

中空円筒形RC構造物の水密性評価（その1） — 加圧注水実験による平均透水性評価 —

原環センター 正会員 ○藤原 愛・三浦 律彦
大林組 正会員 小西 一寛
群馬大学教授 フェロー会員 辻 幸和

1. はじめに

TRU 廃棄物などの放射性廃棄物は、地下の大空洞に処分される可能性が大きく、この処分システムではコンクリート構造物が、廃棄体定置のための重要な構成要素になる。そこで使用されるコンクリートは、材料レベルでは極めて低透水性であるものの、構造物としては、温度ひび割れ、打継目等の透水経路が形成される可能性もあり、止水性の高い人工バリアとして評価されていないのが現状である。そこで本試験では、止水性を高める施工対策を施したコンクリート構造物試験体を作製して透水実験を行い、初期透水係数を実験的に評価することにした。

2. コンクリート構造物試験体の長期加圧注水実験

(1) 試験体の概要

試験体は、温度ひび割れ等の構造物レベルの透水径路が形成される可能性のある構築条件を満足する、図-1 に示す外径 6m、壁厚 1m、壁高 6m の中空円筒形（サイロ型）とした。セメントはビーライトを 58%含む低熱ポルトランドセメントとし、コンクリートの配合は表-1 のとおりとした。施工では、プレクーリング及び断熱湿潤養生等の温度ひび割れ対策を採用した。その結果、施工後の温度応力計測、ひび割れ及び漏水の目視調査において、ひび割れ発生の兆候は見られず、施工時の温度ひび割れは防止できたと考えた。

(2) 加圧注水実験

加圧注水実験では図-1 に示すように、試験体の外側に構築した加圧水槽の配管に 18℃の恒温水を循環した。また、透水側である試験体の内部空間は、温度 18℃、湿度 70%RH の恒温恒湿環境を保持した。試験体への加圧は、加圧水槽には内圧として作用するために、引張応力が引張強度の 1/3 となる 0.25MPa 一定とした。

実験では厚さが 1m の側壁外面に 5.5 年間一定加圧を行ったが、水平打継目を含め側壁内面では透水が測定されず、図-2 に示すように閉鎖空間内部の絶対湿度も上昇しなかった。なお、試験体と加圧水槽間の湛水部への注水を 5.5 年間の実験中に累積した全注水量は 3.3m³ に達したが、注水量が全て試験体と加圧水槽に注入されても、両構造物の総コンクリート体積 477m³ に占める体積率は高々 0.69% であり、コンクリート透過中に未飽和空隙に保水された可能性もある。

一方、試験体から透水しなかったために、測定された注水量から平均透水係数を評価したコンクリート構造物試験体と加圧水槽の平均

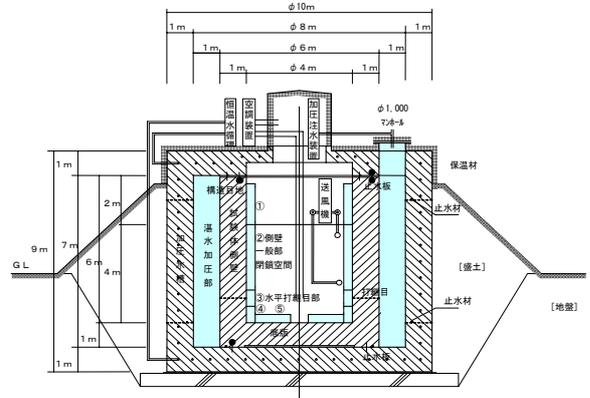


図-1 中空円筒形試験体の加圧注水実験の概要

表-1 試験体コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	石灰石微粉末 LF	高性能 AE 減水剤
20	15±2.5	41.3	4.5±1.5	44.0	165	400	736	980	50	4.05

注：加圧水槽の高性能 AE 減水剤は 4.95 kg/m³

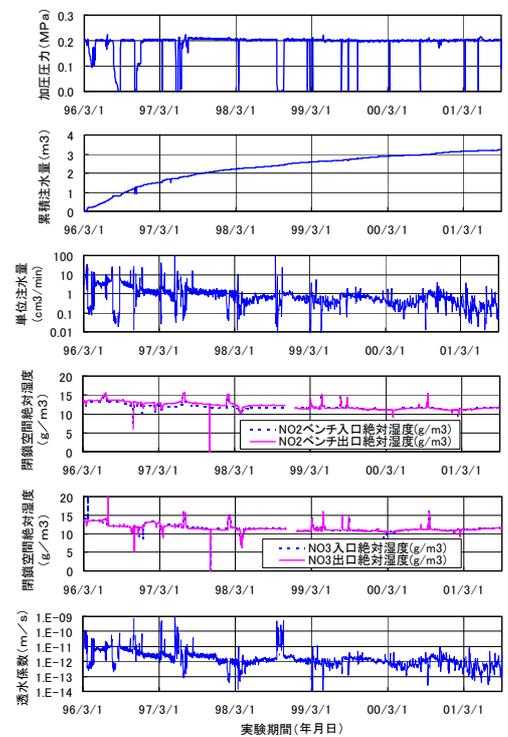


図-2 長期加圧注水実験結果

キーワード:サイロ構造物, 透水実験, コア調査, 透水係数, 飽和度

連絡先:東京都区虎ノ門2-8-10,(財)原環センター TEL03-3504-1081,FAX03-3504-1297

透水係数は、実験当初 10^{-11}m/s オーダであったが、加圧水槽の頂版ひび割れの発生時と毎年夏の漏水時期を除き 10^{-12}m/s オーダに漸減した。

