

興津川橋における高強度P C鋼材の定着具性能試験結果報告

川田建設(株) 正会員 ○大植 健
 川田建設(株) 正会員 今井平佳
 川田建設(株) 狩野兼義
 V S L J A P A N (株) 渡邊芳樹

1. はじめに

中部横断自動車道興津川橋は静岡県静岡市清水区に位置し(図-1)2級河川興津川を跨ぐ、最大橋脚高60m・最大支間144mのP C 5径間連続波形鋼板ウェブ+コンクリートウェブラーメン箱桁橋である。

本橋では高強度P C鋼材の採用を検討し、内ケーブル(架設ケーブル・下床版ケーブル)に高強度P C鋼材12S15.2を採用している。高強度P C鋼材はSWPR7B鋼材と比較して引張強度を約20%程度向上させたP C鋼材であり、P C鋼材が高強度化されることにより配置するP C鋼材の本数を少なくすることが可能である。それにより鋼材配置などの自由度が向上するとともに現場作業の省力化・工事コストの削減が可能であり、製造、運搬面での省エネルギーや環境不可低減が図れる等の利点を有することから近年注目を集めている材料である。

P C鋼材の定着工法はV S L工法としており、V S L定着具と高強度P C鋼材と組み合わせて使用するにあたり、定着具の耐力および定着性能を確認するため行った定着具性能試験について報告する。

2. P C鋼材配置

興津川橋の橋梁一般図を図-2に示す。本橋では高強度P C鋼材を内ケーブル(架設ケーブルおよび下床版ケーブル)にのみ用いるものとし、外ケーブルはSWPR7Bケーブルを用いた。P C鋼材配置山形図を図-3に示す。高強度P C鋼材重量は101,560kgであり定着箇所数は254箇所となる。またP C鋼材は裸線とシグラウトを行うものとしている。



