

(48) ハーフプレハブ化した鋼合成サンドウィッチ床版

Half-prefab sandwiching steel-concrete composite slabs

近藤 千秋*, 温泉 重治**, 池田 憲二***, 三田村 浩****, 松井 繁之*****

Chiaki Kondo, Shigeji Onsen, Kenji Ikeda, Hiroshi Mitamura, Shigeyuki Matsui

*ショーボンド建設(株), 北海道支店技術部 (〒003-0004 北海道札幌市白石区東札幌4条2丁目1番6号)

**ショーボンド建設(株), 北海道支店技術部 (〒003-0004 北海道札幌市白石区東札幌4条2丁目1番6号)

***北海道開発局開発土木研究所, 構造部構造研究室 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

****北海道開発局開発土木研究所, 構造部構造研究室 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

*****工博, 大阪大学教授, 大学院工学研究科 土木工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2番1号)

Paying attention to the recent trend toward sophistication in steel processing technology and development of high performance concrete, the authors have devised half-prefab steel-concrete composite slabs. The slabs, which are prefabricated at the plant into a hollow sandwiched structure formed by joining the upper and lower steel plates with bolts, are completed after being delivered to and installed at the site, by casting high performance concrete into the hollow area.

The slabs features are as follows: (1) Concreting without any other form and supports, (2) High strength, toughness, and durability, while being lighter in weight than RC structures, (3) Ready application to continuous composite girders, and (4) Reduction in total cost of bridges as well as in construction time.

In the presentation, not only the results of experiments concerning durability and load carrying capacity, but results of a comparative study made of various slabs on an imaginary bridge model and RC slabs will also be presented regarding such matters as the economic factor and construction time.

Key Words: Sandwich slab, steel-concrete composite slabs, high strength and toughness

1. はじめに

従来、橋梁床版として、鋼コンクリート合成サンドウィッチ構造の床版は、一部では実用化されている例はあるものの、施工性や施工精度・品質の確保が難しいことや経済性からあまり普及していないのが現状である。

著者らは、近年の鋼材加工技術の高度化およびコンクリートの高性能化が達成されていることに着目し、ハーフプレハブ化した鋼コンクリート合成床版を考案した。

本床版は、工場にて上下鋼板をボルトで連結した中空のサンドウィッチ構造を作り、現場搬入架設後、高流動コンクリートを中空部に打設して完成させるものである。

本床版の特徴を略記すれば、①コンクリート打設時に型枠支保工不要。②RC構造と比較し、軽量で高い耐力とじん性を有する。③連続合成桁にも適用が容易。④橋梁のトータルコストの縮減と工期の短縮が図られる。

本報告では、耐久性、耐荷力に関する実験の結果について述べるとともに、仮想の橋梁をモデルにした試設計を行い、経済性・工期等についてRC床版との比較検討を実施した結果と、実施設計時の構造細目および施工方

法の一部について述べるものである。

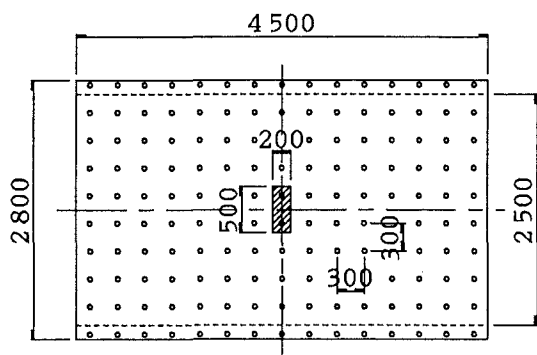
2. 実験目的

サンドウィッチ構造を持つ床版の載荷実験は、鋭意各所¹⁾で行われ、高耐力とじん性に優れていることが確認されている。

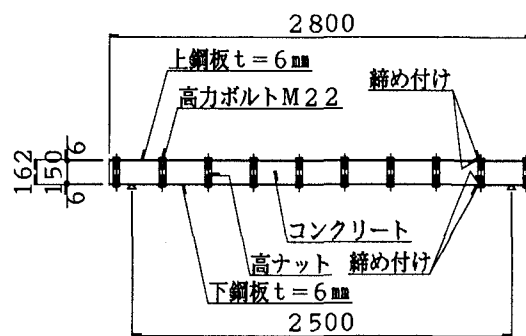
本実験では、本構造の疲労耐久性を確認する目的で定点載荷疲労実験を行ったほか、鋼板をボルトで連結した構造の耐力を確認するため、定点載荷疲労試験終了後に静的載荷試験を行った。

