

## 港湾工事におけるプレパックドコンクリートの施工管理に関する基礎研究

赤塚 雄三

プレパックドコンクリートは従来は主として低応力部材、たとえばマッシュパな無筋コンクリートを主とする単塊構造のコンクリートやケーソンやセルラーブロックの中詰めコンクリート等に適用したものが大部分であったが、最近では重要度の高い鉄筋コンクリート構造物の水中施工に用いた例も次第に増加し、ケーソン、ウェル、L型ブロック等の特に重要な港湾構造物の水中施工例も少なくない。いずれの場合にも、安全で経済的な構造物を得るためにはプレパックドコンクリートの設計や施工方法の合理化を必要とすることは明らかである。しかし、プレパックドコンクリートの施工方法は普通コンクリートのそれと著しく異なり、品質評価の基準や施工管理要因と品質との関係等について不明の点が多く、普通コンクリートの設計および施工管理について確立された方法をそのままプレパックドコンクリートに適用することには問題があり、またこれに代る適当な方法も見出されていないのが現状である。

本研究は上述の観点から、プレパックドコンクリートの施工管理の方法を見出すことを目的として行なったもので、基礎的な実験と施工例の調査および現場実験を実施して、品質の試験と評価の基準、管理すべき要因、材料の品質標準とその管理限界、施工の工程標準、効果的な事前管理の方法、等について検討し、つぎの諸点を明らかにした。

(1) プレパックドコンクリートの施工方法は普通コンクリートのそれとは著しく相違するが、圧縮強度と他の弾性的な諸性質との間、および施工方法と類似した方法で製作した標準供試体の圧縮強度と構造物母材の圧縮強度ないし曲げ圧縮強度との間には普通コンクリートについて認められているものとはほぼ同等の関係が成立することが確かめられた。したがって、実際の施工方法と類似した方法で製作した標準供試体の圧縮強度を用いて構造物母材の品質を評価するのは適当と思われる。

(2) プレパックドコンクリートの強度の変動は主としてモルタルの材料の品質、配合比、練りませ条件等の変化に起因し、これらの要因の管理状態に応じて普通

コンクリートと同等の変動係数を期待できる。この種の変動とは別に、モルタルの品質が一定であっても事後注入等の表面処理を行なわない場合には、注入した部材の表層付近の強度が一般に減少する傾向が認められた。これはモルタル注入後の材料分離の影響によるもので、強度減少の限界は標準供試体強度の85%程度と推定される。したがって、プレパックドコンクリートの強度の許容限界として普通コンクリートに対するものと同等の値を適用するためには、変動係数が同一の場合には普通コンクリートに対するものより18%程度大きい値の係数を用いてその設計基準強度を割り増す必要がある。

(3) プレパックドコンクリートの配合設計の基本条件は所要の強度および注入に適した流動性が得られる範囲内で、水セメント比および単位水量が最小となるように、フライアッシュ混和率  $F/(C+F)$  および砂セメント比  $S/(C+F)$  を定めることと思われ、この点に関しつぎの諸関係が確かめられた。

① 注入モルタルの流動性および材料分離の傾向は水セメント比にほぼ直線的に比例し、プレパックドコンクリートの強度はセメント水比  $(C+F)/W$  に直線的に比例する。

② モルタルの流動性と砂セメント比を一定とする場合には材料分離の傾向はほとんど一定であって、早期強度は  $F/(C+F)=10\%$  の増加について約10%の割合で減少するが、長期強度は  $F/(C+F)=20\sim 30\%$  の付近で最大となり、フライアッシュを混入しないものの110%程度に達した。また、単位水量は  $F/(C+F)=10\%$  の増加について10 g/lの割合で減少する。

③ モルタルの流動性とフライアッシュ混和率を一定とする場合には、所要水セメント比は砂セメント比にほぼ直線的に比例するが、単位水量は  $S/(C+F)=1.0\sim 2.0$  の範囲ではほぼ一定で、最小に近い値となる。

(4) 材料の品質はそれぞれの条件に応じて注入モルタルの品質に影響するので、適当な品質標準を設けて管理する必要がある。

セメントおよびフライアッシュの品質変動は、一定の材料を使用する場合には3%程度以下と推定され、これがモルタルおよびコンクリートの品質におよぼす影響は1次的なものである。

減水剤がモルタルの諸性質におよぼす影響はその種類と使用量、モルタル材料の種類と性質およびモルタルの配合によってかなり変化し、普通コンクリートには有効であっても注入モルタルには効果の疑わしいものも少なくない。したがって、施工用材料と配合のモルタルを用いて試験することがきわめて重要である。

