

# コンクリート打設時における締固め困難な大型消波ブロックの品質向上に向けた取組について

函館開発建設部 函館港湾事務所 ○亀尾 実愛  
株式会社 菅原組 小平 智基  
株式会社 菅原組 黒澤 学

江良漁港西防波堤は、大型の中空三角ブロックを使用しているが、当該ブロック打設時に、梁水平部において効率的な締固めが出来ないため、ブリージング現象に伴うレイタンスが滞留し、コンクリート表面の品質の低下が課題となっていた。

本報告は、監督職員、現場代理人及び現場作業員による「消波ブロック品質向上検討会」を立ち上げ、現場の経験を通じた品質向上対策及びその評価手法について報告するものである。

キーワード：消波ブロック、コンクリート品質、コンクリート締固め

## 1. はじめに

江良漁港西防波堤は、中空三角ブロック40t型の消波ブロックを使用しているが、当該ブロックはコンクリート打設時に、梁水平部において効率的な締固めを行うことが出来ない。そのため、ブリージング現象に伴うレイタンスが滞留したり、ジャンカや多量の気泡が発生するなど、コンクリートの品質低下が課題となっていた。このことは、波浪や飛沫等の影響を受けると、凍結融解作用などにより、脆弱な梁水平部から劣化が生じ、長期的な耐久性に問題が生じてくる。

これらの問題解決にあたり、梁水平部における劣化抑制対策として、現場作業員の熟練した締固め技術が必要であったことから、監督職員、現場代理人及び現場作業員による「消波ブロック品質向上検討会」を立ち上げ、打設速度やスペーシングの方法等について、現場の経験を通じた品質向上対策について意見交換を行った。

本文では、検討会を通じ、適切なコンクリート打設及び締固め方法を確立し、その評価として打設後の外観調査及び梁水平部のコンクリート表面に発生する気泡の低減率に着目し、品質向上対策及びその評価手法について報告するものである。

メーカー製作要領に準じた打設方法では、まず、(図-1)の左図に示す①の箇所にホッパーをセットし、右図に示すA→B、A→Cへとパイプレータを均一にムラなく掛けながら、ゆっくりとコンクリートを押し込むように打設する。その際、梁水平部の天端付近に設けた数個の空気抜孔から、コンクリートモルタル分が噴き出したことを順次確認しながら梁水平部天端までコンクリートを投入する(写真-1)。

B部にある程度コンクリートが流れ込んできたのが確認できた段階で、ホッパーを②に移動し、B→Cへ前述と同様に押し込むように流し込む。

C部にAおよびBから流れ込んできたコンクリートが合流し、しっかりと充填されたのを確認してから、①、②、③と均一に生コンクリートを充填し、縦方向梁部を打設する。

縦方向梁部打設前に、梁水平部の型枠側面を壁パイプレータを用いて締め固めを行う(写真-2)。

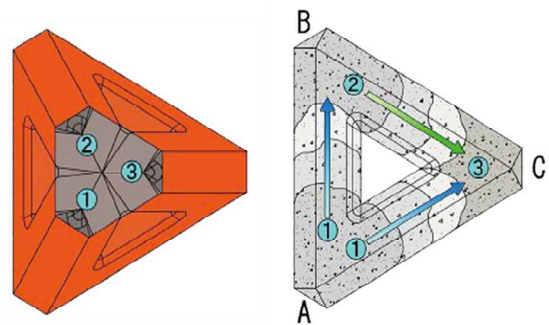


図-1 梁水平部の打設方法(1)

## 2. 品質向上に向けた検討

### 2.1. 検討手法

ブロック締固めの基本的な方法として、ブロックメーカー推奨の製作要領に準じた施工方法及び型枠側面を壁パイプレータで締め固める方法がある。以下にその方法を示す。



写真-1 梁水平部の空気抜孔3穴よりトロ確認



写真-4 型枠側面を木槌でたたき気泡を抜く方法



写真-2 壁バイブレータによる締固め

上述した基本的な打設方法をベース（以下、基本ケース）に、品質向上検討会の議論を踏まえ、以下の3ケースについてコンクリート打設を実施し、外観目視調査及び気泡低減率について評価を行った。

