

東海北陸自動車道 恵里美橋の設計

川田建設(株)	正会員	○田村	和弘
川田建設(株)	正会員	柳原	英克
川田建設(株)	正会員	鈴木	総

キーワード：ブロック割り，大型移動作業車，高強度PC鋼材，定着ブロック試験

1. はじめに

切立橋他1橋（PC上部工）工事は，東海北陸自動車道の4車線化工事（白鳥IC～飛騨清見IC）のⅡ期線（下り線）の橋梁を構築するものである。架設位置が高鷲IC付近で有数の豪雪地域ということもあり，降雪時期を想定しながらの工程調整が必要とされた。

本工事は切立橋と恵里美橋の2橋からなり，そのうちの恵里美橋（以下，本橋）は，橋長170.5m，最大支間86.8mのPRC2径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋である。

本橋の最大張出し長は77.2mと波形鋼板ウェブ橋の中でも最大級である。本橋では，架設ケーブルに高強度PC鋼材を採用することで，床版断面を縮小するとともに張出しブロック数を減じて大幅な工程短縮を実現する合理化設計を行った。本稿では，これらの検討事項に関する詳細について報告するものである。

2. 橋梁概要

路線名：高速自動車国道 東海北陸自動車道

橋名：恵里美橋

工事箇所：岐阜県郡上市高鷲町竝立地内

橋梁形式：PRC2径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

橋長：170.500m

支間長：86.800m + 81.300m

有効幅員：9.225m（視距拡幅0.600m）

活荷重：B活荷重

雪荷重：積雪深1.69m（1.0kN/m³）

図-1に橋梁位置図，図-2に橋梁一般図，図-3に断面図を示す。



図-1 橋梁位置図

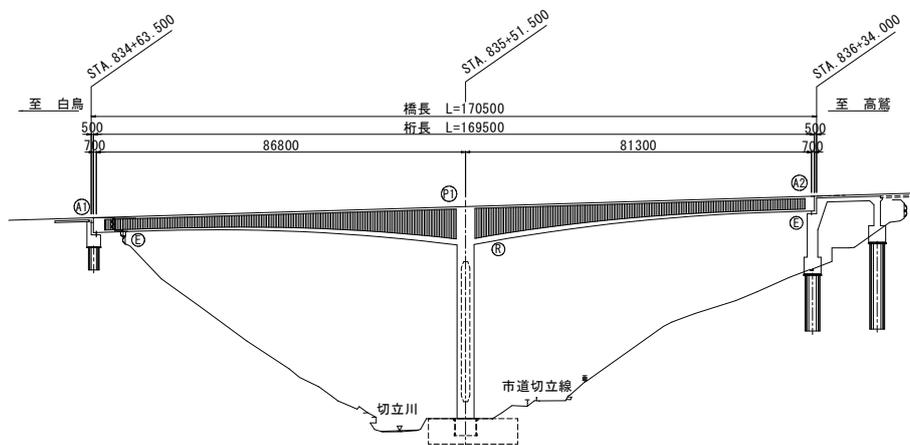


図-2 構造一般図

3. 高強度PC鋼材の検討

3.1 概要

本橋の最大張出し長は77.2mと波形鋼板ウェブ橋の中でも最大級であるが、幅員が10m程度と狭いために、基本設計において架設ケーブル（低リラクセーション鋼材12S15.2B）が床版内に配置しきれず、内ケーブルに加えて架設用の外ケーブル（低リラクセーション鋼材19S15.2B）が8本配置されていた。そのため、上床版は打ち下す形状となっており、上床版の打ち下し部に外ケーブルの定着部が配置されていた（図-4）。

詳細設計では経済性および施工性を考慮して、高強度PC鋼材の採用を検討した。

3.2 高強度PC鋼材の概略検討

ブロック割りの検討に先立って、床版内に配置できる架設ケーブルの本数を確認した。床版内に配置できる本数を検討する上で、2段配置とする案も考えられたが、下段に配置されたPC鋼材について、PCグラウトの充填確認が行えないことから1段配置とした。架設ケーブルの検討では、PC鋼材、鉄筋、排水柵などの取合いを考慮し、架設ケーブルの最大本数を40本（図-5）とした。

架設ケーブルの検討は、普通鋼材と高強度PC鋼材2種類の計3種類の検討を行った。高強度PC鋼材は、普通PC鋼材と径の等しい15.2mm（12S15.2H）と径の太い15.7mm（12S15.7H）の2種類とした。高強度PC鋼材は、JIS規格品のPC鋼材に比べ、初期導入時の許容応力度が約2割程度大きく、初期導入力を12S15.2Hで約2割、断面積が1割程度増加する12S15.7Hで約3割程度大きくできる。高強度PC鋼材の許容値を表-1に示す。

