

## 第6章 コンクリート道路橋に新たに望まれる構造細目や仕様に関する検討

### 6.1 検討概要

コンクリート道路橋における、耐久性および維持管理に配慮した構造上の課題について、第3章における直轄橋梁の定期点検結果および点検実務者へのアンケート結果などを参考に改善点の抽出を行った。

直轄橋梁の「定期点検」におけるコンクリート道路橋の主な課題としては、以下が挙げられている。

- 1) 点検性・・・桁端部の点検スペース、点検通路の確保
- 2) 耐久性・・・排水の処理、PC 定着具の保護、コンクリートの打ち継ぎ方法

これらの抽出結果を基に、コンクリート道路橋において望まれる構造細目や構造上の配慮事項について検討する。なお、項目は「点検性」、「維持管理性」、「耐久性」に区分する。

以上の課題を踏まえ、既往の資料を収集し整理を行い、各区分のなかで新たに望まれる項目に対して調査・実験を行った（検証実験の詳細は巻末資料3を参照）。

### 6.2 新たに望まれる項目の調査・実験及び考察

#### 6.2.1 点検性

コンクリート道路橋の点検性の向上において新たに望まれる項目は以下の通りである。

- ①桁端部の点検スペースの確保
- ②点検通路の確保

##### ①桁端部の点検スペースの確保

PC 橋においては、桁端部には構造的に重要な PC 鋼材の定着具が配置されている。一方、定期点検結果では伸縮部からの漏水の事例が報告されている。

そのため、確実な桁端部の近接目視を行うためには、桁端部の点検スペースの確保が重要である。定期点検では、劣化状況の目視確認ばかりでなく、ひびわれの幅や長さの計測、浮き等の打音検査及び PC 鋼材定着部の劣化状況の目視確認などを行う場合があるため、点検スペースはそれらの作業性を考慮することが望まれる。

また、支承部についても、桁端から支承部の錆、劣化、ひびわれなどの目視確認及び浮き等の打音検査などを行うための点検スペースを確保されるのがよいと考えられる。

点検スペースに関しては、各地方整備局や各道路会社から、桁端の点検スペースの推奨値が設計要領等で示されており、地方整備局の設計要領等に示されている点検スペースの例を図-6.2.1、図-6.2.2に示す。これらの図に示すように、地方整備局により推奨される桁端のスペースは異なっており、最適なスペースの根拠は明確となっている訳ではない。

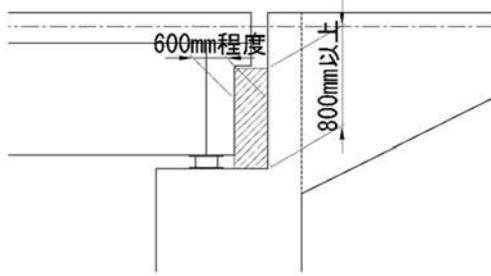


図-6.2.1 北海道開発局の例<sup>1)</sup>

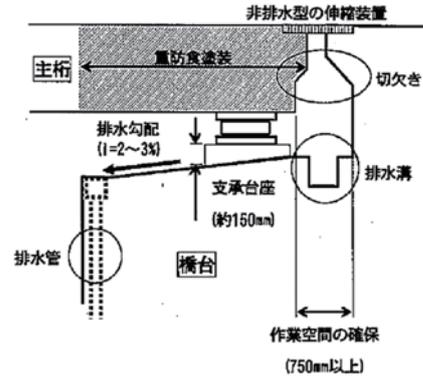


図-6.2.2 近畿地方整備局の例<sup>2)</sup>

そこで、点検性に配慮した桁端部の仕様を確認するために、実構造物を模した模型を用いて検証実験を行い、推奨される桁端の仕様を検討した。

桁端部の調査実験イメージを図-6.2.3 に示す。また、実験供試体寸法を図-6.2.4、桁端部の目視調査実験パラメータを表-6.2.1、桁端部ひびわれ調査状況を写真-6.2.1 に示す。

