

V-300 コンクリート製ドームの構造安定性について（その1：実験）

大成建設（株）技術研究所 ○正員 横田 和直
東京ガス（株）生産技術部 川村 佳則
清水建設（株）設計第二部 正員 黒田 正信
三井建設（株）土木設計部 正員 渡辺 宗樹

1. はじめに

上載荷重を受ける屋根形式としてドーム構造が考えられる。ドーム構造は圧縮力を受ける膜構造でコンクリート部材に最適である。しかし、コンクリート製ドームについて、その破壊性状を考えた場合、座屈を生じるような不安定現象が考えられる。そこで、その構造安定性について照査する必要がある。

コンクリート製ドーム構造としては、従来から建設されている水道用PCタンクがある。水道用PCタンクのコンクリート製ドーム屋根については、ACI344で、ライズ・スパン比 $h/D = 1/6 \sim 1/10$ と規定し、構造安定性を確保することとしている。ドーム構造においては、ライズを高くすることが構造的に有利であるが、ライズを変化させることで、設計的にはその自由度は増大する。

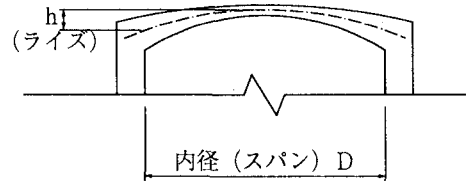


図-1 コンクリート製ドーム
屋根概念図

そこで、ライズを従来より低くし、 $h/D = 1/16$ としたモデルを対象に、その構造安定性について検討した。

構造安定性の照査方法としては、①模型実験による方法②非線形解析による方法③既存の解析手法および各種規準による方法の3つの方法が考えられる。しかし、いずれの方法についても確立された方法や実績はなく、また、適用条件等に制約があるため、その使用については、妥当性を検討し、評価する必要がある。本報告は、①～③の照査方法のうち①模型実験による方法について述べる。

2. 実験

2-1 実験目的

実験の目的は、コンクリート製ドームに対して、従来より低ライズのライズ・スパン比 $1/16$ のドーム構造の安定性を確認することであり、表-2.1に示す形状寸法および材料特性の実験供試体を用いて実験を実施した。

2-2 実験ケース

表-2.1 実験ケース

CASE NO.	ライズ hd (m)	スパン L (m)	hd/L	曲率半径 R (m)	ドーム中央部の厚さtd (cm)	モルタル強度 (kgf/cm ²)
1	0.225	3.6	1/16	7.313	3.33	851
2	0.225	3.6	1/16	7.313	5.5	334
3	0.225	3.6	1/16	7.313	1.74	775
4	0.225	3.6	1/16	7.313	1.89	828
5	0.225	3.6	1/16	7.313	4.67	420

ドーム構造の構造安定性は、部材厚 t_d によって大きく左右されるため、部材厚 t_d を変化させて、変形による二次的効果が卓越した断面破壊を想定した供試体（CASE-1、3、4）と変形による二次的効果が小さい断面破壊を想定した供試体（CASE-2、5）の5ケースについて実験を実施した。

