

島根原子力発電所敷地地盤中に挟在される 粘土シームの成因と物性評価

A Cause and Estimation of Physical Characteristic of Clay Seam
in Shimane Nuclear Power Station

○黒岡 浩平 (中国電力株)
曾我部 淳 (中電技術コンサルタント株)
岩田 直樹 (中電技術コンサルタント株)

1. はじめに

中国電力株島根原子力発電所は日本海に面した島根半島の島根県松江市鹿島町に位置し、昭和49年3月に1号機(出力46万kW,BWR)、平成元年2月に2号機(出力82万kW,BWR)が営業運転を開始した。3号機(出力137.3万kW,ABWR)は、1号機及び2号機の北西部を造成し構築するものである。

3号機増設に当たって、敷地の地質・地質構造調査として地表地質踏査、弾性波探査、ボーリング調査、試掘坑調査等を実施し、粘土シームの成因と物性評価を行ったうえで、斜面安定解析を行ったのでその結果を報告する。

2. 粘土シームの性状と分布形態

島根半島の地質・地質構造の概要については「P-3:鹿島町南講武におけるトレンチ調査等による宍道断層の活動性評価」に示すとおりであり、本稿では割愛する。

敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層(凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、凝灰質頁岩及び黑色頁岩)と貫入岩類(安山岩及びドレライト)を基盤岩とし、堆積岩中には層理面に平行した粘土シームが多数認められる。図-1に敷地の地質平面図を示す。

