

竹中技術研究所 正頁 ○ 神山行男
 (株) 竹中工務店 “ 杉原一雄
 竹中技術研究所 “ 中島 徹

1 まえがき

近年、コンクリートは技術的な進歩とあいまってその用途も広がり、原子炉格納容器など機能上気密性を要求される構造物にも積極的に取り入れられる方向にある。本研究は気密性を要求されるコンクリート構造物の実用化に際しての基礎資料を得る目的でコンクリート構造物の気密性に関する各種要因を設けたコンクリート板試験体の透気試験を行い、主に施工的要因がコンクリート構造物の気密性に及ぼす影響を検討したものである。

2 実験概要

2.1 試験体; 今回の実験に用いた試験体は、図-1~3に示すような要領で作製した60×60×10~30cmのコンクリート板で、試験体の種類は表-1に示すようにコンクリートの気密性に関して支配的な要因と考えられる5種類の要因を組合せた9種類である。なお、実験に用いたコンクリートの配合を表-2に示す。

表-1 試験体の種類

番号	板厚 (C.M.)	部材 (打継目)	貫通孔	クワック
1	10	版	—	—
2	—	変	—	—
3	—	版	—	—
4	—	変	有	—
5	20	版	有	—
6	—	変	有	—
7	—	—	—	有
8	—	—	—	—
9	30	版	—	0.2

表-2 コンクリートの配合

セメント	粗骨材	細骨材	水	セメント	粗骨材	細骨材	水	配合比	水灰比	空気量
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg)	(%)	(%)
25	61.5	42	16.5	26.8	78.3	10.94	8.0	16.2	4.3	22.7
										21.4
										24.3

2.2 試験体の気密処理; 打設した試験体は7日間湿布養生を行ったのち脱型し、7日間屋内に放置して乾燥した後、透気試験該当表面以外の部分、すなわち健全な部材においては4側面ならびに上下面端部幅5cm、パイプ貫通孔を設けた試験体においては埋込みパイプの外周から幅1cmを除いた部分、打継目を設けた試験体およびびび割れを設けた試験体は打継目およびびび割れを埋めた幅1cmを除いた部分から空気が漏洩するのを防止するため、コンクリート表面の気泡を石膏ペーストで目つぶし、さらに、エポキシ樹脂をシンナーで50%に希釈したものを約24時間間隔で6回塗布して気密とした。

2.3 透気試験方法; 約6ヶ月間屋内に放置した試験体を図-4に示すコンクリート板透気試験装置の気密槽にセットし、A、B、およびCの順にバルブを開け2%cm²の一定圧力で加圧した。試験は試験体下面に透過してくる流量が一定となるまで測定し、単位時間一流出量曲線を描き、定常状態とみなされる区間における平均流出量を求め、次式を用いて透気係数を算出した。

$$R = \frac{2 l P_2}{S (P_1^2 - P_2^2)} \cdot Q \quad (1)$$

ここに、 R ; 透気係数 (cm/sec), S ; 加圧面積 (cm²), Q ; 透気量 (l/sec)
 P_1 ; 試験体上面の圧力 (水頭 cm), P_2 ; 試験体下面の圧力 (水頭 cm)
 l ; 板厚 (cm)

なお、打継目、貫通孔およびびび割れを設けた試験体は空気の透過がそれぞれ打継目、貫通孔まわりおよびびび割れに集中していることから次式を用いて1cm当りの透気量を算出した。

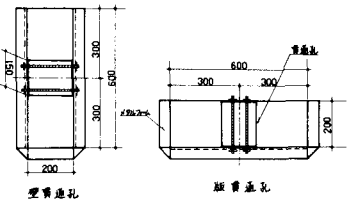


図-1 貫通孔試験体

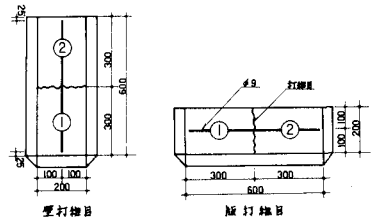


図-2 打継目試験体

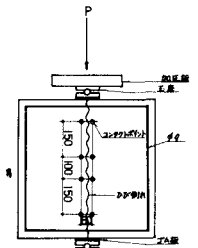


図-3 びび割れ試験体の作製

$$q = Q/l$$

ここに、 q ：打継目、貫通孔外周およびびびり割れ長さ1 cm当りの透気量 (CC/sec·cm)

l ：打継目、貫通孔外周およびびびり割れの長さ (cm)， Q ：平均流出量 (CC/sec)

