

10. 広域大量打設を可能にしたコンクリート分配システム（ロータリバルブ方式）の開発

本州四国連絡橋公団：坂本 光重
大成建設(株)：*山田 邦興

1. はじめに

明石海峡大橋は橋長3,910m、中央径間1,990mの長大橋梁であり、この主塔基礎3Pはコンクリート量が32万 m^3 を超える巨大な水中構造物である。

主塔基礎3Pの型枠となる鋼製ケーソン（図-1）は、外径 ϕ 78m、内径 ϕ 54m、高さ62mの二重円筒形で、水中コンクリート（水中不分離性コンクリート）の打設範囲は、上部工より載荷される荷重による内部応力の分布状況より、外周の二重壁部はTP-5m、内核部はTP-10m以下とし、その上部はドライアップのうえ、TP+10mまで気中コンクリートを打設することにした。したがって、水中コンクリート量は23万 m^3 となる。

このようなマスコンクリートは一般的に、1,000 m^3 程度のブロックに区分し、打継目処理を行いながら順次打設するが、今回のような大規模な水中基礎では、ブロックに区分する型枠（バルクヘッド）の費用が高むとともに、大水深のため水中打継目処理も容易ではない等の問題があった。

そこで、内核部のコンクリート打設は、全面積同時打設することで計画し、主塔基礎3Pでは少ない台数のコンクリートポンプで広い面積のコンクリート打設が可能となるコンクリート分配システム（ロータリバルブ方式）を開発した。

以下、このコンクリート分配システムについて述べる。

2. コンクリート分配システムの開発

1). 開発の背景

本工事は、内核部直径 ϕ 54m、 $A \approx 2,300m^2$ の広い面積に24本の打設管により、全面積同時打設するものである。

通常、このように広い面積にコンクリートを打設する場合、バルクヘッドにより数区画に仕切り各区画ごとに打設を完了する方法が採用されている。この方法は、コンクリートの流動距離を確実に守る面で優れた方法であるが、今回の主塔基礎の場合はこのバルクヘッドの鋼材重量が6,000t以上になるため、



写真-1 C P船「海神」によるコンクリート打設状況

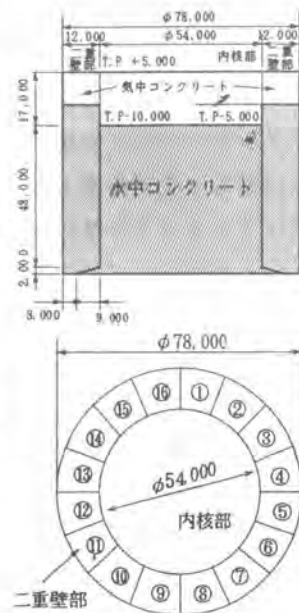


図-1 水中コンクリート打設区分

このバルクヘッドにかわる新しいコンクリート分配システムが必要であった。

2) コンクリート分配システム

複数の打設管から打設されたコンクリートは各打設管を中心とする円形上に拡がり、近隣の打設管を結ぶ線分の垂直二等分線上で合流するため、各打設管の打設量を制御することにより、この合流位置、すなわちコンクリートの流動距離を制御するものである。

具体的には、各打設管を結ぶ垂直二等分線で囲まれる範囲をその打設管の受持面積(図-2)とし、この範囲内におけるコンクリートの最大流動距離が8m以下(実験結果より設定)となるよう24本の打設管を配置し、打設時は常時各打設管ごとの打設量が、この受持面積となるよう打設速度を調節する方法である。コンクリートプラント船から圧送されたコンクリートは、40m³のアジテーターへ受け入れる。このアジテーターから24本の打設管への分配方法としては、24台のコンクリートポンプを使用することも考えられるが、設備費および配置スペースの制限より6台のコンクリートポンプを使用し、1台の各コンクリートポンプの配管の途中に分岐弁(後述)を組み込み、4本の打設管に分配するものとした。なお、このアジテーターおよび予備機2台を含む8台のコンクリートポンプはポンプステーションに収容した。したがって、打設量の制御は24本の打設管をポンプごとの6系統に分け、各系統ごとの受持面積比により各ポンプの圧送速度を決め、各ポンプから先の打設管の打設速度は、規定のサイクルタイム(8分)を各打設管ごとの受持面積比で按分するものとした。(表-1)

この制御にあたっては打設量の計測が重要であり、電磁流量計、ドップラー流量計を事前の実験で試験したが、精度が悪く実用化できなかった。

このため、コンクリートの吸込効率のもっとも安定した貫入型コンクリートポンプ(写真-3)を採用し、このポンプのストローク数で管理するものとした。施工中この吸込効率を調査したが、各ポンプごとの誤差は1~



写真-2 ケーソン上の打設設備
(コンクリート配管(φ200), 分岐弁, 打設管引上装置等)