ケース1 空気抜孔3穴より番線を用いてスペーシングする方法+型枠側面を木槌でたたき気泡を抜く方法

ケース2 7穴からφ8mm鉄棒でスペーシングする方法+型枠側面を木槌でたたき気泡を抜く方法

ケース3 空気抜孔3穴から曲げ加工したφ8mm鉄棒でスペーシングする方法

## 2.2. コンクリート打設及び締固め方法

### (1) ケース1

焼きなました鉄線である番線を用いて、空気抜孔3穴より、上下にスペーシングを行い、さらに梁水平部の型枠側面を木槌で下から上へたたき、気泡を抜く方法を実施した(写真-3, 4)。



写真-3 空気抜孔3穴より番線を用いてスペーシングする方法

### (2) ケース2

(写真-5)の左図にあるように、梁水平部の天端部にある空気抜孔3穴に、スペーシング用の穴を4箇所追加し、計7箇所からスペーシングを行った。なお、スペーシングには、右図のとおり、長さ70cmのφ8mm鉄棒を使用した。

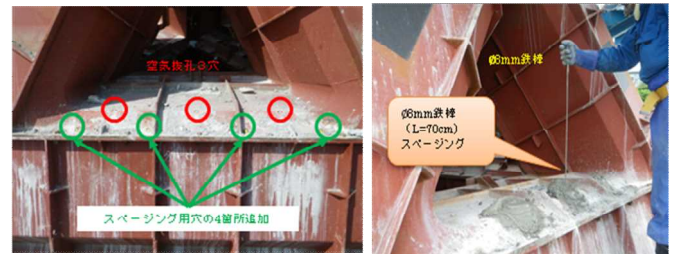


写真-5 7穴からφ8mm鉄棒でスペーシングする方法

### (3) ケース3

直線棒では残ってしまうスペーシング範囲を網羅させるため、空気抜孔3穴から、曲げ加工したφ8mm鉄棒でスペーシング範囲をラップさせる方法を検討した(写真-6)。

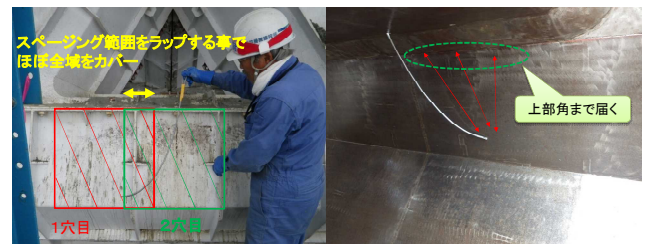


写真-6 空気抜孔3穴から曲げ加工したφ80mm鉄棒でスペーシングする方法

## 2.3. 効果的なスペーシング方法の検討

上述した3ケースのうち、型枠脱型後に行われた品質向上検討会より、ケース3の方法が気泡低減されていることが明らかとなった。ただ、ケース3の方法を用いても、まだ気泡が取り切れない部分があった。

梁水平部は、スペーシング範囲を目視確認出来ない部分であり、気泡量は担当者の技量による影響が大きかった。

そこで、ケース3の方法を用いて、①アクリル板による型枠模型を作成し、中空三角ブロック梁水平部におけるコンクリート打設時の気泡の挙動を観察し(写真-7)、②透明立体模型による気泡の動きを検証した(写真-8)。



写真-7 アクリル板による模型実験

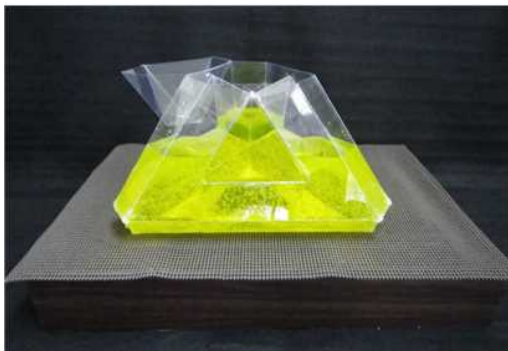


写真-8 透明立体模型による検証実験

①の実験結果より、スペーシングの効果が見れる範囲は、(写真-9)の赤線と青線で示しているように、3～4 cmであることが明らかとなった。このことから、左図の緑色の三角部分にあるように、スペーシング不足の部分が生じ、気泡が残る。そのため、右図に示すように、鉄棒1本当当たりのスペーシング効果範囲を超えないように意識し、鉄棒の差し込み残しを少なくすることが重要であることが判明した。しかし、それを行うには、相当の労力と時間を要するため、コンクリートの硬化速度を考慮し、次の面へのスペーシング作業に遅れがないよう、適切に行う事に注意が必要である。

