

桥梁基础

桥梁と基礎 2009 vol.43

6

第二京阪道路茄子作地区PC上部工事

表紙・口絵：第二京阪道路茄子作地区PC上部工事

写真提供：三井住友建設(株)

「橋梁と基礎」検索サイト：<http://www.imagefactory.jp/searchbh/>

巻頭言 1 今後の技術開発に向けて 猪熊 康夫

報告 5 U桁リフティング架設工法を採用したPC橋の設計・施工

— 第二京阪道路茄子作地区PC上部工事 —

水野 浩次・大國 喜郎・室田 敬・河野 信介・玉置 一清・諸橋 明

報告 15 東名高速道路の交通規制時間短縮を目指した橋梁一括架設

— 新東名高速道路 長泉沼津IC東名横断橋 —

稲葉 尚文・橋爪 智・牧 靖彦・田中 剛

報告 21 リベット構造を有する鋼橋の疲労亀裂に対する補強工法の提案

浜田 達也・杉本 孝・野路 義直・讃岐 康博・野村 勝義・山田 智也

報告 29 H形鋼を用いた門形ラーメン橋

徳野 光弘・深田 幸史・梶川 康男

報告 37 市町村レベルにおける橋梁の維持管理対策優先順位決定手法の提案

— 吹田市の事例 —

古市 亨・松井 繁之・井上 晋・森 正一・乾 豊・立脇 透晴

企画連載 45 ここが聞きたい！耐震設計の基本

第4回 耐震性能の照査の基本 (2)

動的照査 (その1)

運上 茂樹

海外文献紹介 49 新しい架設工法への挑戦

— バランスドリフト工法 —

石原 陽介・北山 暢彦・藤代 勝・山田 閑香

ひろば 53 平成20年度土木学会「田中賞」決まる！

土木学会田中賞選考委員会 幹事会

55 平成21年度「土木鋼構造診断士・診断士補」の講習会・試験

外国語豆知識 56 eponym (エポニム) ～人の名前に由来する言葉～

石塚 敬之

編集後記 58 中村 仁司

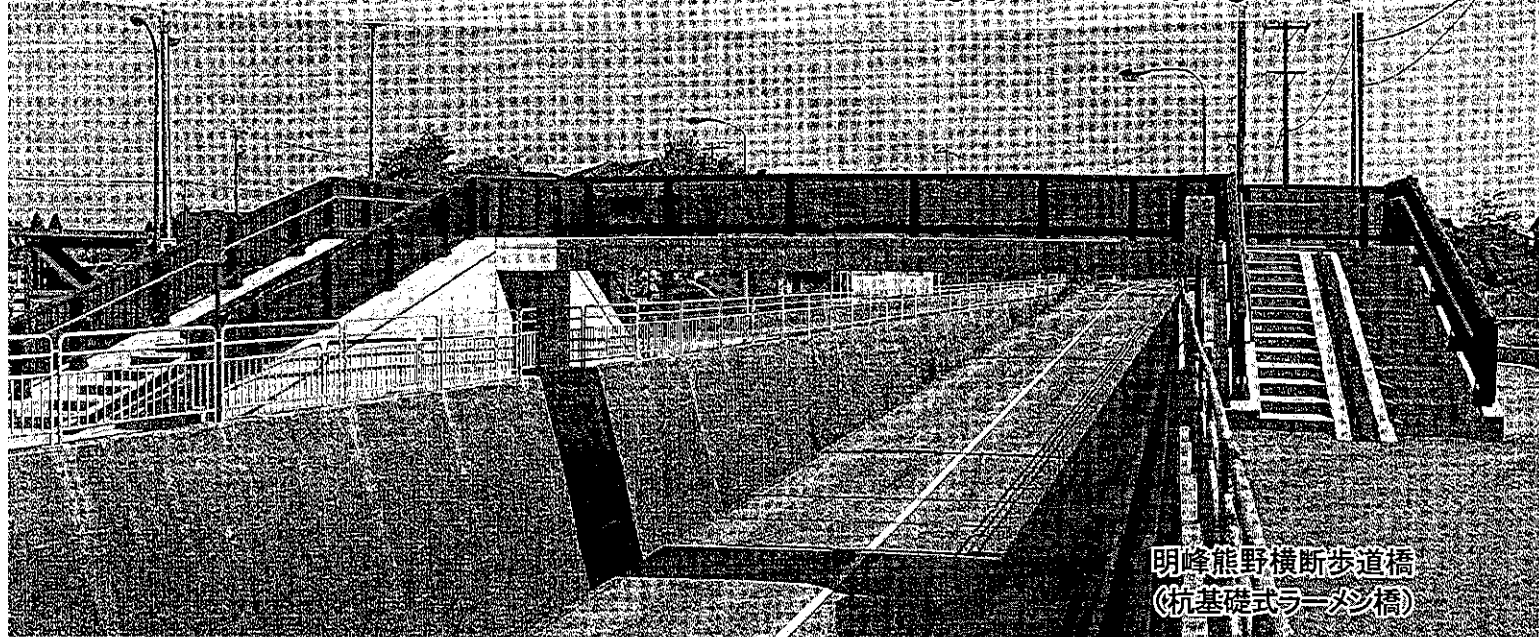
広告 (五十音順)

