

プレストレスト コンクリート圧力容器・格納容器

永 倉 正*

1. ま え が き

原子力発電所へのプレストレスト コンクリート(以下 PC と略記する) 構造の採用については、イギリス・フランスで開発されたガス型炉圧力容器にすでに実用化され、また、このガス型炉原子力発電の発展は、PC 圧力容器の実用化によって可能となったといえる。この経験からアメリカ合衆国で開発されている軽水炉型原子力発電所においても、その大型化に伴って、安全性と経済性の点から、格納容器を従来の鋼製にかえて PC (または鉄筋コンクリート) 構造とする傾向に進みつつあり、原子力発電における PC 圧力容器・格納容器の重要性は、ますます高くなってきている。

一方、わが国の原子力発電の開発はますます活発に進められており、単基容量 750~1 000 MW 級の大容量発電所の建設もすでにはじめられている。また、当面は沸騰水型 (BWR) または加圧水型 (PWR) の軽水炉によって開発されるすう勢にあるが、改良型ガス冷却炉 (AGR) の導入も予定されており、さらに高温ガス冷却炉 (HTGR)・重水炉 (HWR) などの新型転換炉の開発も進められるみられ、ますます大型化、あるいは内圧・温度条件が高められる炉型への発展が予測されている。

このような情勢下において、PC 圧力容器・格納容器の開発研究は、わが国の原子力発電の積極的な開発に対処するための重要な課題であると思われる。本文は、PC 圧力容器・格納容器の動向、特長と問題点、開発研究の現状などについて、概要を述べることにする。

2. PC 圧力容器・格納容器の動向

(1) PC 圧力容器の動向

PC 圧力容器は、1958 年にフランスにおいてパイロット プラント的意義をもった G-2, G-3 に採用されて以来技術的進歩はめざましく、安全性・経済性のうえからその有利性はすでに確立されたといえよう。PC 圧力容器を採用した原子力発電所は、運転中および建設中の

* 正会員 工博 電力中央研究所技術第二研究所構造部当任

ものを合わせて 13 発電所・20 基に及んでいる。

世界で最も多くの原子力発電を保有するイギリスは、現在第二次開発計画を遂行中で、Dungeness B, Hinkley Point B, Hunterston B 各原子力発電所を建設中で、新たに Hartlepool の建設に着手しており、いずれも AGR により PC 圧力容器を採用して開発している。AGR は従来のマグノックス炉 (GCR) を改良して熱効率を高めたもので、PC 圧力容器の採用によってこの開発も可能になったものである。フランスでは、一貫して GCR の開発を PC 圧力容器を採用して行っており、現在、St. Laurent 2, Bugey 1 の各原子力発電所の建設が進められている。

HTGR は、温度条件をさらに上げて熱効率の向上をはかる新型炉で、イギリス・西ドイツ・アメリカなどが積極的な開発をめざしているもので、当然 PC 圧力容器の採用が前提となっている。アメリカでは他にさきがけて、Fort St. Vrain 原子力発電所を建設中であり、引続き 1 100~1 200 MW の大容量 HTGR の開発を計画している。最近、アメリカの電力会社 2 社が HTGR を発注したと伝えられるが、商業用炉としての今後の発展が注目される。

表-1 に PC 圧力容器を用いた運転中および建設中の原子力発電所を示す。

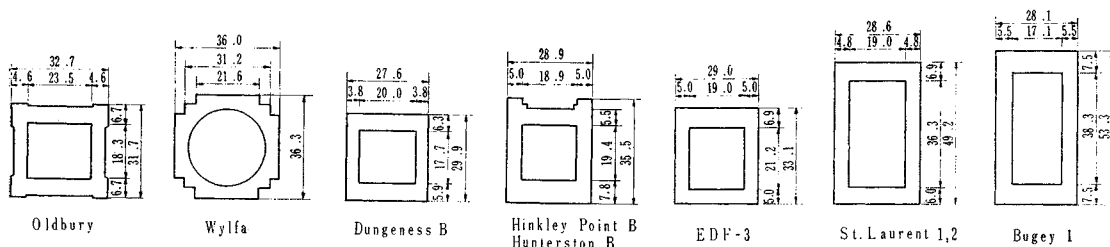
このように、ガス冷却炉に対する PC 圧力容器の採用はすでに確立された方向といえるが、さらに将来の大型化、高温・高圧化をみざす炉型への採用についても研究開発が進められており、西ドイツでは、重水炉 (HWR)、トリウム高温ガス炉 (THTR) の採用について研究が進められている。