床版の疲労試験としては、輪荷重走行試験が一般的であるが、床版の上下に鋼板を有する本構造の場合、ひびわれ発生による梁化現象による影響は少ないため、耐久性評価には、荷重設定を大きくできる定点載荷疲労試験の方が適していると考えた。

また、比較のため、平成8年道路橋示方書のB活荷で設計したRC床版についても同様の実験を行った。



平面図



断面図

図－1 サンドウィッチ合成床版供試体（単位:mm）

3. 実験概要

3. 1 実験供試体

実験供試体は、図－1に示すような上下鋼板厚 6mm を 30cm 間隔の高力ボルトで連結した、コンクリート厚 15.0cm、全厚 16.2cm、橋軸方向 4.5m、橋軸直角方向 2.8m のサンドウィッチ合成床版供試体と、平成 8 年の道路橋示方書の B 活荷重で設計した床版厚 25.0cm の RC 床版供試体の 2 体とした。

3. 2 実験方法

各供試体ともに、床版支間は 2.5m で、支持条件は単純支持とし、載荷板は 20cm × 50cm で載荷点は供試体中央とした。

① 定点載荷疲労試験

荷重振幅は最小荷重を 0tf とし、載荷荷重は 16tf から開始し、4 万回の繰り返し後毎に、上限荷重を 2tf ずつ増加させ、最終的の上限荷重を 50tf とした。この上限荷重下では、繰り返し載荷回数を 100 万回とした。

測定項目は、各供試体の載荷点と両支点の変位、および、サンドウィッチ合成床版については上下鋼板 2 方向のひずみ、RC 床版については、上下 2 方向鉄筋のひずみを測定した。

② 静的載荷試験

静的載荷試験は、定点載荷疲労試験終了後の供試体を用いた。載荷方法は、供試体中央での一点載荷とした。

4. 実験結果

4. 1 定点載荷疲労試験結果

定点載荷疲労試験結果を図－2に示す。

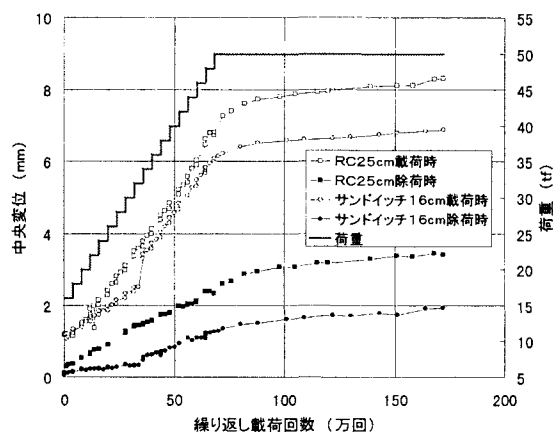
図－2より、サンドウィッチ床版は、RC 床版に比べ荷重に対する変位および残留変位ともに小さくなっている。

荷重 32 ～ 34tf、載荷回数 34 ～ 36 万回付近で変位の増加が大きくなっているが、これは、鋼板とコンクリートに剥離が生じたためと推察される。以降、剥離により完全合成体でなくなっても載荷に対する変位は RC 床版と比較して小さい値を持続していることがみてとれる。