発泡剤としての鱗片状アルミニウム粒末の膨張効果はその品質と使用量とによって変化し、安定した膨張効果を期待するためには、純度 99% 以上、油脂含有量 2% 程度、および粉末度（有効径） $15\mu$  以下の品質規準を設けるのが望ましい。また、品質が上述の規準に達しない場合には所要の膨張量が得られるように使用量を調整することが必要である。

細骨材に関しては、従来より 2.5 mm ふるいを 100% 通過し、0.15 mm ふるいに 70% 程度以上留まるような粒度の砂が用いられているが、この範囲の砂を用いたモルタルの流動性を一定とする場合には、所要の水セメント比は砂の粗粒率の増加に応じてほぼ直線的に減少し、その割合は  $FM=0.1$  について  $W/(C+F)=1\%$  程度である。また、砂を 2.5 mm ふるいを用いてあらかじめふるい分けて使用する場合、施工現場における粗粒率の変動は比較的少なく、3% 程度以下であって、品質管理上良好な結果を期待できる。したがって、粗粒率の管理限界としては（平均値  $\pm 0.1$ ）程度が実際の値と思われる。

（5）現場におけるプレパックド コンクリートの強度変動の最大の要因は計量誤差および砂の表面水の不正確な補正に由来するものと考えられ、これらを適当な限界内に留めるように管理することがきわめて重要である。

たとえば、自動計量装置を備えたバッチャー プラントについての調査結果によれば、計量誤差は最大 2.5% 程度に達するものと推定され、これによる配合比の変化は原配合比の 5% 程度以内である。また、砂の表面水の補正が不正確な場合には、その悪影響は主として水セメント比の増加として現われ、条件の最も悪い場合には計量誤差の影響も含めて  $W/(C+F)=7\sim 8\%$  程度に達するものと推定される。

（6）練りまぜ温度、保存温度、練りまぜ速度、練りまぜ時間等の諸条件は注入モルタルの流動性、ブリーディング率、膨張率等の諸性質にかなり影響し、その程度はミキサの構造、練りまぜ容量およびモルタルの配合によって変化する。したがって、均一な品質のモルタルを効果的に得るためにはミキサの構造や練りまぜ方法等について特に検討する必要がある。

（7）注入速度が過大な場合にはモルタルの自由界面が著しく凸状になり、粗骨材を局部的に押し上げて打上り面を不整にするだけでなく、自由界面に沿ってモルタル

が希釈し、また隣りあった凸状部の間にモルタルの注入が不完全な部分を形成する原因となる。一方、適正な注入速度は、自由界面がほぼ水平な形を保って上昇する範囲内で最大となる条件によって決まるが、自由界面の形状はモルタルの流動性、粗骨材の有効径と空げき率、注入面積、注入後の経過時間等によっても変化する。したがって、注入速度は施工条件に応じてこれを慎重に定める必要がある。

（8）モルタルの完全注入を期待するためには粗骨材を 15 mm もしくは以上の寸法のふるいでふるい分け、この寸法以下の粗骨材量を適当な限界内に留めることが重要である。施工現場における調査結果は、最小寸法を 15 mm とする場合には、最小寸法以下の細粒の許容限界としては、どの試験値についても 3% 以下とするのが適当なことを示している。モルタルの注入実績より推定した粗骨材の空げき率を粗骨材試料の試験によって得た空げき率とともに管理することはモルタル注入状態の間接的管理方法として有効と思われる。一般に、モルタル注入実績から推定した空げき率は粗骨材試料についての空げき率の試験値よりも 1~3% 大きな値を示すが、両者の変動範囲はほぼ同等であり、管理限界としては（平均値  $\pm 3.5\%$ ）程度が適当と思われる。

（9）注入モルタルの品質をその注入以前に管理することはプレパックド コンクリートの品質を事前に管理する機能を有する。この事前管理のための特性値はモルタルの品質変動の要因について適当な識別性をもち、容易にかつ短時間に測定でき、さらに再現性に富む統計量でなければならない。このような特性値として流出時間を選び、2, 3 の施工例に応用した結果、相当の管理効果を有することが実証された。すなわち、材料の品質や工程作業等についても入念に管理する場合にはプレパックド コンクリートの強度の変動係数は 15% 以下に留まり、流出時間のみを管理する場合でも 20% 以下に減少する。これは、流出時間の管理によって、保水性、ブリーディング率、膨張率等の変動が著しく減少し、モルタルの品質の均一性が向上するためと思われる。

事前管理の効果は試料採取の群分けや管理限界の設定の仕方によっても変化し、たとえば、前者については 30 min ごと、後者については  $19\pm 3$  sec 程度が適当であり、また、管理限界を越えた場合の処置をあらかじめ定めて、変動に対して迅速に反応することもきわめて大切と思われる。

〔筆者：正会員 運輸省港湾技術研究所〕