記事36 アウトプレート工法研究会
記事28 イージースラブ橋協会
前付4 (株)エスイー
表紙2 オイレス工業(株)
前付2 大瀧ジャッキ(株)
記事13 皆栄建設工業(株)
前付8 (株)川金コアテック
記事12 (株)近代設計
表紙3 JIPテクノサイエンス(株)
カラー1 新日鉄エンジニアリング(株)
表紙4 新日本製鐵(株)
後付4 (社)セメント協会
カラー4 (株)長大

前付1 東京ファブリック工業(株)
後付1 (社)土木学会
奥付裏 (社)日本橋梁建設協会
記事44 (株)日本構造エンジニアリング
前付3 日本鑄造(株)
記事14 (株)野田自動車工業所
カラー3 (株)ピーシーコンサルタント
前付5 ヒートロック工業(株)
カラー2 (社)プレストレストコンクリート建設業協会
記事52 前田・東鉄建設共同企業体
前付6 (株)横河技術情報
前付7 菱日エンジニアリング(株)

短支間橋梁も

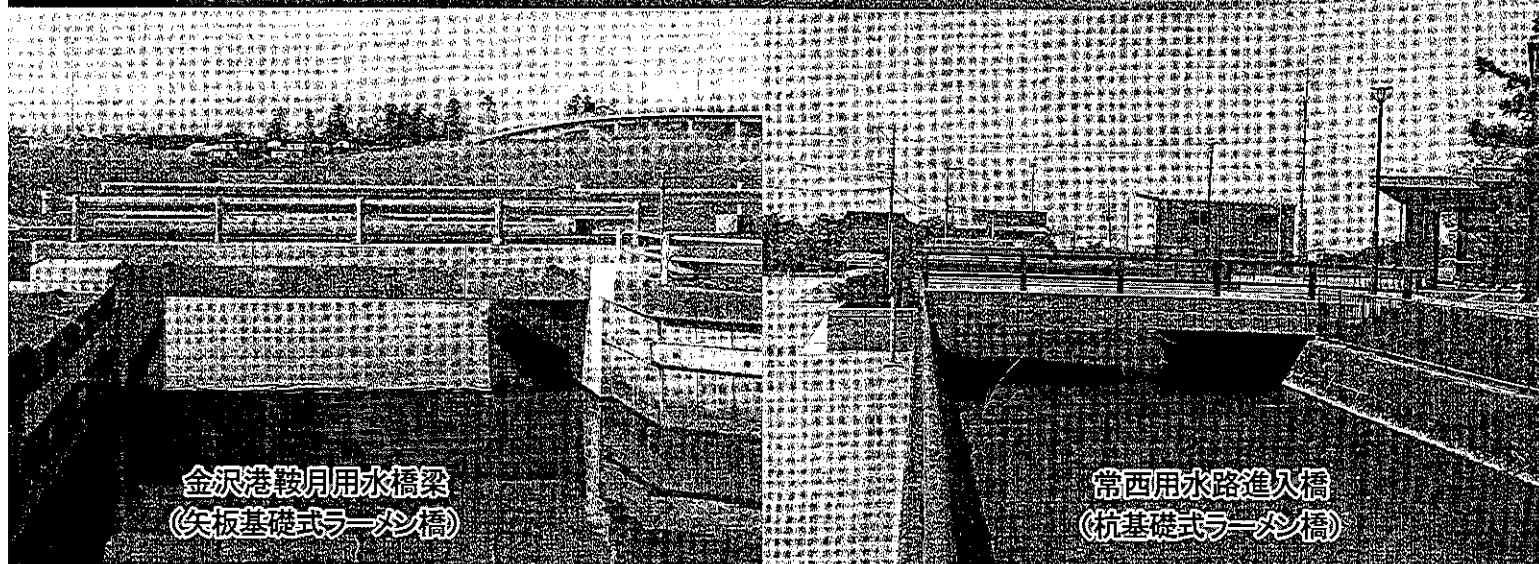
単純橋からラーメン橋の時代へ



明峰熊野横断歩道橋
(杭基礎式ラーメン橋)

イージースラブ橋 & イージーラーメン橋

イージースラブ橋協会



金沢港鞍月用水橋梁
(矢板基礎式ラーメン橋)

常西用水路進入橋
(杭基礎式ラーメン橋)

近日販売開始

ESB & ERB概略設計プログラム

詳しくは (株)フォーラムエイトまで
(<http://www.forum8.co.jp/>)

橋梁と基礎 2005年2月号掲載記事
報告:H型鋼を用いた床版橋
もご覧下さい

イージースラブ橋協会 本部事務局

〒921-8844 石川県石川郡野々市町堀内5-201 エコ ジャパン(株)内
Tel: 076-294-2316 Fax: 076-248-2453
E-mail info@esb-jp.com URL <http://www.esb-jp.com/>

