

資料-3 PC道路橋の健全度評価に関する文献調査

1) 実験、現場計測に関する文献一覧

		資料(文献)	橋名・部位	構造	測定項目						確認内容
					荷重-た わみ(ひ ずみ)	プレ導入 -コンひ ずみ	補強後 荷重-た わみ(ひ ずみ)	補強用プ レ導入- コンひず み	残存プレ ストレス	その他	
現 地	I 新 設 橋	1 志津見大橋(複合トラス橋)の振動実験	志津見大橋	複合トラス	○						・解析モデルの妥当性確認、 ・動的特性の把握
		2 のぞみ橋(端部分離型上路式吊床版橋)実橋載荷実験	のぞみ橋	吊床板	○						・剛性評価および解析モデル の妥当性、振動使用性の確認
		3 外ケーブル併用吊床版橋の設計・施工および実橋載荷実験-森のわくわく橋-	森のわくわく橋	吊床板	○						・構造特性および振動特性を 把握
		4 外ケーブル併用吊床版橋の構造と振動特性	森のわくわく橋	吊床板	○						・構造特性および振動特性を 把握
		5 勝手川橋(波型鋼板ウェブPC橋)の振動実験	勝手川橋	波型鋼板ウェブ	○						・解析モデルの妥当性確認、 ・等価減衰常数の推定
		6 波型鋼板ウェブ橋の振動特性その1-振動実験-	勝手川橋	波型鋼板ウェブ	○						・解析モデルの妥当性確認、 ・等価減衰常数の推定
		7 波型鋼板ウェブ橋の振動特性その2-振動解析-	勝手川橋	波型鋼板ウェブ	○						・解析モデルの妥当性確認、 ・等価減衰常数の推定
		8 高強度フライアッシュ人工骨材を用いたPC橋の性能確認試験	発杭川側道橋	プレテンロー桁橋	○						・コンクリート性能確認、・FEM 解析結果との比較
		9 鍋田実橋載荷試験計画書	鍋田高架橋	波形鋼板ウェブ	○						・設計計算で得られた設計値 の検証
		10 鎌山谷橋施工時モニタリング計測-PCトラス橋のひずみ計測-	鎌山谷橋	PCトラス		○					・解析モデルの妥当性確認、 ・施工時の安全確認
		11 中野高架橋の計測報告	中野高架橋	波型鋼板ウェブ		○					・解析との整合性確認
		12 矢作川橋東工事の設計・施工報告-設計・計測編-	矢作川橋	波型鋼板ウェブ		○					・架設精度と安全性の確保
		13 プレストレストコンクリートT桁橋の横締めプレストレスに関する実橋計測	床版横方向	T桁床版		○					・導入プレストレス量の確認
		14 PRC橋の長期変形挙動について	PRC橋	PRC単純2主箱桁橋		○					・物性値(クリープ挙動等)の確認

			資料(文献)	橋名・部位	構造	測定項目						確認内容
						荷重-た わみ(ひ ずみ)	プレ導入 -コンひ ずみ	補強後 荷重-た わみ(ひ ずみ)	補強用プレ 導入- コンひず み	残存プレ ストレス	その他	
Ⅱ 現 地 既 設 橋	1		千歳橋補強工事試験報告書	千歳橋	ゲルバー 橋	○		○		○		・補強効果の確認、・施工時安全管理、・設計および施工方法の妥当性確認
	2		実橋に用いたチャンネル形状プレキャストPC床版のトラック走行実験による床版性能の評価	桑才新町 跨道橋	プレキャスト PC床版	○						・チャンネル形状版の性能評価
	3		九州自動車道 須恵川橋現況調査解析業務 報告書	須恵川橋	PC単純合成 桁	○						・損傷原因の把握、・耐荷力の判定
	4		喜連瓜破高架橋の補強設計および施工	喜連瓜破 高架橋	有ヒンジ ラーメン橋	○		○				・設計的検証、・健全度評価、・維持管理
	5		七ヶ橋橋梁調査報告書 載荷試験	七ヶ橋	プレテンホ ロー桁橋			○				・健全度確認
	6		構造形変化を伴う橋梁補強の有効性評価(神通川橋)	神通川橋	有ヒンジ ラーメン箱 橋			○				・補強効果の確認、・設計の妥当性検証
	7		ねじりひび割れを有したPC単純箱桁橋の補修・補強	下床版外 ケーブル補 強	PC単純2 室箱桁橋			○				・補強効果の確認として構造全体の挙動計測
	8		沢良宜高架橋(外ケーブルによる桁連結工事)の施工と実橋測定	沢良宜高 架橋	プレテンT 桁橋			○	○			・補強効果の確認
	9		東名高速道路 東京高架橋補強追跡調査 報告書	東京高架 橋	RC2径間 箱桁橋				○			・補強効果の確認
	10		東名高速道路東京高架橋 補強工事効果確認試験継続計測 計測結果報告書	東京高架 橋	RC2径間 箱桁橋				○			・補強効果の確認
	11		PC橋の補修・補強技術に関する検討 報告書	東京高架 橋	RC2径間 箱桁橋				○			・補強効果の検証
	12		北の沢川橋載荷試験報告書	北の沢川 橋					○			・補強効果の確認
	13		外ケーブルにより補強するPC橋の定着部に関する検討	外ケーブル 補強	PC単純合成 桁				○	○		・物性値(クリープ挙動等)の確認
	14		外ケーブルにより補強するPC合成桁橋の補強効果の検証	外ケーブル 補強	PC単純合成 桁				○	○		・補強効果の確認、・解析モデルの妥当性確認
	15		外ケーブル補強に関する補強効果の経時的検証	外ケーブル 補強	RC2径間 箱桁橋					○		・経時的な補強効果の確認
	16		プレストレストコンクリートT桁橋の抜け落ち損傷と横締めプレストレスの関係	床版横方 向	T桁床版					○		・損傷の原因とメカニズムの解明
	17		Study on the Mechanism of Failure of Highway Bridge Deck Built with Prestressed Concrete T-Girders	床版横方 向	T桁床版					○		・損傷の原因とメカニズムの解明
	18		SLOTSTRESS TEST REPORT	実験・研究						○		・構造物の現有応力を直接測定
	19		中央自動車道 八乙女橋補強工事 計測報告書	八乙女橋	PC単純合成 桁					○		・補強効果の確認
	20		グラウトの突出防止効果確認実験報告(H15年度実験)	実験・研究							○	・グラウト充填度がPC鋼棒突出に与える影響の定量化

		資料(文献)	橋名・部位	構造	測定項目						確認内容
					荷重-た わみ(ひ ずみ)	プレ導入 -コンひ ずみ	補強後 荷重-た わみ(ひ ずみ)	補強用プレ 導入- コンひず み	残存プレ ストレス	その他	
Ⅲ 撤去 桁	1	太田跨線橋撤去桁の健全度調査	太田跨線橋	ボステンT 桁	○						・耐久性と耐荷性の確認
	2	昭和32年施工のPC橋(筑穂橋)の 載荷試験および耐久性調査	筑穂橋	ボステンT 桁	○						・耐久性と耐荷性に関する資料 収集、・現行基準の妥当性の 検証
	3	38年間供用したプレストレストコンク リート桁の耐久性および耐荷性に関 する調査	太田跨線橋	ボステンT 桁					○		・耐久性と耐荷性の確認
	4	フラットジャッキを併用した応力開放 法によるコンクリート部材の現有応 力測定	梁試験体						○		・応力解放法の適用範囲と精 度確認

2) 非破壊に関する文献一覧

		資料(文献)	橋名・部位	手法	測定項目						確認内容
					グラウト 充填	鋼材か ぶり	コンク リート強 度 弾性係 数	ひび割 れ深さ	鋼材腐 食	その他	
Ⅳ 非 破 壊	1	PC鋼棒グラウト充填状況確認実験 報告書	実験・研究	鉄筋腐食 診断器、超 音波探傷	○						・グラウト充填確認手法の評価
	2	非破壊検査によるグラウト充填長確 認実験報告(その1)	実験・研究	打音振動 法	○						・グラウト充填確認手法の評価
	3	非破壊検査によるグラウト充填長確 認実験報告(その2)	実験・研究	超音波探 傷法、SIT 法	○						・グラウト充填確認手法の評価
	4	非破壊検査法によるPC鋼材 グラウ ト充填状況の診断に関する研究	実験・研究	放射線透 過法、超音 波法	○						・グラウト充填確認手法の評価
	5	A橋健全度調査報告書、A橋外ケーブ ル施工に関わる計測業務		X線撮影、 打音振動	○						・グラウト充填確認手法の評価
	5	非破壊検査(電磁波レーダー探査 法)による内ケーブルPCグラウトの 充填検査	朝比奈高 架橋	電磁波レー ダー	○						・非破壊検査手法の確立
	6	非破壊検査(広帯域超音波探査法) による内ケーブルPCグラウトの充填 検査	朝比奈高 架橋	広帯域超 音波	○						・非破壊検査手法の確立

3) モニタリングに関する文献一覧

		資料(文献)	橋名・部位	手法	測定項目						確認内容
					PC鋼材 破断	PC鋼材 張力	補強後 の PC鋼材 張力変 動	補強後 の コンク リートひ ずみ	その他		
モニ タ リ ン グ	Ⅴ 新 設	志津見大橋における長期モニタリ ングに関する報告	志津見大 橋	熱伝対、ひ ずみゲージ					○		・温度差、温度変化による主桁 の応力状態確認
	Ⅵ 既 設	弾性波モニタリング手法によるPC鋼 材の破断検知に関する実験的研究	実橋実験	AEセン サー	○						・AEセンサーによる鋼材破断 検知の実用性の確認
		モニタリングシステムによるコンク リート構造物中の鉄筋腐食調査	実橋計測	腐食電流 計測					○		・腐食モニタリングシステムの 実用性の確認
		センサーによるグラウト充填の確認 方法に関する検討	実験	MSセン サー					○		・グラウト充填度の確認

整理番号	I-1	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	志津見大橋	
構 造	複合トラス	
出典（文献）	「志津見大橋（複合トラス橋）の振動実験」 oriken技報22号, オリエンタル建設株式会社	
計測目的	固有振動数、減衰定数、衝撃係数を把握することを目的とする。	
概 要	5 径間連続複合トラス橋における、施工完了時実橋載荷試験に関する記述。動的特性の把握を行うことを目的として車両載荷試験を実施し衝撃係数に関する検討を行っている。 この中で、車両の静的載荷による桁のたわみとコンクリートのひずみを計測している。上下床版へは埋め込み型ひずみ計、鋼トラス材には表面ひずみ計を設置。静的載荷ではレベルによるたわみ計測を行っている。 静的載荷ではダンブトラック 10 台（2 台並列）、走行実験では最大 4 台のダンブトラックを載荷している。 試験は、「静的載荷実験」「衝撃加振実験」「車両走行実験」を行っている。	
結 果	静的載荷によるたわみは設計計算とほぼ一致しており、骨組み解析モデルの妥当性が確認できた。 衝撃加振実験から算出した固有振動数は設計値と最大 8 % の差があった。減衰定数については 0.5 % と小さくなったが、加振力が小さいためと考えられる。 車両走行試験からは、動的応答値を計測し衝撃係数を計算しているが、道路橋により算出する PC 橋の値よりも小さいことが確認できた。	
改 善 点		
備 考	解析に使用している弾性係数は実測値（テストピース）。	

