

I - 16

題目 新郷発電所水槽スクリーンの構造解析について

東北電力株式会社 会津若松支社土木課 会員 小林 正樹○
土木建築部土木建設 半澤 崇

1. はじめに

新郷発電所は、運転開始が昭和14年と、現在まで60年が経過し、水槽スクリーンの鋼製受桁については、定期的な点検から腐食の進行が確認されており、経年劣化による強度不足が懸念されていた。

受桁に発生する応力について、平面的な解析においては多少の腐食でも十分な強度を有していると考えられたが、過去の損傷箇所は受桁の根元に集中しており、腐食以外に他の要因が作用していることが考えられた。

これらのことから、当該発電所の運転パターンを考慮して、水槽スクリーンおよび受桁周辺の流体シミュレーション解析を行い、その結果を踏まえ三次元FEM解析により受桁に作用する応力を算出した。あわせて今後の改良案も立案したのでここに紹介するものである。

水槽平面図を図-1に、スクリーン構造図を図-2に示す。

2. 流体解析について

当該発電所水槽スクリーンの背面部材は、スクリーンバーを背面で支持する構造であり、主桁と接続桁とにより構成されている。背面部材の応力照査には、発生する外力の大きさと方向が必要であり、水流の流向がその外力方向を設定する重要なファクターとなる。すなわち外力方向が変化した場合に部材に発生する応力が大きく異なり、背面構造の改良計画に大きな影響を与えるものと考えられることから、部材の応力照査を行う前に水流の流向照査を行うこととした。解析対象範囲は取水口から水車流入部（各スクリーンは除く）までとし、ソフトウェアは(株)ソフトウェアクレイドル社製「SCRYU V1.8」を使用した。

(1) 解析結果

解析の結果、スクリーン付近の流向について、全取水量の場合、4号機を除き流入部への流向が左岸方向となり、特に2・3号機の右岸側ではその傾向が顕著なものとなった。（図-3参照）また発電機1台停止時には、停止している前面の流れが隣接する流入部へと流れ込むため、隣接する流入部の流向はスクリーン面に対して大きく偏向するものとなった。このことから、当該発電所水槽スクリーン周辺の流況は、スクリーン面に対して直角方向ではないことが想定される結果となった。ただし、その角度は一樣なものではなく、発電運用上、全ての発電機が常時一斉に稼動しているわけではないため、稼動状態によって変化するものと考えられる。

3. 構造解析について

流体解析の結果をもとに、水流の流向をパラメーターとし、水位差による荷重を偏向させて、スクリーンおよび受桁の構造解析を行った。解析対象は1箇所の受桁部とし、三次元FEM解析を用いた。解析結果の煩雑さを防ぐためにスクリーンおよび受桁の自重は無視している。解析に用いたメッシュ図を図-4に示す。

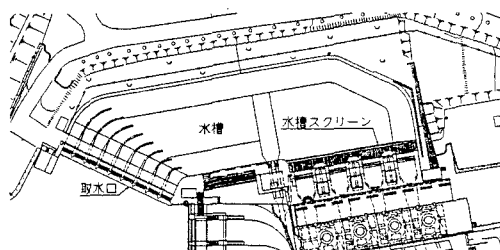


図-1 水槽平面図

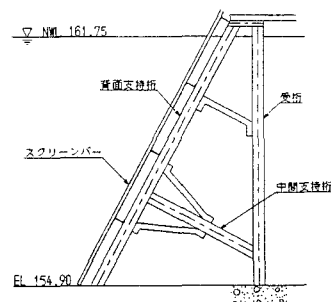


図-2 スクリーン構造図

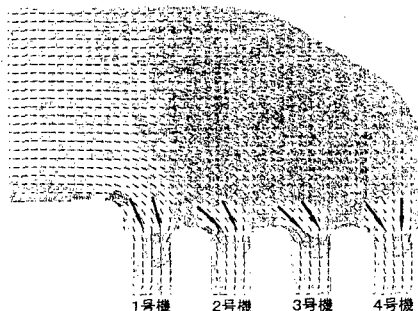


図-3 水槽およびスクリーン付近流況図

(1) 解析結果

受桁根元部の発生主応力度について、 荷重方向をパラメーターとした発生主応力度の検討を行った。対象要素は、BF11、BF12、BB11、BB12とし検討した主応力度は、各要素を支配している主応力度を採用した。表－1に主応力度一覧、図－5に荷重方向と発生主応力度との関係を示す。