2-3 実験供試体

実験供試体は、部材厚が薄いため、基本的には無筋のモルタルであるが、中央部は、乾燥収縮等によるひびわれ防止用の亀甲金網を、端部は、補強のための鉄筋を配置した。

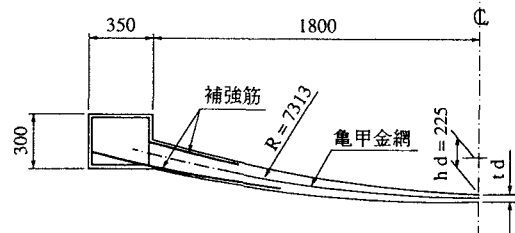


図-2.1 実験供試体の構造図

図-2.1に実験供試体の構造図を示す。

2-4 実験方法

実験は、図-2.2の実験装置を用い、水圧を等分布荷重として実験供試体に載荷した。

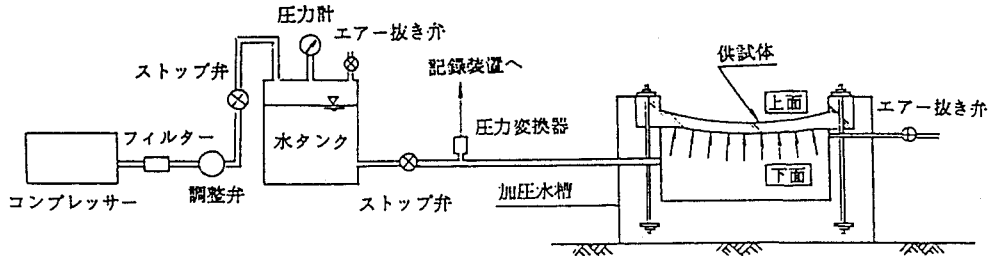
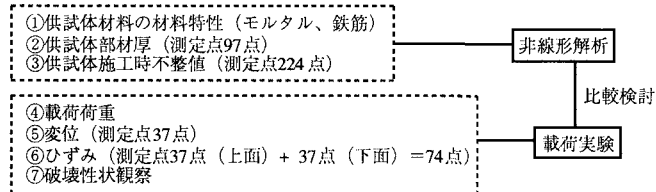


図-2.2 実験装置

2-5 測定項目

測定項目を図-2.3に示す。

①～③の測定結果をもとに非線形解析を実施し、実験により計測された④～⑦と比較検討する。



注) ①において、モルタルの材料特性については載荷時間を考慮する。

図-2.3 測定項目

3. 実験結果

①実験結果の一例として、破壊時の供試体ひびわれ状況（CASE-5）を図-3に示す。

②破壊性状はいずれのケースについてもドーム中央から始まった。破壊域について、部材厚の厚い供試体は、広い範囲で破壊し、薄い供試体は、狭い範囲で破壊した。

③表-3に実験と非線形解析及び、ACI344との比較結果を示す。

表-3 破壊荷重の比較と破壊時の破壊域

CASE NO.	実験破壊荷重 (tf/m ²)	非線形解析 (tf/m ²)	ACI座屈荷重 (tf/m ²)	破壊域大きさ 半径 (mm)
1	48.6	48.0	17.5	300程度
2	38.3	38.9	25.0	600～900程度
3	13.6	15.0	4.6	300程度
4	19.5	21.0	5.7	300程度
5	38.6	41.0	18.9	1200～2000程度

破壊荷重において、実験値と非線形解析結果はほぼ一致した結果を得たが、ACI344は、破壊形式を座屈と限定しており、又、式中に経験的係数を含んでいるため一致しない結果となった。

<謝辞>本研究は、東京ガス、大林組、鹿島建設、清水建設、三井建設、大成建設の6社の共同研究であり、本研究をご指導頂いた東京大学土木工学科岡村甫教授に対してここに謝意を表します。

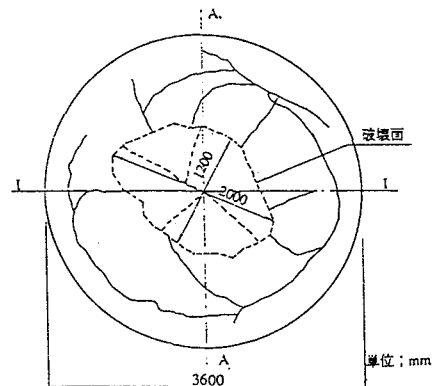


図-3 破壊時の供試体上面のひびわれ状況

ACI344R-70 (81) による方法で次式により算定される。

$$q_{cr} = \frac{t_d^2 \times K \times E_c}{S \times r^2}$$

ここに t_d : 部材厚さ
 E_c : モルタルのヤング係数
 r : ドームの曲率半径
 K : 定数 (= 0.25)
 S : 安全率 (ここでは1.0とする)