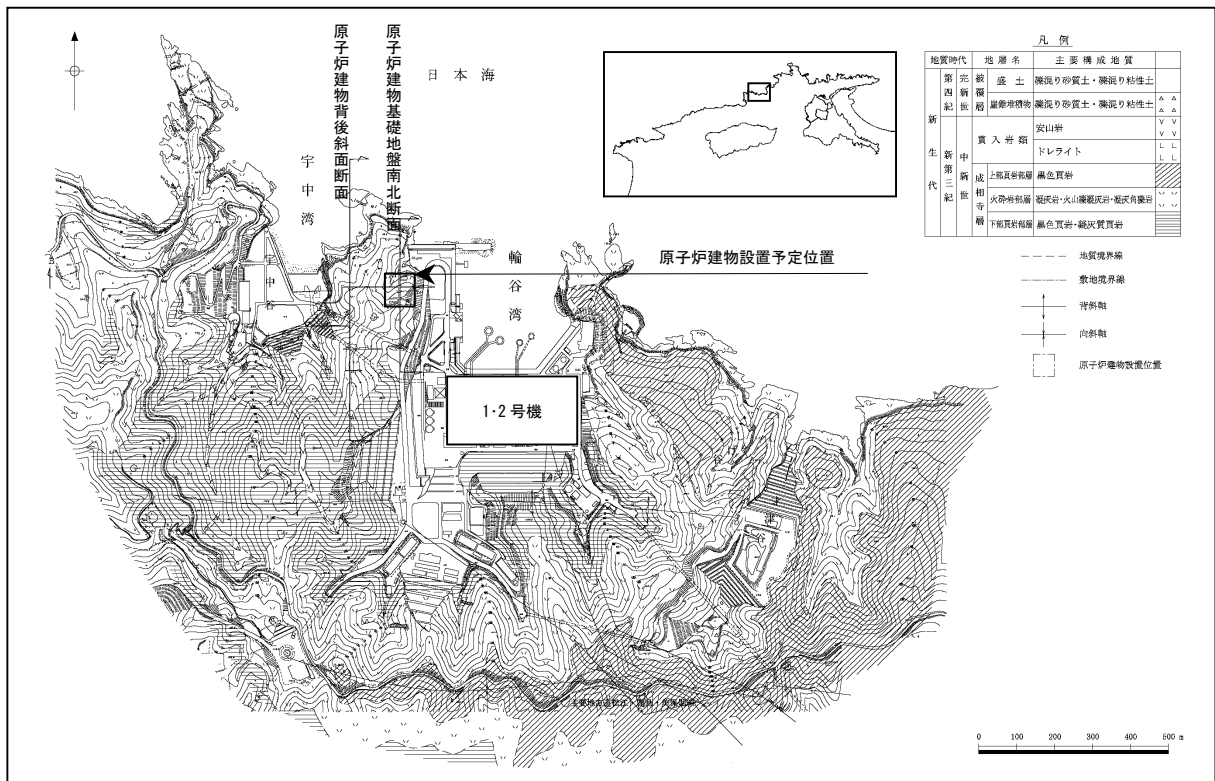


図-1 敷地の地質平面図

敷地に分布する成相寺層は、概ね走向N60°～80°W、傾斜12°～20°Nの同斜構造を示す。一方、原子炉建物設置位置の約550m南方にはほぼN85°E～E-Wの軸を持つ背斜構造が存在し、背斜軸の南では10°～40°Sの傾斜を示す。

原子炉設置位置付近の地盤には、ある広がりをもって断続的に分布するシームがボーリング調査によりB1～B29の29層準認められ、このうち試掘坑で確認されたものは6層準である。これらのほとんどの厚さは3cm程度以下である。