(2) PC 格納容器の動向

軽水炉における格納容器は、原子炉の重大事故時に放出される放射性物質の漏洩に対して最終的な防御施設となる重要な構造物である。従来は鋼製格納容器が用いられ、その外部にコンクリートシャヘイ壁を設ける形式がとられてきた。しかし、アメリカにおいては、近年出力規模の増大に伴って、鋼製から PC あるいは RC (鉄筋コンクリート) 製格納容器に移行しつつあり、とくに PWR にその傾向が顕著である。アメリカで建設中また

表一 原子力発電所 PC 圧力容器の諸元

| 発電所名 諸元 | イギリス | | | | | フランス | | | | アメリカ |
|---|-----------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|
| | Oldbury (2基) | Wylfa (2基) | Dungeness B (2基) | Hinkley Point B (2基) | Hunterston B (2基) | EDF-3 | St. Laurent 1 | St. Laurent 2 | Bugey 1 | Fort St. Vrain |
| 炉形式 | GCR | GCR | AGR | AGR | AGR | GCR | GCR | GCR | GCR | HTGR |
| 電気出力 (MW) | 280×2=500 | 500×2=1000 | 600×2=1200 | 625×2=1250 | 625×2=1250 | 480 | 480 | 515 | 540 | 330 |
| 完成年度 | 1967 | 1968 | 建設中 | 建設中 | 建設中 | 1965 | 1967 | 建設中 | 建設中 | 建設中 |
| CO ₂ ガス圧力 (kg/cm ²) | 27 | 29 | 34 | 43 | 43 | 30 | 30 | 30 | 40 | 48 |
| CO ₂ ガス温度 (°C) | 245~410 | 247~410 | 292~675 | 276~654 | 276~654 | 240~410 | 225~400 | 225~400 | 225~410 | 404~777 |
| 容器の内面形状 | 円柱形 | 球形 | 円柱形 | 円柱形 | 円柱形 | 円柱形 | 円柱形・上端凸ドーム | 円柱形・上端凸ドーム | 円柱形 | 円柱形 |
| 容器の内寸法 (m) | φ23.5×18 | φ29 | φ20×18 | φ19×19 | φ19×19 | φ19×21 | φ19×36 | φ19×36 | φ17×38 | φ9.5×23 |
| 容器の外寸法 (m) | φ27.5×32 | 36(最小) | φ27.5×32 | φ29×35.5 | φ29×35.5 | 27.5×27.5=32(高さ) | 28.5(上部) 31(下部)× 49(高さ) | 28.5(上部) 31(下部)× 49(高さ) | φ28×53 | φ19.1×32.3 |
| ライナー厚さ (cm) | 1.27 1.11 | 1.9 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 2.5 | 2.5 3.5 | 2.5 | 2.5 | 1.9 |
| プレストレス工 法 | フレシネー | フレシネー | BBRV | CCL | CCL | SEEE | SEEE | SEEE | ブジロン (BBRVの変形) | BBRV |
| PC鋼線の保護 | グリース状ワックス | グリース状ワックス | グリース状ワックス | グリース状ワックス | グリース状ワックス | セメントグラウト | セメントグラウト | セメントグラウト | セメントグラウト | グリース状ワックス |
| コンクリートの冷 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 | 水循環 |
| コンクリートの熱 | ステンレス ファイバー | ステンレス ファイバー | ステンレス ファイバー | セラミック ファイバー ステンレス ファイバー | セラミック ファイバー ステンレス ファイバー | 軽石コン クリート(厚 さ 50 cm) | 軽石コン クリート(厚 さ 20 cm) | 軽石コン クリート(厚 さ 20 cm) | | セラミック ファイバー |
| コンクリートの 最大温度(°C) | 55~60 | 平均 35 最大 45 | 55 | 55 | 55 | 最大 75 | 平均 55 最大 70 | 平均 50 最大 70 | | 66 |



