

橋梁点検業務における課題と補修工事 を考慮した桁構造の提言

大場 宏樹

¹正会員 仙建工業株式会社（〒980-0811仙台市 青葉区一番町二丁目12-13）

1. はじめに

道路橋等の維持管理のあり方については、事後的保全から予防的保全への大きな転換期を迎えており、その実行と実現に向けて定期点検が行われているのが現状である。しかし、点検業務を通し痛感する現場状況としては、「見えない。見づらい」といった現場環境が実態である。また、点検結果から補修工事を実施する場合は、多くの課題がある。その一つの原因は、これまで、経済性（軽量化・スリム化）や美観・景観を重視した設計により決定された構造となっており、補修までを考慮した構造等になっていないことだと考える。ここでは、点検業務の実例1件の紹介とその実例から補修を考慮した桁構造選定の必要性について述べる。

補修工側面図

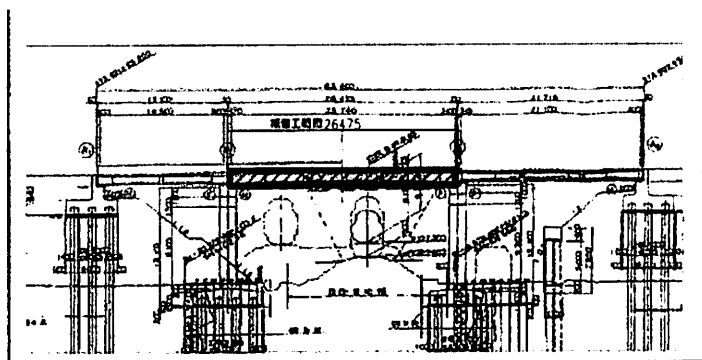


図-1 橋梁全体側面図

2. 橋梁点検業務の紹介

(1) 橋梁構造および点検範囲

ここで紹介する橋梁点検業務は、鉄道電化区間上空を横断する橋長63.5m（3径間、単純桁式、2車線）の道路橋であり、そのうち鉄道直上を跨ぐ橋長L=26.5m（支間長L=25.74m）のPC桁である。図-1 橋梁全体側面図、図-2 橋梁上部工横断面図を示す。いずれも太線が今回点検範囲を示す。図-2における右側は1期線（1986年建設26年経過）、左側は2期線（2001年建設11年経過）である。

補修工断面図

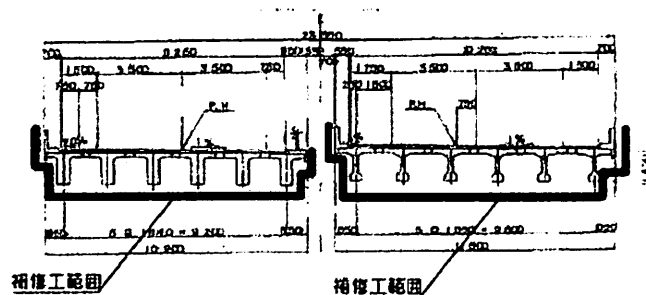


図-2 橋梁上部工断面図

(2) 橋梁点検業務における作業制限

点検を実施する橋梁は、鉄道電化区間単線上に位置する線道路橋であることから、列車運行区間、電化区間（高圧電線20,000V）上空での作業となることから、以下の作業条件下で点検作業を行う必要がある。また、点検範囲が、橋下面及び側面であるため、通常橋面上から行なう橋梁点検車では、範囲が制限されることから、使用機械が限定される。

a) 作業範囲の制限（昼作業、夜作業の区分）

- ・列車の建築限界内での作業は、列車の運行と作業を区別して行うことが原則であり、「線路閉鎖措置」を必要とする。
- ・電車線には、トロリー線（2万V）のほか、信号高圧電線（6千ボルト）の種類があり、いずれも2m範囲内は作業禁止となるため、これらの送電を停止させる「き電停止措置」を必要とする。
- ・「線路閉鎖措置」、「き電停止措置」をとることは、営業列車の運行を中止することになるため、通常は営業列車の運行が終了した夜間などに実施される。従って、点検等の作業は夜間作業となる。
- ・夜間作業は、時間が短く昼間作業と比べ作業上危険リスクが増大するほか、労務費も増大することから、作業区間を区切り、できるだけ昼間作業を実施するため工夫をする。
- ・図-3に昼作業、夜作業の区分計画図を示す。この計画は、P1側から線路右側（線路センターから2.1mまで）は昼間高所作業車での作業と線路左側の高圧線（信号高圧6千Vの2m外）枠組み足場での作業を示している。

