

維持管理に関する相談事例

作成日	平成 26 年 3 月 4 日
番号	06
タイトル	栈橋の現地調査について
キーワード	栈橋上部コンクリートの防食、エポキシ鉄筋、鉄筋腐食調査、塩化物イオン濃度試験、圧縮強度試験、中性化試験
内容	<p>栈橋式岸壁は昭和 63 年に栈橋上部工に流電陽極(亜鉛防食板)・エポキシ樹脂・裸鉄筋を施しており、平成 11 年度までその防食効果をモニタリングしている。これらの防食効果を確認、および鉄筋電位等と鉄筋腐食度及び塩化物イオン浸透状況との関係を整理し、栈橋上部工の劣化問題の検討課題を抽出・整理するため別添の内容で調査を行うことから、調査項目等について助言をいただきたい。</p>
	添付資料等の有無 <input type="checkbox"/> 無・ <input checked="" type="checkbox"/> 有(現地調査計画について)
回答	<p>① 調査方法 3. (3)②について エポキシ塗装鉄筋の自然電位はエポキシを絶縁体として扱うため、原則として測定出来ない。測定した場合何らかの数値は出てくると思われるが、それが何を示しているかは不明である。なお、エポキシに損傷があればそれなりの数値が測定出来る可能性はあるが、損傷箇所の特定には至らない。</p> <p>② 調査方法 3. (4)について コンクリートを対象とした電防の陽極電位の基準はない。(-1.08V (CSE)は海水中の鋼構造物の基準である)</p> <p>③ 2. 調査項目(3)と 3. 調査結果の整理(4) コンクリートの含水率は D や C0 に影響を及ぼすが、含水率自体を何で計測するかによってもかなり影響を及ぼす。 なお、参考とされている港空研資料 No. 1232 ではコンクリートの乾湿質量差で含水率を求めているため、港空研資料と今回の計測結果の直接比較はできない。</p>
	添付資料等の有無 <input checked="" type="checkbox"/> 無・ <input type="checkbox"/> 有
回答後の対応	助言をもとに調査内容を検討し、調査を実施した。
	添付資料等の有無 <input checked="" type="checkbox"/> 無・ <input type="checkbox"/> 有

現地調査計画について

1. 目的

栈橋式岸壁は、昭和63年に栈橋上部工に流電陽極(亜鉛防食板)・エポキシ樹脂・裸鉄筋を施しており、平成11年度までその防食効果をモニタリングしている。本調査は、これらの防食効果を確認するとともに、鉄筋電位等と鉄筋腐食度及び塩化物イオン浸透状況との関係を整理し、栈橋上部工の劣化問題の検討課題を抽出・整理することを目的としている。

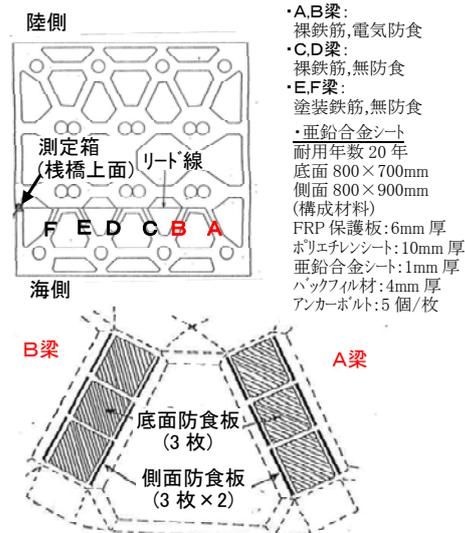
2. 調査項目

(1) 流電陽極に関する調査項目

流電陽極に関連する調査項目を表-1、流電陽極の位置を図-1に示す。
 なお、亜鉛防食板目視点検は、栈橋下面での調査、その他の調査は、栈橋上面に設置している測定箱で計測することを基本とする。

表-1 流電陽極の調査

調査項目	数量						合計
	A梁	B梁	C梁	D梁	E梁	F梁	
	電気防食 (亜鉛防食板)		無防食		エポキシ鉄筋		
亜鉛防食板目視点検	1	1	—	—	—	—	2
陽極発生電流測定	1	1	—	—	—	—	2
鉄筋電位測定	2	2	1	1	1	1	8
陽極電位測定	2	2	—	—	—	—	4



(2) 鉄筋腐食度調査 (3箇所)