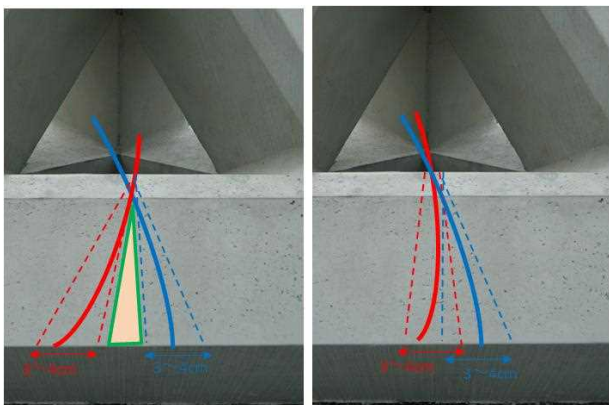


写真-9 スペーシング方法の検討結果(1)

②の検証結果より、(写真-10)の左図に示す赤色の三角部分は、縦方向梁部からスペーシングしにくく、気泡が残りやすい箇所である。そのため、曲げ加工したφ8mm鉄棒を、右図の赤線等のように、矢印の向きに深く角度を付けて差し込むことで、気泡が低減されることが明らかとなった。

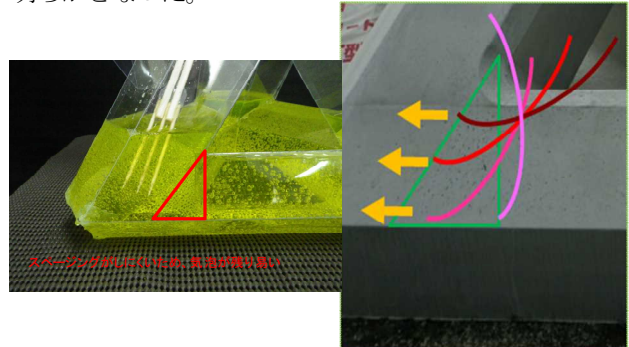


写真-10 スペーシング方法の検討結果(2)

よって、コンクリートの硬化速度も考慮し、次の面への作業の遅れがないように、スペーシングを3～4 cmの範囲で行い、気泡が残りやすい箇所は、深く角度を付けて差し込む方法をケース3-1として、消波ブロック打設を行った。

### 3. 検討結果

#### 3.1. 外観調査

基本ケースでは、全体的に大小の気泡が多数見られ、梁上部に単体の気泡が集まり集合体となり、大きく美観を損ねていた。

ケース1では、トロ確認穴の3穴直下近辺が他の場所より気泡が低減された。

ケース2では、全体的に気泡が減少しており、コンクリート表面の品質が向上した。しかし、上面付近に気泡が横線状に集まるのが課題であった。

ケース3では、ケース2と同様に、全体的に気泡が減少しており、コンクリート表面の品質が向上した。また、木槌による「たたき」を行わなかったことで、上面付近に気泡が横線状に集まらない結果となった。

ケース3-1では、縦梁側面部と比べ遜色のない品質となった。以下に基本ケースとケース3-1の外観について示す(写真-11, 12)。



写真-11 基本ケースの外観



写真-12 ケース3-1の外観

### 3.2. 気泡量の測定結果

目視による外観調査と併せ、コンクリート表面の気泡量に着目し定量的な評価を行った。

評価は、写真データより気泡を自動検出する手法とした。

測定方法は、自動検出した気泡をCAD化し、縮尺変換をした後、10mm×10mm未満の気泡を削除し、CADにて気泡面積を測定する。そして、梁水平部の対象全面積0.560m×1.836mに対する気泡の割合(%)を算出した。