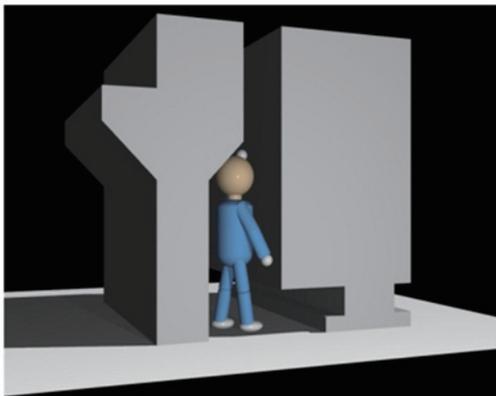


図-6.2.3 桁端部調査実験イメージ

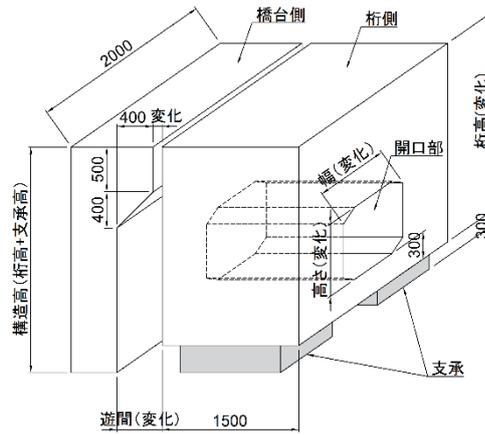


図-6.2.4 実験供試体寸法



【桁端部近接目視調査 H2500×B400】

写真-6.2.1 桁端部ひびわれ調査状況

表-6.2.1 桁端部目視調査実験パラメータ

単位:mm

遊間 構造高	300	400	500	600	700	800
2,500	○	○	○	○	○	○
2,000	—	○	○	○	○	○
1,500	○	○	○	○	○	○

【凡例】○：実施，—：未実施

表-6.2.2 に桁端部通過および近接目視調査実験における調査員の所見に基づく実験結果を示す。桁端部通過実験では、調査員6名の内全員が可能、あるいは何とか可能の回答があったケースを”○：可能”と判断した。また、近接目視調査実験では、ひびわれ調査かつ写真の撮影が可能なケースを”○：可能”とし、ひびわれ調査は可能であるが写真撮影が困難なケースについては”△：何とか可能”と判定した。

実験結果を表-6.2.2 に示す。

- a) 桁端部通過実験では、構造高が2500mmの場合で遊間幅が300mm以下、構造高が1500mmの場合で遊間幅が400mm以下で、通過のし易さが低下する傾向にある。
- b) 近接目視調査実験では、構造高が2000mm、2500mmの場合で遊間幅が400mm以下、構造高が1500mmの場合で遊間幅が500mm以下で、ひびわれが見えない箇所があるのである傾向にある。
- c) 支承部の打音検査は、遊間の幅が400mm以上であると作業が可能となることがわかった(写真-6.2.2)。

表-6.2.2 桁端部通過および近接目視調査実験結果

		単位:mm					
遊間 構造高		300	400	500	600	700	800
2,500		×	○	○	○	○	○
2,000		—	○	○	○	○	○
1,500		×	×	○	○	○	○

【評価】 ○：可能, ×：困難

		単位:mm					
遊間 構造高		300	400	500	600	700	800
2,500		×	△	○	○	○	○
2,000		—	△	○	○	○	○
1,500		×	×	×	○	○	○

【評価】 ○：可能, △：何とか可能, ×：困難



写真-6.2.2 支承部の調査状況

②点検通路の確保

PCの箱桁橋においては、桁内の点検を行うため、端部横桁や中間横桁に開口部が必要である。一方、桁端部は落橋防止装置などが設置されるため、横桁に開口部を設置するためのスペースは制限される。しかしながら、横桁に設ける開口部に関しては、各地方整備局などの設計要領等には、推奨値は特に示されていない。