流電陽極・エポキシ鉄筋の防食効果及び裸鉄筋の腐食状況を目視で確認するため、A・C・E梁底面を50×50cm程度はつり、鉄筋腐食度を目視観察する。

(3) コア試料採取 (塩化物イオン濃度測定12本、中性化・圧縮強度12本)

コア試料採取は、1箇所につき2本とし、採取寸法はφ50×100とする。電位測定結果等と鉄筋位置の塩化物イオン量の関係を調べるため、A～F梁6本採取する。また「中央ブロック」と「先端ブロック」の塩分の浸透性状の違い等を把握するために、図-3に示す箇所でコアを採取する。その際、電磁波レーダーで鉄筋かぶりを測定する。また、コア採取位置の表面含水率を測定して、コンクリート含水率と表面塩化物イオン量、拡散係数の関係を整理する。

図-1 流電陽極の位置

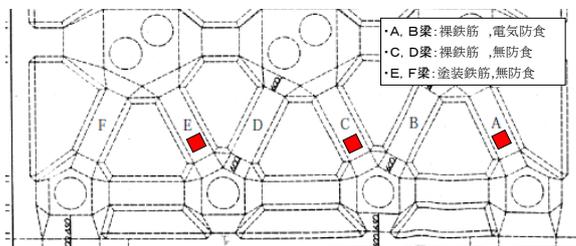


図-2 鉄筋のはつり箇所

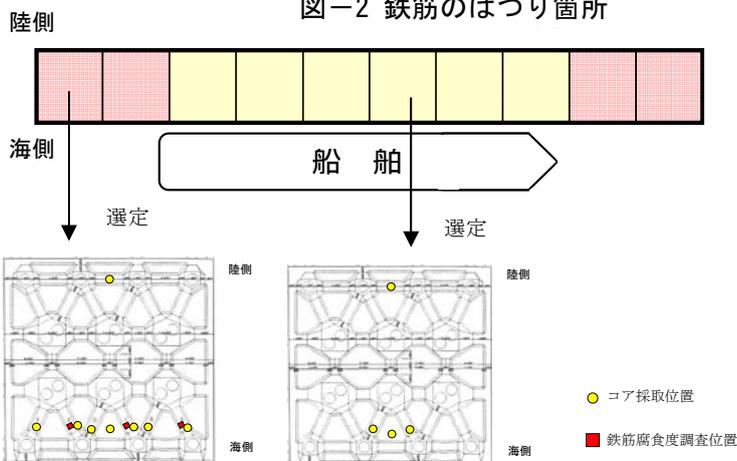


図-3 コア採取箇所 (模式図)

3. 調査方法

(1) 亜鉛防食板調査

現地で亜鉛防食板の外観目視調査を実施する。また、亜鉛防食板の外し、バックフィル材を程度切削して直接目視にて消耗度を目視調査する。なお、直接目視調査する亜鉛防食板は、鉄筋腐食度調査を実施する梁底面で、A・B梁各1枚とする。

(2) 陽極発生電流測定

栈橋上部工の梁部における亜鉛防食板と対象鉄筋間の電流を無抵抗電流計にて計測する。この調査結果は、防食システムが正常に稼動しているかどうかの確認をするものである。

(3) 鉄筋電位測定

栈橋上部工コンクリート中に設置されている既設の照合電極（水銀/酸化水銀電極）を用いて、鉄筋の電位を高入力抵抗（100MΩ）の直流電圧計にて計測する。

① A・B梁（流電陽極設置梁）

電気防食の効果の判定は、100mV以上の復極量があれば防食が達成されていると判断する。

② C～F梁（裸鉄筋、エポキシ塗装鉄筋）

各梁に埋設した照合電極で裸鉄筋・塗装鉄筋の自然電位を測定する。流電陽極が施されていない鉄筋電位の測定結果は、「維持管理マニュアル p. 123」の判定基準より鉄筋腐食状況を判定する。

(4) 陽極電位測定

栈橋上部工コンクリート中に設置されている既設の照合電極（水銀/酸化水銀電極）を用いて、陽極の電位を高入力抵抗の直流電圧計にて計測する。亜鉛陽極電位-1.08V (CSE)を満足しているか確認する。

当該箇所は、昭和63年2月から平成11年3月までモニタリングが実施されている。これら結果について資料整理を実施して、“流電陽極の防食効果”，“鉄筋の自然電位”がこの20年間でどのように変化したかについて整理・解析する。