整理番号	I-2	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	のぞみ橋	
構 造	上路式吊床版橋	
出典（文献）	「のぞみ橋（端部分離型上路式吊床版橋）実橋載荷実験」 oriken技報19号, オリエンタル建設㈱	
計測目的	橋梁の剛性評価および解析モデルの妥当性、振動使用性の確認	
概 要	荷重はダンプトラック 2 台を載荷している。静的載荷試験では、たわみおよびひずみの計測を行っている。動的載荷では、車両走行および衝撃加振による加速度を計測している。 具体的な実験内容としては「車両静的載荷実験」「車両走行実験」「人力および車両衝撃加振実験」「定点加振実験」「常時微動計測」「路面凹凸計測」である。	
結 果	静的車両載荷実験では最大たわみ 1 0 mm。 振動特性については、たわみ最低次が対称モード、次いで逆対称モードとなり、従来の吊床版と異なり桁構造に近い挙動となった。 車両走行実験結果からは、振動速度の最大値はすべてのケースの各測点で 1. 0cm/s 程度であり、実効値は 0. 3～0. 6cm/s であった。また、体感アンケートも行い使用振動性に問題ないことを確認した。	
改 善 点	プレストレスが設計どおり導入されているかという点からは、サグ管理のデータがあればよいと考えられる。	
備 考		

整理番号	I-3~4	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	森のわくわく橋	
構 造	上路式吊床版橋	
出典（文献）	「外ケーブル併用吊床版橋の設計・施工および実橋載荷実験－森のわくわく橋－」 コンクリート工学, vol. 40, No. 4, 2002. 4 「外ケーブル併用吊床版橋の構造と振動特性」 構造工学論文集, vol. 48A, 2003	
計測目的	外ケーブル併用吊床版橋の構造特性および振動特性を把握する。	
概 要	外ケーブル併用吊床版橋の設計・施工・実橋載荷試験の報告を行っている。実橋載荷試験は、施工完了時に行い静的特性、動的特性を把握することを目的に行っている。車両の静的載荷によるたわみの計測と、車両の走行などの載荷による固有値および減衰特性の測定を行っている。 実験は「静的載荷実験」「衝撃加振実験」「定点加振実験」「人力共振歩行・走行実験」「車両走行実験」を行っている。	
結 果	静的載荷実験については、ほぼたわみ値は一致しているが実験値の方が大きい傾向があった。プレキャスト版接合部目地のモデル化を行っていないためと考えられる。 固有振動特性については、一般的な吊床版と同様に最低次振動モードで逆対称モード、次いで対称モードが発現した。固有振動数および固有振動モードは解析とほぼ一致し、解析モデルの妥当性を確認した。 減衰特性については、たわみ振動モードの減衰定数は0.2~0.4%、水平およびねじれ振動モードの減衰定数は0.4~0.6%。 46kN車が20~30km/hで走行した場合の応答速度の実効値は0.4cm/s程度であり、小規模吊橋で想定する自動車荷重では使用振動性に問題ない。	
改 善 点		
備 考	・施工完了後の荷重－たわみ（ひずみ）関係を計測。プレストレスによるたわみは計測していない。ただし、吊床版橋であるので、施工管理として各ステップのたわみデータはあるはず。	

整理番号	I-5~7	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	荷重-たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	勝手川橋	
構 造	波形鋼板ウェブ橋	
出典（文献）	「勝手川橋（波形鋼板ウェブPC橋）の振動実験」 oriken技報15号 「波形鋼板ウェブ橋の振動特性その1-振動実験-」 プレストレストコンクリート, vol. 45, No. 2, Mar. 2003 「波形鋼板ウェブ橋の振動特性その2-振動解析-」 プレストレストコンクリート, vol. 45, No. 3, May. 2003	
計測目的	解析モデル（せん断剛性、ねじり剛性）の妥当性の検証、等価減衰定数の推定	
概 要	波形鋼板ウェブ橋における振動特性の把握を行うために動的荷重載荷試験を行っている。対象橋梁は3径間連続波形鋼板ウェブラーメン橋である。 荷重は起振機を用いて橋軸方向中央付近において載荷を行っている。荷重の載荷方向は、橋軸方向および橋軸直角方向である。動的荷重は起振機を用いて載荷を行っている。	
結 果	面内モードの実験値の固有振動数は、骨組み解析において波形鋼板ウェブのせん断変形の影響を考慮した場合と考慮しない場合の中間程度となる。 波形鋼板ウェブPC鋼材のねじり剛性は主桁の扁平度を考慮したねじり剛性評価式で、精度よく評価することが出来る。 勝手川橋のモード減衰定数は、橋軸方向で0.7-1.6%、橋軸直角方向で1.2-2.8%程度となり、解析より同定された主桁の減衰定数は1.0-1.2%程度となった。	
改 善 点		
備 考	・静的載荷によるたわみ計測、ひずみ計測は行っていない。 ・プレストレスによるたわみ（ひずみ）の計測はない。	

整理番号	I－8																							
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）																							
測定項目	荷重－たわみ（コンクリートひずみ）																							
橋名・部位	発杭川側道橋																							
構 造	プレテンション方式単純中空床版橋																							
出典（文献）	「高強度フライアッシュ人工骨材を用いたP C橋の性能確認試験」 コンクリート工学年次論文報告集第23巻																							
計測目的	第二東名高速道路の発杭川側道橋において、主桁にH F A骨材コンクリートを使用するに当たり、架橋後、その性能を確認する為に実橋載荷実験を行った。																							
概 要	実橋載荷実験では静的載荷試験及び振動試験を実施した。静的載荷試験では、支間中央の幅員中心部にダンブトラックを載荷し、橋梁の変位量及び主桁コンクリートのひずみの計測を行いF E M解析の結果と比較を行っている。また、振動試験では、ダンブトラックを10、20、30、40km/hの速度で走行載荷し、固有振動数を算出し計算値と比較している。																							
結 果	静的載荷試験では、スパン中央部のたわみ量がF E M解析値と比較して、実測値が20％程度小さくなっている。また、下縁のコンクリートひずみは実測値が計算値より若干大きく、上縁のコンクリートひずみは実測値が計算値より若干小さい結果となったが、比較的一致している（表－1参照）。振動試験では、20km/hで走行時の固有振動数が3.81Hzとなり、計算値の3.96Hzと近似していた。 表－1 支間中央部のコンクリートひずみ <table><tr><th>計測位置(支間中央)</th><th>計算値(μ)</th><th>実測値(μ)</th></tr><tr><td rowspan="4">下 縁</td><td>G 1 桁</td><td>33</td><td>34</td></tr><tr><td>G 4 桁</td><td>33</td><td>36</td></tr><tr><td>G 5 桁</td><td>33</td><td>37</td></tr><tr><td>G 8 桁</td><td>34</td><td>39</td></tr><tr><td rowspan="2">上 縁</td><td>G 3 桁</td><td>-28</td><td>-21</td></tr><tr><td>G 4 桁</td><td>-28</td><td>-24</td></tr></table>	計測位置(支間中央)	計算値(μ)	実測値(μ)	下 縁	G 1 桁	33	34	G 4 桁	33	36	G 5 桁	33	37	G 8 桁	34	39	上 縁	G 3 桁	-28	-21	G 4 桁	-28	-24
計測位置(支間中央)	計算値(μ)	実測値(μ)																						
下 縁	G 1 桁	33	34																					
	G 4 桁	33	36																					
	G 5 桁	33	37																					
	G 8 桁	34	39																					
上 縁	G 3 桁	-28	-21																					
	G 4 桁	-28	-24																					
改 善 点																								
備 考	・静的載荷によるたわみ計測、ひずみ計測は行っていない。 ・プレストレスによるたわみ（ひずみ）の計測はない。																							

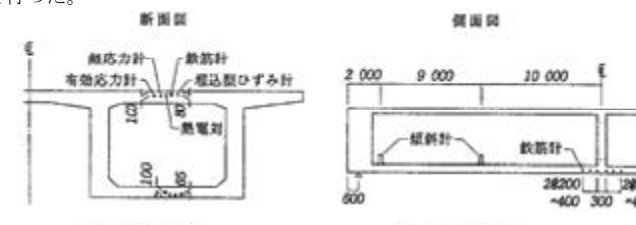
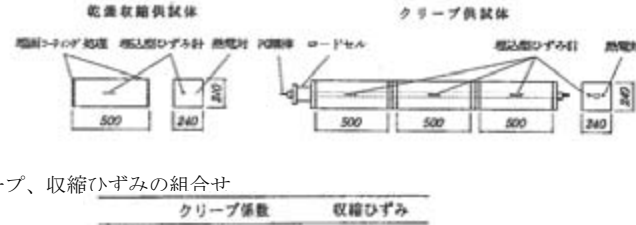
整理番号	I-9	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	鍋田高架橋	
構 造	波形鋼板ウェブ橋	
出典（文献）	「実橋載荷試験計画」	
計測目的	◎主桁応力の計測 ・載荷荷重による発生応力を確認し、設計計算で得られた計測値の検証を行う。 ・載荷荷重による定着突起周辺の挙動を確認し、安全確認試験と合わせて今後の定着突起部の設計に反映させる。 ◎主桁のたわみ計測 ・波形鋼板ウェブ橋におけるせん断変形の挙動を明らかにするためにたわみを計測。	
概 要	中央径間中央部および側径間中央部に着目し、載荷荷重をそれぞれの径間に活荷重を載荷した状態と同等の荷重とする。その時の、①主桁の発生応力度（主要断面の応力状態と、定着突起周辺の局部応力）、②主桁のたわみ性状を計測する。	
結 果	資料が計画書であるため、結果については記述がされていない。	
改 善 点		
備 考		

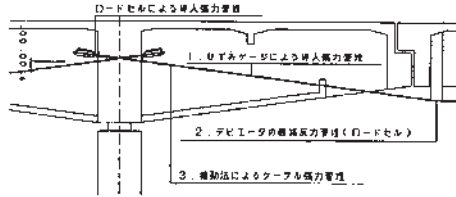
整理番号	I-10	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	プレストレスーひずみ	
橋名・部位	鎌山谷橋	
構 造	PCトラス	
出典（文献）	「鎌山谷橋施工時モニタリング計測ーPCトラス橋のひずみ計測ー」 oriken技報21号	
計測目的	解析モデルの妥当性の評価、施工時の安全性の確認	
概 要	PC単純トラス橋における施工時計測を行っている。トラス桁のガーダー架設中における、各部材のひずみの計測により施工中の安全性の確保と、ひずみの履歴の確認を行っている。また、外ケーブル緊張によるひずみの計測も行っている。 計測は、ガーダー架設中に仮支点が随時変化するため、そのときの状態を無線によりモニタリングしている。計測結果はFEM解析による計算値とほぼ等しく、適切な施工が行われたことを確認するものとなった。	
結 果	計測結果はFEM解析により算出したひずみ値とほぼ一致した。ひずみをもっとも大きく発生する箇所は、斜材コンクリートの局所的な曲げ圧縮ひずみであり、この値も計算値と同じ結果が得られた。	
改 善 点	プレストレスが設計どおり導入されていることを確認するため、PC鋼材にもひずみゲージもしくはロードセルを設置する。	
備 考	施工中については外ケーブル緊張時によるコンクリートひずみ計測値がある。	