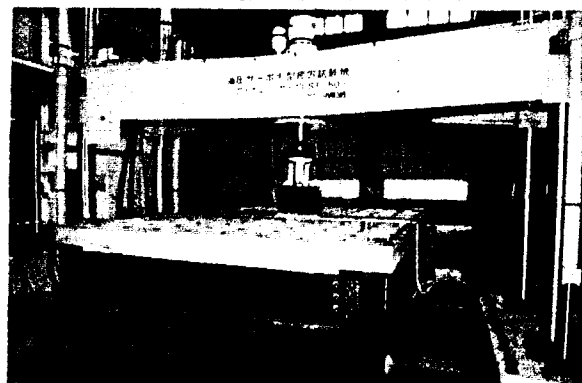
サンドウィッチ合成床版、RC 床版ともに、上限荷重

50tf の一定で行った場合には、載荷回数に対する変位は暫増した。

これらより、全厚 16.2cm のサンドウィッチ合成床版は、現行示方書に準じた全厚 25.0cm の RC 床版に比べ、同等以上の疲労耐久性を有していると評価される。



図－2 定点載荷疲労実験結果



定点載荷疲労試験状況写真

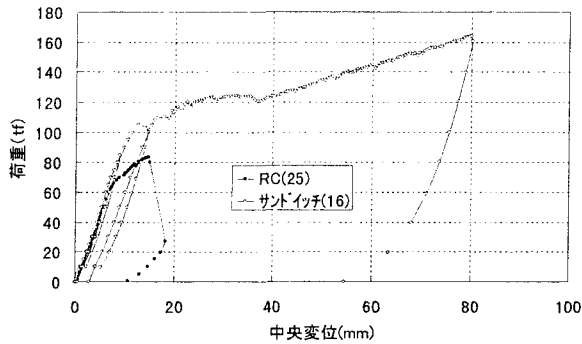
4. 2 静的載荷試験結果

静的載荷試験結果を図－3に示す。

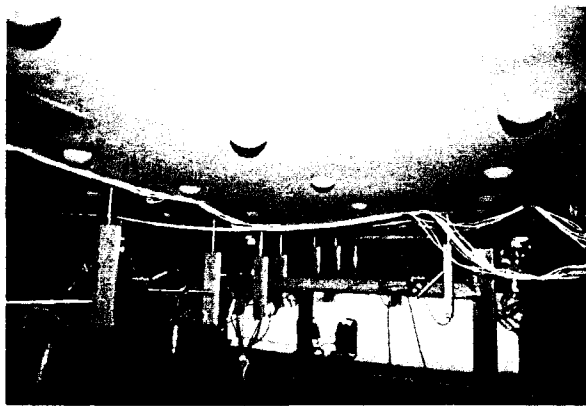
RC 床版は、83tf で押し抜きせん断破壊を生じた。一方、サンドウィッチ合成床版は、105tf で内部コンクリートが押し抜きせん断破壊したもの（荷重の低下と変位の急増さらに音の発生で判定）、その後も荷重の増加傾向が認められた。実験は、変位が 80mm を示したところでジャッキストロークの関係等より実験を打ち切った。このときの荷重は 164tf を示した。

R C床版の押し抜きせん断破壊耐力は、おおむね妥当な値が得られたといえ、サンドウィッチ合成床版については、最終破壊にはいたらなかったが、R C床版に比べ耐力は約2倍程度と大きい結果となった。

また、内部コンクリートの押し抜きせん断破壊以降は、変位の増加は大きくなるものの、荷重も暫増していることから、高いじん性能を有していることがわかる。



図－3 静的載荷試験結果



静的載荷試験状況写真（床版下面：変位）

5. 試設計によるR C床版との比較

試設計モデルの支間長は 30m の単純桁とし、断面は図－4に示すとおり車道幅員 10m の4主桁とした。

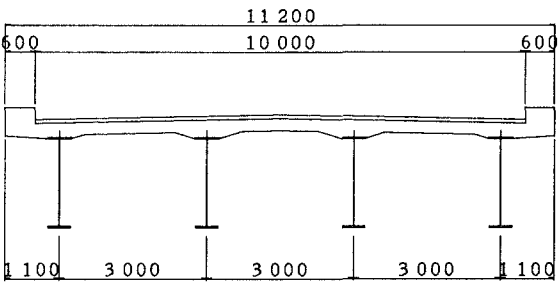
設計条件としては、現行示方書のB活荷重対応とし、サンドウィッチ合成床版は、主桁との連結を高力ボルトで直接連結するため、合成桁として設計の方が合理的である考え設計した。R C床版は、近年の設計動向より、非合成桁として設計した。