(5) 鉄筋腐食度調査

図-2に示した梁底面のコンクリート表面を50cm×50cm程度はつり、鉄筋表面を露出させ、鉄筋腐食度（0～IV）「コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針(2009)p. 35」を判定するとともに、孔食の有無，鉄筋径・かぶり深さ等を測定する。また、

(6) 塩化物イオン濃度試験（12×5=60 試料）

測定方法は、コア試料を厚さ20mm毎に分割し、分析するものとし、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により測定する。

(7) 圧縮強度試験（12本）

JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」により測定する。

(8) 中性化試験（12本）

圧縮強度試験で割裂したあと、コアを半割した試料により実施するものとし、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」により測定する。

3. 調査結果の整理

(1) 経年変化の整理

鉄筋電位、分極量、陽極発生電流及び陽極電位の経時変化を整理する（図-4 参照）。

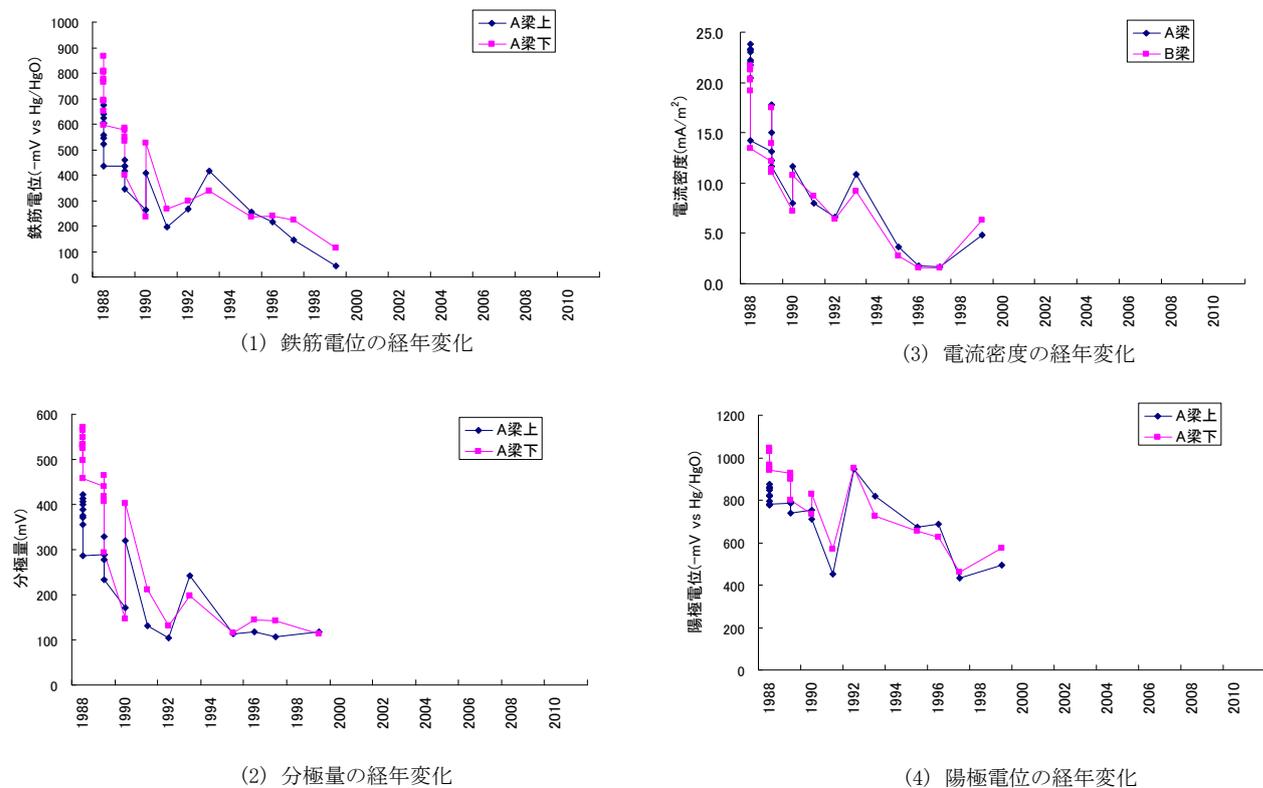


図-4 経年変化の整理

(2) 相関関係の整理

鉄筋腐食度、鉄筋位置の塩化物イオン量、鉄筋電位の関係を整理する（図-5 参照）。

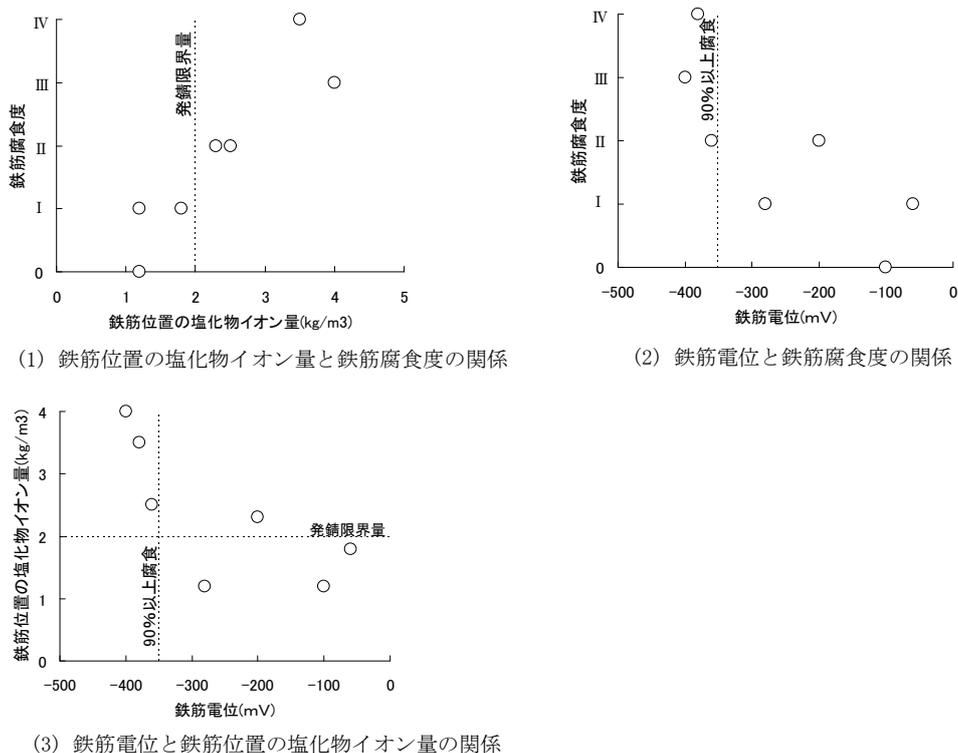


図-5 相関関係の整理（模式図）

(3) 塩化物イオン濃度測定結果の整理

塩化物イオン濃度測定結果を図-6, 7 に示すように整理する。図中の数字はブロック番号を示す。当該岸壁の場合, 「中央」, 「端部」 の2ブロックの比較となる。

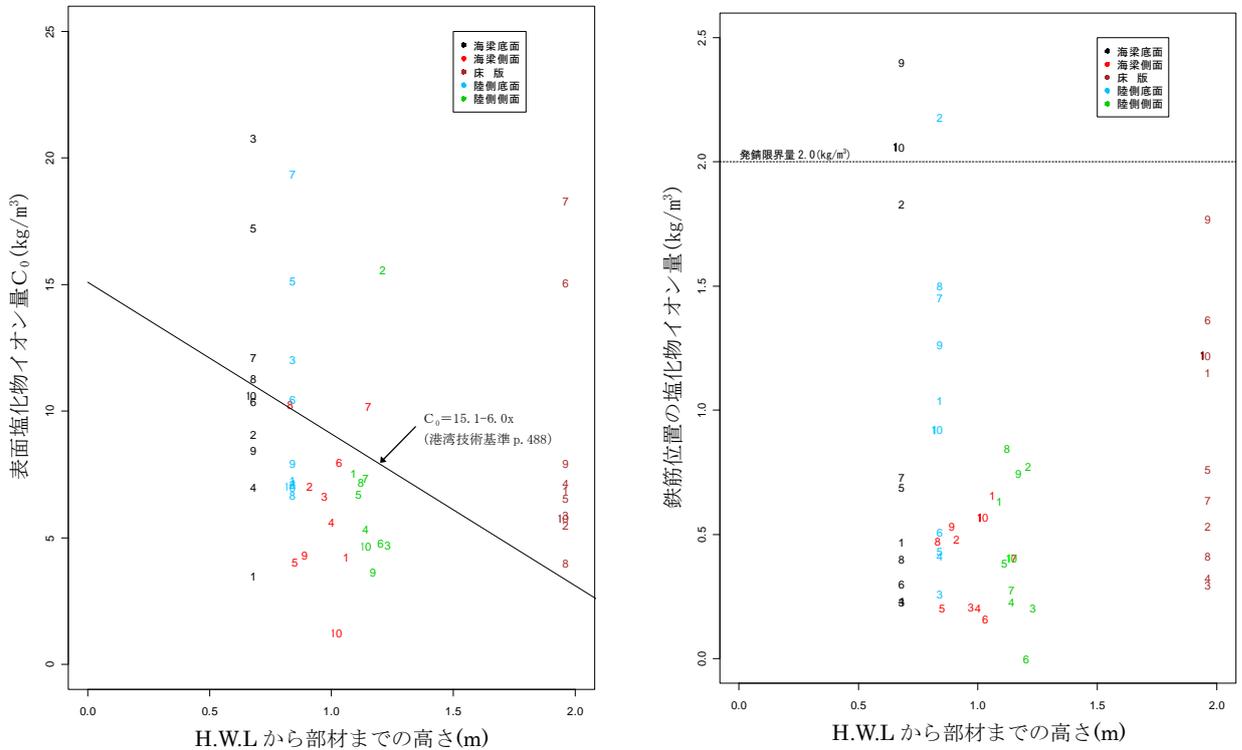


図-6 H. W. Lから部材までの高さ塩化物イオン量の関係 (岸壁の例)