整理番号	I-11	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	プレストレス－ひずみ	
橋名・部位	中野高架橋	
構 造	波形鋼板ウェブ橋	
出典（文献）	「中野高架橋の計測報告」 oriken技報15号	
計測目的	波形鋼板ウェブ橋におけるウェブせん断応力度、ねじり挙動、床版応力度、そり応力度などの把握を行う。	
概 要	曲線形状を有する波形鋼板ウェブ橋におけるねじり特性の把握を目的として、施工時から橋体完成時までのウェブせん断応力度、ねじり挙動、床版応力度、そり応力度の計測を行っている。 結果として、波形鋼板ウェブのせん断挙動およびねじり挙動などの把握を行い、解析との整合性を確認している。 計測は、波形鋼板ウェブおよび上下床版コンクリートで行っており、施工中の各ステップおよび完成後には車両載荷による値を計測している。	
結 果	せん断応力度の実測値は、桁高変化による影響を考慮した場合の計算結果と近い値を示す。 上下床版応力度は実測値と解析値はほぼ等しい結果となる。 適度な隔壁を設けることでねじり断面変形に対して抑制効果があると考えられる。 曲げおよびねじりによりウェブに発生するせん断応力度は解析値とほぼ一致し、せん断応力度の設計手法が妥当であることが確認できた。	
改 善 点		
備 考	施工中においては各ステップで計測を行っているので、プレストレスによるひずみも計測していると思われる。	

整理番号	I-12	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	プレストレス－ひずみ	
橋名・部位	矢作川橋	
構 造	波形鋼板ウェブ橋	
出典（文献）	「矢作川橋東工事の設計・施工報告－設計・計測編－」 oriken技報21号	
計測目的	所要の架設精度と安全性の確保。	
概 要	本橋は、世界初の施工となる波形鋼板ウェブPC・鋼複合斜張橋である。所要の架設精度と安全性を確保するために主桁のたわみ、斜材張力その他の計測を行っている。 たわみ管理は、①主桁自重、②斜材調整力、③架設荷重、④プレストレス、⑤橋面荷重、⑥クリープ・収縮について施工中の計測を行っている。なお、架設工法は張り出し架設である。緊張、張力調整時は油圧ジャッキに接続したデジタル圧力計により管理している。その他の斜材については振動法による張力管理を行っている。 その他、アンバランス施工の管理として、主塔の傾斜および主塔分岐基部の応力計測を行っている。	
結 果	たわみ計測値と計算値はほぼ等しい値となった。斜材張力の経時変化についても設計値と近い結果となり良好な施工管理を行うことが出来た。	
改 善 点	主ケーブルのプレストレス量の計測があるとよい。	
備 考	内プレストレスについては、たわみ管理のみとなる。	

整理番号	I - 13	
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）	
測定項目	プレストレス－ひずみ	
橋名・部位	床版横方向	
構 造	T桁床版	
出典（文献）	「プレストレストコンクリートT桁橋の横締めプレストレスに関する実橋計測」 第13回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	新設される橋梁における横締めPC鋼材導入プレストレス量を確認する。	
概 要	T桁橋の床版間詰め部の損傷事例に関して、新設橋において横締めプレストレスが適切に導入されるかを確認するために、実橋計測を行っている。 実橋計測を行ったのは2橋であり、それぞれ埋め込み型ひずみ計を床版間詰め部へ設置し、実橋における横締めプレストレスの計測を行っている。	
結 果	収縮補償コンクリートを間詰め部に使用したA橋では養生期間中のひずみ変化に解析値との若干の変化が見られたが、プレストレスについては解析値とほぼ同じ値のひずみが確認された。普通コンクリートを使用したB橋では一部打ち継ぎ目に関きが見られる箇所もあったが、プレストレスによるひずみは解析値にほぼ等しい値が確認され、プレストレス導入後は目地の開きもなくなることが確認された。	
改 善 点		
備 考	床版部における横締めプレストレスをひずみゲージにより直接確認している。	

整理番号	I-14													
データ種別	実験・現場計測データ（新設橋）													
測定項目	プレストレス導入-コンクリートひずみ													
橋名・部位	P R C 橋													
構 造	P R C 単純2主箱桁橋													
出典（文献）	「PRC橋の長期変形挙動について」 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集													
計測目的	P R C 橋における長期変形挙動を実測を通して明らかにし、さらに、プレストレスの導入から静荷重が作用し長期材齢に至るまで連続的にクリープ解析を行い、実測値との比較検討を通じて、実橋のコンクリート応力・ひずみ、鉄筋応力および曲率に関して考察を行う。													
概 要	P R C 単純箱桁橋の約400日の測定結果と、載荷時材齢を考慮したstep-by-step法に基づくクリープ解析とを比較検討する。 測定は、実橋のコンクリートのひずみ・応力、無拘束ひずみ、鉄筋応力、傾斜角、およびコンクリート温度である。また、実橋計測と平行して、ダミー試験体（上床版コンクリートを対象）によるクリープ、収縮ひずみの測定を行った。 ◎実橋の計測器位置  ◎ダミー試験体  ◎解析に用いたクリープ、収縮ひずみの組合せ <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>クリープ係数</th><th>収縮ひずみ</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CASE-1</td><td>JSCE</td><td>JSCE</td></tr> <tr> <td>CASE-2</td><td>実測値</td><td>上床版実測値</td></tr> <tr> <td>CASE-3</td><td>実測値</td><td>下床版実測値</td></tr> </tbody> </table>			クリープ係数	収縮ひずみ	CASE-1	JSCE	JSCE	CASE-2	実測値	上床版実測値	CASE-3	実測値	下床版実測値
	クリープ係数	収縮ひずみ												
CASE-1	JSCE	JSCE												
CASE-2	実測値	上床版実測値												
CASE-3	実測値	下床版実測値												
結 果	1) JSCEのクリープ係数の予測値は、実橋・ダミー供試体ともに実測値の60%程度であった。 2) JSCEの収縮ひずみの予測値は、降雨の影響を受けた上床版では約2倍、降雨の影響を受けない下床版では65%程度であった。また、ダミー供試体では実測値とほぼ一致した。 3) 降雨の影響を受けない場合の夏期のクリープおよび収縮ひずみの実測値は、JSCEの予測値よりもかなり大きく進行する。 4) 3つのケースについて解析を行った結果、初期材齢時を除きコンクリートひずみ・応力、鉄筋応力に関しては比較的一致しており、特に上床版の収縮ひずみを用いたCASE-2が傾向を良くとらえている。 5) 曲率に関して、上下床版の収縮挙動が異なった場合、断面に一樣とした本解析では正確にその傾向を捉えることができない。													
改 善 点														
備 考														

整理番号	Ⅱ－1	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	外ケーブル張力、荷重－主桁たわみ（主桁鉄筋ひずみ）	
橋名・部位	千歳橋	
構 造	ゲルバー桁（連続ケーブル桁吊工法による補強）	
出典（文献）	千歳橋補強工事試験報告書	
計測目的	千歳橋補強工事では、工事と平行して種々の実橋試験を実施し、補強効果を確認すると共に、施工時の既設構造物の挙動をモニターして安全に施工するための管理試験を実施した。加えて、設計・施工方法の妥当性を検証し、今後の同様または類似の補強工事に対する一提案を行う為のデータサンプリングを行った。	
概 要	千歳橋ではゲルバーヒンジ部の補強に、日本で初めて用いられる連続ケーブル桁吊工法（図－1参照）を採用している。この工法を採用するに当って、施工時のケーブル導入張力とデビエーター部に生じる鉛直反力の確認、補強後のケーブル張力の長期的管理法の検証と、室内模型実験による一連の予備実験が行われている。また、施工前、施工完了時にダンプトラックを用いた載荷試験を行い、主桁たわみ及び主桁鉄筋ひずみを計測し、補強効果の確認を行っている。  図－1 千歳橋補強概要図	
結 果	本橋では、構造形式（連続ゲルバー）の変更を伴わず、ゲルバーヒンジ部のせん断補強を行うことを目的としている。 載荷試験結果より得られた主桁のたわみおよび主桁鉄筋のひずみは、計算値に対していずれも低い値を示しており、主桁は十分な耐力を有していることが確認できた。また、補強前後の載荷試験による主桁たわみの計測結果を比較すると、両者は良く一致しており、曲げ剛性の変化を伴わないゲルバーヒンジ部の補強が行われていることが確認できた。	
改 善 点	設計断面等の主要な箇所、緊張力導入時のコンクリートひずみを計測すれば、プレストレス導入によるコンクリート応力が確認できた。	
備 考	ロードセルの測定結果より、ケーブルの緊張管理は、緊張グラフを使用した伸びおよび摩擦管理で十分に可能であると記されている。	

整理番号	Ⅱ-2	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	床版たわみ 鋼桁のたわみ 鋼桁の橋軸方向ひずみ	
橋名・部位	大阪府道中央環状線 桑才新町跨道橋	
構 造	3 径間連続鋼箱桁橋	
出典（文献）	構造工学論文集 Vol. 49A、2003年3月 「関西国際空港線末広高架橋（鋼上部工）工事PCプレキャスト床版実験報告書」日本道路公団大阪建設局、1993 「チャンネル形状プレキャストPC床版の開発」プレストレストコンクリート、Vol20、No2、pp36-44、1998. 3	
計測目的	実際の重交通下で供用されたチャンネル形状版の性能を評価するためには、実橋梁において実輪荷重載荷を行うことが良い方法と言える。チャンネル形状版の挙動の確認、および実際の交通履歴、輪荷重走行の影響を受けたチャンネル形状版の現時点での性能評価を目的として、トラック走行載荷実験を行った。	
概 要	FEM解析および計測結果を元に、以下の項目についての検討結果について確認した。 ・鋼桁とチャンネル形状PC床版との合成効果 ・スタッドジベルのバネ定数評価 ・床版挙動の評価 ・健全性の評価	
結 果	・非合成桁として設計された本橋梁において弾性合成桁としての挙動が確認できた。 ・床版と主桁の水平せん断バネ定数を適切に設定することで弾性合成桁としての合理的な設計が可能と考える。 ・輪荷重が床版中央部に載荷されても、床版部の下縁における発生ひずみはリブ部下縁の1/2程度のひずみでしかないので、特に問題はない。 ・リブ部に載荷するとリブ部で荷重を受け持つので、床版部には大きなひずみは発生しない。これはチャンネル形状に起因した特徴と言える。 ・チャンネル形状PC床版のコンクリートを全断面有効の完全弾性体として扱ったFEM解析値と実測値が、ひずみ、たわみの全測定項目で合致することから、5年間重交通による実荷重を受けた本床版はまだコンクリートが全断面有効の状態にあり極めて健全である。	
改 善 点	合成度の低下等の上部工全体の影響も含め、さらに荷重履歴を受けた10年後、20年後の追跡調査を行い、データを蓄積する必要がある。	
備 考		