そこで、桁端から桁内への移動が可能な開口部寸法を実験的に確認し、開口寸法の仕様について検討する。

開口部通過実験は桁端部の調査と同じ図-6.2.4の供試体を使用して行った。開口部通過実験の実験パラメータを表-6.2.3に示す。

実験状況を写真-6.2.3に示す。開口部通過実験の結果を表-6.2.4に示す。表より、PC橋の桁端部の開口部は幅800mm以上×高さ800mm以上が推奨される。また、開口部の大きさを小さくする必要がある場合は、高さまたは幅のいずれかを600mmまで縮小することが可能であるが、実験結果より高さを低くするより幅を600mmに縮小する方が、通過しやすいことが分かった。

なお、実験に用いた開口部のハンチサイズは150mm×150mmとしている。

表-6.2.3 開口部通過実験パラメータ

		単位:mm	
高さ \ 幅	800	600	
800	○	○	
600	○	○	

【凡例】○：実施

表-6.2.4 開口部通過実験結果

		単位:mm	
高さ \ 幅	800	600	
800	○	△	
600	△	×	

【評価】○：可能、△：何とか可能×：不可能



写真-6.2.3 開口部通過状況

## 6.2.2 耐久性

耐久性に関して、新たに望まれる項目は以下の通りである。それぞれの項目について、既存資料の調査結果または検証実験について述べる。

- ①排水の処理
- ②PC 定着具の保護
- ③コンクリートの打継方法

### ①排水の処理

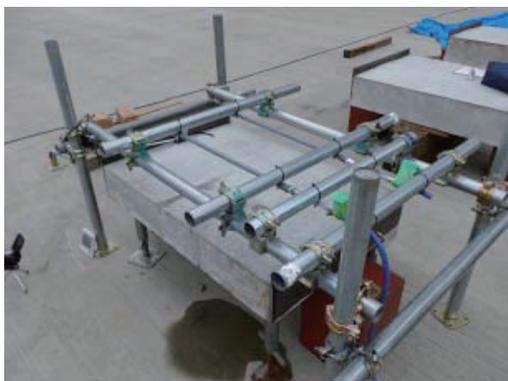
- ・地覆部の漏水対策（水切り、地覆天端勾配）

床版からの塩水を含む伝い水がバルブ T 桁の下フランジの上面などに滞水し、PC 鋼材の腐食の原因になる可能性があるため、塩水を含む伝い水が PC 鋼材や PC 定着部に伝わらない水切り形状とする必要がある。これまでも張出床版部に V カット目地を設けて伝い水がいかない工夫が行われてきたが、この方法では鉄筋のかぶり不足が生じる可能性がある。そこで、水切り高さ、水切り幅および水切り勾配を試験条件とした水切り形状を検討した。

試験条件を表-6.2.5、試験状況を写真-6.2.4 に示す。最大降雨強度は 1961-2008 年気象観測データに基づく 3 年確率 10 分間降雨強度をもとに設定されている路面排水溝等に用いる標準降雨強度を参考に設定した。降雨強度が小さい場合については、散水機器の都合上（5mm/h より小さくすると散水量の管理が困難であるため）5mm/h と設定した。

表-6.2.5 試験条件

	水切り高さ (mm)	水切り幅 (mm)	水切り勾配 (mm)	降雨強度 (mm/h)	
1	0	0	0	100	5
2	50	150	0	100	5
3	50	150	2	100	5
4	50	200	0	100	5
5	70	150	0	100	5
6	70	150	2	100	5



(a) 散水装置



(b) 散水試験状況（100mm/h）

写真-6.2.4 散水試験状況

水切り形状の試験結果を表-6.2.6 に、水切り下面浸水状況を図-6.2.5 に示す。試験の結果、水切りを設けた試験体はいずれも、水切り端部（最奥）まで伝い水が到達しない結果となった。また、水切り勾配を設けたほうが水切り奥側に伝い水が到達しにくいという結果であったが、降雨強度が小さい場合ではその効果は小さい結果となった。