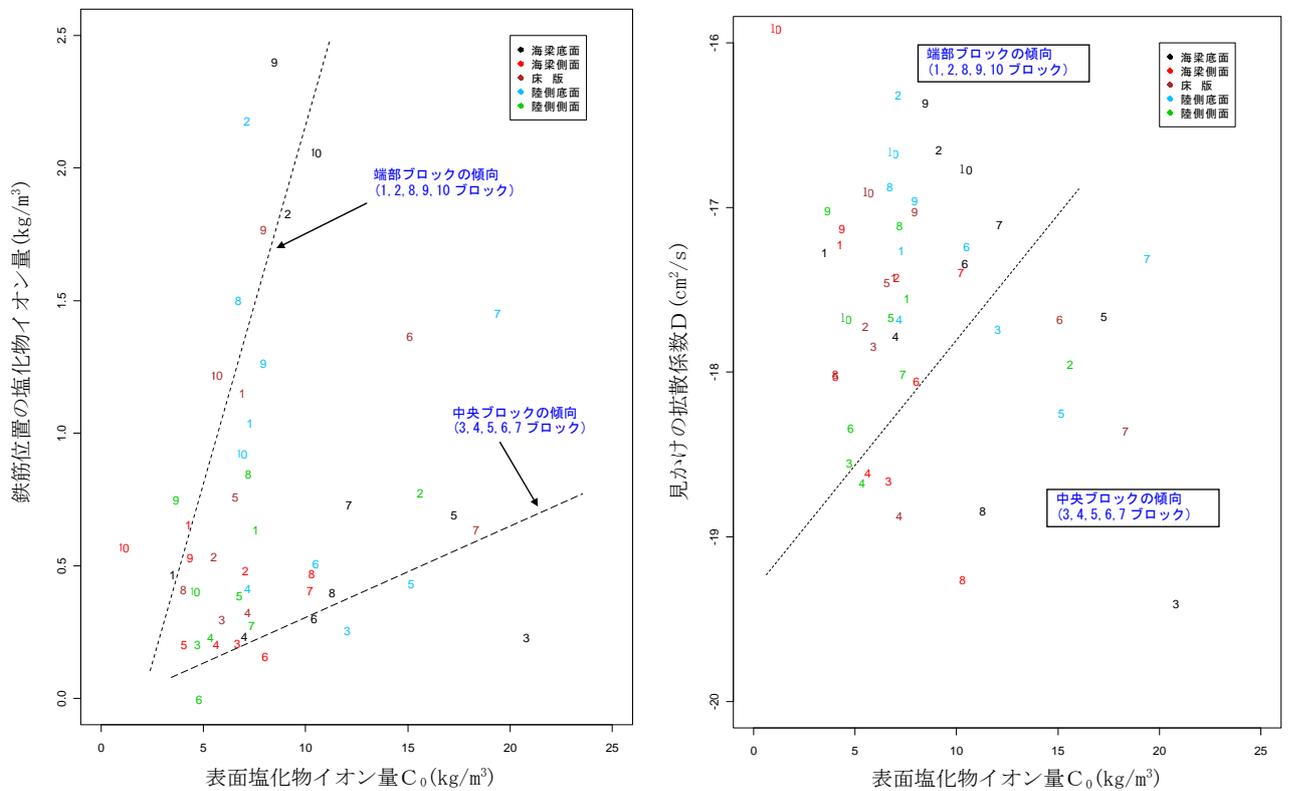


図-7 各パラメータの相関関係の整理 (岸壁の例)

(4) コンクリートの含水率と C_0 、 D の関係の整理

「海洋に位置するコンクリート構造物の耐久性能照査手法に関する研究（港空研資料 No. 1232）p. 56」によると、コンクリートの飽水率が、表面塩化物イオン量 C_0 、拡散係数 D の値に強く影響を及ぼすことが指摘されている。