整理番号	Ⅱ－3	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	九州自動車道 須恵川橋	
構 造	P C単純合成桁	
出典（文献）	「九州自動車道 須恵川橋現況調査解析業務 報告書（平成15年5月）」	
計測目的	中央分離帯耳桁に生じた損傷要因の把握と、応力頻度測定による耐荷力の判定に基づき、その健全度を診断し必要対策を検討するものである。なお耐荷力の判定は『応力頻度測定要領（案）』（平成8年3月（財）道路保全センター）に基づき、実際の交通荷重に対して行う。	
概 要	桁の耐荷力調査（応力頻度測定）方法はヒストグラムレコーダーを用いて、現橋主桁供用下での発生応力度の実測値を求め、劣化を生じた桁と健全な桁との発生応力度の違いの検証、および耐荷力計算により求めた理論値と比較を行い、劣化が及ぼす主桁耐荷力への影響を判定している。計測内容は劣化桁と健全桁の両桁に対して、コンクリートひずみ（主桁下フランジ部）、鋼材ひずみ（P C鋼材1段目および2段目）の計測を実施している。	
結 果	・合成応力度は、死荷重作用時には復元設計により、活荷重作用時には応力頻度測定結果により算出している。 ・応力頻度測定結果（活荷重によるコンクリート応力）は、損傷桁：$\sigma_c = -1.42\text{N/mm}^2$、健全桁：$\sigma_c = -1.92\text{N/mm}^2$となった。 ・応力頻度測定結果（活荷重によるPC鋼材応力）は、損傷桁：$\sigma_p = 15.8\text{N/mm}^2$、健全桁：$\sigma_p = 13.2\text{N/mm}^2$となった。 ・損傷桁のコンクリート応力度は、活荷重作用時に主桁下縁で$\sigma_c = -1.80\text{N/mm}^2$となり許容値$\sigma_{ca} = -1.50\text{N/mm}^2$を越えている。 ・PC鋼材応力度は、死荷重時に許容応力度を超えており（$\sigma_p = 931.2\text{N/mm}^2 > \sigma_{pa} = 900.0\text{N/mm}^2$）、活荷重作用時には$\sigma_p = 947.2\text{N/mm}^2$となっている。 ・外ケーブル工法により補強を行うこととしている。	
改 善 点	コンクリートおよびPC鋼材のヤング係数を設計値を用いていたため、実構造物の値を計測することで、より精度の高い結果が得られたと考えられる。	
備 考		

整理番号	Ⅱ－４	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	主桁たわみ 鉛直変位 主桁軸方向ひずみ	
橋名・部位	大阪松原線 喜連瓜破高架橋	
構 造	ＰＣ３径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋	
出典（文献）	「喜連瓜破高架橋の補強設計および施工ー下弦ケーブルを用いた有ヒンジラーメン橋のたわみ回復補強ー」 プレストレストコンクリート Vol. 46, No. 5, Sep. 2004	
計測目的	本補強工法は施工実績が少ないことから、①設計的検証、②本橋の健全評価、③今後の維持管理に活用する事を目的として、下弦ケーブル緊張時および補強前後に荷重載荷による静的載荷試験を行い実橋計測による補強効果の確認。	
概 要	1979年に建設された橋長154mのＰＣ３径間連続有ヒンジラーメン橋である。1985年に中央ヒンジ部の垂れ下がりが問題となった。その後、経過観測、各種検討が行われてきたが、垂れ下がり量が大きいこと、進行が予想されること、また、アルカリ骨材反応の劣化をうかがわせるコンクリートの力学的特性値が確認されていることなどの理由から、複合的な要因であると判断された。今後の垂れ下がり抑止や回復を目的とした下弦ケーブルによる補強工事が実施された。	
結 果	・下弦ケーブル緊張によるたわみ回復量は、解析値44.8mmに対して、計測値41.0mmであり、断面に均等にプレストレスが導入されていると考えられる。 ・温度変化、床版温度差による張力変動は見られたが、緊張直後に対して最大で２％程度の変動量であり、磁歪センサーの公称誤差が３％であることから、緊張力がおおむね減少していないことが確認できた。 ・中央ヒンジ部のたわみ変動量については、定期的なたわみ量と温度計測、床版温度差による影響を把握した結果、緊張後のたわみ変動量は数mm程度の値であり、たわみ進行は認められなかった。	
改 善 点	施工実績がきわめて少ないことから、補強後も中期的にモニタリングが必要であると考ええる。しかし、その結果が著しい場合には今後の対策が必要となるが、その一方策として中央ヒンジ剛結（連続化）が考えられる。	
備 考		

整理番号	Ⅱ－5	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	七夕橋	
構 造	プレテンション単純ホロー桁	
出典（文献）	「七夕橋橋梁調査報告書 載荷試験」	
計測目的	供用開始後8年経過した時点で一次補修を実施した。補修後5年における追跡調査を行った結果、主桁のたわみの進行、およびひびわれが確認されたので、詳細調査と健全度確認のために載荷試験を実施した。	
概 要	載荷は、スパン中央にトラックを並列に乗せ、1台当たり、①空車（約11.1 t f）、②10tf載荷（約21.1tf）、③14.8tf載荷（約25.9tf）のケースについて行っている。載荷状態は1車線（5.5m）の部分に、2台のトラックを並列に並べ、最大51.8tfの荷重を載荷した。 測定項目としては、それぞれの荷重載荷時に代表的な桁三本について、たわみとひずみを測定した。	
結 果	・載荷荷重とたわみの関係は、直線性を示し、除荷後のたわみは復元した。 ・たわみの大きさは、測定した3本の桁とも計算値より小さめの値であったが、コンクリート強度に見合ったヤング係数にて補正を行うと計算値にほぼ一致した。 ・ひずみから計算される曲げ引張応力度は、51.8tf載荷で約55kgf/cm²となった。 ・載荷試験にて51.8tfを載荷しても、桁に曲げひび割れ等の異常は生じなかった。	
改 善 点	荷重による発生応力度は算出されているが、載荷時の合成応力度が明確となっていない。活荷重載荷時の合成応力度を把握することで、応力の余裕量を確認することが出来たと思われる。	
備 考		

整理番号	Ⅱ-6	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	主桁の変形挙動 ひずみ性状	
橋名・部位	神通川橋	
構 造	7 径間連続 P C 有ヒンジラーメン箱桁橋	
出典（文献）	「構造系変更を伴う橋梁補強の有効性評価（神通川橋）」 土木学会第 58 回年次学術講演会（平成 15 年 9 月）	
計測目的	・補強時の安全性の確保と補強効果の確認 ・構造系変更を伴う補強設計の妥当性を検証	
概 要	・構造系変更に関する検証としては、緊張時と温度変化による変形挙動の実測値と設計値との相関性より確認する ・外ケーブル定着部の検証は、定着部近傍に設置した 3 軸ひずみゲージの実測値と F E M 解析結果との比較を行って確認する	
結 果	・変形挙動により有ヒンジ構造から連続化構造に移行したこと、および、それに伴って生じる温度荷重が設計想定以下となることより、設計の前提や橋脚の負担増加が問題となることはない ・定着部の応力性状より、既設構造物に過度の応力集中が作用することもなく、定着力を伝達するための耐荷力には問題がない	
改 善 点	・実際の物性値を用いて耐力を評価することにより、実験値の評価をすればより深い資料となる。 ・コンクリートのひずみやクラックゲージを設置することにより、より精度の良い曲げひびわれ耐力が推定できると考えられる。	
備 考		

整理番号	Ⅱ-7	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	荷重-たわみ	
橋名・部位	山陽自動車道 下床版外ケーブル補強（橋軸直角方向）	
構 造	P C 単純2室箱桁橋	
出典（文献）	「ねじりひび割れを有したPC単純箱桁橋の補修・補強」 ※出典先不明	
計測目的	下床版部上面へのウェブ貫通孔を設けた横締めPC鋼材による補強効果の確認として、構造全体の挙動計測を目的に実施した。	
概 要	P C 単純箱桁形式の曲線橋において、下床版部のねじりモーメントに対する耐荷力不足に起因すると想定される多数のひび割れが確認された。その対策として、下床版部上面へのウェブ貫通孔を設けた横締めPC鋼材による補強を実施した。その貫通孔を設けるため、既設構造物への影響を最小限にする目的にて、試験施工による施工能力確認の上、前例のないWJ工法にて実施した。また、補強効果の確認として、ひび割れを多数有していることより、従来のひずみゲージによる局部計測では困難と想定されたため、構造全体の挙動計測を目的として、光ファイバーによる変形量の計測を実施した。	
結 果	・計測値は解析値より約2～3倍の変形量となった。この要因はひび割れの発生により全体の剛性が低下していることと、ひび割れ部が閉塞する方向になりひび割れ幅が減少したことにより起きていると考えられる。 ・車両載荷時の変位量が導入前に比較して導入後は約50％程度に低減されている。これは、補強用PC鋼材により下床版部に圧縮応力が導入され、かつ、ひび割れの開閉幅が減少したものと考えられる。さらに、車両通行時における橋梁の振動制御にも寄与していることがわかる。	
改 善 点		
備 考	・光ケーブルによる計測精度がひずみ計での計測と比較しても遜色ないことがわかった、今後の各計測業務において有効な計測方法の1つであると期待される。 ・W J による3ウェブ貫通孔（削孔径60mm）が可能であると立証できたことは、今後の各補強工法の立案において有効であると思われる。	

整理番号	Ⅱ－8	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	補強用プレ導入ーコンクリートひずみ、補強後荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	沢良宜高架橋	
構 造	プレテンション方式単純T桁橋（4径間）	
出典（文献）	「沢良宜高架橋（外ケーブルによる桁連結工事）の施工と実橋測定」 第5回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	本工事は4径間の単純T桁を外ケーブルにて連結し、連続桁構造にすることにより、B活荷重へ対応する工事であり、補強効果の確認を行う為に計測を行っている。	
概 要	本工事では施工前、施工中、施工完了後に定量荷重車（25t）の載荷と一般交通荷重による主桁のたわみとひずみ及びプレストレス導入時における主桁ウェブ部、主桁連結部のひずみ量を計測している。	
結 果	測定結果に関しては現在分析まとめ中と記されており、詳細なデータは不明である。概略考察として施工後のたわみ量の減少・ひずみ量の減少結果から、連続化挙動を示しており、騒音・振動レベルについても低減効果が確認されており上部工のノージョイント化、B活荷重に対する補強効果が確認されている。	
改 善 点		
備 考	論文中に計測を行った項目は記されているが、計測データはまとめ中とあり記されていない。	