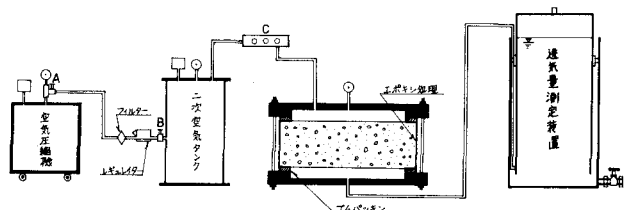


図-4 コンクリート板透気試験装置

3 試験結果および考察

透気試験の結果は表-3および図-5に示すようであって、今回の実験から得られた結果を要約すると以下のようである。

- (1) 試験体の板厚を10 cm，20 cmおよび30 cmと変えた場合，透気量は板厚10 cmに比べて板厚20 cmで約1/2，板厚20 cmに比べて30 cmで1/4と板厚の増加にしたがって減少したが，(1)式を用いて算出した透気係数は板厚にかかわらずほぼ一定の値となった。
- (2) コンクリートの打設方向と透気する方向が一致する場合（版を想定）の透気係数は，ブリージングによって生じた毛細管等の影響により，打設方向と透気する方向が直角の場合（壁を想定）に比べて約20%大となった。
- (3) 打継目1 cm当りの透気量は水平打継目を設けた試験体は平均約0.05 %/hourであつたのに対して，鉛直打継目を設けた試験体は平均約0.09 %/hourと約1.7倍の値を示した。

また，打継目部の気密性をおよそ評価するため，打継目に沿って幅1 cmの層を空気が一様に透過すると仮定して求めた換算透気係数を打継目のない試験体の透気係数と比較してみると，水平方向で約50倍，鉛直方向で約75倍となり，打継目の存在が構造物の気密性を確保するうえで大きな弱点となることが明らかとなった。

(4) 貫通孔とコンクリートの取合部からの透気量は，水平方向に配管した場合で貫通孔の外周1 cm当り0.12 %/hour，鉛直方向に配管した場合で0.89 %/hourとなり，打継目と同様に水平方向に比べて鉛直方向の場合に約8倍大となった。これを打継目1 cm当りの透気量と比較してみると，水平方向で約2倍，鉛直方向で約10倍といずれも著しく大きな値を示した。

(5) 割製方法により設けた平均約0.23 mmのびびり割れの長さ1 cm当りの透気量は1.53 %/hourであつて，これは他の要因の中で最も透気量の多かつた鉛直方向の貫通孔外周1 cm当りの透気量0.89 %/hourに比べても約1.7倍大であり，当然予想されたことではあるが，気密性の高い構造物を作るためにはびびり割れの防止が最も重要であることを示している。

4 まとめ

今回の実験結果から，コンクリート構造物の気密性は用いるコンクリートの品質よりも打継目，パイプ貫通孔およびびびり割れ等の存在と密接に関係することが明らかとなった。

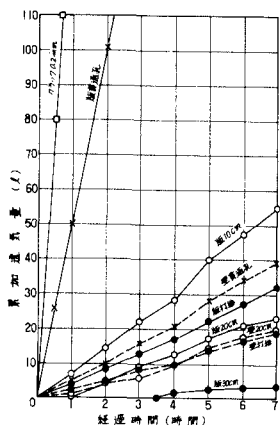


図-5 透気量の測定結果

表-3 透気試験結果

板厚 号 (cm)	取合部 打継目	打継目 方向	打継目 長さ (mm)	試験体1箇所 (CC/sec)		1 m ² 当り長さ1 cm当り (%/hour)		透気係数 α (CM/SEC)	
				試験値	換算値	試験値	換算値	試験値	換算値
1	10	版	—	1.62	1.60	23.3	23.0	4.32 × 10 ⁻⁴	4.26 × 10 ⁻⁴
2	20	版	—	0.80	0.84	12.1	—	2.57 × 10 ⁻⁴	4.48 × 10 ⁻⁴
3	30	壁	—	0.69	0.66	10.1	—	3.02 × 10 ⁻⁴	3.70 × 10 ⁻⁴
4	20	版	有	0.71	1.25	—	0.09	4.45 × 10 ⁻⁴	0.33 × 10 ⁻⁴
5	20	壁	有	0.73	0.73	—	0.05	1.95 × 10 ⁻⁴	1.95 × 10 ⁻⁴
6	20	版	有	21.3	12.3	—	0.89	—	—
7	20	壁	有	21.3	1.58	—	0.11	—	—
8	20	版	有	0.25	22.3	21.3	—	1.81	1.53 × 10 ⁻⁴
9	30	版	有	0.14	0.20	2.58	2.81	2.00 × 10 ⁻⁴	1.56 × 10 ⁻⁴