H形鋼を用いた門形ラーメン橋

Rigid Frame Bridge with H-shaped Steels

Tokuno
徳 野 光 弘*Mitsuhiro
深 田 幸 史**Fukada
梶 川 康 男***

ま え が き

近年の建設コストの縮減、維持管理費の軽減および耐震性能の向上という社会からの要求を満たすために、著者らは鉄道橋として多く用いられてきたH鋼埋込み桁¹⁾を道路橋用に改善したH形鋼を用いた床版橋を開発してきた^{2),3)}。

また、従来からラーメン橋は単純橋に比べて経済性、構造的に優れていることはよく知られているが、ラーメン隅角部の施工が複雑になることや設計計算が非常に煩雑となることから、短支間橋梁に用いられることが少ないのが現状であった。

上記のような背景のもと、筆者らはラーメン隅角部の構造を改善した図-1に示すようなH形鋼を用いた門形ラーメン構造を開発した。本文では、H形鋼を用いた門形ラーメン橋を用いることによってコストを大幅に低減させることができること、さらに新たな隅角部の構造を提案することにより施工の簡略化を図れることについて述べる。また、提案した隅角部の構造を用いて製作したH形鋼を用いた門形ラーメン橋の耐荷力試験の結果から提案した隅角部構造が先行して破壊することはなかった。さらに、橋梁全体構造としての耐力は、設計値を十分満足していることを確認

した。

1. 構造概要

1-1 ラーメン橋の利点

従来における短支間の単純橋（支間長20 m程度まで）は、上部工費に比べて下部工費が割高となる場合が一般的であった。それは、上部工費は支間長が短くなるのに伴い安価になるが、一方で下部工費（橋台）は支間長に依存せず、あまり変わらないためである。橋台は橋脚と異なり橋台自重（背面土重量を含む）や背面土圧によって橋台サイズが決定されることが多いため、橋台高さが高くなれば躯体形状が大きくなり、それに伴い工費も高くなる。

単純橋の橋台は左右それぞれが独立して土圧や上部構造の重量を支持する構造となっているのに対して、ラーメン橋の橋台は、上部構造と一体化した門形構造になっているので、左右の橋台に作用する土圧力は上部構造を介して互いに打ち消される。

したがって、ラーメン橋とした場合、単純橋に比べて、橋台サイズを縮小することが可能となる。特に杭基礎のような場合には、杭本数を減らすことができ、下部工費を低減することが可能となる。

1-2 具体的な施工例の提案

ここでは、H形鋼を用いた門形ラーメン構造の具体的な施工例を提案する。例えば、地盤条件があまり良くない場合、杭基礎を有する単純橋の橋台では2列以上の杭配置が必要となるため、橋台サイズが大きくなり、コスト高や施工期間が長期化していた。これに対して、杭基礎形式の上部・下部構造を一体化させた門形ラーメン構造とすることにより、下部構造を縮小することができ、コストを大幅に低減させることができる（図-2(a)）。

特に、矢板護岸形式の中小河川等に架設する場合、護岸矢板を併用した鋼矢板基礎形式とすることで、上部・下部構造を一体化させた門形ラーメン構造とすることができ、杭基礎形式よりもさらにコストを大幅に低減させることができる（図-2(b)）。

