

(I-12) 施行例より高圧サイホン・コンクリートの透水について実地的考察

大阪府企業局宅地開発部 正員 川 村 正 知
愛 知 用 水 公 団 正員 富 野 能 典

ま え が き

コンクリート工学の発達はここ2・3年間目覚ましいものがある。特に収縮キレツ、透水、防水については、コンクリートを本質的な角度より探究する試験が各実験学者によつて行われ、その資料も関係文献に数多く発表されるにおよび、われわれ現場担当技術者もこれらの点に対して無関心に過すわけにはいなくなつた。筆者がここに提供するものは愛知用水事業幹支線水路に施行された十数箇所のコンクリート、サイホン工事の漏水試験結果を対象にし、これにすでに報告されたいくつかの資料を参考にして若干の考察を加えることにより、コンクリートの透水性の一端に触れたわけである。

さらに実際に大小の規模、種類別にサイホン工事を同時に短期間に施行したことは、コンクリート品質管理の十分行届いた大事業であることと相俟つて、制約された条件、すなわち現場性に乏しくなり勝ちな一実験室の場合より遙に実地的である。この点またとない貴重な機会であるので、将来つゞけてこれらの施行体群を根気よく調査観測し、高圧水とコンクリートの透水の関連において、単に透水問題だけでなく、硬化進行に伴う漏水量の変化、施行体内外を貫通する水脈による耐久性の影響など広範囲に統計的に一つ一つ資料をとりまとめてあらゆる面から結論を見出したい。

§ 1 サイホンコンクリート中の透水

参考文献(5)において詳しく述べた通り、ヒューム管サイホンの透水量は比較的理論と實際が合致し易い仕組となつている。すなわちヒューム管はその製造の過程において、強力な遠心力締固め方法によつて空隙が局部的に偏集せず適当に配列され水密性を高めている。その上継手コンボモルタルは W/C が極めて小さく、粒径の大きい粗骨材を使わないモルタルをDry-Packing 工法により薄層を入念に数層に分けて締固めたもので、余剰逸散分離水による空隙や不都合な水脈を生じないと考えられ、現場打コンクリート、サイホンとヒューム管サイホンとの透水は格段の相違がある。特に前者は施行上不可避な諸種の要素に制約されて実験室で試みたものとはほど速いものとなつて表われている。コンクリート中の透水の運動状態より両

者を比較しても、ヒューム管はたとえ超高压水の場合でも、吸水拡散透水漏水の各段階を順序よく経ている。つまり水脈上の構造から考えても乱流を生じる程流速は大きくなく、大体層流であることはまつぐな細管を流れるダルシー法則に似た水の運動で、おのおのの水の粒子は一流線の平均の方向をとつて考えれば、平行な流線にそつて移動し、この流線は交差することがないと考えてよいことは同心等円の Flow-line と Equal-Potential-line の 2 組の曲線群、いわゆる Flow-Net として拡散透水してゆく。現場打サイホンコンクリート中の透水の実態は特に施行性という大きいキズながあつて、実測以外は実態の把握はなかなかむつかしく公約数的なものを求め得ないので、いまのところ数多くの施行体群を長期観測により結論を見出す以外に途はない。

§ 2 サイホン・コンクリート透水を左右する諸要素及考慮すべき諸点

1) 施行上 コンクリートサイホンは、複雑な鉄筋が組立てられた狭少な枠内で打設されるので、密度の大きい十分締固つたコンクリート体にするのは並大抵の業ではない。高压加水下におけるコンクリートは多孔質体であり、透水材料として取扱われるべきもので完全不透水体とすることは無理であることを忘れてはならない。したがつて施行上できうる限り水密性にするというあくまでも相対的な問題であるが、コンクリートはその使用される目的、場所によつてそれだけ所要の目的を十分満足するように造られることは御承知の通りだが、唯一条件を満足することが多ければ多し程、他方面に欠陥を附随的に生じることが往々にしてあるので、水密性（透水性減少）附与にもおのずから限度がある。表-1 はこれらの複雑な関連性を十分に考慮して調合した示方配合であるが、決して経済的で施行容易な配合とはいえない。すなわち粗骨材最大寸法 50 mm は規定の鉄筋間隔以内であるが、透水性を考えれば大きく支障を与える一因子となつていたので、最大粒径を一段小さくするか、その単位量を少なくするかは透水性の点のみで簡単に片付けられない。やはりすべての条件を満足するに近い粒度配合（単に平均的な粗粒率によらず）を幾多の信用ある資料及び供試体試験によつて算出すべきであろう。また、水、セメント比、スランプよりみれば硬練りに近いので幾分軟練りにすべきだと考えられるが、余剰分離水、空隙の増加、沈降現象は当然生じるのでその適正水量もむつかしい問題である。いまのところ A・E 剤などの混和によるウオーカビリチーの増加、打設に慎重を期す以外に方法はないかも知れない。