表-6.2.6 水切り形状の試験結果

供試体 番号	試験体条件			平均浸水深さ (mm)	
	水切り高さ (mm)	水切り幅 (mm)	水切り勾配 (%)	想定降雨強度 100mm/h	想定降雨強度 5mm/h
A-1	0	0	0	80	21
A-2	50	150	0	42	15
A-3	50	150	2	11	7
A-4	50	200	0	43	12
A-5	70	150	0	33	15
A-6	70	150	2	19	17

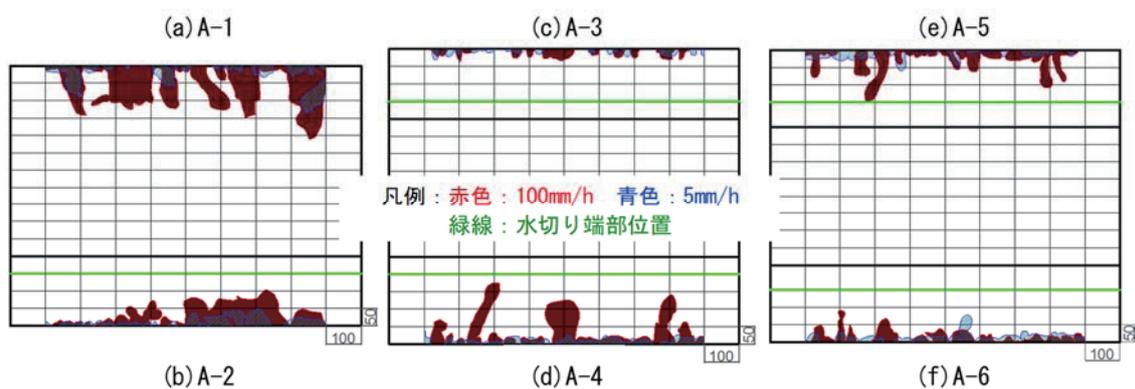


図-6.2.5 水切り下面浸水状況

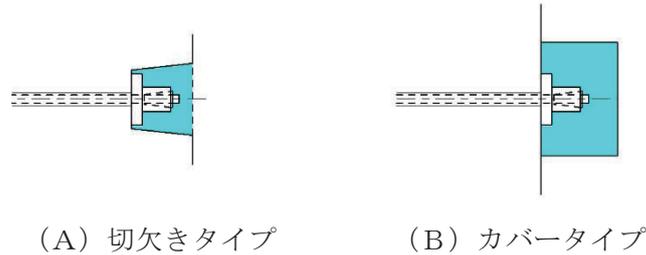
## ②PC 定着具の保護

PC 定着具の長期耐久性を確保するためには、PC 定着部の後埋め部の品質の確保が重要である。特に後埋め部に剥離やひびわれが発生した場合には、雨水等により PC 定着具・PC 鋼材が腐食する可能性がある。そのため、PC 定着部の後埋め部の剥離・ひびわれ等の初期変状を防ぐために、材料や後埋め部表面の処理方法、配筋の有無等をパラメータとした供試体を製作し、屋外暴露試験を行うことで、適切な構造細目や仕様を検討した。

PC 定着部の後埋め部の供試体は、**図-6.2.6** に示す定着部の切欠き部をコンクリートあるいはモルタルを充填する (A) 切欠きタイプと定着部をカバーコンクリートで保護する (B) カバータイプの 2 種類とした。供試体を**写真-6.2.5** に示す。

各供試体は、打継処理方法、後埋め材料、配筋の有無、表面含浸材の塗布の有無をパラメータとして**表-6.2.7**、**表-6.2.8**、形状を**図-6.2.7**、**図-6.2.8** のとおりとした。今回の試験では、いずれの供試体とも打継処理を行い、後埋め材料のほとんどは膨張コンクリートや無収縮モルタルである。なお、定着後埋め部仕様の検証であるため、PC 鋼材に緊張力は導入していない。