上述した杭基礎形式を必要とする地盤条件があまり良く

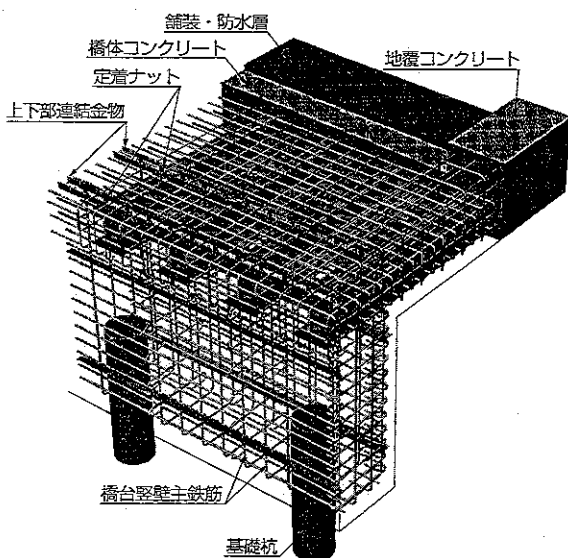


図-1 H形鋼を用いた門形ラーメン橋の概要

* 朝日エンジニアリング(株) 代表取締役社長

** 金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 准教授 博士(工学)

*** 教授 工博

キーワード: H形鋼, 門形ラーメン橋, 耐荷力試験

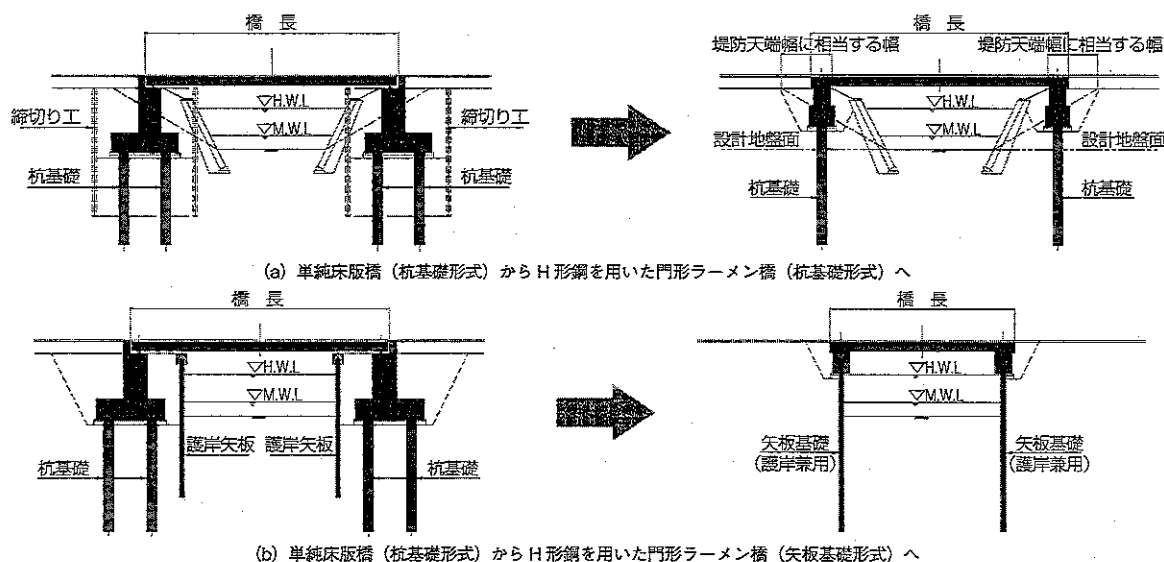


図-2 H形鋼を用いた門形ラーメン構造の提案

ない場所では、従来の杭基礎形式の単純橋に比べて、杭基礎形式の門形ラーメン橋にした場合、支承の省略、伸縮装置の省略、落橋防止装置等の省略、現場施工工期の短縮、下部構造サイズの縮小、基礎杭本数の低減等の利点が挙げられる。また、杭基礎形式よりも矢板基礎形式とすることで、さらに大幅なコスト削減を実現できる。

1-3 隅角部の構造

本研究では、ラーメン隅角部の構造として、以下に示すH形鋼と橋台部の主鉄筋との施工が容易な定着方法を考案した。これまでの単純構造をラーメン構造へと移行できた背景には、施工が容易なラーメン隅角部の構造を考えたからである。これまでにラーメン隅角部の構造として様々な方法が提案されているが、著者らは孔あき鋼板ジベル(PBL)を用いた方法に着目した。既往の研究では、主桁の上下フランジに孔あき鋼板を設置して橋軸直角方向の鉄筋を孔に貫通させる方法^{4,5)}が提案されている。

それに対して筆者らは、橋台の主鉄筋としてねじ節異形鉄筋を用い、主桁のH形鋼上下フランジに開けた孔にそれを直接下から通して上フランジ上面においてナットで定着する方法を考えた(図-3)。

本方法により、H形鋼上下フランジを貫通した主鉄筋は、上フランジ上面でナットにより定着されるため、上部構造に確実に定着されると考えられる。しかし、剛結構造とす

るためには、桁間に配置されている橋台主鉄筋についても上部構造に定着させる必要がある。そこで、H形鋼上フランジ上面の橋台主鉄筋位置(幅員方向)に上下部連結金物を配置し、この上でナットにより定着するようにした。

この上下部連結金物は支圧板としての機能を持ち、H形鋼ウェブを貫通する横繫ぎ鉄筋や桁間補強鉄筋と協働して上部構造と橋台主鉄筋との応力伝達を均等にかつ、確実に行うことを目的として配置したものである。一般的に、PC鋼材定着部に用いられている支圧板は個々に独立した構造であるが、本橋で採用している上下部連結金物は、幅員方向に連続した構造としているので、独立した支圧板構造よりも応力伝達が均等になるように配慮している。

従来方式におけるRC構造の隅角部は、主鉄筋および補強鉄筋等の加工や配筋が複雑であった。これに対して、本方法を用いることにより、これらの複雑な配筋を簡便化するとともに、主桁のH形鋼から橋台主鉄筋への応力伝達を確実に行うことができる。ただし、橋台の主鉄筋を主桁のH形鋼上下フランジに開けた孔に直接下から通すため、孔開け加工や施工の精度が要求される。

2. 施工手順

鋼管杭および鋼矢板を併用した基礎を有するH形鋼を用いた門形ラーメン橋の施工手順について述べる。写真-1は、鋼管杭および鋼矢板併用基礎の打設を行ったものである。次に、写真-2に示すように橋台の施工を行い、その橋台上に、写真-3のように主桁(H形鋼)を配置する。次に、写真-4のように橋台主鉄筋とH形鋼との結合を行った後、埋設型枠の設置(写真-5)、H形鋼のウェブに横繫ぎ鉄筋を配筋(写真-6)、桁上面鉄筋などを配筋(写真-7)して、床版コンクリートを打設(写真-8)して完成(写真-9)となる。