整理番号	Ⅱ-9～10	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	補強用プレ導入ーコンクリートひずみ	
橋名・部位	東名高速道路 東京高架橋	
構 造	RC 2 径間箱桁橋	
出典（文献）	「東名高速道路 東京高架橋補強追跡調査 報告書（H7年12月）」 「東名高速道路東京高架橋 補強工事効果確認試験継続計測 計測結果報告書（H7年3月）」 JH東京第一管理局横浜管理事務所	
計測目的	東京高架橋に実施された外ケーブル工法および上面増厚工法について、載荷試験結果および施工後1年の長期計測結果のデータに基づく解析により、応力状態、補強効果を確認すること、ならびに解析、検討結果をもとに各補強工法の設計手法、施工方法等に関する提言を行うこと	
概 要	計測結果にもとづく解析を以下の項目について行い、補強効果を確認した。 ・補強前後の剛性の推定 ・補強前後の有効断面の変化 ・外ケーブル導入によるひび割れ断面の挙動 ・外ケーブル工法の補強効果の検討 ・上面増厚工法の補強効果 ・下面増厚工法の補強効果 ・せん断部の解析 ・継続計測結果の検討	
結 果	・実測値は、PRC計算の結果と全断面有効とした解析値の間にあり、かつPRC計算に比べて常に小さく、現在の外ケーブル補強設計は十分安全であり応力的余裕をもっている。 ・補強前はひび割れの発生により桁の剛性低下が見られたが、補強後は外ケーブルのプレストレスにより全断面有効の状態に近づき、ひび割れの少ないモデルの解析値ともよく一致し、断面の回復が確認された。 ・補強前後の死荷重のたわみ差が補強前のモデルのプレストレス導入のたわみと等しくなっており、ひび割れによるたわみの増加分は、外ケーブルの導入によってほぼ相殺されたとみなすことができる。 ・箱桁部については、上面増厚部が外ケーブル補強後断面と一体化し断面剛性が向上したことが確認できた。 ・下面増厚後、床版はRC断面と全断面の間である挙動を示し、かつ既設鉄筋応力の低減効果が確認できた。 ・補強後、せん断ひび割れの閉合およびスターラップ筋の応力減少が確認できた。 ・主ケーブル緊張後、約3ヶ月を経て安定状態になり、現状では十分にプレストレス導入効果を維持しているものと考えられる。 ・横締め鋼棒の張力は緊張後、80%程度まで張力低下を生ずるが、その状態でほぼ安定した。	
改 善 点	・損傷度に適したプレストレスの設定方法 ・クリープが完了した古いコンクリート橋での外ケーブルの減少量の推定方法と長期の減少量の推定 ・数十年後の外ケーブル、上面増厚、下面増厚、炭素繊維補強の補強効果	
備 考		

整理番号	II-11	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	補強用プレ導入ーコンクリートひずみ	
橋名・部位	東名高速道路 東京高架橋	
構 造	RC 2 径間箱桁橋	
出典（文献）	「PC橋の補修・補強技術に関する検討 報告書（H16年3月）」 日本道路公団試験研究所 橋梁研究室	
計測目的	外ケーブル補強等を実施した東京高架橋の現況を調査することによって、プレストレスを利用した補強効果を検証する。	
概 要	活荷重増加に伴う外ケーブル補強、下面増厚による床版補強、炭素繊維シートによる床版補強および中間支点近傍のウェブ補強工事が1993年11月～1994年8月に実施された。補強後ほぼ10年が経過し、外ケーブルのプレストレス量調査、外観変状調査、下面増厚の付着力調査を実施した。	
結 果	外ケーブルのプレストレスは導入直後から約8ヶ月でPC鋼材のリラクセーションと考えられる3%程度のプレストレスの減少が認められた。それ以降は、9年間で1.3%しか減少していなかった。 外観変状調査では、保護塗装を施している箱桁ウェブに鉛直方向のひび割れが認められ、下面増厚部には橋軸方向と橋軸直角方向の最大0.2mm程度の規則的なひび割れが認められた。下面増し厚部の建研式による付着強度は0.86N/mm²～1.57N/mm²であった。	
改 善 点	・10年の計測の中で、コンクリートひずみもしくは鉄筋応力を計測できていれば、躯体のプレストレスの変動量を直接確認することができた。	
備 考	文献I-9～10の継続計測結果である。	

整理番号	II-12	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	補強用プレ導入－たわみ（ひずみ），振動特性	
橋名・部位	外ケーブル補強	
構 造	外ケーブル工法によるPC単純T桁	
出典（文献）	「北の沢川橋載荷試験報告書」 日本道路公団東京第三管理局諏訪管理事務所・(社)富士ビー・エス	
計測目的	本試験は北の沢川橋の補強工事において，外ケーブル工法の補強効果を確認することを目的とするものである。	
概 要	北の沢川橋は昭和47年に竣工したPC橋であるが，設計荷重の変更，つまりTL-20がB活荷重になったことにより，補強の必要が出てきた。今回の補強工事では，外ケーブル工法を用いることにより，設計荷重増加分を補うプレストレスを導入することを目的としている。本試験は北の沢川橋の補強工事において，その補強効果を確認することを目的とするものである。載荷試験を行うにあたって，載荷によるひずみを外ケーブルによるプレストレスがどの程度打ち消すかを検討するとともに，B活荷重に対応したプレストレスが導入されていることを確認するものである。また，外ケーブル工法の設計手法に関しても検討するものである。さらに，通行車両に起因する桁の曲げ振動とケーブルの固有振動数の性状についても測定を行う。	
結 果	・緊張時におけるひずみおよび変位の測定により，構造系が完成したポストテンションT桁橋においても外ケーブルのプレストレスは均等に導入されることが確認された。 ・外ケーブルによるプレストレスが載荷によって生じる応力を打ち消し，桁内に引張応力度を生じさせていないことが確認された。 ・設計計算より求められた合成応力度に試験値より求めた外ケーブルのプレストレス（外ケーブル緊張により発生したひずみにヤング係数を乗じて算出）を合成することにより，B活荷重が載荷された状態を想定した場合でも，許容応力度を満足することが確認された。 ・外ケーブル工法の設計手法においても，外ケーブルによる断面二次モーメントの増加を無視する手法は，施工前後でたわみ性状に変化がないことが確認されたことにより妥当なものであることが確認された。 ・ひずみ頻度測定により，外ケーブル工法が本橋に生じる動的ひずみを減少させていることが確認された。 ・振動試験により，現在のケーブル配置において共振現象の起きる可能性が低いことが確認された。	
改 善 点		
備 考		

整理番号	II-13																																										
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）																																										
測定項目	補強用プレ導入ーコンクリートひずみ、残存プレストレス																																										
橋名・部位	外ケーブル補強																																										
構 造	PC単純合成桁橋																																										
出典（文献）	「外ケーブルにより補強するPC橋の定着部に関する検討」 日本道路公団試験研究所・(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会																																										
計測目的	外ケーブル定着部および偏向部の構造詳細や、材齢が相当に経過したコンクリート部材に導入されるプレストレスによるクリープ等の挙動について、実際の構造物を用いて検証することを目的としている。																																										
概 要	各主桁の外ケーブル配置状況が異なるため、外ケーブル補強による各主桁の補強効果を検証する必要がある。そこで、外ケーブル補強において最も重要な部材である外ケーブル定着部の安全性を検証することを目的として下表に示すような計測を実施している。 <table><tr><td>着目点</td><td>計測項目</td><td>計測方法</td></tr><tr><td rowspan="2">プレストレス導入</td><td>外ケーブル張力</td><td>EMセンサー、ロードセル</td></tr><tr><td>主桁応力</td><td>コンクリートゲージ</td></tr><tr><td rowspan="2">定着部</td><td>横締めPC鋼棒張力</td><td>ひずみゲージ</td></tr><tr><td>定着具背面応力</td><td>コンクリートゲージ</td></tr></table> 使用鋼材は以下に示す通りである。 <table><tr><td colspan="4">外ケーブル</td><td colspan="3">定着部横締め</td></tr><tr><td>箇所</td><td>ケーブル種別</td><td>本数</td><td>導入力</td><td>鋼材種類</td><td>本数</td><td>導入緊張力</td></tr><tr><td>G1</td><td>F170</td><td>2本</td><td>888kN/本</td><td>SBPR930/1180 Φ 32mm</td><td>6本</td><td>643kN/本</td></tr><tr><td>G5</td><td>F70</td><td>2本</td><td>428kN/本</td><td>SBPR930/1180 Φ 23mm</td><td>6本</td><td>332kN/本</td></tr></table>		着目点	計測項目	計測方法	プレストレス導入	外ケーブル張力	EMセンサー、ロードセル	主桁応力	コンクリートゲージ	定着部	横締めPC鋼棒張力	ひずみゲージ	定着具背面応力	コンクリートゲージ	外ケーブル				定着部横締め			箇所	ケーブル種別	本数	導入力	鋼材種類	本数	導入緊張力	G1	F170	2本	888kN/本	SBPR930/1180 Φ 32mm	6本	643kN/本	G5	F70	2本	428kN/本	SBPR930/1180 Φ 23mm	6本	332kN/本
着目点	計測項目	計測方法																																									
プレストレス導入	外ケーブル張力	EMセンサー、ロードセル																																									
	主桁応力	コンクリートゲージ																																									
定着部	横締めPC鋼棒張力	ひずみゲージ																																									
	定着具背面応力	コンクリートゲージ																																									
外ケーブル				定着部横締め																																							
箇所	ケーブル種別	本数	導入力	鋼材種類	本数	導入緊張力																																					
G1	F170	2本	888kN/本	SBPR930/1180 Φ 32mm	6本	643kN/本																																					
G5	F70	2本	428kN/本	SBPR930/1180 Φ 23mm	6本	332kN/本																																					
結 果	◎定着部横締めPC鋼棒 - PC鋼棒の緊張時ひずみは4000μであり、ほぼ計画通りに緊張された。 - 定着後のひずみ値はG1桁で約180μ、G5桁で約40μ減少した。これは、定着時のプレート、ナットの微少な弾性変形やなじみ、およびナットの締め付け度合の影響によるものと推測される。 - PC鋼棒定着後、半日程度で鋼材ひずみはG1・G5桁とも約100μ程度減少しており、鋼棒の初期レラクゼーションの影響と考えられる。 - その後数日間に、PC鋼棒ひずみはなだらかに減少している。 - 外ケーブル緊張によるPC鋼棒のひずみ変化は生じていない。 ◎定着部 - 主桁のひずみは、G1・G5桁とも外ケーブルの緊張に伴って増加し、応力度に換算して0.6～1.0N/mm2程度と推測される。 ◎外ケーブル張力 - EMセンサーを用いた張力測定をおこなっており、ロードセル測定値に対して、5～9％程度の差が生じた。 - EMセンサーは、被測定体に接着することなく任意の位置にセットできる。 - 既設ケーブルの場合には、現場でコイルを巻き付けて製作することも可能。																																										
改 善 点																																											
備 考																																											