暴露試験は、国総研内の屋外において平成 28 年 10 月 18 日に開始し、約 3 年（令和元年 12 月時点）を経過し検証しているが、ひびわれや肌すき等の変状は確認されていないことから、引続き暴露試験を行い、定着具の保護方法に関する配慮事項を把握していくことが課題である。



(A) 切欠きタイプ

(B) カバータイプ

図-6.2.6 定着部の処理方法



供試体 A

供試体 B

写真-6.2.5 暴露試験体

表-6.2.7 試験条件（供試体A）

No.	打継ぎ処理		後埋め材料		配筋の有無	表面含浸剤塗布
	目粗し	吸水調整剤塗布	材料種類	配合名		
A-1	○	-	コンクリート 膨張材なし	H40	-	-
A-2	○	-	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	-	-
A-3	○	-	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	○
A-4	○	○	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	-
A-5	○	○	コンクリート 膨張材 40kg	H40EX40	-	-
A-6	-	○	無収縮モルタル	NSM	○	○
A-7	-	○	無収縮モルタル	NSM	-	○
A-8	○	-	無収縮モルタル	NSM	-	-

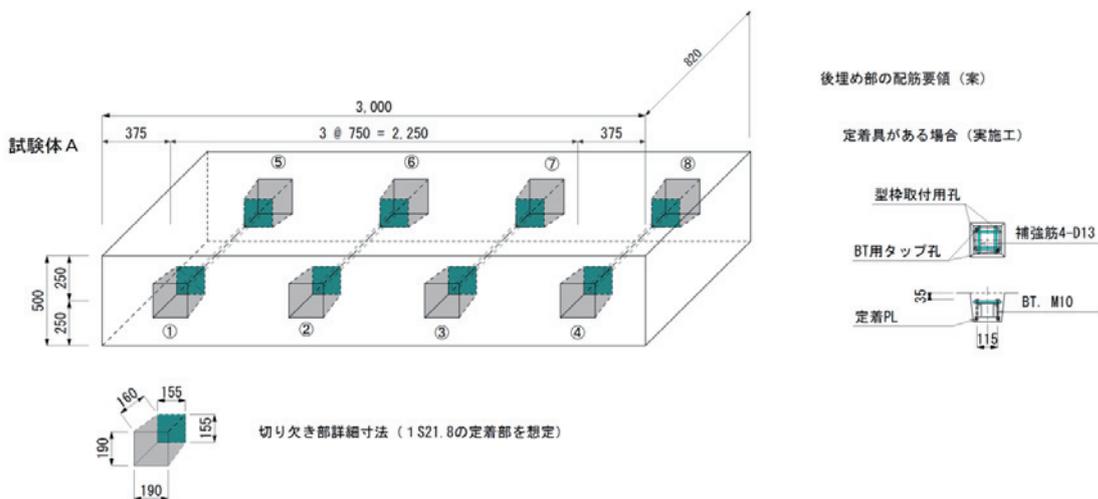


図-6.2.7 試験体形状寸法（供試体A）

表-6.2.8 試験条件（供試体B）

No.	打継ぎ処理		後埋め材料		配筋の有無	表面含浸剤塗布
	目粗し	吸水調整剤塗布	材料種類	配合名		
B-1	○	-	コンクリート 膨張材なし	H40	○	-
B-2	○	-	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	-
B-3	○	-	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	○
B-4	○	○	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	-
B-5	○	○	コンクリート 膨張材 20kg	H40EX20	○	○
B-6	○	○	コンクリート 膨張材 40kg	H40EX40	○ </td <td>-</td>	-