検討の結果、高強度PC鋼材12S15.7Hを使用した場合に外ケーブルが不要となった。

4. ブロック割りの変更

4.1 概要

基本設計では、ブロック長を実績の多い波形鋼板の1波長1.6mより、その0.5波長の倍数である4.8m、4.0m、3.2m、2.4mとし、標準型移動作業車の最大能力（2450kN・m）を満足するようにブロック割りが決定され、ブロック総数が19ブロックであった（図-6）。

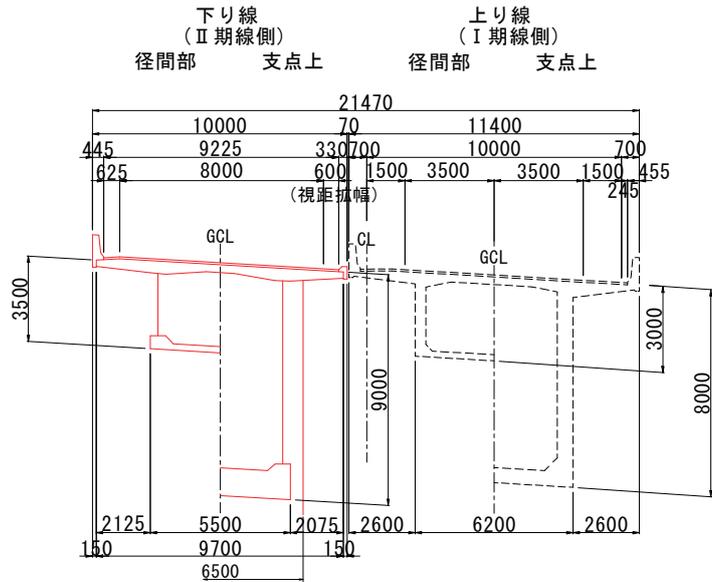


図-3 断面図

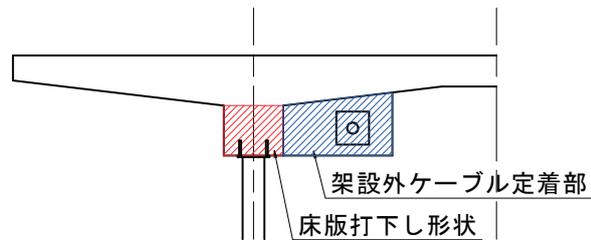


図-4 基本設計時床版形状

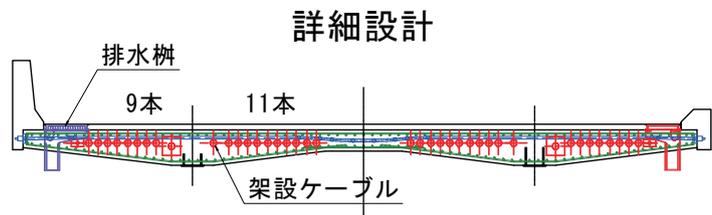


図-5 架設ケーブルの最大配置可能本数

表-1 高強度PC鋼材の諸元

	JIS規格品	高強度PC鋼材	
		①12S15.2B	②12S15.2H
引張強度 (N/mm ²)	1850	2250	2250
降伏点応力度 (N/mm ²)	1600	1900	1900
プレストレッシング中 (N/mm ²)	1440	1710	1710
プレストレッシング直後 (N/mm ²)	1295	1575	1575
設計荷重時 (N/mm ²)	1295	1575	1575
鋼材断面積 (mm ²)	138.7	138.7	150.0
初期導入力の仮定値※ (N/mm ²)	1339	1590	1590
初期導入力の仮定値 (kN)	185	220	238
JIS規格品に対する割合	1.00	1.19	1.29

※初期導入力の仮定値は、低減率7%（ジャッキロス3%+余裕量4%）を考慮した。

詳細設計では、ブロック長は基本設計と同じとしたが、移動作業車を大型移動作業車3920kN・m(写真-1)に変更し、ブロック割りを再検討した。

4. 2 変更効果

ブロック割りを再検討した結果、基本設計で移動作業車の能力で決定していたブロック長2.4mおよび3.2mであったところを詳細設計で4.0mおよび4.8mにすることができた。その結果、ブロック数が19ブロックから15ブロックに削減できた(図-6)。施工ブロック数の削減により、工程は、13日/ブロック×4ブロック=52日と2カ月程短縮することが可能となった。