は計画中の原子力発電所は、PWR・BWR 合わせて 50 基以上に及んでおり、単基容量も 750~1100 MW の大容量となっている。PWR について、格納容器を構造的に分類すると、

鋼製容器 約 8 基
PC または RC 容器 約 30 基

となり、PC と RC とでは PC が多くなっている。表 2 に、PC 格納容器を採用している数例を示す。

3. PC 圧力容器・格納容器の現状と問題点

(1) 特長

a) PC 圧力容器

PC 圧力容器が採用されているのは、次のような特長

をもつためである。

① 圧縮強度は大きい、引張力に弱いコンクリートに、高張力鋼材によってプレストレスを与え、内圧と温度荷重による引張力に抵抗させる構造であって、放射線しゃへい体を兼ねることができる。したがって、鋼製圧力容器の場合のように、別にコンクリートしゃへい体を設ける必要がない。

② 容器の形状および内空間のレイアウトを比較的自由に選定でき、大きさおよび壁厚に、あまり制約されない。この有利性から、原子炉・ボイラー・配管等の一次系を容器内に一体に組み込むインテグラル方式が採用されるようになり、事故時の安全性を増し、大容量規模の開発が可能となり、経済性が一段と高まるようになった。もしも、圧力容器を鋼製で設計すると、Wylfa 発電所の場合で、厚さ 25 cm 程度が必要であるといわれて

表-2 アメリカにおける PC 格納容器例

| 発電所名 | 所有者 | 場所 | 電気出力 (MW) | 設計者 | 施工者 | 設計条件 | | | 格納容器寸法 | | | | ライナ ー厚さ (mm) | 備考 |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| | | | | | | 設計 圧力 (kg/ cm ²) | 試験 圧力 (kg/ cm ²) | 事故時 温度 (°C) | 高さ (m) | 内径 (m) | シリン ダー厚 さ (m) | ドーム 厚さ (m) | | |
| Robert E. Ginna | Rochester Gas & Electric Co. | Brookwood, New York | 420 | Gilvert | Bechtel | 4.2 | 4.9 | 141 | 44.4 | 31.5 | 1.05 | 0.75 | 10 | 垂直方向の みアプレスト レス建設中 |
| H.B. Robinson | Carolina Power & Light Co. | Hartsville, South Carolina | 683 | Ebasco | Ebasco | 3.2 | 3.4 | 128 | 57.0 | 39.0 | 1.05 | 0.75 | 10 | |
| Turkey Point No. 3, 4 | Florida Power & Light Co. | Homestead, Florida | 2×760 | Bechtel | Bechtel | 4.1 | 4.8 | 141 | 51.6 | 34.8 | 1.13 | 0.98 | 6 | 建設中 |
| Palisades | Consumers Power Co. | South Haven, Michigan | 785 | Bechtel | Bechtel | 3.9 | 4.4 | 140 | 59.1 | 34.8 | 1.05 | 0.90 | 6 | |
| Three Mile Island No. 1 | Metropolitan Edison Co. | Pensylvania | 845 | Gilvert | United Eng. & Constructors | 3.9 | 4.4 | 138 | 47.1 | 39.0 | 1.05 | 0.90 | 6 | |
| Three Mile Island No. 2 | Jersey Central Power Light Co. | Pensylvania | 845 | Burns & Roa | | 4.2 | 4.8 | 141 | 47.1 | 39.0 | 1.20 | 0.90 | 10 | |
| Rancho Seco | Sacramento Municipal Utility Dist. | Clay California | 850 | Bechtel | Bechtel | 4.1 | 4.8 | 138 | 62.4 | 34.8 | 1.13 | 0.98 | 6 | |
| Zion Station No. 1 | Commonwealth Edison Co. | Zion, Illinois | 1050 | Sargent & Lundy | Commonwealth Edison Co. | 3.3 | 3.8 | 128 | 63.6 | 42.0 | 1.05 | 0.75 | 6 | |