図-1 架橋位置

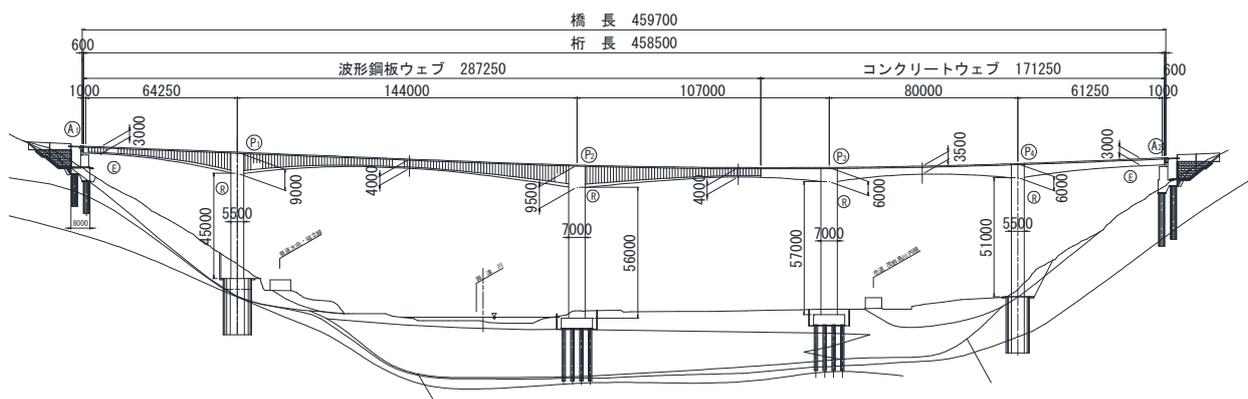


図-2 橋梁一般図

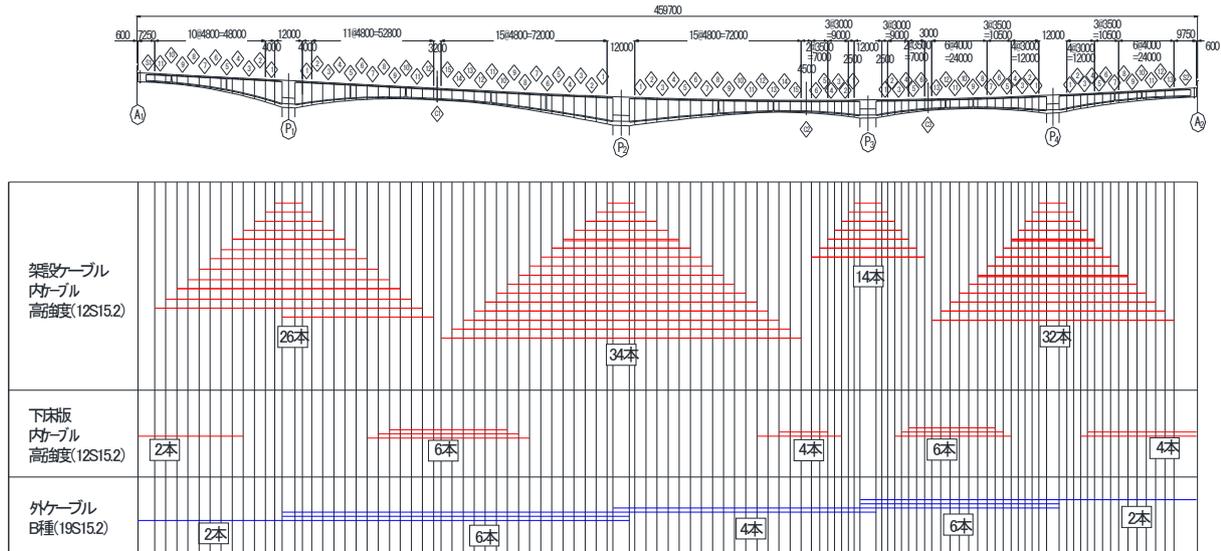


図-3 PC鋼材配置山形図

3. VSL高強度PC鋼材用定着について

定着具は高強度PC鋼材用GCタイプ定着具を使用する。高強度PC鋼材用GCタイプ定着具は、B種PC鋼材用のGCタイプ定着具と同材質・同寸法の定着体を用いており、らせん鉄筋のみをランクアップしたものである。図-4に定着具図を示す。被覆のない高強度PC鋼材φ15.2mm PCストランドを12本まで定着できるタイプである。

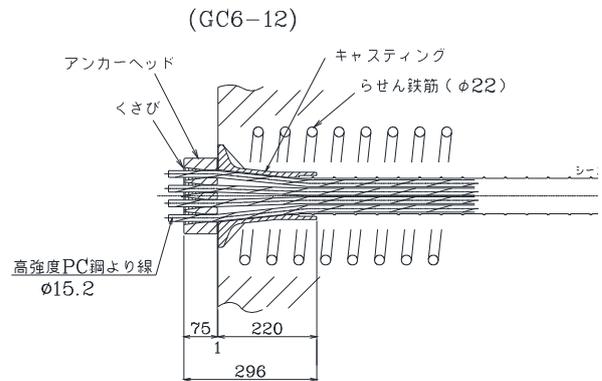


図-4 VSL高強度PC鋼材用定着具図

4. 定着具ブロック性能試験

4.1 試験概要

定着具ブロック性能試験は定着体がPC鋼材の規格引張荷重の100%以上に耐えられることを確認する。

図-5に試験体の形状寸法および定着具・補強筋配置図を示す。高強度PC定着具使用時の最小縁端距離は210mm、最小配置間隔は380mmとしている。試験体の断面寸法は、「一辺の長さを定着具の中心からコンクリート縁までの許容最小距離の2倍」とするとして420×420mmの正方形断面とした。試験体の長さについては、「定着具の長さに長辺の2倍を加えた長さ以上」として1000mmとしている。