結果、基本ケースでは気泡割合が4.18%であったのに対し、ケース1では1.55%、ケース2では1.27%、ケース3では0.54%、ケース3-1では0.09%となり、基本ケースと比較して最大で4.09%低減された(図-2)。

## 4. まとめ

本報告の結論は以下のとおりである。

①中空三角ブロック40t型梁水平部のスペーシング方法は、空気抜孔3穴から曲げ加工したφ8mm鉄棒でスペーシングし、その際、コンクリートの硬化速度も考慮し、次の面への作業に遅れがないように、スペーシングを3～4cmの範囲で行い、気泡が残りやすい箇所は、深く角度を付けて差し込むケース3-1の方法が効果的であることが明らかとなった。

②梁水平部の品質を、コンクリート表面の気泡に着目し、定量的な評価を行い、ケース3-1では、基本ケースと比較して4.09%低減された。

## 5. 謝辞

消波ブロックの品質向上のために、現場での経験及びアイデアをご教示していただき、施工で取り組んでいただいた三協機械建設(株)高橋正人職長をはじめとする三協機械建設(株)の方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

1)株式会社チスイ：消波中空三角ブロック30～80t型(正打ち)製作要領

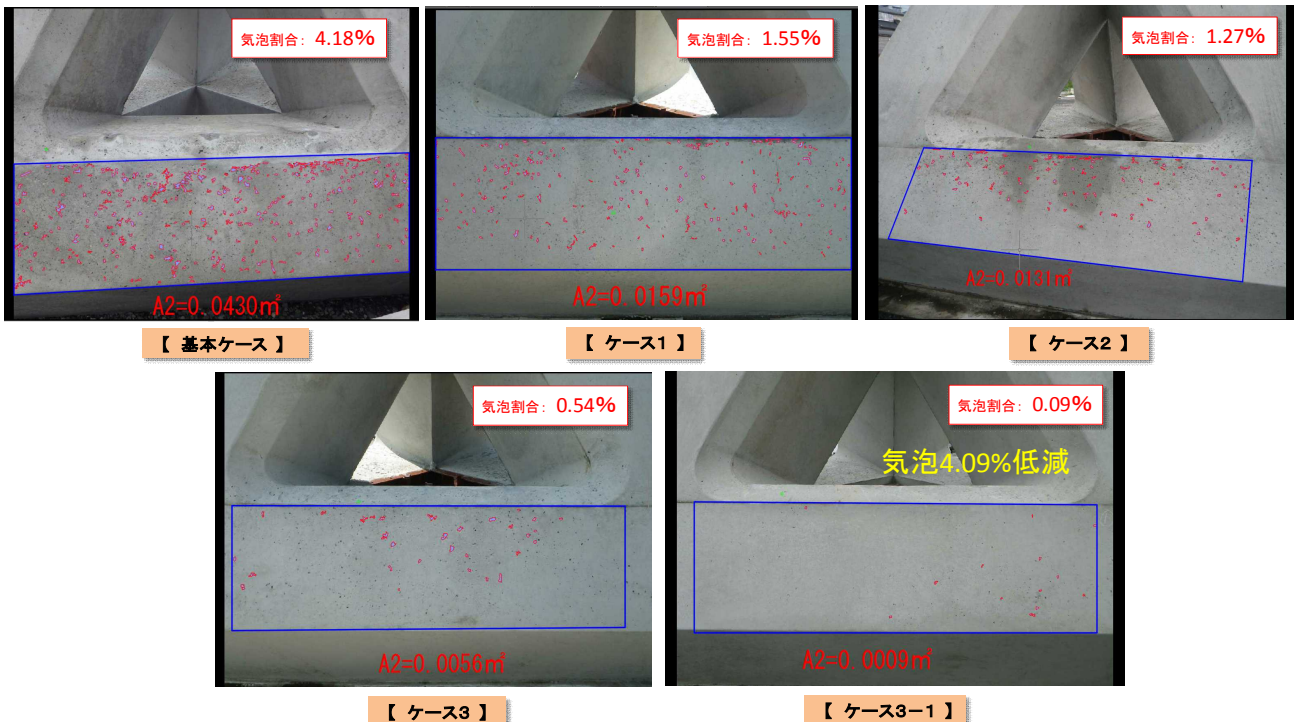


図-2 気泡量の測定結果