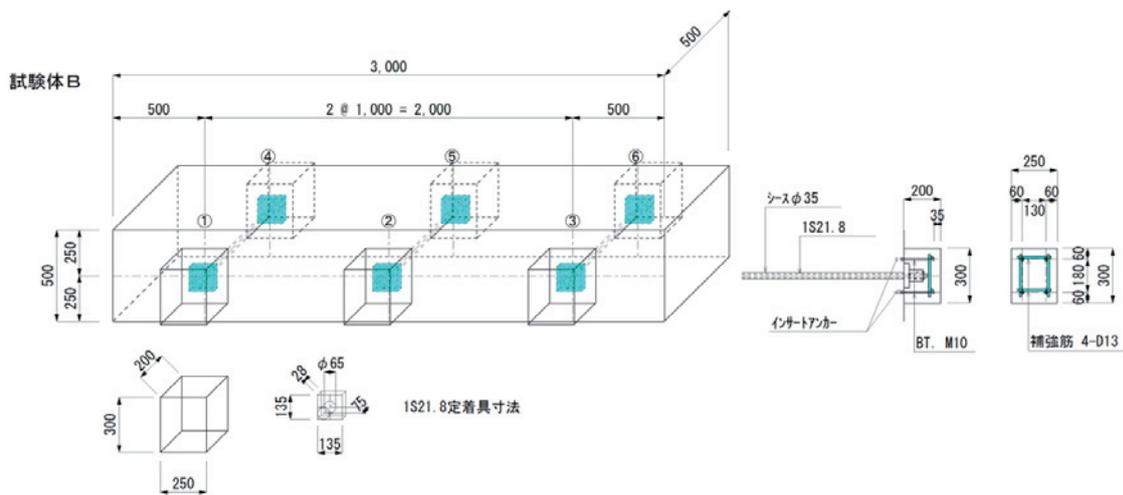


図-6.2.8 試験体形状寸法（供試体B）

なお、後打ち部に用いたコンクリートと無収縮モルタルの配合、フレッシュ性状試験、圧縮強度試験の試験結果を表-6.2.9～表-6.2.12に示す。

表-6.2.9 コンクリート配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
			W	C	EX	S	G1	G2	SP	AE
H40	40.0	45.0	165	413	0	758	484	484	3.51	1.03
H40EX20	40.0	45.0	165	393	20	758	484	484	3.30	2.94
H40EX40	40.0	45.0	165	373	40	758	484	484	3.30	2.94

※AE材は100倍希釈

表-6.2.10 無収縮モルタル配合

配合名	練混ぜ水	無収縮モルタル 1袋
NSM	4.5kg	25kg

表-6.2.11 コンクリート配合のフレッシュ性状試験、圧縮強度試験結果

スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	圧縮強度 $\sigma_{28}$ (現場) (N/mm <sup>2</sup> )
11.0	5.0	22.1	62.7
11.5	5.4	22.8	61.6
10.0	4.2	23.3	61.3

表 6.2.12 無収縮モルタルのフレッシュ性状試験、圧縮強度試験結果

J14 ロート 流下時間 (s)	粉体 温度 (°C)	練混ぜ水 温度 (°C)	練上がり 温度 (°C)	圧縮強度 $\sigma_{28}$ (現場) (N/mm <sup>2</sup> )
13	28.0	25.5	27.0	65.2

③コンクリートの打継方法

床版部と地覆部の打継部からの漏水が報告されている。PC 構造物の耐久性を確保するため、適切な打継方法が求められる。そこで、床版端部の立ち上がりの有無と打継面勾配の有無を試験条件とした実験を行った。床版部と打継箇所の種類を図-6.2.9 に示す。