3. 経済性

H形鋼を用いた床版橋(ジョイント有無)、H形鋼を用いた門形ラーメン橋(杭基礎および矢板基礎)の4橋における経済性の比較を行った。それらの結果を表-1に示す。な

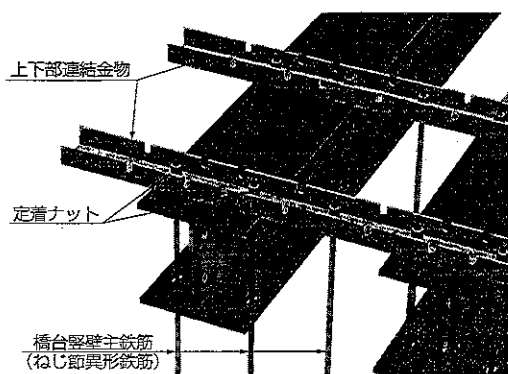


図-3 橋台主鉄筋とH形鋼との結合



写真-1 鋼管杭および鋼矢板併用基礎の打設



写真-5 埋設型枠の設置

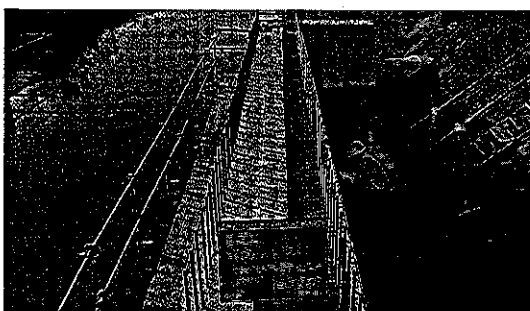


写真-2 橋台の施工

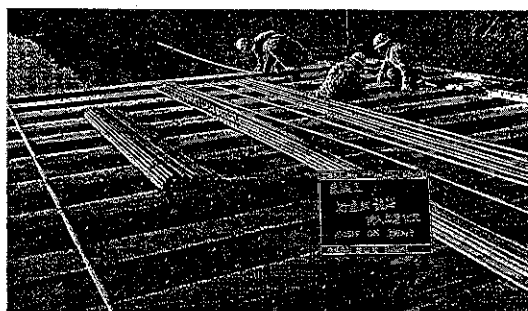


写真-6 横筋鉄筋の配筋

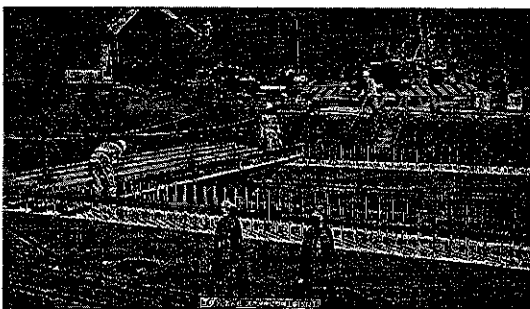


写真-3 主桁（田形鋼）の配置

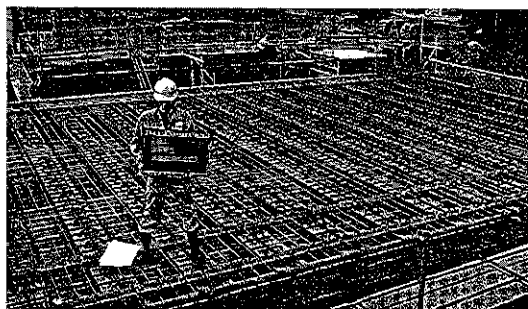


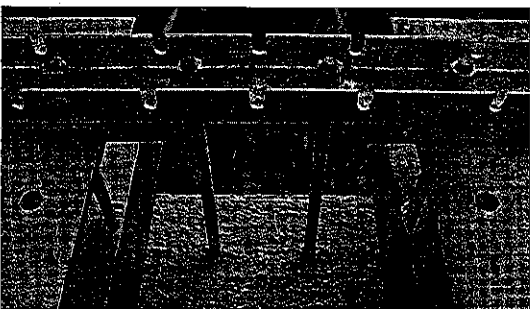
写真-7 桁上面鉄筋などの配筋



(a) 全 景



写真-8 床版コンクリートの打設



(b) 定着部の拡大

写真-4 橋台主鉄筋と田形鋼との結合

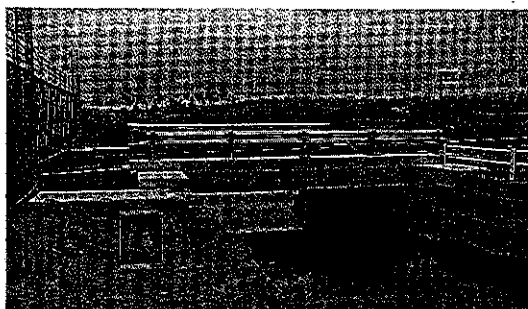


写真-9 完 成

表-1 橋梁形式別の経済性の比較

(注) LCCは100年間として算出する。

橋梁形式	LCC (千円)	LCC (千円)	比率 (LCC)
単純橋			
H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り)	2,600,000	2,600,000	1.00
床版橋+RC橋台 (杭基礎式)	2,600,000	2,600,000	1.00
H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント無し)	2,500,000	2,500,000	0.96
床版橋+RC橋台 (杭基礎式)	2,500,000	2,500,000	0.96
ラーメン橋			
H形鋼を用いたラーメン橋 (その1: 杭基礎式)	1,624,000	1,624,000	0.62
H形鋼を用いたラーメン橋 (その2: 矢板基礎式)	1,524,000	1,524,000	0.49