整理番号	II-14																			
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）																			
測定項目	補強用プレ導入ーコンクリートひずみ、残存プレストレス																			
橋名・部位	外ケーブル補強																			
構 造	ポストテンション方式PC単純合成桁橋																			
出典（文献）	「外ケーブルにより補強するPC合成桁橋の補強効果の検証」 日本道路公団試験研究所・（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会																			
計測目的	プレストレスが低下したと判断されるポストテンション方式PC単純合成桁橋を対象に、損失したプレストレスに対し外ケーブル補強の設計を行い、外ケーブルによる補強効果について実橋計測によって検証する。																			
概 要	外ケーブル補強施工時に実施した計測項目の概要を下表に示す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>番号</th><th>計測目的</th><th>計測方法</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A, B</td><td>・外ケーブルの導入緊張力の測定 ・導入緊張力の経時変化</td><td>G 1、G 5 桁の外ケーブル定着部にロードセル G 1、G 5 桁の外ケーブル中央部にEMセンサ</td></tr> <tr> <td>C</td><td>・外ケーブル緊張による導入応力度の測定 ・外桁緊張力の中桁への分配状況</td><td>G 1～G 5 桁の各桁支間中央部にコンクリートゲージ</td></tr> <tr> <td>D</td><td>・定着ブロック横締PC鋼棒の導入緊張力の測定 ・緊張作業時の緊張力モニタリング</td><td>G 5 桁定着ブロックの横締PC鋼棒にひずみゲージ (外ケーブル補強工事の施工管理に利用可能)</td></tr> <tr> <td>E</td><td>・定着ブロック後方付近の局部応力の測定</td><td>G 1、G 5 桁の定着ブロック後方にコンクリートゲージ</td></tr> <tr> <td>F</td><td>・既設橋の鉄筋既存応力度の測定 ・外ケーブル緊張による既存応力度の変化</td><td>モニタリング計測装置（鉄筋切断法）をG 1 桁に3×2箇所、 G 5 桁に1×2箇所</td></tr> </tbody> </table>		番号	計測目的	計測方法	A, B	・外ケーブルの導入緊張力の測定 ・導入緊張力の経時変化	G 1、G 5 桁の外ケーブル定着部にロードセル G 1、G 5 桁の外ケーブル中央部にEMセンサ	C	・外ケーブル緊張による導入応力度の測定 ・外桁緊張力の中桁への分配状況	G 1～G 5 桁の各桁支間中央部にコンクリートゲージ	D	・定着ブロック横締PC鋼棒の導入緊張力の測定 ・緊張作業時の緊張力モニタリング	G 5 桁定着ブロックの横締PC鋼棒にひずみゲージ (外ケーブル補強工事の施工管理に利用可能)	E	・定着ブロック後方付近の局部応力の測定	G 1、G 5 桁の定着ブロック後方にコンクリートゲージ	F	・既設橋の鉄筋既存応力度の測定 ・外ケーブル緊張による既存応力度の変化	モニタリング計測装置（鉄筋切断法）をG 1 桁に3×2箇所、 G 5 桁に1×2箇所
番号	計測目的	計測方法																		
A, B	・外ケーブルの導入緊張力の測定 ・導入緊張力の経時変化	G 1、G 5 桁の外ケーブル定着部にロードセル G 1、G 5 桁の外ケーブル中央部にEMセンサ																		
C	・外ケーブル緊張による導入応力度の測定 ・外桁緊張力の中桁への分配状況	G 1～G 5 桁の各桁支間中央部にコンクリートゲージ																		
D	・定着ブロック横締PC鋼棒の導入緊張力の測定 ・緊張作業時の緊張力モニタリング	G 5 桁定着ブロックの横締PC鋼棒にひずみゲージ (外ケーブル補強工事の施工管理に利用可能)																		
E	・定着ブロック後方付近の局部応力の測定	G 1、G 5 桁の定着ブロック後方にコンクリートゲージ																		
F	・既設橋の鉄筋既存応力度の測定 ・外ケーブル緊張による既存応力度の変化	モニタリング計測装置（鉄筋切断法）をG 1 桁に3×2箇所、 G 5 桁に1×2箇所																		
結 果	・補強前のプレストレス計測により、損傷箇所から約500mmはなれた箇所では建設時に導入されたプレストレスがほぼ残存していることが確認された。 ・格子解析により十分な精度でプレストレスの分配の影響を推定出来ることが検証された。 ・外ケーブルにより特定の桁のみを補強する場合、外ケーブルのプレストレスの導入によって他の桁で引張応力が発生するが、その影響は格子解析により十分な精度で推定出来る。																			
改 善 点																				
備 考																				

整理番号	II-15	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	外ケーブルの緊張力	
橋名・部位	外ケーブル補強	
構 造	R C 2 径間連続箱桁	
出典（文献）	「外ケーブル補強に関する補強効果の経時的検証」 日本道路公団試験研究所・(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、2003. 8	
計測目的	・橋梁マネジメントの基礎資料となるよう、補強後約 1 0 年を経過した外ケーブル補強の経時的な補強効果を確認する ・外ケーブルに導入したプレストレスの経時変化 ・近接目視および打音点検による構造物の変状確認	
概 要	過去に、1994年、96年、97年の3時点において緊張力の計測が実施されており、経時的な変化の確認が可能である。荷重計の計測は、それが設置されている位置のみの情報となってしまうため、ケーブル延長上の緊張力の分布を補間する方法として、定着部、偏向部間において外ケーブルの振動計測を行い、固有振動数から緊張力を推定する。	
結 果	・外ケーブルに導入した緊張力は 1 0 年間維持されており、有効緊張力も満たす結果であった。 ・各変化部の摩擦は経年により低下し、各ケーブル支持間で緊張力の平衡化が徐々に進む。 ・直線的に支持され、付属する質量がない区間での外ケーブルの緊張力は、振動計測によって比較的精度良く推定できる。 ・鋼材長が短い P C 鋼棒は定着後に大きく緊張力の減少が認められるため、減少量を正しく推定する必要がある。 ・本橋に実施された補強効果は、過酷な交通荷重条件下で約 1 0 年経過した現時点において持続していると判断できる。	
改 善 点	補強工法に用いる外ケーブルの設計方法については、必ずしも確立しているとは言えない。今後は、定着具の合理的な設計、施工方法の提案や統一的な補強設計手法について検討を要する。	
備 考		

整理番号	Ⅱ－16～17	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	残存プレストレス	
橋名・部位	床版横方向	
構 造	T桁床版	
出典（文献）	「プレストレストコンクリートT桁橋の抜け落ち損傷と横締めプレストレスの関係」 第12回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, 2003. 10 「Study on the mechanism of failuer or highway bridge deck built with prestressed concrete T-girders」 Proceedings of the durability and maintenance of concrete structures, Oct. 2004	
計測目的	床版間詰め部抜け落ち損傷の原因とメカニズムの解明	
概 要	T桁橋間詰め床版の損傷事例に関して、プレストレスとの因果関係を明確にするべく室内実験および実橋計測実験を行っている。室内実験では、プレストレス量と破壊耐力の関係を確認し、実橋では、導入プレストレス力の計測を行っている。計測対象とした橋梁は3橋であり、内1橋は実際に損傷のあった橋梁である。	
結 果	旧示方書に基づいて設計されている橋梁は間詰め部に鉄筋が配置されていないことや、主桁の床版端部にテーパがない状態では、抜け落ちの可能性があることが確認された。また、実橋における計測値は今回の計測手法では設計値より小さな値が確認された。	
改 善 点		
備 考	・数少ない実橋におけるプレストレス計測事例である。 ・計測手法が確立されているか疑問。特に低応力度の計測において誤差があると思われる。	

整理番号	II-18																									
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）																									
測定項目	残存プレストレス																									
橋名・部位	実験・研究																									
構 造																										
出典（文献）	「SLOTSTRESS TEST REPORT」 (株)計測リサーチコンサルタント																									
計測目的	構造物の現有応力を直接測定することが目的である。																									
概 要	切削した断面に薄型ジャッキを挿入し、応力の解放によって生じた変形量を復元する。これに要する圧力を計測することにより、構造物の現有応力を直接測定することが可能である。ヤング係数の測定およびその結果を必要としない。フランスのADVITAM社で開発された。																									
結 果	本実験結果を以下の表に示す。 <table><tr><td></td><td>SLOTSTRESS (MPa or N/mm²)</td><td>実応力 (MPa or N/mm²)</td><td>誤差 (MPa or N/mm²)</td></tr><tr><td>1</td><td>1.54</td><td>1.42</td><td>0.12（約8.5％）</td></tr><tr><td>2</td><td>3.28</td><td>3.03</td><td>0.25（約8.3％）</td></tr><tr><td>3</td><td>3.69</td><td>3.51</td><td>0.18（約5.1％）</td></tr><tr><td>3'</td><td>3.66</td><td>3.51</td><td>0.15（約4.3％）</td></tr><tr><td>4</td><td>3.02</td><td>3.22</td><td>-0.20（約6.2％）</td></tr></table>			SLOTSTRESS (MPa or N/mm ²)	実応力 (MPa or N/mm ²)	誤差 (MPa or N/mm ²)	1	1.54	1.42	0.12（約8.5％）	2	3.28	3.03	0.25（約8.3％）	3	3.69	3.51	0.18（約5.1％）	3'	3.66	3.51	0.15（約4.3％）	4	3.02	3.22	-0.20（約6.2％）
	SLOTSTRESS (MPa or N/mm ²)	実応力 (MPa or N/mm ²)	誤差 (MPa or N/mm ²)																							
1	1.54	1.42	0.12（約8.5％）																							
2	3.28	3.03	0.25（約8.3％）																							
3	3.69	3.51	0.18（約5.1％）																							
3'	3.66	3.51	0.15（約4.3％）																							
4	3.02	3.22	-0.20（約6.2％）																							
改 善 点																										
備 考																										

整理番号	II-19	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	残存プレストレス	
橋名・部位	中央自動車道 八乙女橋桁補強工事	
構 造	ポストテンション単純合成桁橋	
出典（文献）	「中央自動車道 八乙女橋桁補強工事 計測報告書」（株）富士ピー・エス	
計測目的	・外ケーブル補強の効果を確認するため、外ケーブル緊張時のプレストレス量を確認すること ・補強後の外ケーブル張力の継続計測を振動計測により行うための係数の推定 ・外ケーブル定着部コンクリートの応力ひずみを把握し、今後の設計資料とすること	
概 要	・耐荷力向上を目的に外ケーブル補強を行った。 ・補強効果を確認するための張力の測定や、今後の継続計測を行うための資料を整理した	
結 果	・外ケーブルの緊張により、所定のプレストレス導入されている事を、主桁コンクリートのひずみから確認した。 ・主桁のたわみは、推定どおりであった。 ・定着部のコンクリートのひずみの実測値は、3次元FEM解析の値とよく一致しており、3次元FEM解析は定着部近傍の応力を推定する場合の有効な手段と考えられる。	
改 善 点	・コンクリートひずみについても継続計測できれば、より有効なデータを入手できる	
備 考		