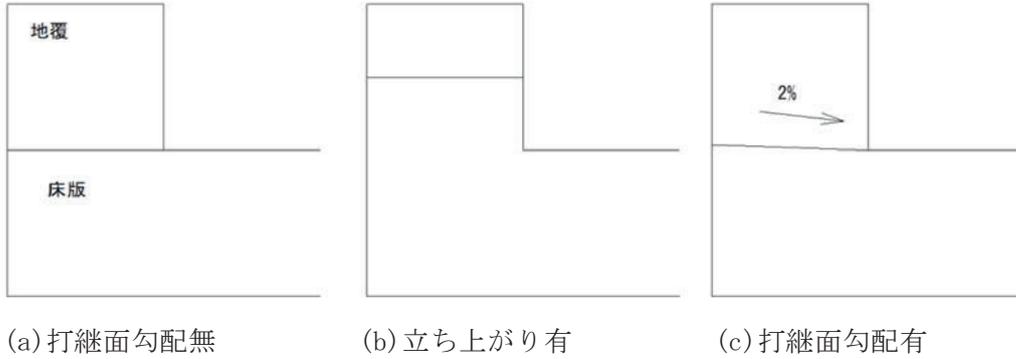
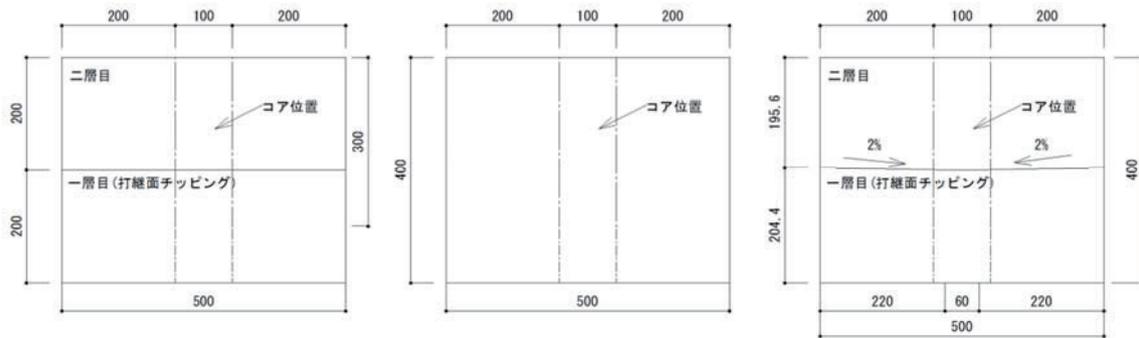


図-6.2.9 床版と地覆との打継箇所

実験では、図-6.2.8 に示した打継ぎ部の状態を模擬した図-6.2.10 に示す供試体において、供試体の中心に  $\phi 110\text{mm} \times 300\text{mm}$  のコアを削孔し、密閉したコア内に注水後、 $0.1\text{N}/\text{mm}^2$  の水圧を作用させ、打継部からの漏水の有無、漏水が生じるまでの時間を計測することによって行った。試験状況を次頁の写真-6.2.6 に示す。



供試体 A  
(図-6.2.9(a)の模擬)

供試体 B  
(図-6.2.9(b)の模擬)

供試体 C  
(図-6.2.9(c)の模擬)

単位:mm

図-6.2.10 打継ぎ部形状試験供試体断面図

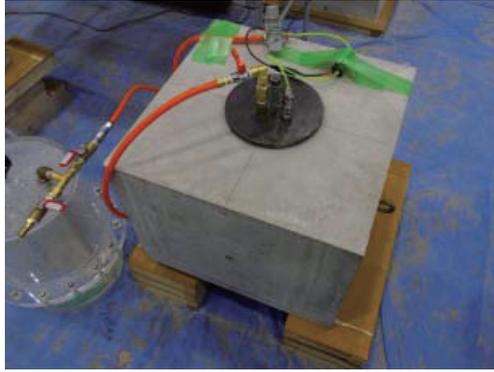


写真-6.2.6 加圧による漏水確認試験状況

試験の結果、床版端部の立ち上りを模擬した供試体 B のみ漏水を防水できる結果となった。

参考文献：

- 1) 国土交通省北海道開発局：道路橋設計要領-第3集 橋梁，平成27年4月，P3-7-64
- 2) 国土交通省近畿地方整備局：設計便覧（案）第3編 道路編，平成24年4月，P6-21