コスト (千円)

お、検討条件は橋長:15.0 m, 全幅員:10.0 m, 橋台高:5.0 m, 支持層:橋台下面より深度約20.0 m, 設計荷重: B活荷重。

これより、建設費 (諸経費を含む) で比較すると、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り) に比べて、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント無し) が0.96程度、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (杭基礎) が0.64程度、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (矢板基礎) の場合が0.50程度に低減できることが分かる。また、維持管理費においては、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り) 以外は、ジョイントレス構造としているため、0.33程度に抑えることができる。ここで維持管理費とは、重防食塗装の耐用年数を60年、高欄取換えの耐用年数を50年、伸縮装置取換え、切削目地工および舗装打換えの耐用年数を20年と仮定して、100年間

の供用を想定した諸費用を算出している。なお、床版打換え、支取取換えの耐用年数は100年としたため、維持管理費には算入していない。

さらに、総コスト (LCCは100年を想定) においては、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り) に比べて、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (杭基礎) の場合が0.58程度、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (矢板基礎) の場合が0.49程度に低減でき、総合的に判断してもH形鋼を用いた門形ラーメン橋は、大幅なコスト削減が可能な橋梁と考えられる。

次に、実際の橋梁選定で概算した工費比率の結果を表-2に示す。ここでは、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り)、BOXカルバート橋、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (鋼管杭および鋼矢板併用基礎) の3橋における経済性の比較を行った。これより、概算した工費比率は、H形鋼を用いた床版橋 (ジョイント有り) を1.00とするとBOXカルバート橋で0.62、H形鋼を用いた門形ラーメン橋 (鋼管杭および鋼矢板併用基礎) で0.49となり、H形鋼を用いた門形ラーメン橋が採用される結果となった。

4. 載荷試験

4-1 試験目的

本載荷試験では、ラーメン隅角部 (特に橋台主鉄筋とH形鋼との定着部) およびラーメン全体構造の終局挙動を把握するために行った。ラーメン構造試験体の側面図および断面図を図-4に示す。

表-2 実橋における検討結果

	側面図	断面図	特徴	概算工費比率
H形鋼を用いた単純床版橋			一般的に採用されている上下部分離構造の橋梁であり、使用実績が多い。上部構造は、支間長が短いため、床版橋構造としている。下部工は、逆T式鉄筋コンクリート橋台であり、最も一般的な構造である。橋台施工には、締切り工が必要である。現場施工の工期は、約4ヵ月必要であり、最も工期が長くなる。	1.00
BOXカルバート橋			BOXカルバート (現場打ち構造) としたものであり、水路や小河川によく採用されている構造である。基礎構造は、圧密沈下が問題となるような地盤であるため、沈下防止のために杭基礎としている。施工時には、締切り工が必要であり、洪水時に対処するための水路切回しが必要である。現場施工の工期は、約3ヵ月必要であり、中位である。	0.62
H形鋼を用いた門形ラーメン橋			上部構造と下部構造を剛結合し、上下一体構造とした門形ラーメン構造である。上部構造は、H鋼桁埋込みRC床版橋を採用しており、場所打ち構造であるが、支保工は不要である。床掘りや埋め戻しなどの土工事がほとんど不要である。現場施工の工期は、約2ヵ月必要であり、最も短くてすむ。	0.49