2) 各種セメントの透水性および混和剤 添加の透水性に対する影響 普通ポルトランド、セメント、早強セメント、シリカセメント、高炉セメントの 4 種目にわたつて、透水性の大小

を比較した2、3の実験によれば、微粉を含むセメントが物理的に空隙を埋めることも役立つて透水性の減少となつており、このことは同一セメントの場合の粉末度と透水性の関係も大体相似的な傾向がある。また微粉碎されたボゾランを適量混合することも（セメント重量に対し20%）透水性減少に非常に役立つているが、現場技術者として採択するには未だ時期尚早の性格を多分に帯びており、その勇気を持ち合わせていないが、近き将来においては充分現場的な資料となることを予言しておきたい。

3) 空げき量 一番問題になるものとして、現行法の打設締固め方法では最小限幾割ぐらゐの空隙量に止め得るかが端的に決定し難い諸要素を含んでいる。幸い最近水を物性論的立場から探究し、特に水と他の物質との結合状態を試験する方法が見出されたことは好都合である。すなわち「水蒸気吸着試験法」によつてセメント水和反応後の硬化途上における水の状態を区分して、毛細管水、単分子層吸着水、固着水に分類した数々のDataを検討し、空隙量に最も関係の深い毛細管水を中心にしてW/C60%~50%はセメントに対して25%程度の空隙と見積つてまず間違いないだろう。

4) 透水係数 実際の施行体を漏水試験観測することにより逆算して算出する計画であつたが、通水試験が災害のため遅れたのでこの項は講演発表の際に譲つて省略することにするが2~3の実測例では、供試体観測を以て発表されたものより可成り大きい値を示している。

§3 数箇所のサイホン漏水試験結果（表-2 参照）

表に示された許容限界漏水量は米国コンサルタント会社フローア社で提案されたものであるが、これはむしろ水理学的な面に重点を置いたものであるから前項§2.4) 透水係数の項が確定次第筆者独自の公式を案出する計画である。総合的に考えて特に水密性と耐久性と相通ずる点に重点をおいて次の分類を示してみた。

コンクリートサイホン	最大静水頭	20mまで
ヒューム管サイホン	ク ク ク	35mまで
スチールパイプ	ク ク ク	30m以上

参 考 文 献

- (1) 栗山寛、重倉裕光：「透水時におけるモルタル中の水の拡散」セメント、コンクリート 1958-7
- (2) 吉井、森、神田：「コンクリートの透気性に関する研究」セメント、コンクリート

1958-7

(3) 近藤実 :「セメント硬化体中の水」セメント工業 1959-3

(4) 山下為次、遠藤良治:「セメント防水剤とモルタルの透水性について」小野田研究 昭和29年12月

(5) 筆者 :「継手モルタルの透水」セメントコンクリート 1960-4

表-1 示 方 配 合

配合 番号	A E 剤	単 位 セメント 量 (Kg)	単 位 水 量 (Kg)	水セメ ント比 (%)	空 気 量 (%)	スラ ンプ (cm)	絶 対 細 骨材率 (%)	単 位 細骨材 (Kg)	粗 骨 材 (Kg)		
									5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 50
I	84.9 $\frac{g}{m^3}$	283	150	53	3.4	10	36	677	363	363	485
II	89.4 $\frac{g}{m^3}$	298	142	53	4.5	4.5	38	702	346	346	461

I サイホン管体手打

II サイホン管体コンクリートポンプ使用

表-2 サイホン通漏水試験表

	サイホン 延 長	〃 〃 最大静水頭	〃 〃 許容漏水量	〃 〃 24時間漏水量	
I	208 (m)	15.51 (m)	8.52 (t _日)	2.50 (t _日)	m (3.50) (3.42)
II	1,614.4	16.40	81.54	60.12	
III	1,845.3	18.12	71.60	48.25	
IV	420.0	39.45	21.12	20.40	

() はサイホン口径を示す。