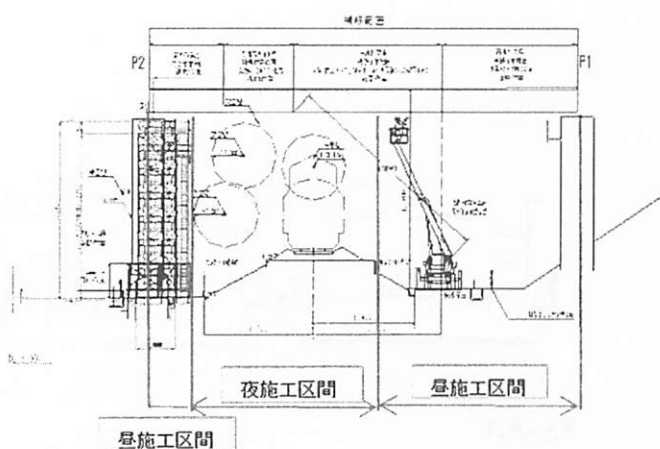


図-3 昼作業、夜作業の区分

- ・図-4に夜間作業計画を示す。この計画は、線路直上と線路センターから両側2.1m範囲および枠組み足場から届かない範囲を軌陸形高所作業車で点検作業を実施する計画を示す。
- ・線路直上はトロリー線があり軌陸形高所作業車では、点検できないため、線路外から高所作業車による点検を実施する。
- ・写真-1は、線路センター右2.1mからトロリー線直上までを高所作業車で点検を実施している状況である。
- ・写真-2は、線路上に軌陸形高所作業車を配置し線路センターから左側2.1m範囲および枠組み足場から届かない範囲の点検を実施している状況である。
- ・いずれも、「線路閉鎖措置」、「き電停止措置」を行っての作業となる。

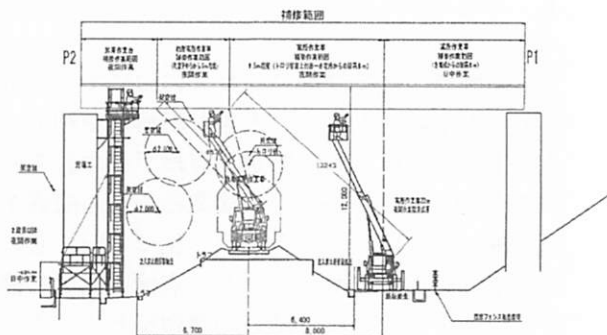


図-4 夜作業の区分

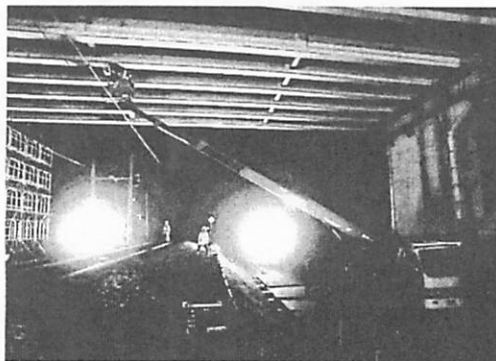


写真-1、線路外から高所作業車による点検



写真-2、線路上での軌陸形高所作業車による点検

b) 作業時間帯の制限

(列車運行終了後の作業時間)

本点検を実施した場所での列車運行終了後の作業時間は、以下の列車ダイヤから割り出す。

表-1 列車ダイヤ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79																					

表-1の列車ダイヤから、

- ・線路鎖時間 (0 ; 12 ~ 6 ; 00 348分)
- ・き電停止 (1 ; 25 ~ 4 : 25 180分)
- ・実作業時間 (1 : 45 ~ 4 : 00 135分)

が割り出される。従って、1日当たりの作業時間は135分(2時間15分)となる。しかし、気象状況で列車遅れ等が発生した場合は、列車運行が優先されるため、時間短縮や作業中止となる場合がある。

c) 作業方法の制限

橋梁点検範囲を壁高欄付近に限定すれば、図－５に示すとおり、橋面上から橋梁点検車を使用し
ての作業となるが、「線路閉措置」「き電停止措
置」を行っての作業には、変わらない。図－５に
橋梁点検車での作業図を示す。