そのため、コンクリートの表面含水率を測定して、コンクリートの含水率と拡散係数の関係を整理する（図-8 参照）。

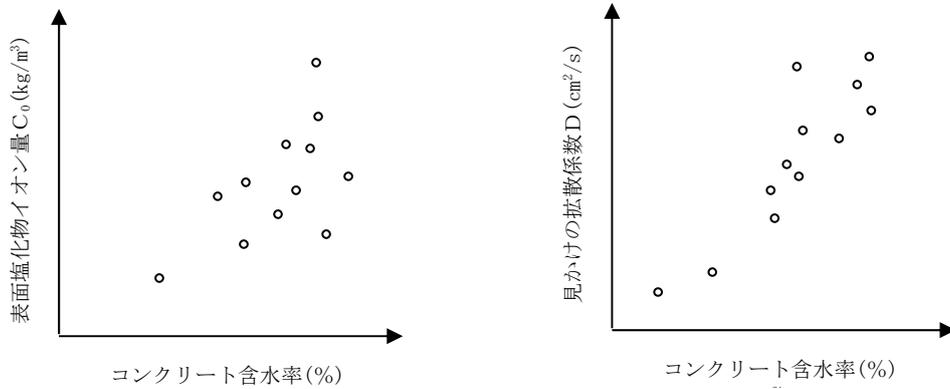


図-8 コンクリート含水率と C_0 、 D の関係の整理（模式図）

(5) 鉄筋かぶり深さの整理

電磁波レーダ調査結果から得られた鉄筋かぶり深さを頻度分布として整理する（図-9 参照）

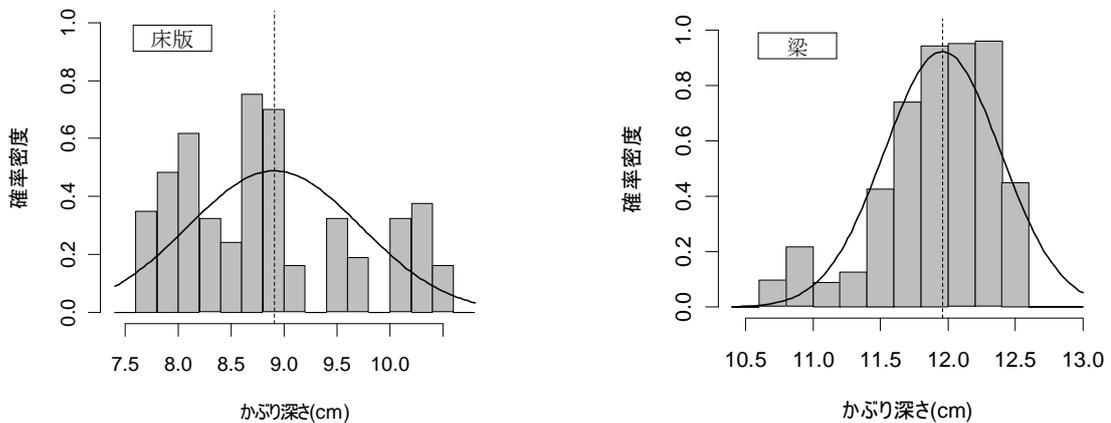


図-9 鉄筋かぶり深さの整理例