それぞれ経済性・施工工期等の比較試算を行った結果の一覧を表－1に示す。

表－1をみるように、床版単体としての工事費はサンドウィッチ合成床版の方がR C床版に比べ割高となっているが、床版厚が薄いことや合成桁となっていることから主構造の鋼重を少なくでき、上部工全体の死荷重を軽くできるため、トータルコストではR C床版よりも経済的とすることが可能となる結果となった。

また、上部工重量を軽くできるため、下部構造を考慮した場合は、さらにコスト縮減となり、耐震性向上にも有利になると考えられる²⁾。

サンドウィッチ合成床版を用いる場合、床版工事の施工日数は、R C床版の約3分の1程度であり、大幅な工期短縮が期待できる。



図－4 試設計モデル断面図（単位:mm）

表－1 試設計結果一覧表

名 称	種 別	サント'ウィッチ合成床版 (A)	R C床版 (B)	A / B	備 考
床 版	床 版 厚	16.2 cm	25 cm	0.65	
	m ² 当たり重量	470 kgf/m ²	650 kgf/m ²	0.72	R C床版はハンチ含む
	床版総重量	157.9 tf	218.4 tf	0.72	
	工 事 費	24,864 千円	12,768 千円	1.95	合成床版は塗装工含む
主 桁	主桁中央断面	U.Flг 280 × 10	U.Flг 510 × 36		サント'ウィッチ下面鋼板は合成前主桁断面に考慮した
		Web 1,650 × 9	Web 1,800 × 10		
		L.Flг 440 × 32	L.Flг 480 × 36		
	主構造重量	47.0 tf	63.8 tf	0.74	
	工 事 費	38,540 千円	52,316 千円	0.74	製作,輸送,架設,塗装含
舗 装	重 量	56.0 tf	56.0 tf	1.00	t = 80mm
上 部 工 総 重 量		260 tf	338 tf	0.77	
支 承	工 事 費	3,100 千円	4,000 千円	0.78	タイプB
落橋防止装置	工 事 費	9,100 千円	10,200 千円	0.89	
上部工全体合計工事費		75,604 千円	79,284 千円	0.95	
床版施工現場工期		10 日	30 日	0.33	床版工のみ

6. 各部構造の詳細

6. 1 サンドウィッチ合成床版パネルの割付

サンドウィッチ合成床版のパネル割付は、輸送可能な大きさとする必要があり、図-5のように橋軸方向は主桁のブロック長に合わせ、幅は主桁間隔内とする。

橋軸方向の長さを主桁ブロックに合わせるのは、主桁添接による組立精度による影響（孔位置）を受けないよう配慮したためである（添接板で対応）。

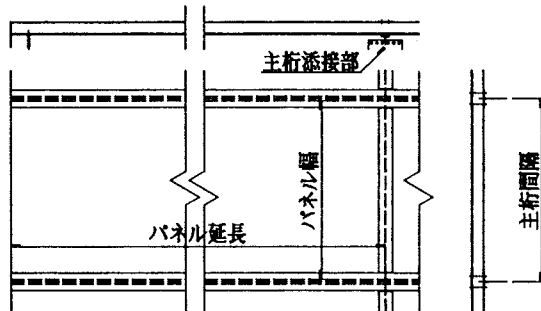


図-5 パネル割付概要図

6. 2 主桁との連結

サンドウィッチ合成床版と主桁の連結は、図-6に示すように、高ナットを利用した専用高力ボルトにて直接連結する方法を採用している。高ナットは、工場製作時にナット止め金具を用いあらかじめ床版内に配置する。