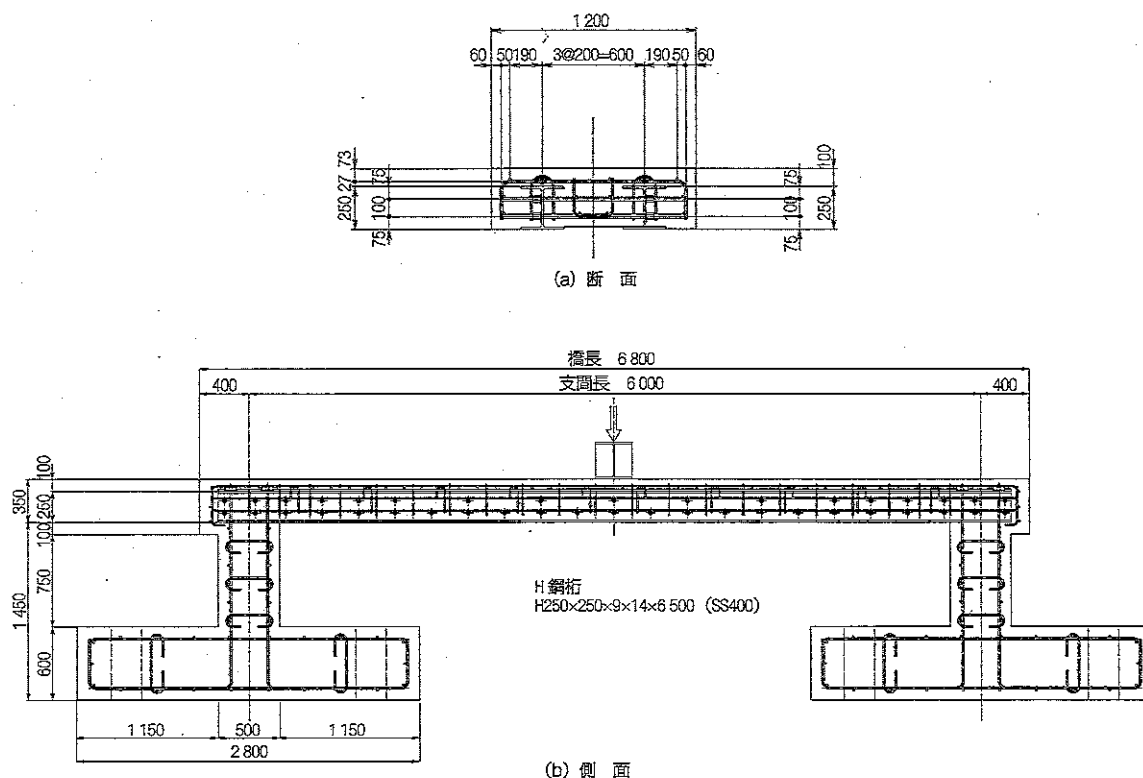


図-4 ラーメン構造試験体

ラーメン構造試験体は、支間長6m、幅員12m、H形鋼の間隔は0.6mとした。H形鋼は、いずれの試験体ともにH250×250×9×14のものを用了。

4-2 橋梁諸元

本研究で作成したラーメン構造試験体の諸元を以下に示す。なお、本試験体における設計活荷重はB活荷重として設計を行っている（支間中央部の載荷荷重が100kNのとき、B活荷重載荷に相当する）。コンクリートの設計基準強度はフーチング部：24N/mm²、橋台および主桁部：30N/mm²、鋼材材質としては、鉄筋：SD345、H形鋼：SS400を用了。

ラーメン構造試験体の諸元を以下に示す。

支間長	: 6.00 m
幅員	: 1.20 m
床版全高（H形鋼高0.25 m）	: 0.35 m
総高（フーチング下面－床版上面）	: 1.80 m
主桁間隔	: 0.60 m

4-3 試験概要

載荷試験は、金沢大学所有の油圧サーボ式大型載荷試験装置（（株）島津製作所、圧縮3000kN、引張2000kN、ス

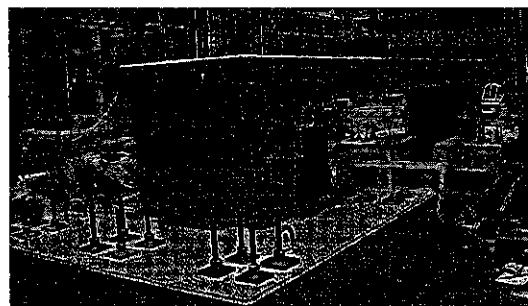


写真-10 静的載荷試験

トローク±200mm)を用了。荷重は、幅員中央に載荷した。静的載荷試験の載荷状況を写真-10に示す。

5. 試験・解析結果

5-1 破壊性状

ラーメン構造試験体におけるひび割れ状況を図-5に示す。本試験体は、支間1/2点において約1000kNで40mm程度のたわみが計測され、支間中央のコンクリート床版上部の圧縮破壊で終局状態となった。終局に至るまでの破壊性状は、以下のようにまとめられる。