図-2にボーリング(コア径50mm)で確認されたシームの状況を示すとともに、図-3に断面上でのシームの分布状況を示す。

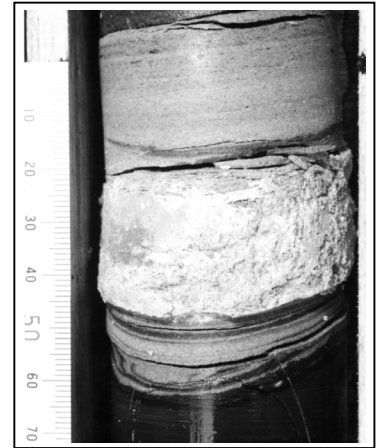


図-2 コアでの粘土シーム

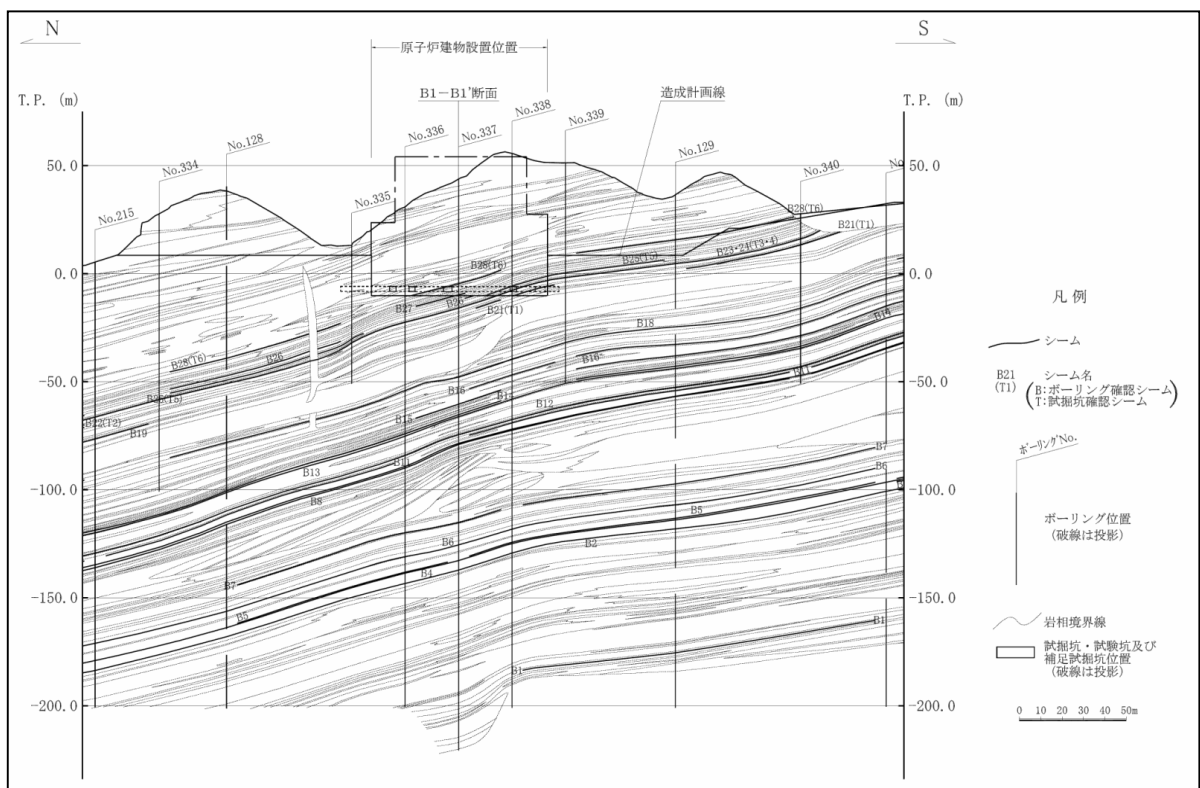


図-3 シーム分布鉛直断面図(原子炉建物基礎地盤南北断面)

3. 粘土シームの成因検討と活動性評価

原子炉建物設置位置付近の地盤に認められるシームは、いずれも厚さが薄く、母岩との境界面が明瞭であること、地層の走向・傾斜と同一であることなどから、褶曲運動の形成に伴って生成されたものと考えられ、その生成の時代は新第三紀中新世と推定される。

シームの活動性を把握するために、試掘坑内に露出するB21～B25及びB28シームについて、坑内で条線の有無及び条線方向の観察を行った結果、B28シームを除く5枚のシームにおいて、変位方向を示すと考えられる条線を観察した。条線の方法は図-4に示すとおり、いずれも南北系を示しており、試掘坑の南方に位置する背斜軸にほぼ直交する。