また、張出し時に必要な架設ケーブルは高強度PC鋼材12S15.7Hで38本とすることができ、外ケーブルが不要となったため、床版形状を変更した(図-7)。さらに、上床版の打下しを無くすることができたため、床版荷重を削減でき、波形鋼板高も高くできた。その結果として、波形鋼板の板厚を薄くでき、鋼重を減らす効果もあった。なお、高強度PC鋼材12S15.2Hは必要ケーブル本数が42本となり、床版内に配置しきれないため外ケーブルを配置する必要が生じた。

以上の結果を受けて経済比較を行ったところ、移動作業車の損料は大型化することにより増えるが、コンクリートやPC鋼材、波形鋼板ウェブの数量を削減することができた。また、移動作業車の大型化により、工程を短縮できる分、タワークレーンやエレベータといった機材損料を削減できた。高強度PC鋼材12S15.7Hを使用した方が経済的に優れるため、高強度PC鋼材12S15.7Hを採用した。



写真-1 大型移動作業車

5. 高強度PC鋼材確認試験

5. 1 概要

定着具はFKKフレシネー工法の定着具12V15Hを採用した。本定着具に高強度PC鋼材を定着した実績が少ないため、定着具メーカーで実施した定着ブロック試験に加えて、実橋の部材寸法や配筋を考慮した定着ブロック試験を実施した。また、本橋の定着具周辺は波形鋼板との接合部であり、床版鉄筋や孔あき鋼板ジベルの貫通鉄筋、定着部補強筋が配置される。そのため、コンクリートの充てん性や施工性に配慮し、配置鉄筋を見直した(図-8)。

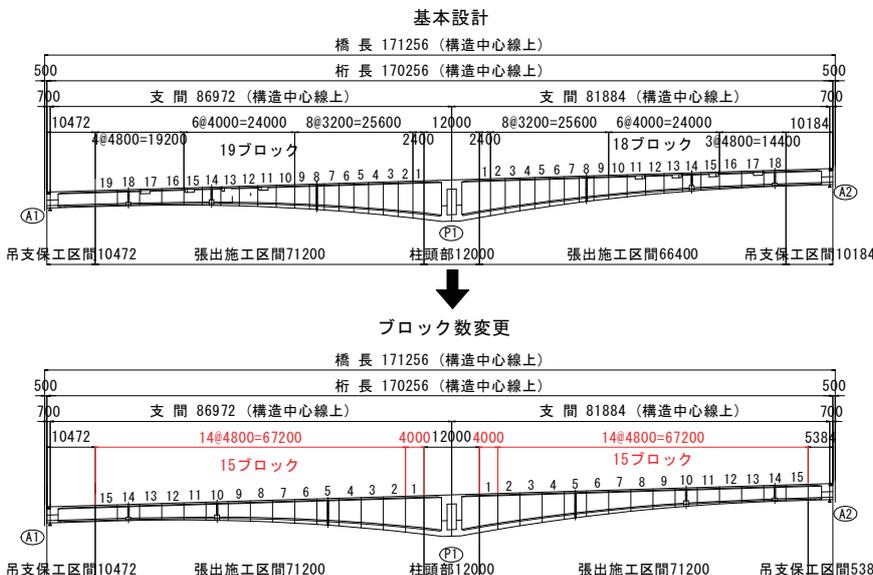


図-6 ブロック割りの変遷

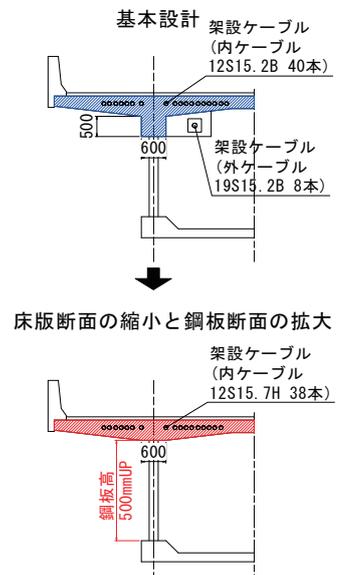


図-7 床版断面の変遷

5. 2 事前解析の実施

定着ブロック試験を実施するにあたり、実橋の定着部付近のFEM解析と定着ブロック試験体のFEM解析を実施し、試験体の寸法および配置鉄筋を決定した(図-9)。試験体の長さは、JSCE-E503に示される緊張材の長さ3mを最低寸法とした。定着ブロック試験体の配置鉄筋は、FEM解析により鉄筋応力度 $120\text{N}/\text{mm}^2$ 以下およびひび割れ幅 0.10mm 以下となるように決定した。