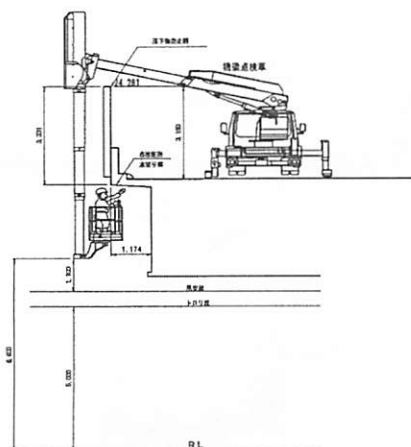


図 - 5 橋梁点検車作業図

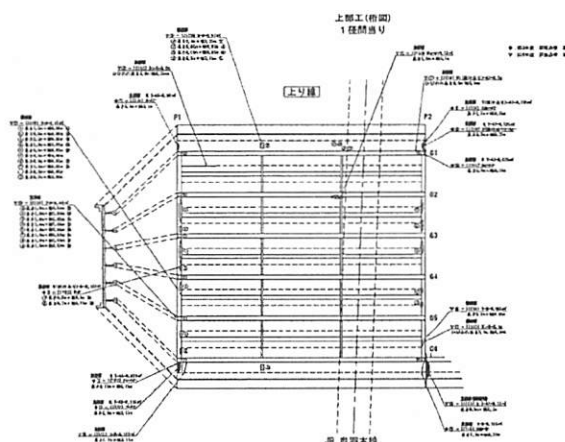
(3) 橋梁点検結果

点検は、打音と目視による方法で実施した。

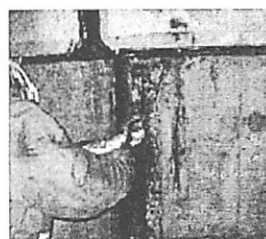
主桁せん断領域（桁端部）と壁高欄水切り部で降雨、降雪による凍害や融雪材による塩害が原因で発生した損傷が圧倒的に多く確認された。モーメント領域では、0.3mm程度のクラックが主桁ウェブに確認されたが、致命的な損傷の発生は確認されなかった。

以下に点検結果表の例を表－２に、特徴的な損傷状況を写真－３に示す。

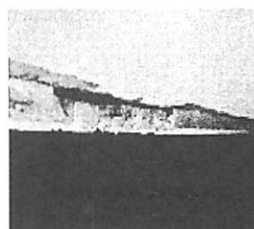
表一2 橋梁点検結果例



主桁端部(沓付近底部)の断面欠損



主桁端部(ウェブ)の断面欠損



壁高欄水切部の断面欠損

写真-3、特徴的な損傷状況

3. 補修を考慮した桁構造選定の提言

(1) 桁補修工事実施について

橋梁点検結果から、今回点検範囲では、主桁中央付近（モーメント領域）の桁ウェブ、下フランジに致命的な損傷が見られなかった。

しかし、今後損傷が発生し補修工事を実施する場合、この橋梁の場合、上述した内容と同様の施工条件下で補修工事を実施施工するためにはなんらかの形の足場が必要である。

これまで、軽微な損傷に対して通常行われているPC桁・RC桁の補修工は、断面補修工（損傷部分の叩き落とし⇒鉄筋等の錆落とし⇒断面補修材での整形⇒剥落防止工）であり、補修材料の養生期間も必要となるため、今回同様に高所作業車で補修工事を実施する場合のほか、長期（補修工を実施する期間）に足場を設置して実施するのが一般的である。

そのため、特に、これまで実施されてきた実績が少ないPC橋の主桁等に設計段階から長期に足場設置のための細工を施すことを考慮することが必要と考える。

(2) 主桁形状と足場工の関係

a) 鋼桁（板桁・箱桁）の場合

鋼桁は、ペイント塗装を一定の周期で行い主桁の劣化を防止することが前提であるため、設計段階から、長大橋等の箱桁の上部等につり金具が予め取付けられているのが定位である。

また、吊金具が取り付けられていない板桁等においては、その形状がI形やH形であるため、単管パイプ、足場板等を用い、足場を設置することが可能である。さらに、必要により断面欠損が許容される範囲で、主桁自体の鋼材を孔明し、そこに補助金具を増設することで足場設置も実施されている。（図－6）

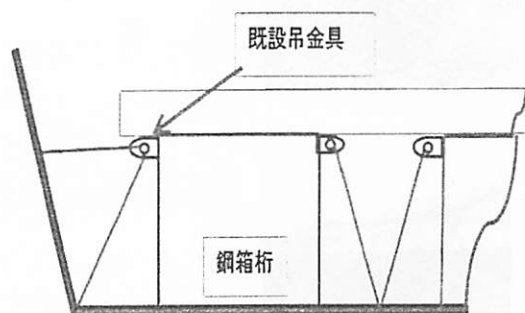
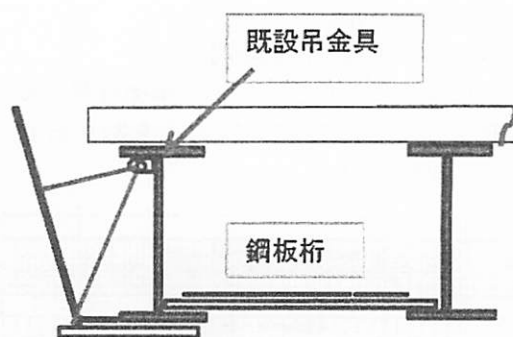


