

新潟地震による埋設管路の被害について

東北電力KK.新潟火力建設所

鳥居良明

〃

○宮坂節雄

1 ま え が き

新潟火力発電所は1号機(12.5万KW)が昭和38年7月、2号機(12.5万KW)が昭和38年10月に各々運転を開始した重油、ガス混焼の火力発電所で、現在3号機(25万KW)の増設工事が昭和41年2月運転開始を目標として進められている。

当火力発電所は去年6月16日に発生した新潟地震当時1、2号共全負荷運転中であつたが、主機の停止措置により全停した。地震直後の点検によつて、主機そのものは運転可能と判断されたが、主として復水器冷却水路系統の被害により運転再開が不可能と判り、又汽缶用水道も延長12KMの内延3KMに亘つて被害を受けた事が判明した。この被害による発電所の機能停止期間は復水器冷却水路の復旧期間により決定される事となつたが、地震発生後40日目、実働約30日間の復旧作業により7月25日通水する事が出来た。こゝに復水器冷却水路の被害の状況を報告する。

2 管路の構造、施工概要

復水器冷却水路は、取水口に揚水ポンプを設置し放水口は海岸堤防の条件より海面上4.75にて越水させる為、全線圧送式となつており、取水路約1250M排水路1050Mの延長に達し、火力発電所冷却水路としては長大水路となつている。

水路の構造は、1・2号用夫々使用水量 $3.7\text{m}^3/\text{sec}$ に対し、内径1.5mのダクタイル鋳鉄管を全線使用しており、路線途中の国鉄東新潟港駅構内橋断部は跨線橋方式とし、又放水口附近の一部地上配管部を除き地下埋設管である。

管の継手方式は当地区の地質条件を考慮に入れて鉛、ゴム併用の特殊メカニカル継手、およびヴィクトリック継手、を混合採用して、管の支持方式は管継手毎所に1個のコンクリート支台を設け両側管端を全一支台で夫々支持する構造とし、1・2号用管(配管中心間隔2.0m)の共通した一体基礎とした。基礎杭は長さ6.70の木杭6本を1基当り使用した。

尚埋設管路と鉄道、道路との交叉箇所は、管の順次布設(2条毎、3回に布設)、管に対する集中荷重の防護、将来の保守上の見地より3スパン箱型ラーメン構造鉄筋コンクリート造り

の両翼にて保護する構造とした。埋戻管の管頂よりの埋設深は $1^m0 \sim 2^m4$ で平均 1^m5 である。又管路の埋設後の地盤高は構内は標高 3^m0 、取水路は $0^m7 \sim 1^m0$ 、排水路は $0^m5 \sim 2^m4$ となつている。

管路の施工に当つては埋設部の基礎標高が地下水面（標高 0^m3 ）より $2 \sim 3 m$ 低く砂地盤であつた為、ウエルポイント工法により地下水位を低下させ施工した。

又管路は発電所定期点検時に内部点検を実施するので水中浮力による浮上り防止のため上置荷重の衝突でない函渠内部、昭石冷却池沿の管路等の個所は支台に鉄筋で固定した。

これら 1・2号用管路は発電所の試運転開始以来地震により被害を生ずるまで約 1 年間異状なく使用され、又定期点検時内部点検を実施したが各継手は全て満足な状態にあつた。

3 地震による被害状況

1) 地震直前の管路の状況

1・2号管共規定の $37 m^3/sec$ を流水中であつた。

3号管（2条）排水路側は配管が完了し、1・2号用の冷却水を1・2号管と共に流水中であつた。又取水側は80%布設完了し、内部は地下水により灌水していた。又管路の埋戻も完了していた。

2) 被害の概要

被害は主として、管路中心線の $70 m \sim 120 m$ に亘る平面的、および縦断的な湾曲による。

管継手の移動、開口、引抜け、および剛構造物との取合部における剪断による継手の破損である。管路延長 $2,300 m$ の内管中心線の湾曲、移動により修正を要した個所は4箇所、延長 $365 m$ で施設の16%が被害を受けた事になり管軸方向のみの移動で継手構造上被害とみるべき個所は3地区に集中してみられ延長 $114 m$ 、施設の5%、被害の合計距離 $479 m$ 、施設の21%となる。