シームは堆積構造に調和的に形成されているため、母岩である成相寺層を切ることはないが、

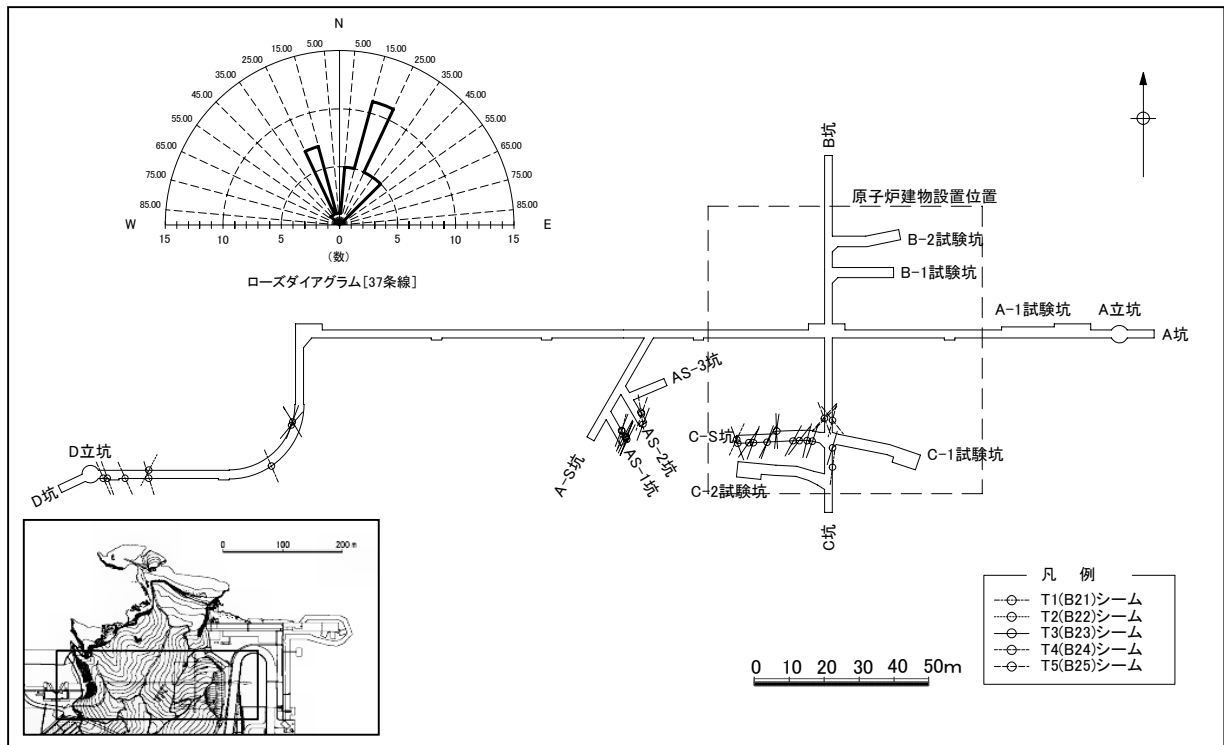


図-4 試掘坑内で観察された粘土シームの条線方向

当サイトに分布する成相寺層の堆積（微化石分析により 14~16Ma と想定）から数 Ma 遅れて貫入しているドレイトの一部が岩脈としてシーム相当層準を貫いて分布している。試掘坑内で両者の接触部を観察した結果、ドレイトの岩脈はシームによってせん断変位を被っていることが明らかとなった。その変位量は約 70 cm と見積もられ、変位方向はシームの上盤が南側へずりあがる方向を示している。

以上のことから、シームは島根半島周辺において新第三紀中新世と考えられる南北圧縮応力場での褶曲運動に伴う層面すべりによって形成されたと考えられ、少なくとも第四紀後期における東西圧縮応力場の下で活動したものではないと判断される。

4. 粘土シームの物性評価

試掘坑内で採取した試料を用いて、表-1 に示す室内試験を実施した。また、シームは試掘坑掘削後の時間経過により吸湿に伴う物性変化が認められるため、針貫入試験を行い、物性の時間的変化を把握するとともに、吸湿による劣化深度について検討した。

表-1 粘土シーム関連試験仕様一覧

試験名	試験仕様			試験結果より求めた値		
	供試体の大きさ	試料	方法・条件	物理特性	強度特性	変形特性
密度試験	直径 5 cm × 高さ 2 cm 直径 6 cm × 高さ 2 cm	不攪乱	・地盤工学会編「土質試験の方法と解説」に準拠 ・円板形の供試体を所定の垂直応力で圧密した後、供試体の上下端面の間にせん断力を加え、単純せん断破壊させる。 ・圧密非排水 (CU) 条件 ・垂直応力 : 0.30, 0.59, 0.89, 1.19N/mm ² ・ひずみ速度 : 0.1%/min	湿潤密度 ρ_t	—	—
含水量試験	—	攪乱		含水比 W		
比重試験				土粒子の密度 ρ_s		
粒度試験				粒度		
静的単純せん断試験	直径 5 cm × 高さ 2 cm	不攪乱	せん断強度 τ_0 内部摩擦角 ϕ	せん断弾性係数 G		
動的単純せん断試験	直径 5 cm × 高さ 2 cm	不攪乱	動的せん断弾性係数 G_d 減衰定数 h			

図-5に室内試験で得られたシームの静的力学特性を、図-6に動的変形特性を示す。

当サイトに分布するシームは粘土の中でも、せん断ひずみが増加するにつれ G/G_0 の低下度合いおよび h の増加度合いが比較的大きく、やや低塑性な粘土に相当する。