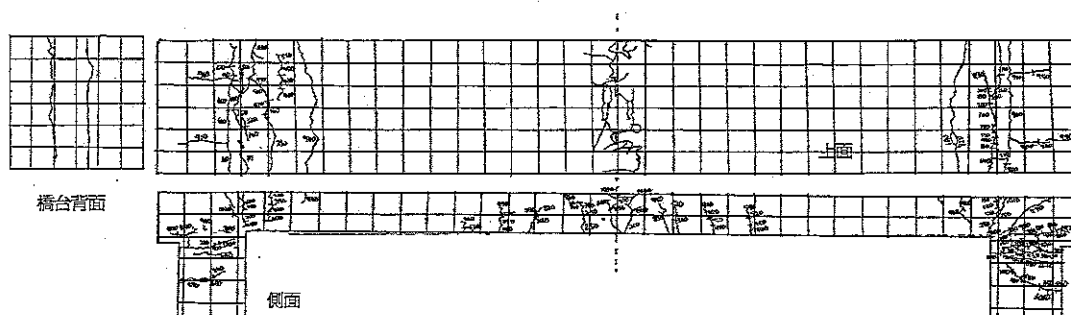


図-5 ラーメン構造試験体のひび割れ

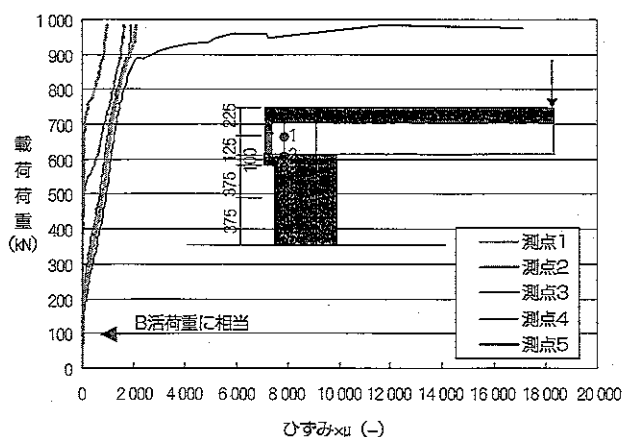


図-6 橋台の主鉄筋の載荷荷重-ひずみの関係

- ① 隅角近傍の床版上面に初期ひび割れが生じる (120 kN).
- ② 支間中央の床版下面にひび割れが生じる (210 kN).
- ③ 橋台と床版との打ち継目が開く (240 kN).
- ④ 床版の隅角部および支間中央部におけるそれぞれのひび割れが進展する.
- ⑤ 橋台背面の壁高1/2点付近で水平方向にひび割れが生じる (570 kN).
- ⑥ 橋台と床版との打ち継目からのひび割れが進展して橋台内側に進展する.
- ⑦ 支間中央の床版上面でコンクリートの圧縮破壊が生じる (1 000 kN).

5-2 隅角部のひずみ

ラーメン構造試験体における隅角部のひずみとして、橋台の主鉄筋の載荷荷重-ひずみの関係を図-6に示す。

本工法では、橋台背面などからの水の浸入によりH形鋼を腐食させないようにするため、橋座面を平らにせず、打ち継ぎ部を凸形状 (写真-11) とし、H形鋼の端部をコンクリートで包み込むようにしている。橋台の主鉄筋は、この打ち継ぎ部からの開き (写真-12) が影響して、測点3の主鉄筋における打ち継ぎ部のみが降伏し、塑性化していることが分かる。また、測点1のひずみから、提案しているねじ節異形鉄筋と定着ナットを用いた定着部が先行して破壊することはなかった。さらに、橋梁全体構造としての耐力は、設計値であるB活荷重 (片車輪分100 kN) と比較しても十分満足していることを確認した。

あとがき

本研究では、施工が容易なH形鋼を用いた門形ラーメン構造の概要について述べるとともに、施工概要および経済性について言及した。また、提案したラーメン隅角部の定着方法を用いた試験橋梁を作成して、静的載荷試験を行うことにより、その破壊性状を把握することができ、耐荷力性能について検証できた。

【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリー



写真-11 打ち継ぎ部 (矢印：主鉄筋)

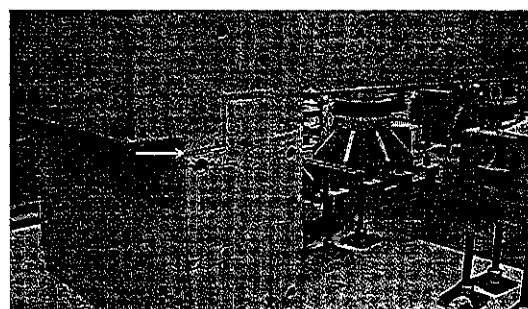


写真-12 打ち継目 (点線部) からの開き

トの複合構造物、丸善 (2002.12)

- 2) 徳野光弘、津田和俊、梶川康男、深田幸史：H形鋼を用いた床版橋、橋梁と基礎、Vol. 39, No. 2, pp. 49~55 (2005.2)
- 3) S. Fukada, Y. Kajikawa, M. Tokuno : Load-Carrying and Fatigue Capacity of Reinforced Concrete Slab Bridge with H-Shaped Steels, Proceedings of the Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, pp. 281-286 (2006.8)
- 4) 高木優任、中村俊一、室井進次：PBLを用いた複合ラーメン橋隅角部に関する実験的研究、構造工学論文集, Vol. 49A, pp. 1063~1074 (2003.3)
- 5) 小浪尊宏、経田健次、安保理女、千葉陽子：鋼複合ポータルラーメン橋 (中田春木川橋) の設計と実測、橋梁と基礎, Vol. 42, No. 3, pp. 14~20 (2008.3)

【プロジェクトデータ】

橋 名：ラーメン構造試験体
橋 長：6.8m
支 間 長：6.0m
幅 員：1.2m
構造形式：門形ラーメン橋
設計荷重：B活荷重
詳細設計：朝日エンジニアリング(株)
施 工：駒津組

【プロジェクトデータ】

橋 名：金沢港鞍月用水路橋
所 在 地：金沢市栗崎町～湊3丁目地内
橋 長：9.2m
支 間 長：7.7m
幅 員：11.2m (全幅員), 10.0m (車道)
構造形式：門形ラーメン橋
事 業 主：石川県
設計荷重：トレーラー荷重 (総重量166 t)
基本設計：朝日エンジニアリング(株)
詳細設計：朝日エンジニアリング(株)
施 工：治山社
工 期：基本・詳細設計 平成17年10月～平成18年 3月
施 工 平成18年 6月～平成18年12月