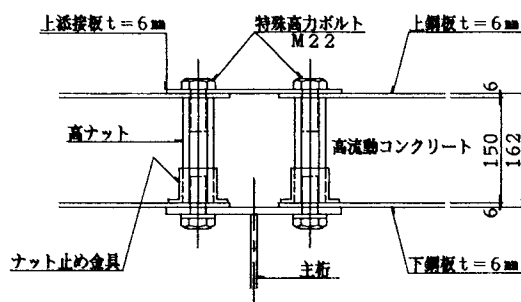


図-6 主桁との連結部断面

6. 3 合成床版の連結

サンドウィッチ合成床版の連結は、図-7に示すように高力ボルトによる添接とし、ナットは工場製作時にナット止め金具を用いあらかじめ床版内に配置する。

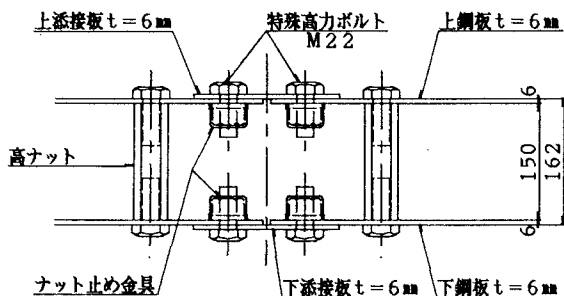


図-7 床版の連結

6. 4 主桁上フランジの添接

主桁上フランジの添接は、図-8に示すように、現場グループ溶接とし、合成床版の鋼板に切り欠きは設けない。また、上フランジ以外の添接は、高力ボルトによる一般的な添接である。

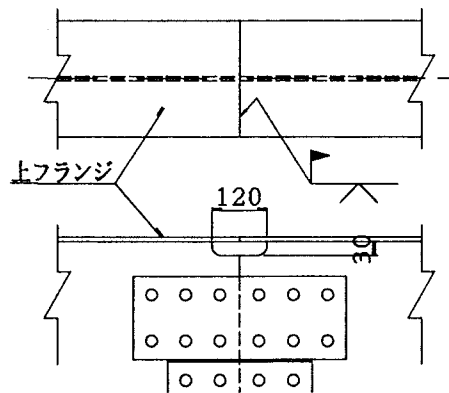


図-8 主桁上フランジの添接

6. 5 高流動コンクリートの打設方法

高流動コンクリートの打設は、完全な充填ができるよう配慮する必要がある、図-9に示すような円筒状の金具を用い、床版内部に圧力を掛けながら打設する。

円筒状の金具は、打設用と充填確認用があり、充填確認のものは、圧力を維持しながら打設する目的を兼ねている。

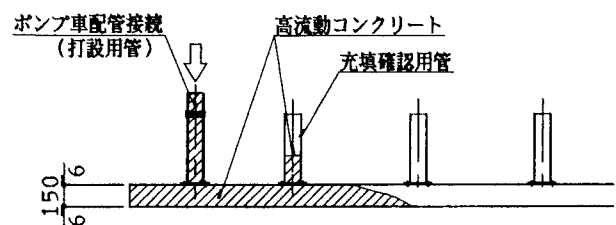


図-9 コンクリート打設方法

7. おわりに

サンドウィッチ合成床版は、高耐力・耐久性・じん性に優れ、建設時のトータルコスト縮減および工期短縮が期待できるという特徴を有することから、ライフサイクルコストを考慮した今後の橋梁設計の一つの有効な手段として位置づけられることが望まれる。

参考文献

- 1) 前田幸雄・松井繁之:コンクリート・ウィッチ鋼床版およびコンクリート・ウィッチ鋼床版合成桁載荷試験報告書 1971.7
- 2) 伊藤浩・谷口直弘・三好章仁・佐藤昌志:コンクリート・ウィッチ鋼床版を用いた長万部橋の設計計画 土木学会第53回年次講演概要集,第I部, pp.18-19,1998.10