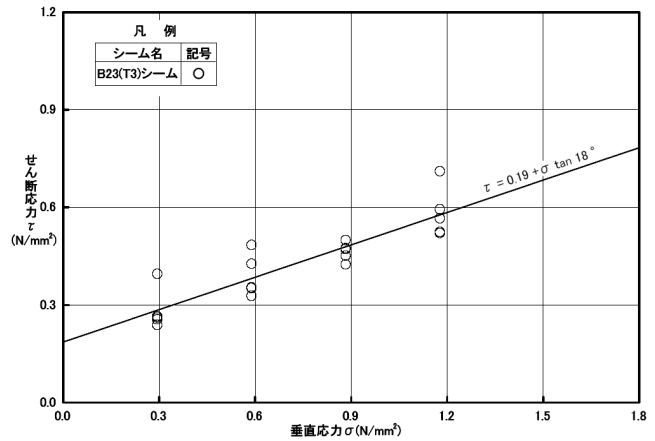


図-5 粘土シームの静的単純試験結果

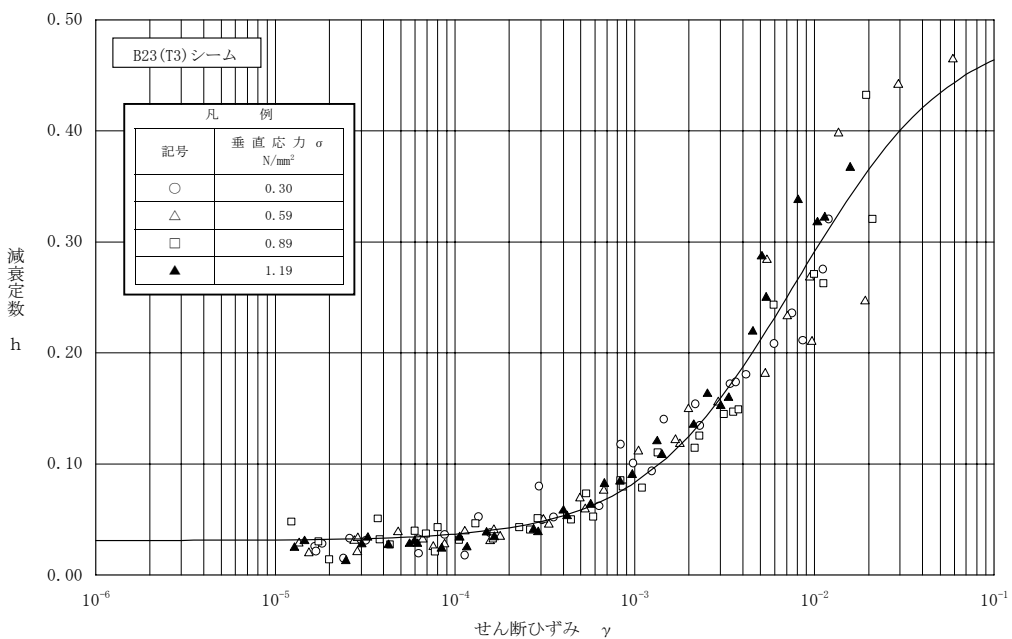
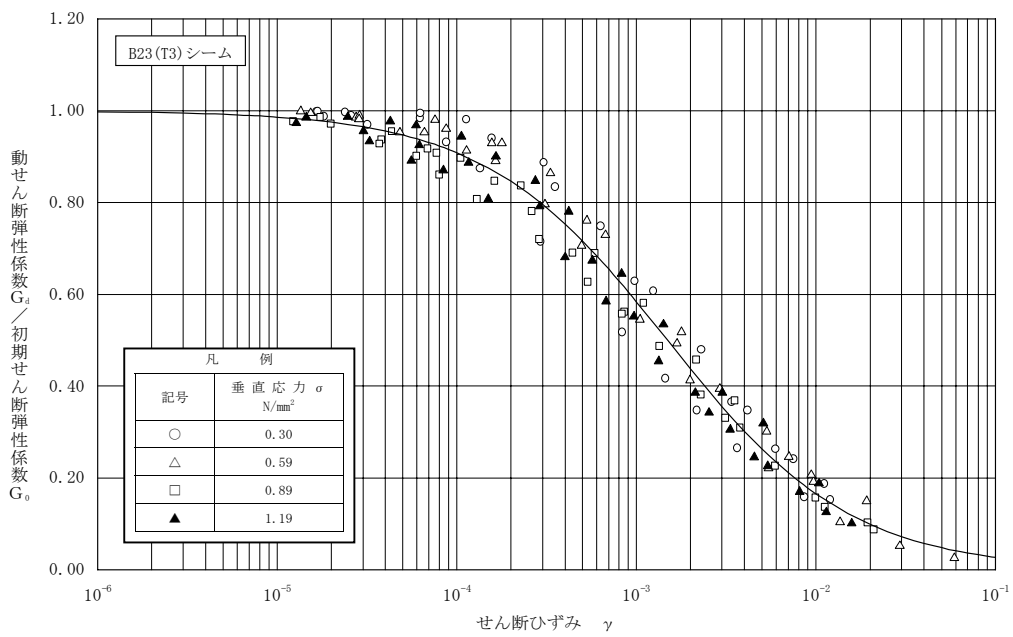


図-6 粘土シームの動的単純せん断試験結果

5. 背後斜面の安定性検討

3号機増設計画においては、原子炉建物の南に高低差約110m、切取量260万m³の切取斜面を造成する計画であり、斜面に関しては慣用法、静的有限要素法、動的有限要素法による安定解析を実施した。解析に際しては、シームはジョイント要素でモデル化し、近接したシームの統廃合および連続性については地質調査結果をもとに安全側に再評価している。