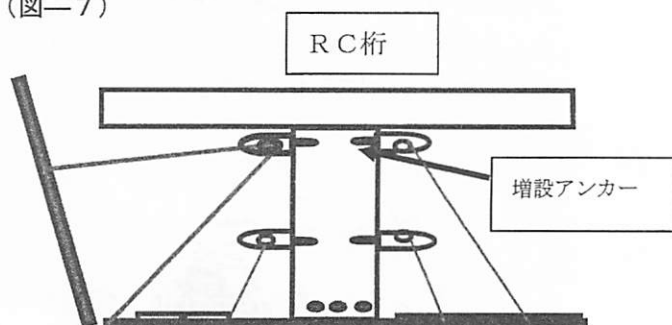
図 - 6 鋼箱桁の足場設置方法図



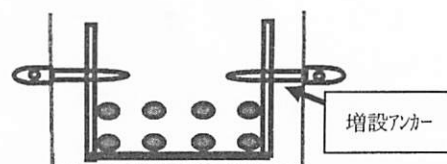
図－7 鋼板桁の足場設置図面

b) RC桁の場合

RC桁は、メンテナンスフリーの考えから、足場設置用の金具が埋め込まれていないのが通常である。しかし、製造過程で両側の型枠と型枠を固定するために用いられるセパレーターの取付跡（プラスチックコン跡）が存在していることから、この取付跡に特殊な金具を取付け、足場吊金具とすることが考えられる。しかし、経年劣化が進行しており、セパレーターそのものの劣化も進行している可能性も高いため、安全性を確保するため拡張アンカーや樹脂接着アンカーを主桁に打ち込み足場吊り金具を増設する場合が主流である。RC桁の場合は、主桁の主筋のかぶり厚さが40mm～60mm程度となっている構造が大半を占めるため、電磁波を利用した探査機などを利用して鉄筋の位置を特定し、鉄筋を損傷しない位置を穿孔し足場吊金具を設置することで足場設置を実施している。（図－7）



図—7 RC桁の足場設置図



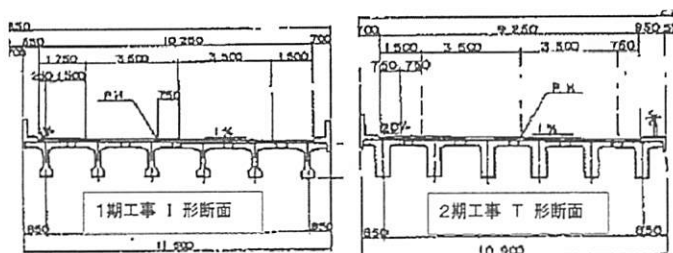
図—8 インサート挿入図

c) PC桁の場合（T形断面、下フランジを有するT形断面、中空ホロー桁）

写真－4は、今回点検を実施した橋梁構造を比較したものである。図－9はその図面である。



写真－4 1期線T形断面、2期線T型断面



図面－9 1期線T形断面、2期線T型断面

PC桁においては、今回の点検結果でも主桁中間部付近にひび割れ幅0.2mm以上のクラックなどは見られなかったが、経年劣化等発生に備え、足場を設置できる構造や吊金具設置を考慮として設計することが必要と考える。

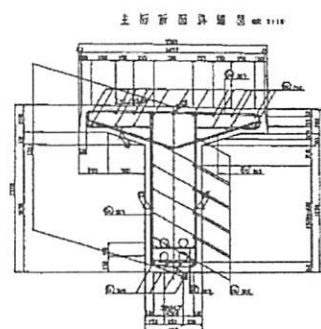
PC桁に足場吊り金具の取っ付けを考えた場合、RC桁と同様に製造過程で用いられたセパレーターの取付跡（プラスチックコン跡）を使用し、さらに安全性を確保するため拡張アンカーや樹脂接着アンカーを主桁に打ち込み足場吊り金具を増設すること最善の方法と思われる。