以上の結果から、各要素ともに荷重方向 60° において最大引張主応力もしくは最大圧縮主応力が発生し、BF11 要素と BB12 要素では、直角から 15° 偏角する間に主応力の値が大きく変化している。つまり、水槽スクリーンの構造はスクリーン正面からの荷重に対しては許容応力度を下回っているが、荷重方向がスクリーン面に対して偏角すると受桁の根元部に大きな応力が働き、許容応力度を上回ってしまう結果となり、損傷の大きな要因となっていることが判明した。

表－1 主応力度一覧

荷重 方向	受桁根元部 (kgf/cm ²)			
	BF11	BF12	BB11	BB12
直角	169	250	-332	-232
15°	2,101	-778	530	-2,386
30°	3,132	-2,914	2,019	-3,443
45°	3,959	-3,457	3,364	-4,276
60°	4,385	-4,196	4,162	-4,695
水平	2,148	-2,509	2,570	-2,223

引張を正とする

4. 今後の改良案

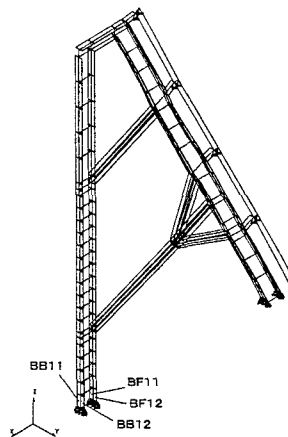
流体解析結果と構造解析結果の組合わせより、当該発電所水槽スクリーン受桁に作用する応力は部材許容応力を超過している状態であることが想定でき、このことは既設受桁については、現状のままではいずれかの時点で、過去と同様に受桁根元部に何らかの異常が発生する可能性があることを示唆している。

そこで、受桁根元部への発生応力が低減できる一案として、断面形状に凹凸のない受桁(例として「円筒形」)の採用を検討した。スクリーン受桁に「円筒形」を採用した場合について(直径 150mm、厚さ 9mm)、既設スクリーンと同様の三次元 FEM 解析にて発生応力の照査を行った。荷重方向については、既設スクリーンの解析結果において比較的大きな応力が発生したスクリーン面に 45° 偏角した場合としている。解析メッシュ図を図－6 解析の結果を表－2に示す。

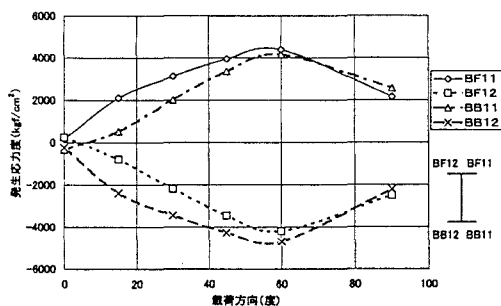
以上の結果より、円筒形受桁の採用において受桁根元部の発生応力は、既設受桁に対して約 80% 程度低減できることから、円筒形受桁は非常に有効であることがいえる。

5. おわりに

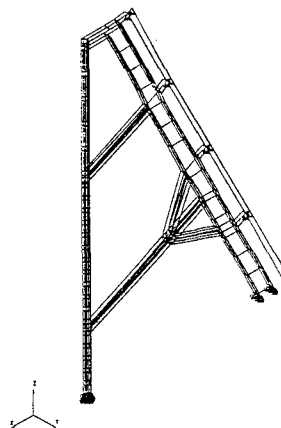
今回の解析によって、水流の偏向によるスクリーン構造への発生応力の変化を把握することができ、過去に発生している受桁根元部への異常の裏付けができた。今後は、定期的な調査を実施し、その結果から異常が発生した際に円筒形受桁の採用を計画中である。



図－4 解析メッシュ図



図－5 荷重方向と発生主応力度との関係



図－6 円筒形受桁解析メッシュ図

表－2 円筒形受桁解析結果

応力 (kgf/cm ²)	既設受桁	円筒形受桁
最大引張応力	3,959	693
最大圧縮応力	-4,276	-683