整理番号	II-20	
データ種別	実験・現場計測データ（既設橋）	
測定項目	グラウト充填度がPC鋼棒の突出に与える影響	
橋名・部位	実験・研究	
構 造		
出典（文献）	「グラウトの突出防止効果確認実験報告（H15年度実験）」 P C 構造物の維持管理に関する調査研究委員会	
計測目的	グラウト充填度がPC鋼棒の突出に与える影響を定量的に把握することを目的としている。	
概 要	阪神高速道路公団は、PC梁を有するT型橋脚の健全度を調査すると共に、PC鋼棒のシーす内にグラウト充填不足が確認された場合、鋼棒の突出および腐食の進行を防止するためグラウト再注入を実施している。しかしながら、グラウト再注入後の充填度の評価が困難であり、どの程度グラウトが充填されていればPC鋼棒突出に対して安全であるかが不明確である。このため、端部からのグラウト充填長さをパラメーターとし、PC鋼棒が破断した場合を想定し、突出に及ぼす影響を確認する実験を実施した。	
結 果	・定着端部からの充填長2.0m、1.5m、1.0mの場合はPC鋼棒が突出せず、充填長0.5mの場合のみ突出が確認された。よって、グラウト材料に施工当時の低強度配合を再現した場合でも、定着端部からL=1.0mまでグラウトが確実に充填されていれば突出しないことがわかった。 ・充填長0.5mの場合の突出形態は、PC鋼棒とグラウトの付着切れによるものであった。 ・今回の実験結果からはPC鋼棒のポアソン効果による摩擦力の判定は難しいことがわかった。	
改 善 点		
備 考		

整理番号	Ⅲ－1, 3	
データ種別	実験・現場計測データ（撤去桁）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ），残存プレストレス	
橋名・部位	太田跨線橋	
構 造	ポステンT桁	
出典（文献）	「太田跨線橋撤去桁の健全度調査」 oriken技報21号 「38年間供用したプレストレストコンクリート桁の耐久性および耐荷性に関する調査 コンクリート工学年次論文集, Vol. 27, No. 2, 2005	
計測目的	38年経過したPC桁の耐久性と耐荷性の確認。	
概 要	1966年に施工された跨線橋を撤去し、PCT桁橋について耐久性および耐荷力の確認を行っている。対象となる橋梁は、ポステンション方式単純中空床版橋、ポステンション方式単純T桁橋、プレテンション方式単純床版橋からなるが、このうちT桁橋部分について無作為に2本抽出を行い調査、試験を行っている。 調査・試験の項目は、外観、強度特性値、配合推定、中性化深さ、かぶり、塩分含有量、グラウト充填、導入プレストレス、たわみ性状、曲げ破壊性状などである。 なお、プレストレス量の確認は曲げ載荷により最初にひび割れが発生する荷重と繰り返し載荷により再度ひび割れが開く荷重を計測し、コンクリートの引張強度から計算により推定している。	
結 果	調査、試験の結果では、PC鋼材およびグラウトは健全であり曲げ耐力も十分に有していることが確認された。	
改 善 点		
備 考	プレストレス量の推定は、荷重載荷によりひび割れを発生させて行っている。	

整理番号	III-2	
データ種別	実験・現場計測データ（撤去桁）	
測定項目	荷重－たわみ（ひずみ）	
橋名・部位	築穂橋	
構 造	ポストテンション方式PC単純T桁橋	
出典（文献）	「昭和32年施工のPC橋（築穂橋）の載荷試験および耐久性調査」 土木構造・材料論文集 第2号 1987. 1	
計測目的	・ 30年近く供用されたPC橋梁の耐荷力および耐久性に関する資料収集 ・ 破壊荷重、たわみおよび有効プレストレス量について、現行基準の妥当性の検証	
概 要	・ 1主桁を取り出し、静的載荷試験を行い、ひび割れ荷重および破壊荷重から桁の耐力を、また、荷重－たわみ関係から桁の剛性等をそれぞれ調べた。 ・ 再びひび割れ荷重（下縁応力が0となる荷重）から有効プレストレス量を推定。	
結 果	・ 30年近く供用されてきたが、耐力的および耐久的にきわめて良好であった ・ 破壊荷重は、現行基準で算定した終局荷重の約1.5倍であった。 ・ 荷重－たわみから推定される剛性は、現行基準で算定した剛性の約1.4倍であった ・ 有効プレストレス量の推定量は、現行基準で得られる終局値より大きく、プレストレスの減退量は終局減退量の約6割であった ・ 鋼材の曲げ上げ部やかぶり不足の箇所を除いて、PC鋼材や鉄筋の腐食は殆ど見られず健全な状態であった ・ 鋼材曲げ上げ部の腐食は進行性のものではなく、構造上グラウト時の空気やブリージング水が集中したことによるものと考えられる。 ・ コンクリートの圧縮強度は、758kgf/cm²（設計基準強度400kgf/cm²）、ヤング係数は3.9×10⁵kgf/cm²（設計値3.5×10⁵kgf/cm²）	
改 善 点	・ 実際の物性値を用いて耐力を評価することにより、実験値の評価をすればより深い資料となる。 ・ コンクリートのひずみやクラックゲージを設置することにより、より精度の良い曲げひびわれ耐力が推定できると考えられる。	
備 考		

整理番号	III-4	
データ種別	実験・現場計測データ	
測定項目	残存プレストレス	
橋名・部位	梁試験体	
構 造		
出典（文献）	「フラットジャッキを併用した応力開放法によるコンクリート部材の現有応力測定」 第4回コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム	
計測目的	・フラットジャッキを併用した応力開放法の適用範囲と精度について確認する ・スリットの深さをどの程度にすればよいかを検証する ・応力勾配の有無が測定結果に与える影響について検証する ・圧縮状態にありながらも周囲にひび割れを有している場合の適用性を検証する ・鉄筋量が異なる場合でも同様な方法で応力度を算出できることを検証する ・本測定方法で得たコンクリート応力度にはどの程度の測定誤差が含まれるのか検証する	
概 要	・コンクリート表面に標点を設け、この間の変形量を測定しながら標点間にスリットを削孔する。スリットを切削すると、周囲の応力は解放され、標点間は縮まる方向に変形する。次に、スリット内部にフラットジャッキを挿入して加圧する。ストラットを押し広げ標点間が削孔前の変位に回復させるのに要する圧力からコンクリートに作用する応力度を算出する。	
結 果	・スリットの深さは80mm（フラットジャッキ60mm）でも精度良く測定できる ・スリットの深さ100mmまでは、応力勾配が応力換算係数に及ぼす影響は小さい ・測定値はスリット深さの平均位置の応力度で表せる ・曲げひび割れを有する場合でも、測定結果に及ぼす影響は小さい ・鉄筋量の影響は殆ど認められない ・室内試験の結果では、ひずみゲージ測定値と同程度の測定精度が期待できる ・スリット削孔による影響範囲は、応力測定方向300mm、直角方向150mm程度である	
改 善 点	・実構造物の測定では、日照の影響や通行車両による振動などの影響が考えられる。また、解析結果の応力影響範囲に断面変化が生じる場合など、今後の検討課題と思われる。	
備 考		

整理番号	IV-1	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	実験・研究	
構 造		
出典（文献）	「P C 鋼棒グラウト充填状況確認実験報告書」 プレストレスト・コンクリート建設業協会 関西支部（立会者）、(株)日本工業試験所、(株)環境総合テクノス	
計測目的	PC鋼棒のシース管内のグラウトの充てん状況を確認するため、鉄筋腐食診断器（PAMS）および超音波探傷器（ULCON3）を用いて、試験体レベルのデモ計測を行い適用が可能かを確認した。	
概 要	・鉄筋腐食診断器（PAMS）： PC鋼棒に交流電圧を負荷し、照合電極から得られるインピーダンス周波数特性を分析することにより、グラウトの充てん状況を推定する。 ・超音波探傷器（ULCON3）： コンクリート表面から超音波を入射し、その反射波を分析することにより、グラウトの充てん状況を推定する。	
結 果	・PAMSの確認実験結果は、グラウト未充てん部では分極抵抗が大きく、静電容量は小さく観測されるはずである。しかしながら、グラウトの充てん状況に明確な違いは認められなかった。 ・ULCON3の実験結果は、超音波の反射エコー高さや裏面までの透過状況を測定することで充てん状況を推定することは本実験から難しいと考えられる。しかしながら、未充てん部での反射エコー回数が充てん部よりも多く検出されたことは、空洞による反射エコーが強いためと考えられるので、充てん部、未充てん部の推定に適用できるのではないかと推定されるが、今回のデータで結論付けるのは難しく今後のデータの蓄積が必要と考える。	
改 善 点		
備 考		

整理番号	IV-2	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	実験・研究	
構 造		
出典（文献）	「非破壊検査によるグラウト充填長確認実験報告（その1）」 (株)国際建設技術研究所	
計測目的	グラウト充てん状況確認予備実験という位置付けでグラウトの充てん状況（端部から500mm, 1000mmを充てん）が、定着板端部から入力した信号の反射波や入出力比、伝播速度特性から評価できる可能性を確認し、さらに、実構造物に近い条件の試験体（実橋相当モデル試験体）を用いて評価の可能性を検討した。	
概 要	予備試験は打音振動法を適用して入力波の反射波や透過波を収録し、波形特性や入出力比特性、伝播速度特性に着眼し、グラウト充てん状況との関係を検討した。実橋相当モデル試験は予備試験と同一のシステム条件にて打音振動法によるグラウト充てん状況の確認を実施した。	
結 果	◎予備試験結果 ・反射波に着眼した計測結果から反射波は未充てん側では検出され、充てん側では検出されないことから、入力側のグラウト充てんの有無が評価できる可能性がある。 ・入出力波に着眼した計測結果からグラウト充てん率が減少するに従って、入出力比、伝播速度はともに増加する傾向がある。また、充てん状況の違いに対しては、入出力比の感度が伝播速度のそれよりも高い傾向が認められることから、入出力比や伝播速度を指標としてグラウト充てん状況を評価できる可能性がある。 ◎実橋相当モデル試験結果 ・本実験では、事前の予備試験体（$t=270\text{mm}$, $L=15,000\text{mm}$）での評価基準を基に、片側充てん、片側未充てんのケースに関するグラウトの充てん長を評価したが、実務的な活用が期待できる可能性がある。しかしながら、両端部が充てんされている場合においては、現在のところ評価基準がなく、今回の計測においても充てん長の違いによる伝播速度や入出力比に有意的な差は認められなかった。	
改 善 点		
備 考		