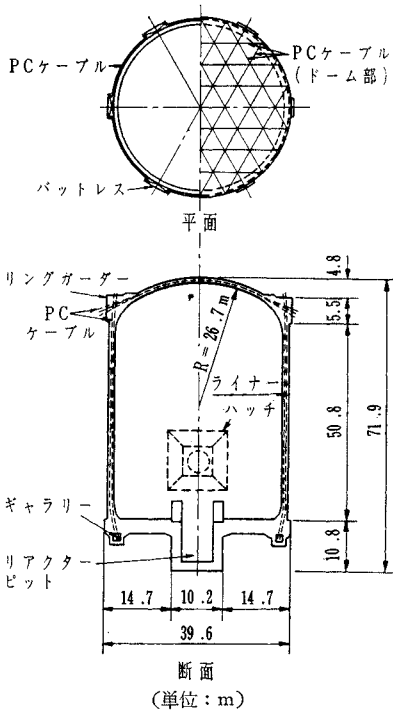


図-1 PC 格納容器の一例

いる。

③ 安全性の観点から、鋼製の場合に比べて破壊は漸進的であり、破壊を起こすまでのひびわれ・変形などによって、これを予知することができる。また、PC圧力容器は大きな剛性と強度をもつ構造であるため、それ自体は耐震的な構造物である。

b) PC格納容器の特長

PC格納容器の採用は、安全性・施工性・経済性の総合評価に基づいている。すなわち

① 安全性の点から、急激な破壊の生ずるおそれがなく、またひびわれが発生しにくい。したがって、鋼製あるいはRCに比べて設計内圧を高くとることができ、また格納容器の壁厚をRCの場合より薄くできる。さらに、放射線しゃへいをPC構造体で兼ねることができ、外部からの落下衝撃に対する防御の点からもドーム部ししゃへいをもつPC構造が有利となる。

② 施工性の点から、鋼製の場合は大型になるほど鋼材が厚くなり、溶接・熱処理がやっかいとなる。また、工期的にもPCの場合は鋼製に比べて短縮できる。

③ 経済性の点においては、鋼材やコンクリートのコスト、サイトの立地条件などによって一概に論じられないが、アメリカでは、一般に500MW程度以上の規模になればPCが有利になるといわれる。

(2) 構造

現在、建設されているPC圧力容器の構造は、一次冷却系を炉内に収納したインテグラル方式の縦軸円筒型であるが、この形式は2つに大別される。すなわち、イギリスで採用されている、炉心周囲に熱交換器を配置した直径と高さがほぼ同程度の形式のものと、フランスおよびアメリカで採用されている、炉心の下部に熱交換器を配置した直径に比べ高さの大きい形式のものである。表-1にPC圧力容器の主要諸元を示してある。

以上のほか、イギリスにおいては、熱交換器をコンクリート壁内に分散配置するPod-Boiler Systemを採用

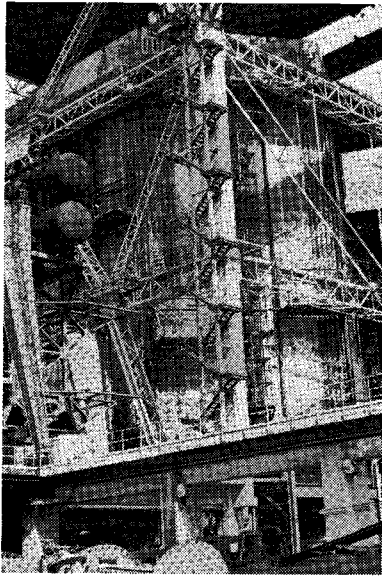


写真-1 St. Laurent-2 原子力発電所の
PC 圧力容器

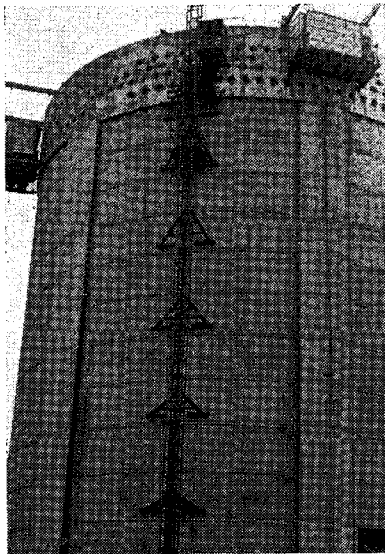


写真-2 Palisades 原子力発電所の
PC 格納容器

し、さらに円周方向のプレストレッシングを容器外部から巻きながら行なう Wire Winding 方式によって、Hartlepool 発電所の開発を進めており、本形式は、アメリカの 1000 MW 級 HTGR にも採用される予定である。