載荷試験は10MN試験機を使用し、アンカーヘッドを介して定着具に直接圧縮力を加える方式で行った。表-1に載荷試験の荷重段階と各荷重段階の適合条件を示す。

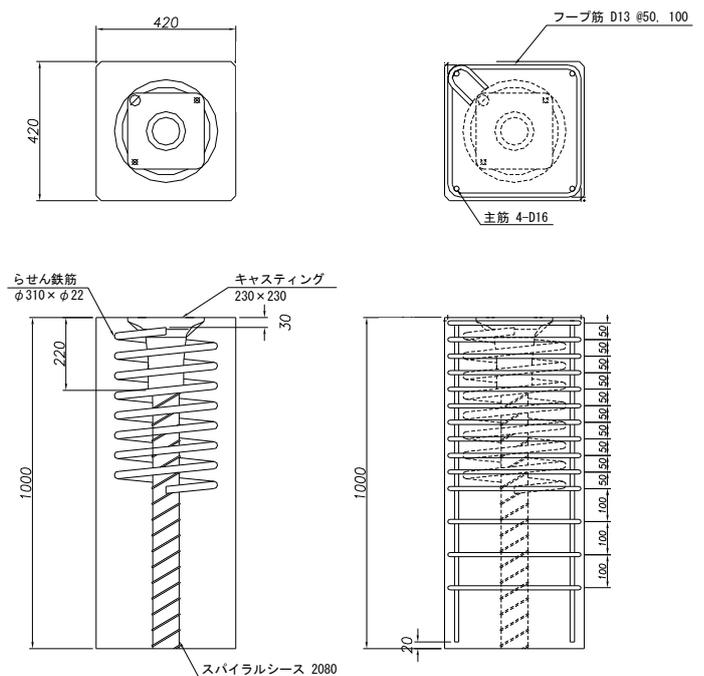


図-5 試験体概要図

表-1 荷重段階と適合条件

荷重段階		載荷荷重	適合すべき条件
a	当該定着装置とともに用いるPC鋼材の許容引張荷重(0.85Py)の110%	2,996kN	コンクリート表面に0.1mm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は、当該荷重により5分間以上の持続載荷を行い、ひび割れが著しく進展しないことを確認する
b	当該定着装置とともに用いるPC鋼材の規格降伏荷重(Py)	3,204kN	コンクリート表面に0.2mmを超えるひび割れが生じないこと
c	当該定着装置とともに用いるPC鋼材の規格引張荷重(Pu)	3,768kN	定着具の最大体力に達していないこと 定着部が破壊しないこと

4.2 試験結果

試験体のらせん筋およびフープ筋にはひずみゲージを設置している。図-6・図-7に荷重-ひずみ関係グラフを示す。荷重段階 a 到達時におけるらせん筋のひずみ値は 500 μ であり、鉄筋応力に換算すると 100N/mm² 程度の応力状態となる。荷重段階 c におけるひずみ値は 910 μ であり、鉄筋応力としては 182 N/mm² となる。フープ筋については荷重段階 a においてひずみ値は 656 μ となり鉄筋応力度で 131 N/mm² となる。荷重段階 c におけるひずみ値は 1007 μ であり鉄筋応力としては 201 N/mm² となり降伏強度以下となる結果を得た。

表-2に各荷重段階におけるひび割れ幅の測定結果を示す。荷重段階 a に到達時では試験体にひび割れの発生は見られなかったが、5分間の持続荷重後に定着部近傍の側面に縦方向のひび割れが発生した。このときのひび割れ幅は 0.04mm であり、評価基準の 0.1mm 以下であった。荷重段階 b では荷重段階 a で発生したひび割れ長さが進展するものの、ひび割れ幅に変動はなく 0.04mm であり、評価基準の 0.2mm 以下であった。荷重段階 b から荷重段階 c へ載荷を進めると、側面に新たな縦ひび割れが発生し、載荷面から約 70mm~90mm の位置に横ひび割れが発生した。また、載荷面に長さ 30mm のひび割れが見られた。荷重段階 c において有害な変形・損傷・めり込み等は見られず、全荷重段階で評価基準を満足する結果となった。