3) 箇所別の被害状況

(1) 取水口（ポンプ）取合部

取水口本体に設置されているポンプ取合部は本体の同一基礎に管が固定されているが、埋設部との取合は鉛直配管部に伸縮継手が挿入されており、地震により取水口本体の周辺地盤の沈下のためこの伸縮継手が $40 mm \sim 90 mm$ 引抜けた。

(2) 取水口直下流地区

取水口取合部より下流 20 m のマンホールと約 28 m の距離にあるオ 2 固定台との間は、固定台の移動、管の浮上りのため、継手開口 2、フランジ継手切断 1 の被害を生じた。

(3) オ 2 固定台下流地区

(2)に続いてオ 2 固定台下流 11.8 m 間は平面的に中央部で 1.10 m の水平移動、縦断的に 0.5 m の浮上りを生じたこの地区では固定台、支台の沈下、移動がみられた。

(4) 臨港地区

この地区では延長 12.3 m に亘り管が 0.50 m ~ 0.55 m 浮上る状態を示し中心線は二つの山を持つ波形となつたが平面的な移動は殆んどなく、又支台の移動沈下も認められなかつた。

(5) 臨港橋地区

排水路の略中間にあつて、延長 5.4 m に亘り固定台間平面的な移動を支台と共に生じ、最大 0.92 m の湾曲形状を示し函渠に固定された個所との継手部に於いて継手（ブクトリック）が破断した。

尚この個所では支台が最大 0.42 m の沈下を示した。

(6) 排水口地区

排水口に接続する最下流の延長 7.0 m 区間に於いては地上配管部が平面的に約 0.70 m の湾曲を示し、排水口本体との取合部は継手（メカニカル）が 0.10 m ~ 0.40 m の引抜開口があつた。これは排水口本体と 2.1 m の距離にある管 4 条共通の固定台の廻転移動によるものであり、この地区の管・支台の沈下は殆んどなかつた。

(7) 管継手のみ移動の個所

取水路臨港地区（3.0 m 間）、取水路発電所付近（2.4 m）、排水路水槽下流（6.0 m 間）に於いて 1.2 mm ~ 2.3 mm の引抜移動の個所があつた。

4) 管の継手別の被害状況

前記の如く管中心線の湾曲変化による継手の移動、剛構造との取合部の継手破損、管軸方向の移動による断手移動等、管路の被害は継手に集中し、管本体の破損は今回の被害に於いてはブクトリック用フランジの破損 1 本があつたのみで、此れも切管用として使用出来たので皆無といつてよく、内面ライニングの異状もなく、管本体は耐震的に問題ないものと判断された。次に継手別の被害数を表にまとめると次表の通りである。

尚引抜量はブクトリック継手の場合 1.2 mm 以上となるとハウジングの変形が生じ、特殊

メカニカル継手の場合15mm以上となると、コーキング鉛がシール用ゴムを逆方向に圧縮して漏水するので夫々の引抜量を被害の限界とした。

1,500φダクタイル鋳鉄管継手別被害一覧表

個所別	継手別	総数	破断箇所	引抜量 5~15mm	引抜量		継手 保 修 実 施 数
					M 15mm V 12mm 以上		
取水 路	特殊メカニカル	248	1	46	13	22	
	グイクトリック	211	3	-	14	14	
	フランヂ	88	1	-	-	1	
	計	547	5	46	27	37	
排 水 路	特殊メカニカル	208	4	36	14	30	
	グイクトリック	202	3	-	10	12	
	フランヂ	49	-	-	-	0	
	計	459	7	36	24	42	
合 計		1,006	12	82	51	79	

上記外にポンプ取合部、発電所取合部に1,000φ継手がM用6、V用1B、下用58箇所使用しているが、この部分はコンクリート構造で特別に保強してあつたので被害は発生していない。

4 被害の考察

新潟地震の諸元、並びに砂地盤に生じた特徴的な現象については既に数多く発表されているので、こゝでは前項に述べた被害を中心として考察する。

1) 管路の地質

管路の経過地点は信濃川河口部右岸にあつて、この地区は信濃川の流砂が堆積して三角洲が発達して出来た履歴があり、沖積層と洪積層とが堆積し深さ40m~60mまでの土質は、概ね灰色系統の砂で5~20cm程度のうすいシルト層が数層介在している。砂の相対密度は表層2~3mはゆるく、以下5~7mまでは中位、一密となり、10m以下では略ね標準貫入試験によるN値が20~30の均一性地層となつている。この地区の砂の粒度分析結