一方、PC 格納容器の構造形状については、図-1、表-2 にその例を示した。円周方向のプレストレッシングのアンカーは、円周 6 か所に設けたバットレスで行なうが、これを 4~3 個に減らす方向にある。バットレス箇所の少ないほどコストを低減できることになるが、反面、彎曲して配置されるケーブルの長さが長くなるため

に摩擦損失が大きくなり、したがって、その摩擦を通減させるための減摩剤の効果を明らかにする必要がある。

(3) 構造解析および設計

a) PC 圧力容器

PC 圧力容器の合理的な設計が確立しているわけではなく、設計基準についても統一されたものは存在しないが、各国ともほぼ共通した設計方法をとっている。解析は、① 運転時、② 過負荷時、③ 破壊時、について行なわれ、このうち ①、② については Finite Element Method により軸対象回転体として、二次元の解析を行なっている。

PC 圧力の荷重条件は、原子炉個々にそれぞれ異なるが(表-1 参照)、一般的な設計基準は、次のとおりである。

設計圧力: $1.1 \times$ 運転圧力

試験圧力: $1.15 \times$ 設計圧力

破壊圧力: $2.5 \times$ 設計圧力

温度条件: コンクリートの最高温度 70°C 以下

温度勾配 $35 \sim 50^{\circ}\text{C}$

ここで破壊とは、ひびわれが壁体を貫通し、容器内の圧力が急激に低下するときをもって定義している。安全率については、すでに運転中の PC 圧力容器の破壊安全率が $3.5 \sim 3.0$ であったのに対し、現在建設中のものはいずれも 2.5 程度に下げている。また、ひびわれ安全率も $1.8 \sim 1.7$ 程度になっている。

既設の PC 圧力容器では、埋設計器により各種の計測が行なわれているが、まだ十分な結果が得られていないので、結果を設計に反映する段階に至っていない。

b) PC 格納容器

PC 格納容器設計上の条件は、① 原子炉一次系から重大事故時に放出される全エネルギー、② エネルギー放出に伴う放射性物質の放出量、③ 非居住区域の範囲、④ サイトの立地条件、などの関数となる。設計圧力と温度条件は、① から与えられ、放射能漏洩の許容限界および容器の壁厚は ②、③、④ より決まり、④ から地震・風などを考慮することになる。

設計圧力は約 4 kg/cm^2 、事故時温度は 140°C 程度であるが、常時は約 40°C 以下となっている。常時は温度条件はそれほど高くないが、外部は直接外気にさらされるので、気象条件によっては、壁体内外の温度勾配による温度応力がかかなり大きくなる。

構造解析は、一般に Yield Limit Design を基礎としている。また、円筒部とドーム部および基礎スラブとの接続部・開口部などに対して、Finite Element Method が用いられている。

(4) 模型実験

理論解析と併行して模型実験が各国で数多く実施されている。模型実験を必要とするのは次のような理由によるものである。その第一は、種々の荷重の組合せに対して、実験に基づく材料特性値を用いて導かれる、弾性解析・クリープ解析の結果を模型実験によって検証するためである。

第二の目的は、破壊のモードと終局耐力を確認し、破壊に対する安全率を推定することである。荷重の増大に伴って弾性変形から塑性変形に移行し、クラックが発生して破壊に至る過程をたどるが、この破壊に至る様相について、信頼できる実用的な解析法を確立することはむずかしく、模型実験に頼らざるを得ない。このほか、開口部・頂部などの局部応力に関しても行なわれている。