5. 3 定着部ブロック試験

定着ブロック試験結果を表-2に示す。定着ブロック試験の最大荷重および判定基準は、JSCE-E503および建築学会の規準を参考に表-2に示すように決定した。なお、試験体に発生する引張応力を確認するため、試験体にひずみゲージを貼りつけた(図-9)。

試験の結果、最終荷重 60.1MPa まで加圧しても、ひび割れ幅は $0.03\sim 0.04\text{mm}$ 程度であり、基準を満足する結果であった。また、ひび割れ発生後の鉄筋ひずみより鉄筋応力度を算出すると、 $40\sim 60\text{N}/\text{mm}^2$ 程度で、鉄筋の許容値以下であった。

本試験結果より、コンクリートの充てん性や施工性を考慮した配筋方法を採用することができた。

6. おわりに

架設ケーブルに高強度PC鋼材を採用することで、床版断面を縮小するとともに張出しブロック数を減じて大幅な工程短縮を実現する合理化設計を行った。その結果、2016年12月に張出し施工を完了することができ、2016年の冬期休止になる前に側径間の閉合を完了した。高強度PC鋼材を採用するにあたり、当初、懸念された定着部付近のひび割れなどの発生もなく、同工事の切立橋も含め、2018年の1月に無事竣工を迎えることができた(写真-2)。本稿が、類似構造の参考となれば幸いである。

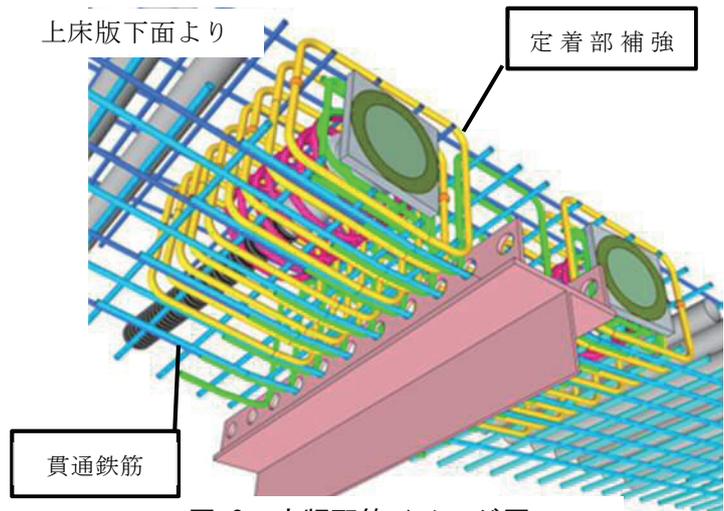


図-8 床版配筋イメージ図

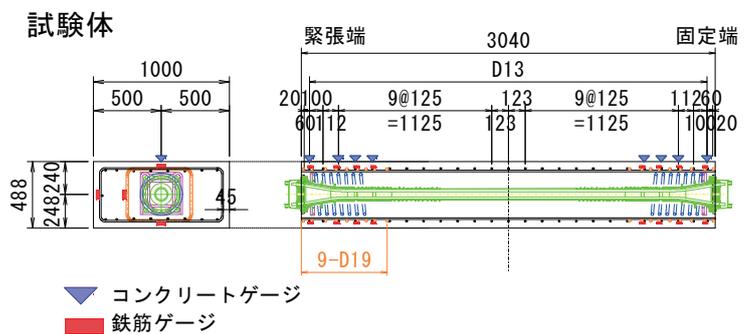


図-9 定着ブロック試験体

表-2 定着ブロック試験結果

マノメータ示度	載荷荷重		ひび割れ幅(mm)		
	緊張端	固定端	緊張端	固定端	
1 0.0MPa	0kN		-	-	
2 5.0MPa	266kN		-	-	
3 10.0MPa	532kN		-	-	
4 20.0MPa	1064kN		-	-	
5 30.0MPa	1596kN		-	-	
6 40.0MPa	2128kN		-	-	
7 50.0MPa	2660kN		0.03未満	0.03未満	
8 52.9MPa	2814kN	0.7Pu	プレストレス導入直後	0.03未満	0.03未満
9 57.9MPa	3078kN	0.90Py	プレストレスング中許容値	0.03	0.03
10 60.1MPa	3198kN	1.1×0.85Py	最終荷重	0.03	0.04
				5分間保持	0.03

判定基準: $1.1 \times 0.85P_y$ に相当する荷重を5分間保持し、ひび割れ幅 0.10mm を超えるひび割れが生じないこと、ひび割れが生じた場合、5分間保持しひび割れが進展しないことを確認する。



写真-2 恵里美橋完成写真