整理番号	IV-3	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	実験・研究	
構 造		
出典（文献）	「非破壊検査によるグラウト充填長確認実験報告（その2）」 (株)フジエンジニアリング	
計測目的	本実験は、PC鋼棒端部に注入したグラウト長さを非破壊検査手法（超音波探傷法およびSIT法）で評価することを目的として、ブラインド状態で実施した。	
概 要	実験の実施に際して与えられた条件は、以下のとおりである。 ①供試体の寸法は縦830×横1,000×長さ7,000mmで、PC鋼棒φ26が5列×4段=20本配置されており、各々1箇所カップラー接続部がある。なお、上2段の10本は曲げ配置されている。 ②グラウトの充てん状況は、片方端部のみ充てんされたcase1～3（充てん長0.5m、1.0m、1.5mの3種類、各3本）と両端のみ充てんされたcase4～6（case1～3のもう一端を1.0m充てん、各3本）および予備の未充てん2本の合計20本である。	
結 果	・本実験結果からは、超音波探傷法とSIT法で評価結果が全試験体数20箇所の内、5箇所異なる結果となった。 ・実際の充てん状況との比較においても超音波探傷法は5箇所、SIT法は7箇所で実際とは異なる評価結果を示していた。	
改 善 点	上記の結果を踏まえ、再度、測定波形を見直したが、現状では評価制度を向上させることは困難である。以下に相違の要因と解決案を示す。 ◎要因 ・測定面（鋼棒頭部）の状態が不均一なため、センサーの密着性に問題がないか。 ・適切なレンジ設定が行われていたか。 ・周波数の異なるセンサーによる測定比較が行われていたか。 ◎解決策 ・測定面を均一に研磨し、センサーの密着性をできる限り統一する器具を作成する ・レンジの変化または周波数の異なるセンサーを複数使用して測定を行う。	
備 考		

整理番号	IV-4	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	実験・研究	
構 造		
出典（文献）	「非破壊検査法によるPC鋼材 グラウト充填状況の診断に関する研究」 極東工業(株)、関西エックス線(株)、(株)橋梁検査センター	
計測目的	「放射線透過法」、および「超音波法」を用いたグラウト健全性確認	
概 要	「放射線透過法」、および「超音波法」について以下の確認を行った。 ①放射線画像を得られる条件（放射線の種類、撮影条件、散乱線の対策） ②超音波の特性（基本的特性、コンクリート中での特性） ③PC鋼材の識別（版厚による差異、充填率の識別） ④グラウト注入状況の識別 ⑤現場への適用（装置の適用限界、形状の影響、デジタル化の可能性、使用装置）	
結 果	◎放射線透過法 ・低エネルギーエックス線装置を使用した場合の限界寸法は以下の通りである。 型式300kV ： 200mm～350mm 型式MG452 ： 300mm～550mm ・高エネルギーエックス線装置を使用した場合の限界寸法は以下の通りである。 型式ML-1R ： 250～500mm 型式ML-8R II ： 400～750mm ・PC鋼線の完全破断は判定可能。しかし、一部破断ははっきりとは判断出来ない。 ・シース管内のグラウト充てん状況を判定できることが確認出来た。 ・イメージインテンシファイアによるリアルタイムでの放射線撮影が可能である。 ◎超音波探傷法 ・シース管部からの反射波の振幅や周波数特性を解析すれば充てん率が推定できる可能性が認められた。	
改 善 点	PCケーブルが重なっているケースについての確認を追加することで、適用範囲が広がる可能性を感じた。	
備 考		

整理番号	IV-5	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	朝比奈川橋	
構 造	P C 7 径間連続ラーメン	
出典（文献）	「非破壊検査（電磁波レーダー法）による内ケーブルP C グラウトの充填検査」 第13回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	現在、グラウトの充てん確認方法として、透明シース、ファイバースコープ、シースに取り付けたセンサー等が考えられるが、これらの方法は検査箇所が限定される。そこで、任意の箇所を確認できる非破壊検査手法の確立を目指し、マルチパスアレイレーダを用いたグラウト充てん検査を行っている。	
概 要	従来の地中探査機の画像処理能力を向上させた三井造船社製のマルチパスアレイレーダを用いて、グラウト充てん前、充てん作業中及びグラウト硬化後の各段階でグラウト充てん検査を行うとともに、シース内にグラウトセンサーが取り付けられている箇所での照合を行っている。	
結 果	マルチパスアレイレーダを用いて内ケーブルのグラウト検査の適用を検討した結果、シースを横断する測定方法で、グラウト注入前及び硬化後の判定ができた。シースに沿って計測する方法では、若干表示の鮮明度が低下し判断しづらい状況であった。1 箇所当りの計測時間は20分程度である。 また、センサーでグラウト充てんを確認した後に、マルチパスアレイレーダで計測を行ったところ、同様にグラウトは充てんされたと判断された。	
改 善 点		
備 考	・マルチパスアレイレーダが非常に高価であり、台数も日本に一台のみである。 ・充てん前のシースは画像で黒く表示され、充てん後のシースは何も表示されない。	

整理番号	IV-6	
データ種別	非破壊	
測定項目	グラウト充てん	
橋名・部位	朝比奈川橋	
構 造	P C 7 径間連続ラーメン	
出典（文献）	「非破壊検査（広帯域超音波探査法）による内ケーブルP Cグラウトの充填検査」 第13回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	現在、グラウトの充てん確認方法として、透明シース、ファイバースコープ、シースに取り付けたセンサー等が考えられるが、これらの方法は検査箇所が限定される。そこで、任意の箇所を確認できる非破壊検査手法を確立する為に、広帯域超音波法を用いてグラウト充てん検査を行っている。	
概 要	グラウト充てん検査は広帯域超音波法を用いて行う。広帯域超音波法は、コンクリート上に探触子を配置し、広帯域の超音波を発振し、シースからの反射波を利用してP Cケーブル内のグラウト検査を行う。検査はグラウト充てん前、充てん作業中及びグラウト硬化後の各段階で行い、グラウトセンサーとの照合を行っている。 また、センサーでグラウト充てんを確認した後に、広帯域超音波法で計測を行ったところ、同様にグラウトは充てんされたと判断された。	
結 果	グラウトの注入前及び硬化後の判定が明確にでき、注入作業中の確認も可能であることが確認できた。鉄筋位置が確認できていれば、1 箇所当りの計測時間は20分程度である。	
改 善 点		
備 考	・現段階では、広帯域超音波法によりグラウト充てん検査を行う場合は、空シースの計測データが必要である。 ・計測精度を上げるために、鉄筋位置の確認が必要となる。	

整理番号	V-1	
データ種別	モニタリング	
測定項目	その他	
橋名・部位	志津見大橋	
構 造		
出典（文献）	「志津見大橋における長期モニタリングに関する報告」 第14回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	温度差、温度変化による主桁の応力状態。	
概 要	島根県に施工された鋼・コンクリート複合トラス橋においてモニタリング計測を行っている。計測の目的は複合トラス橋における温度差および温度差による発生応力の確認である。 計測は、熱伝対、ひずみゲージなどを用いて無線によりリアルタイムで行われている。計測は施工時から継続して行われており、プレストレスによりコンクリートに導入されたひずみの履歴が計測されていると思われる。 計測は、季節変動を考慮し供用後2年間行うこととされている。現在実行中であり、本稿では、モニタリングシステムの事例紹介で終わっている。	
結 果	現在計測中。	
改 善 点	プレストレスについてPC鋼材ひずみゲージやロードセルなどによる緊張力計測も行うとよい。	
備 考	・施工時から供用後まで継続的にモニタリングを行っている事例は少ないと思われる。 ・施工中のプレストレス導入によるコンクリートひずみを供用後も継続して計測している。	

整理番号	VI-1	
データ種別	モニタリング	
測定項目	P C 鋼材破断	
橋名・部位	実橋試験	
構 造	A E センサー	
出典（文献）	「弾性波モニタリング手法によるPC鋼材の破断検知に関する実験的研究」 第12回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	AEセンサーによる鋼材破断検知の実用性の確認。	
概 要	塩害などにより P C 鋼材が破断する場合を想定し、AEセンサーを用いてPC鋼材の破断を検知する実験を行っている。実験は、室内および実橋で行っており、室内実験はPC鋼棒、PC鋼より線、PC鋼線を対象とし、グラウト状態を変化させ、機械的切断および腐食促進による切断でAEの取得を試みている。実橋実験では、供試体を実構造物に取り付けて室内実験同様、機械的切断および腐食促進試験による切断を行っている。	
結 果	結果としては、実橋においても暗騒音との違いを識別し破断の時期および位置をある程度測定可能なことがわかった。	
改 善 点		
備 考	・プレストレスの破断の有無についてのみ検出可能であり、プレストレス量については不明。 ・破断を検知するためには、常時モニタリングする必要がある。	

整理番号	VI-2	
データ種別	モニタリング	
測定項目	その他	
橋名・部位	実橋計測	
構 造	腐食電流計測	
出典（文献）	「モニタリングシステムによるコンクリート構造物中の鉄筋腐食調査」 コンクリート診断士研修会調査報告書, 2005	
計測目的	腐食モニタリングシステムの実用性の確認	
概 要	エクспанションシステムと呼ばれる腐食電流計測センサーのシステム説明および実橋試験について記述されている。 本センサーは、ダミーセンサーにより腐食電流を検知するものである。 実橋試験では、補修工事の際にエクспанションリングを取り付けて平成15年6月からモニタリングを行っている。センサーは3箇所設置しそれぞれの計測結果を示している。	
結 果	現状では電流値はほぼ0を保っており、腐食の進展は見られない結果となっている。	
改 善 点		
備 考	・腐食の進展をモニタリングするセンサーの紹介。	

整理番号	VI-3	
データ種別	モニタリング	
測定項目	その他	
橋名・部位	実験	
構 造	MSセンサー	
出典（文献）	「センサーによるグラウト充填の確認方法に関する検討」 第12回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集	
計測目的	グラウトの充てん度の確認	
概 要	直接グラウト充填度を確認する方法として、MSセンサー（熱伝導率が異なる周囲媒質によって、ヒーターから放熱される熱量が変化するためセンサー内の温度差が変化し、出力電圧が異なることを利用して判別を行うもの）と振動デバイスセンサー（センサー自体を可聴域(3～15kHz)の周波数で変化させながら振動させることによって、接触する周囲媒質の固有振動インピーダンスの違いにより、検出される周波数特性が異なることを利用して判別を行うもの）を使用し、適用性を検討した。	
結 果	両センサーともグラウトの充填の有無を確認することが可能であることを確認した。ただし、振動デバイスについては注入後の加圧に対する耐荷性能を向上する必要があること、および両センサーとも耐久性について更なる検証が必要である。	
改 善 点	グラウト注入後のグラウト状態のデータ取得ができるとよい。	
備 考	・グラウトの充填の有無を確認することが可能であるが、注入後の計測についてはセンサーの耐久性確認が必要である。	