模型実験は各種の規模で行なわれているが、破壊モードと終局耐力を確認するための大型模型実験は、1/3～1/12のPC縮尺模型によって行なわれている。

(5) コンクリート

PC圧力容器に用いられているコンクリートは、一般のPC構造物に用いられているものとくに大差はなく、コンクリートの設計基準強度は、350～450 kg/cm²程度となっている。また骨材は、原則として現地付近から入手できる天然骨材または砕石であり、石灰岩（イギリス・フランス）、玄武岩（イギリス）、安山岩（アメリカ）などが用いられている。

PC圧力容器は、長期間にわたって高い内圧と高温度荷重を、それらの繰り返し荷重として受けることになるが、このような複雑な環境条件下におけるコンクリートの挙動に関しては、まだ十分に解明されていない。PC圧力容器の安全性と信頼性を明らかにし、設計の合理化をはかるためには、解析に導入できるコンクリートの諸特性の詳細な把握が、きわめて重要となっている。

解明を必要とするおもな要素は

- ① 高温度・組合せ応力下の強度、弾性的性質、クリープなどの塑性的性質、ならびにそれらの時間依存性。
- ② 各種条件下における熱的性質と、非弾性的な熱応力。
- ③ 水分分布とそれがクリープ・収縮・熱的性質に及ぼす影響。

などである。70℃程度までの温度下におけるコンクリートの基本的特性については、わが国においてもかなり解明されつつあるが、組合せ応力状態で、しかも高温度条件下の強度・クリープなどの力学的性状の解明が、合理的な解析・設計を進めるうえに、とくに重要な課題である。

PC格納容器に用いられるコンクリートも圧力容器の場合と本質的にかわりはないが、圧力容器に比べて内圧・温度条件は低いので、コンクリートの強度もそれほど大きいものではなく、設計基準強度 280～350 kg/cm²程度が用いられている。

(6) プレストレッシング

プレストレッシングシステムとしては、BBRV法・SEEE法・CCL法・フレシネー法などが使用されているが、それぞれ特長があって決定的なものではなく、現在、その選択は設計者あるいは施工者にまかせられている。

プレストレッシングは、円筒部壁体中にPCケーブルを配置して垂直と円周方向へのプレストレス導入を行なっているが、垂直と円周方向に分けて配置する方式と、円筒部に45°のヘリカル状に配置して垂直・円周方向のプレストレス導入を行なう方式（Hinkley Point B, Hunterston B）とがある。今後、原子炉規模の大型化の傾向から、前述のように、円周方向のプレストレッシングを外部から巻きつけて行なうWire Winding方式が採用されてゆく方向が予想される。

プレストレッシングで現在議論の対象となっているのは、PCケーブルをそう入するダクト内へのグラウトの可否の問題で、イギリスとフランスとで見解を異にしており、また、アメリカにおいても統一された結論が得られていない。フランスは、PC鋼材の腐食防止、コンクリートとの付着・滑動防止・ひびわれの分散、などの観点からグラウトを行なっている。一方、イギリスにおいては、グラウト効果の信頼性に疑問があり、長期におけるコンクリートあるいはPC鋼材の挙動がまだ明確でない現状においては、再緊張の余地を残しておくのがよいとし、PC鋼材の防錆は、 그리스状ワックスを注入する方法で可能であるとの考えにたってグラウトを行なっていない。この問題は、わが国においても今後結論を得なければならない課題である。

(7) ライナー

PC圧力容器・格納容器とも、コンクリート内面に気密性確保のため鋼製ライナーが設けられている。圧力器の場合は13～25 mm程度の厚さのものが用いられ、現地工場で組立てられ、一体構造としたのち炉心位置にすえ付けられ、コンクリートの打込み時には型枠となる。

格納容器の場合は、アメリカでは厚さ6～10 mmのライナーを用いているが、カナダのGentilly発電所ではエポキシ樹脂吹付け（6回吹付け、厚さ4.5 mm）によって鋼製ライナーに替えている。アメリカでもプラスチック被覆に進み、鋼製ライナーを省略して経済性を高め