法尻～法肩へ抜けるシームが流れ盤を形成する地盤に沿って分布し、それに沿ったすべりを考慮した場合に、当初設計（既設法面と同様の設計であり、斜面勾配1:1.5、小段幅4m（高さ15m毎））から、法肩付近を大きく掘削することで、より安全性を高めることとした。

図-7に切取斜面の安定解析モデルを示す。

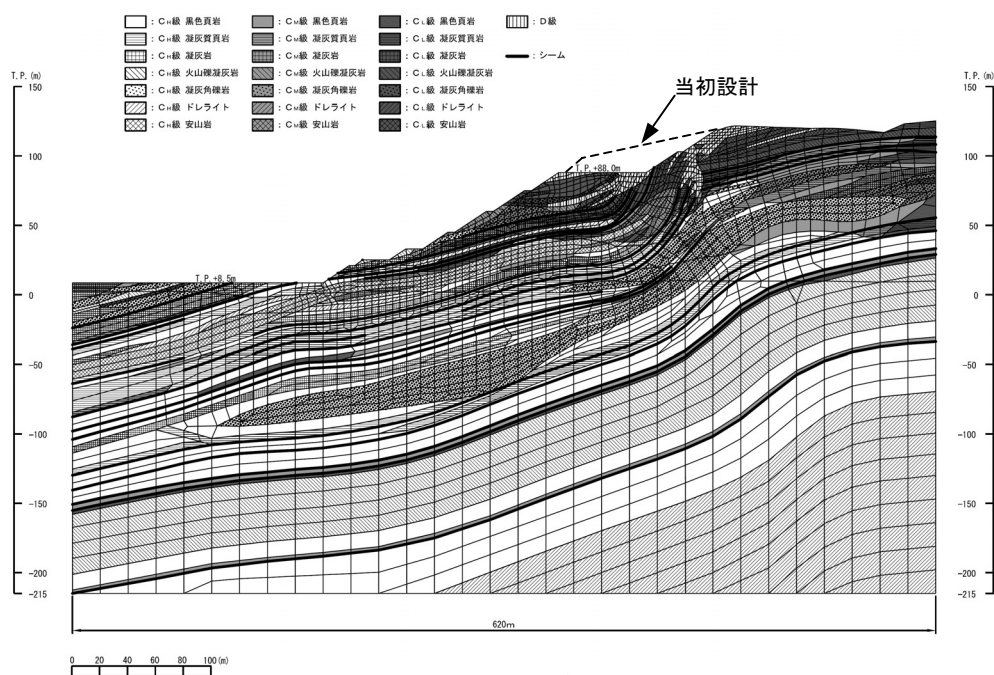


図-7 斜面安定解析モデル

6. おわりに

島根原子力発電所3号機は、平成23年12月の運転開始を目指し、現在準備工事を施工中である。このうち、斜面切取を含む敷地造成工事は9月末の段階で約60%の進捗率であるが、これまで施工された切取部分ではほぼ想定どおりの地質が出現している。ただし、今後切取が行われる法尻付近には、連続性の良いシームが複数出現することが想定されており、地山の挙動に細心の注意を払って施工を進める所存である。



図-8 H17.10時点での切取斜面の状況

参 考 文 献

- 1) 多井義郎(1973)：いわゆる宍道褶曲帯について，地質学論集，第9号，(p.137-146).
- 2) 鹿野和彦・吉田史郎(1985)：境港地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所
- 3) 鹿野和彦・中野俊(1986)：恵曇地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所
- 4) 尾田太良(1986)：新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点－中部および東北日本を中心として－，北村信教授退官記念地質学論文集，(p.297-312).
- 5) 吉岡敏和(1989)：褶曲に伴う層面すべり断層，活断層研究 7，(p.5-12).
- 6) (社)土木学会(1985)：原子力発電所地質・地盤の調査・試験法及び地盤の耐震安定性評価手法報告書 第3編 地質調査・試験法，(p.44-46).
- 7) (社)地盤工学会(2000)：土質試験の方法と解説，(p.54-155).
- 8) 石原研而(1976)：土質動力学の基礎，鹿島出版会，(p.198).