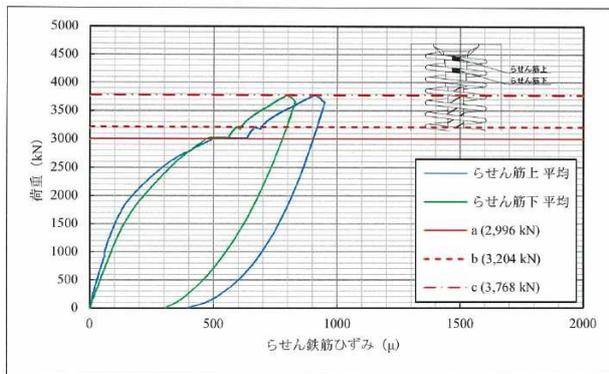


図-6 らせん筋ひずみ計グラフ

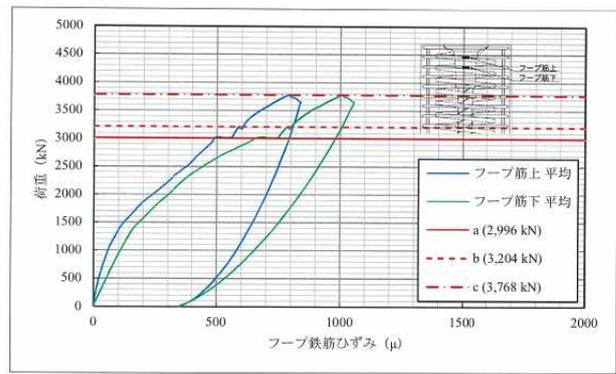


図-7 フープ筋ひずみ計グラフ

表-2 各荷重段階におけるひび割れ幅の測定結果

荷重段階	載荷荷重 (kN)	ひび割れ幅(mm)				有害変形損傷	判定	
		東	西	南	北			
a	緊張材の許容引張荷重(0.85Py) × 1.1	2,996	0	0	0	0	無し	合
	5分経過後		0.04	0.04	0	0	無し	合
b	緊張材の規格降伏荷重(Py)	3,204	0.04	0.04	0	0	無し	合
c	緊張材の規格引張荷重(Pu)	3,768	有害な変形、損傷、めり込み等 無し					合

5. 定着具効率試験

5.1 試験概要

定着効率試験は高強度PC鋼より線 15.2mm と VSL 定着具を組み合わせた状態で引張試験を実施する。試験はより線が破断するまで行い、定着効率 (破断荷重/規格最大試験力) が 95%以上であれば合格とした。試験体はAタイプくさび3体とBタイプくさび3体の計6体について試験を行った。また、くさびに段差が生じた場合の定着効率確認試験も行い、くさび間にあらかじめ 3.5mm から 4.0mm の段差を設けた状態で定着効率試験を行った。

5.2 試験結果

定着効率確認試験およびくさび段差有り時の定着効率確認試験の結果を表—3に示す。いずれの試験体の定着効率も規格値である 95%以上を満足する結果となった。VSL設計施工基準における許容くさび段差としてはくさび長さの 10%となる 4mm 以下であれば規格値を満足しているが、実施工における許容段差としてはくさび長さの 5%となる 2mm 以下とした。

表—3 定着効率試験結果

試験体		くさび段差	規格 破断荷重	破断荷重	破断状況	定着効率	規格値 (以上)
くさび 無し	A	---	314 kN	312 kN	1本せん断切れ	99.4%	95%
				312 kN	3本せん断切れ	99.4%	
				318 kN	3本せん断切れ	101.3%	
	B			314 kN	1本せん断切れ	100.0%	
				312 kN	1本せん断切れ	99.4%	
				315 kN	3本せん断切れ	100.3%	
くさび 有り	A	4.0 mm		316 kN	1本せん断切れ・2本絞り切れ	100.6%	
		3.9 mm		312 kN	1本せん断切れ	99.4%	
		3.8 mm		308 kN	1本せん断切れ	98.1%	
		B		4.0 mm	308 kN	1本せん断切れ	
	3.8 mm			312 kN	1本せん断切れ	99.4%	
	4.0 mm			314 kN	1本せん断切れ	100.0%	

6. 定着部疲労試験

6.1 試験概要

疲労試験はFIP Recommendations に従い、上限 0.65Pu に対し変動荷重 80N/mm² を与え、繰り返し回数 200 万回を超えても PC 鋼線および定着体に破断・破損がなければ合格とした。表—4 に試験条件を示す。

表—4 疲労試験条件

上限荷重	0.65Pu (204.1kN)
下限荷重	0.65Pu - 80N/mm ² (193kN)
変動荷重	80N/mm ² (11.1kN)
試験速度	250 回/min

6.2 試験結果

疲労試験の結果、各試験体とも規格値となる 200 万回以上の繰り返し回数の載荷後も PC 鋼線および定着具に破断や損傷は見られなかった。

7. まとめ

高強度PC鋼材を使用するにあたり VSL 定着具の性能確認試験を行い、以下の結果を得た。

- ① 定着具ブロック性能試験：判定基準を満足する結果を得た。また、緊張材の規格引張荷重 (Pu) 時においてもらせん筋の応力は 182N/mm²、フープ筋の応力は 201N/mm² と降伏強度以下であることが確認できた。
- ② 定着効率試験：規格値を満足する結果を得た。また、くさび段差が生じた場合でも十分な定着効率を得られることを確認できた。
- ③ 定着部疲労試験：規格値を満足する結果を得た。

以上の結果から、本試験により VSL 定着工法を用いて高強度PC鋼材を使用することに対する十分な定着性能および安全性が確認できた。