(3) ひび割れ調査

加圧注水実験の開始から4年後（試験体施工から5.5年後）に、試験体側壁内面にひび割れが発見された。ひび割れ形状を目視測定した結果、幅は平均0.10mmであり、間隔は格子状分布とすると平均1.0m、水平打継目の平均剥離幅は0.20mmであった。また、直角回折波法によりひび割れ深さは110~140mm、打継目の剥離深さは200~340mmと測定された。さらに、試験体外面を目視した結果、ひび割れは全く見られず打継目も剥離していなかったことから、非貫通と推定された。

ひび割れは、試験圧力等の外的荷重が一定にもかかわらず、毎月1mづつ進展した。この関係から、側壁内面にひび割れが初めて発生した時期を遡って外挿すると、発見された約2年前(加圧注水実験を開始して約2年後)からひび割れが発生していた可能性も考えられた。したがって、ひび割れの発生原因には、加圧注水実験中に進行する側壁内側の乾燥収縮や外側の吸水膨潤等の内的要因が関与した可能性が考えられる。

3. 採取コアによるコンクリート調査

長期間加圧注水されたにもかかわらず透水しないことから、側壁外側かぶり以外のコンクリートは不飽和で、浸潤線が未削孔の加圧注水側の側壁外側かぶり内に存在する可能性があった。そこで、加圧注水実験後直ちに、側壁外側かぶり部からコアを採取後、割裂して浸潤線の有無を目視調査した。中空円筒形大型試験体の浸潤線調査用コアの採取位置を、図-3に示す。

その結果、0.25MPaで5.5年間にわたり加圧注水したコンクリート構造物試験体の外側かぶり部から採取したコアは、不鮮明ながら浸潤部と非浸潤部が見分けられた。また、打継目の浸潤線のうち1本は両側の新・旧コンクリート部と同等な深さで見分け難いのに対し、他の1本は図-4に示すように打継目に沿ってくさび状に2倍の深さまで侵入し見分け易かった。

試験体側壁コンクリートの飽和度分布を、図-5に示す。試験体側壁中央部の飽和度は90%程度であったのに対し、加圧注水側の外側かぶり表面で飽和し、大気に接する内側かぶり表面で80%程度まで減少した。かぶりの浸潤線目視とともに5.5年間の加圧注水実験において、側壁を水が透過しなかった現象の傍証になる。

4. 段階昇降圧注水実験による圧力依存性調査

長期加圧注水実験中の注水量は2年まで減少したが、2年以降減少しなかった。このことから、主な浸透の駆動力が圧力注水から毛管吸水に移行した可能性があり、実験的にこの現象の有無を確認するために、試験圧力を昇降して注水量の圧力依存性を把握することにした。加圧注水実験の注水量の圧力依存性を評価するために、一定圧力での加圧後半の比較的安定した平均圧力と平均注水量により算定した昇圧・降圧時の平均透水係数を、図-6に示す。加圧圧力が0.15MPa以上の昇圧時と降圧時の平均透水係数は、圧力に関わらずほぼ一定である。したがって、0.25MPaで5.5年間継続した長期低圧注水実験は圧力注水状態にあり、透水係数は確認されたと考えられる。

5. まとめ

今回止水欠陥を抑制して構築した中空円筒形RC構造物試験体には水密性があり、加圧注水量により試験体全体の初期平均透水性が小さいことを実験的に検証した。

あとがき：この研究は、経済産業省からの委託による「処分高度化システム確証試験」の成果の一部である。

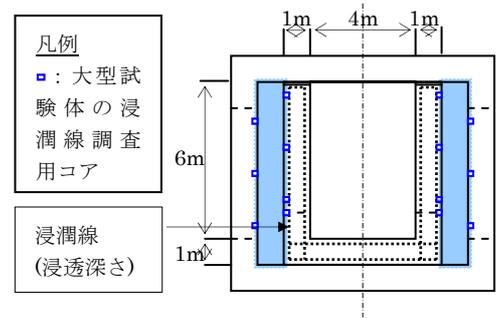


図-3 浸潤線測定用コアの採取位置



図-4 試験体打継目コアの浸潤状況

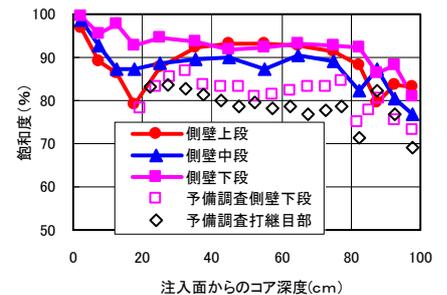


図-5 試験体側壁内の飽和度分布

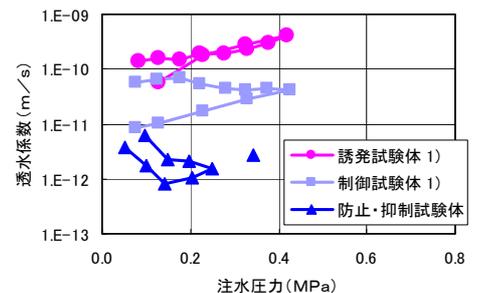


図-6 試験体への加圧圧力と透水係数との関係