たい考えもあるが、AEC（アメリカ合衆国原子力委員会）では、まだこれを認めていない。

ライナーにおける問題としては、塑性域での座屈挙動、低サイクル疲労、貫通部の補強、コンクリートとの相互作用などのほか、施工時の溶接、熱処理（Stress Relief）、スティフナーによる補強、等に十分な配慮が必要となる。

（8）コンクリートの冷却および熱しゃへい

PC圧力容器ではコンクリートの温度を抑制する必要があるが、このためライナー背面コンクリート側に水冷却用パイプを、またライナー内面炉側に熱しゃへいを設けている。冷却系は2系統の回路をもち、コンクリートの内側温度を常時50～60℃に保ち、1系統が故障しても80℃を越えない設計としている。

一方、ライナー内面の熱しゃへい体として種々の材料のものが開発され、用いられている（表—2参照）が、熱しゃへいは、今後、HTGRをはじめいっそう温度条件の高いPC圧力容器の開発に際して、高温用コンクリートの開発とともに重要な問題である。

4. わが国のPC圧力容器・格納容器に関する研究の動向

PC圧力容器・格納容器は、現在わが国においては実用に供されていないが、近い将来その必要にせまられることは明らかであると思われる。PC構造は各種構造物

に広く用いられており、わが国のPC技術は高い水準にあるといえる。しかし、高い内圧、高温度、放射線などの複雑な環境条件下にあるPC圧力容器に関しては、従来その必要性に直面していないこともあって、十分な研究が行なわれていない状況にあった。近年PC圧力容器・格納容器に関する研究が各方面において実施され、成果が得られつつある。研究内容は、設計理論と解析方法、構造材料の基本的性質、模型実験、プレストレスングとその管理、に大別され、各大学、研究機関、電力会社、建設会社によって研究が進められている。

しかし、わが国の立地条件に適合し、安全性および信頼性の高い、わが国独自のPC圧力容器・格納容器技術の開発のためには、まだ多くの研究成果が必要であり、また研究の総合化をはかってゆく必要があると考える。

土木学会においては、原子力土木委員会 原子力コンクリート部会で、PC圧力容器・格納容器に関する調査研究を進めている。現在、設計施工上の問題点を詳細に把握するため、内外の主要な資料を網羅して調査活動を行っており、近くその結果が報告される予定である。引続いて、「PC圧力容器・格納容器設計施工要領(案)」の作成作業に入っており、また、コンクリートの諸特性、とくに高温度・組合せ応力下の強度およびクリープに関する研究の推進がはかられている。

PC圧力容器・格納容器の開発研究にあたっては、土木および建築の分野の技術者の協調が必要であることはもちろんであるが、さらに原子力工学の専門家との共同研究がのぞまれる。

マイクロフィッシュによる「土木工学文献目録集 1969」発売

土木学会では、現在土木学会誌の巻末に「文献目録」欄を設け、内外の土木関係雑誌約100種を中心に論文題目を集録しておりますが、文献目録欄の登載形式は雑誌別になっており、各専門分野において情報検索に利用するうえで不便であるとの声がでております。このたび、本学会文献調査委員が中心となって、1969年の1か年間に発行された国内・国外の雑誌約100種の論文題名を文献調査委員会分類項目により分類し、利用しやすいように再編集し、「土木工学文献目録集 1969」をマイクロフィッシュ化したしました。情報検索の一助として、既成のフィルムとともに大いに活用されることをおすすめいたします。

記

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| (1) マイクロフィッシュフィルムのみ (5シート 210ページ) | 2 000 円 (〒とも) |
| (2) 焼付コピーのみ (210ページ・簡易製本) | 3 000 円 (〒200) |
| (3) フィッシュフィルムおよび焼付コピーの両方 | 特別価格 4 000 円 (〒200) |

このほか次のフィッシュフィルムを頒布中です。詳細は土木学会編集課へお問合せ下さい。

- | | | |
|----------------------------|----------|---------------------|
| ○ 土木学会誌・論文集総索引 (1915～1963) | 5シート | 1 600 円 (〒とも) |
| ○ 土木学会論文集 (第1号～第124号) | 206シート | 62 100 円 (〒とも) |
| ○ 土木学会誌 (第1巻～第50巻) | 1 469シート | 358 000 円 (〒とも) 分売可 |