PC鋼線（または鋼棒）を損傷させることは、致命的な欠陥を発生させることになることやPC鋼線等は設計図とまったく同じ位置にあるとは限らないことは常識である。そのため、PC桁を削孔する場合は、X線を用いた探査試験や電気ドリルなどであたり削孔を実施してPC鋼線配置位置を特定した後、ハンマードリルや場合によってウォータージェットなど用いて本削孔を実施することが現実的である。これは多大な費用と時間を必要とするため、現場サイドと

しては避けたい作業である。

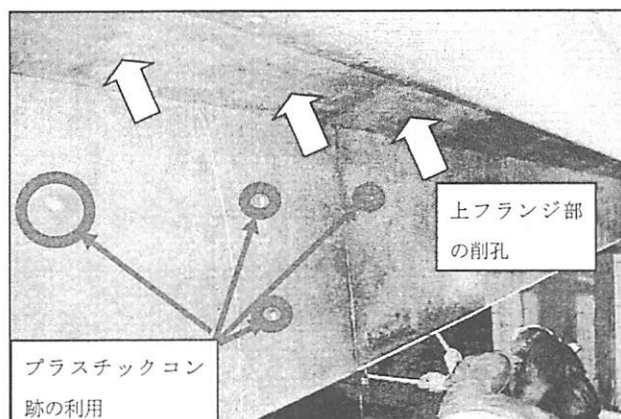
a) PC T形断面の場合

現時点で考えられる足場を設置するための方法として、図－10、11の図面を参考にすると、写真－5のような金具の設置位置が考えられる。



図面－10 T形断面、PC鋼線、鉄筋断面図

図面－11 PC鋼線配線側面図、



写真－5 足場吊り金具設置位置

b) PC下フランジを有するT形断面の場合

下フランジを有するT形断面は、主桁を削孔するリスクをできるだけ低減することができる形状である。その一方策として、図－12に示すとおり、断面下フランジ部の角形状を利用する金具を取り付けることで、単管パイプなどの使用が可能となる。

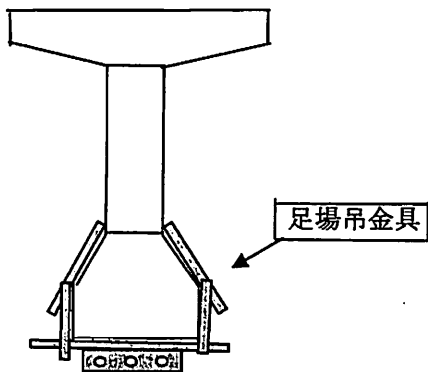


図-12 下フランジを有する T 形断面足場吊金具

C) PC 中空床版断面の場合

PC 中空床版断面の特徴は、

- ・ 下面が全面フラットであり角部がない。
- ・ 製作時のセパレーター跡埋めが存在せず、
取付金具を設置する場合は必ず削孔をしなければならない。
- ・ コンクリート下面のかぶりが 35 ～ 45 mm 程度と薄い。
- ・ ホロー部までのコンクリート厚が最小 350 mm 程度である。

これらのことにより、ボルト長さによっては、コーン破壊が懸念されるため、ボルト長に限界があり、また、ボルトは下向きであるため、抜け落ちが懸念される。

おわりに

下フランジを有する T 形断面から T 形断面へさらに PC 中空床版桁へ重量の軽量化、耐久性向上を考慮され改良が進んできたが、経年により劣化した場合の補修については、配慮されてこなかったように思う。老朽化したインフラの補修が現在必要になった現在、足場設置の方法決定が課題となってきている。本来、特に既設 PC 桁に削孔することは、一歩間違えば、本来持つ機能を低下させることになる。この現状を踏まえ今後 PC 橋の設計において補修を考慮した設計を追加して行うことが必要であると考ええる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅲ コンクリート橋編），平成24年3月

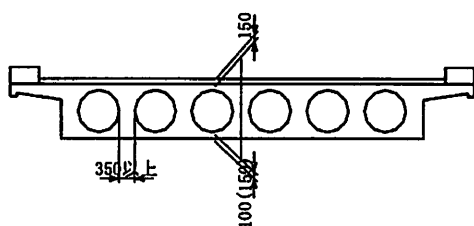


図-13 PC中空床版断面

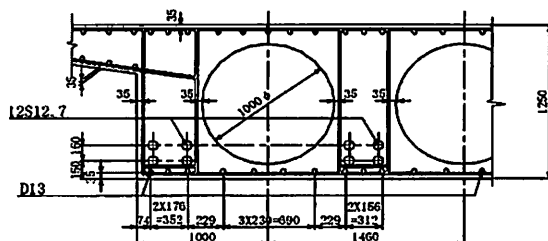


図-14 PC鋼線鉄筋配線側面図