図-2 内核部の打設管配置例

表-1 分配値の設定例

番号	受持面積(m ²)	ポンプ打設速度の設定	切替時間の設定
1-1	9.6.9	100 × (280.7/228.4) - 27.6/8	8 × 96.9/280.7 = 2.9 → 122秒
1-2	8.3.9		8 × 83.9/280.7 = 2.4 → 106秒
1-3	9.7.4		8 × 97.4/280.7 = 2.8 → 123秒
1-4	10.1.6		8 × 101.6/280.7 = 2.9 → 128秒
小計	36.0.7		
小計		160 × (273.6/228.4) - 27.6/8	8 × 95.0/273.6 = 2.8 → 124秒
5-4	9.5.8		8 × 95.0/273.6 = 2.8 → 124秒
小計	37.9.8		
6-1	8.8.8	100 × (280.7/228.4) - 27.6/8	8 × 96.9/280.7 = 2.9 → 122秒
6-2	8.3.8		8 × 83.9/280.7 = 2.4 → 106秒
6-3	10.1.4		8 × 101.6/280.7 = 2.9 → 128秒
6-4	9.7.8		8 × 97.4/280.7 = 2.8 → 123秒
小計	36.9.8		
計	2.288.4	160 m ³ /H	



写真-3 貫入型コンクリートポンプ

考えられるが、油圧機器が大きくなって不経済であり、振動、騒音、負荷の変動が大となるので得策ではない。そこで、開口率を0%にならないように考えることにし、最小限の開口率を25%程度となるように決めた。分岐弁の切換時間2秒間とすると平均73.5%の開口率となり、スムーズに運転することができた。

回転面板と固定面板の保持は外周のみで保持すると面板の肉厚を厚くするか、あるいはリブプレートなどの補強材で対応することになり、軽量化は計れない。そこで、中央部にスラストボルトを使用すれば支持点の距離が小さくなり、面板の肉厚を減少させても同一の強度を得ることができる。

また、中央部に焼き付き防止のブッシュが取付けられているが、コンクリートのノロ分が侵入付着して長時間に渡るコンクリート打設では固結したり、焼き付き現象を起こしたりしやすいので、ブッシュの外側にシールを設け、センタースラストボルトを通じて給脂できるようにした。

打設ヶ所が24箇所もあると、少し離れただけで、現在どの場所に打設しているのか判らなくなる。そこで、4種類の色別されたパトライトを装着し、昼夜の区別なく、遠方からも判別できるようにし、管理と安全な作業が行えるようにした。

3. 稼動実績

内核部のコンクリート打設において、総コンクリート量約111,000 m³を平均180 m³/Hで打設した。その間、大したトラブルもなく、順調に打設作業が行われた。

分岐バルブも事前に簡易な連続打設試験などを行い、予備機を準備するなどの対策を立てて万全を期したが切換作動不良等のトラブルが10回発生した。そのいずれも位置センサーの取付調整不良によるものであり、5～6分の停止で済むものであった。

あとがき

本システムを使用して長時間に渡るコンクリートの広域大量打設が可能であることが、今回の工事で実証された。

今後、大型化、複雑化となる構造物、例えば、橋台アンカーフレーム部、大型ベルタイプ基礎水中コンクリート等の、複雑かつ大規模コンクリート工事への適用が見込まれる。

表-2 分岐弁(ロータリー式)仕様一覧

No	項目	内 容
1	分岐弁本体 形 式 定格出力 切換時間 蓄圧時間	ロータリー式分岐 200A 40kgf/cm ² 2~3.5SEC (分岐弁1/4回転時) MIN. 4.05SEC (分岐弁1/4回転時)
2	油圧モーター 定格出力 回転数 運転圧力	377kg-f-m (q=280kg/cm ²) 低速21~高速120rpm MAX. 250 ~MIN. 210kgf/cm ²
3	位置決めストッパー 油圧シリンダー	φ63×50ST(2台)
4	油圧ユニット 形 式 吐出圧力×吐出量 タンク容量 電動機	蓄圧器(60ℓ)付油圧ユニット 250kgf/cm ² ×4、3ℓ/min 150ℓ 3、7kw×6P×AC440V ×60Hz
5	油質管理 1) グリースポンプ 定格圧力×吐出量 2) ベビーコンプレッサー 吐出圧力×吐出空気量 電動機	グリース分配器付 140kgf/cm ² ×9cc/min (60Hz) 5kgf/cm ² ×30ℓ/min 0、2kw×AC220V×60Hz
6	分岐弁制御盤 1) 形 式 寸 法 一次電圧 動作電線 2) 操作機能 電 圧 タイマー (打設時間設定用) 表示機能	鋼板製屋外防滴7-ス形 巾780×厚250×高900 AC440V×60Hz AC100V(トランス組込) 自動、(手動運転はメンテナンス用) MIN. 0、1 ~MAX. 999SEC 打設場所、打設時間、自動運転