971
- 4) 太田，日野：鋼ジョイントで接合されたプレキャストコンクリート部材の強度と変形，土木学会論文報告集，第303号，1980.11.