果は大体次表の如くである。

								フルイ通過率%		
レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等係 数	2000 μ	420 μ	74 μ
-	99	1	-	0.7	0.34	0.17	2.0	100	91	2

2) 被害現象の分類・考察

前述した被害現象は夫々数量的な差はあるが、現象としては大略次の様に分類・考察される。

(1) 管中心線の浮上

これは取水口直下流より146m間と臨港地区123m間にみられた現象であるが、この2地区の共通条件は管天端標高が前者 $-0.^m85$ 、後者 $-1.^m45$ と地下水位($+0.^m30$)より夫々 $1.^m15$ 、 $1.^m75$ と低い事、埋戻地盤標高が地下水位上 $0.^m70$ 、 $0.^m40$ と接近していた事である。唯前者の場合下流側に標高上同一条件の部分と同距離に亘つて被害を受けなかつたがこれは前者が湿地を1~2m造成しているのに対し後者は在来地盤であつた事、更に前者は路線に沿う隣接土地が大規模に在来地盤より約2.5~3.^m0高く布設完了頃盛土造成されている。又後者は低い砂丘を切取つた様子が見られる地区で地盤の履歴に差異が見られる。

(2) 管中心線の平面的移動

(1)に於いて取水口地区でも平面的移動があつたが臨港橋地区の平面的移動箇所は管天端が $+1.^m25$ と地下水位上 $0.^m95$ 高く、地盤高は地下水位上 $2.^m1$ で(1)に比し標高上差位がある。又同地区の上流側に同条件の箇所が同距離無被害であつたが、在来地盤高に2~3mの差があり、特に被害箇所は、支台基礎が盛土上に置かれている低地盤地区であつた。

(3) 管継手移動

この箇所は臨港サイホン地区を除きいずれも構内で管標高、地盤高、地盤履歴は前項地区よりすぐれた地区である。

(4) 考 察

前述の被害分類より一般的に考えられる事は管の移動現象は砂のliquefaction

即ち間隙水圧の上昇により粒子を圧縮する有効応力が消滅し、砂地盤が剪断抗抵を失ない、砂が液体と同じ特性を持つ様になり、振動中の砂の各部に振動によつて密度の差を生じ、この密度の差によつて生ずる対流運動に加え地盤構成上不均衡応力状態にあつた地盤では地盤の移動（流動）が行われ、この流動現象が管の浮上、平面的な移動を生じさせたものと考えられる。

被害管の浮上を生じた個所は管頂が地下水面下1 m以上低かつた事、又埋戻地盤面と地下水面との差が $0.^m4 \sim 0.^m7$ と少なく地下水面上の土被り即ち抵抗上圧の減少が浮上を助けた事になるものと思われ、この事は埋設深の大きいサイホン部に於いては振動性状の異なる函渠部との連結がありなから被害のなかつた事と比較して判る事であるが、一方取水路の取水口下流の如く同一条件で被害のなかつた個所は管路の埋戻土砂の状態は被害個所と同一条件であるが路線の両側が比較的締つた地盤であつた為、例え *liquefaction* が生じても地盤の移動が殆んどなく管を移動させるまでの流動現象が生じなかつたものと思われる。取水口下流の被害個所の平面的移動は渾地埋立土が路線片側の大規模盛土によつて不均衡地中応力を生じていたものが均衡を保つまで流動・移動したものと思われる。この現象は排水路臨港橋地区の平面的移動現象にも同様に考えられる。并て、地下水位上の土被りが2 mを越えていたため逆に管路の沈下現象を示したかこれは支台基礎地盤が盛土であつた事も原因し、平面的な移動は路線片方に工場周地の砂土があり一方は低地盤であつた為と考えられる。

以上の如く、被害原因は土そのものの性状、地盤構成上の諸要素、管の埋戻深、地下水位の位置又本文ではふれていないが管路の方向と地震動の方向との関係等が関係する事が判るか、現象はこれら全ての総合現象であり、単純な判断は許されないと考える。

5 あ と が き

こゝにとりあげた管路は近来その需要を増しつつある上水、工業用水道に採用されつつある大口径管を対象としたが、何分にも管・種・地質に一種類のため特殊条件に入り一般性をかいだ傾向があるが、砂地盤に於ける埋設物について参考になれば幸である。