

北美濃地震について

-1961年8月19日の地震調査報告より抜萃-

土木学会耐震工学委員会

1961年8月19日、岐阜、福井、石川県境付近におきた北美濃地震(図-1)は山岳部の地震として特異の性質をもち家屋被害が軽微なのにかかわらず土木施設にはかなりの被害を与えた。よって本委員会は関係者に依頼して調査資料の提出をこうたところ各位のご好意により大部の調査資料が集った。震害記録は最も貴重な資料として、出版保存さるべきものと考え出版を試みたが経費の点で不可能となった。よって次善の策として、提出された資料を整理した上土木学会に保管し、要旨を会誌に登載することにした。執筆者各位にはこの間の事情を諒とされたいと思う。要旨はなるべく原著に忠実に作製したが詳細は前記原本を参照されることを希望する。終りに執筆者各位に対し厚く謝意を表する。

I. 地震学的事項

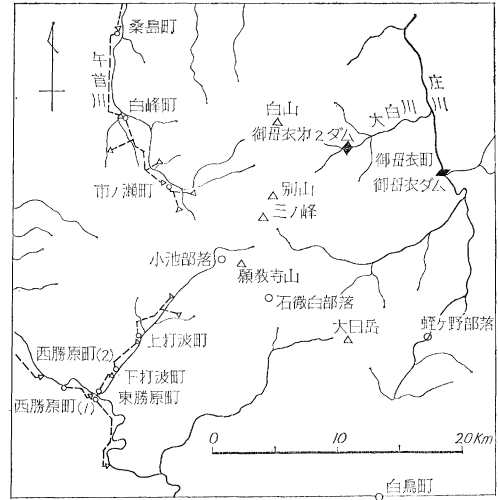
1. 地震の規模とこの地方の過去の地震

この地震は地震計によると1961年8月19日14時33分に岐阜、福井、石川の県境付近でおこった(図-1)。M=7と考えられる。震央付近では30~40秒間歩くことができないほどの強震であった。死者8、負傷36を出したが地震の強さに比して家屋被害の少なかったのはこの地震の特徴である。その原因はこの地方が木材の産地で家屋によい材木を使っていたためと思われる。この付近では日本列島は急に曲り、また深発地震帯も存在する。日本の大地震の生ずるのは主として太平洋岸であるが、この地震帯にも過去に濃尾地震のような大地震をはじめ三河地震、福井地震などがおきている。この付近でおきた過去の地震の特徴は落石、山崩れによる被害が多く、家屋被害が少ないこと、他の地方の地震に比して余震が少ないことである。

2. 地震動

土地の人の話によると本震は上下動が長い間続いて、その間歩行できなかつたという。筆者は同様の地震動を1930年12月26日伊豆地震を震源地に近い網代で経験した。帰京して聞いた話では東京では主として大きなゆるやかな水平動を感じたという。普通に感じる地震動は

図-1 北美濃地震要図



Sommerfeld condition をみたま波動であつて震央ではたとえば Singular point にあたるのではなからうか。このような特種の経験は日本のように地震のおきる密度が大きくまた震央に住んでいる人の密度も大きい所で得られる確率が多いと考えられる。日本の大地震を論ずるには震央においておきる地震現象を十分に研究する必要がある。大地震の際には線状の震源を考える人や、多くの地震が続いてほとんど同時に起こると考える人などがあつたことも検討してみることは興味あることである。

3. 落石、山崩れ、地割れ

落石と山崩れがこの地方の地震の特徴である。大きく割れ目に入った安山岩の急斜面にあるものがおちたのが多かつた。また集塊岩や凝灰岩が互層をなしている所などで上部にある岩塊がおちた。岩石のおちた地域は直径約20kmの円内になる。この範囲は墓石、石碑の移動した範囲とほぼ等しい。地震動が衝撃的であつたことが岩石の落下を多くしたと考えられる。打波川上流小池部落の下方でおきた大崩壊は河川をせきとめ小さい池を作つたが安政5年の地震ではこのようにしてできた池が約50日後崩れて下流に洪水をおこした記録がある。

河川ぞいの道路で切取面の崩れや片盛部分での川に平行した地割れを数多く見られた。しかしこれらのあるものは地震の前にあつた集中豪雨によるものとの見わけが付きにくい。地震断層に注目して歩いた所、打波川の上流で前記の山崩れの下流に道路に平行でない割れ目を発見した。そこには粘土状の泥があり、割れ目の方向は北40°西であつた。南方への延長約30mは山側にみられたがその先は傾斜が急になり折からの雨で見ることができなかつた。北西の方は打波川となり、大きな隙が多く割れ目は見出せなかつた。しかし河流が断層線と思われ

る方向に向きを変えていたり、断層線の延長上と考えられる対岸に岸崩れが見られた。

4. 石碑、墓石の移動と転倒

地震による物体の移動や転倒のおきる範囲は地震の大きいほど広がるが、この地震の場合その区域は直径約20 km であまり大きくなかった。このことは地盤がかたく地震動の振幅が小さく周期が短かかったために転倒するに至らず回転が比較的多く見られたという結果になったと考えられる。高さとの比から仮定した加速度は水平加速度だけが作用したとして0.4 g となるが上下動があることを考えるとこの値より小さくなるはずである。

5. 地下水その他の変化

大白川温泉は地震後湧水がとまり1週間後にも回復していなかった。鳩ヶ湯の水は濁ったが1週間後に回復した。白鳥町長滝の農業組合の井戸水も濁った。このほかに興味深いのは御母衣貯水池の水面に波が見られたことである。白鳥町長ほか数名がダム上にいたとき水面に波がたち西から東に進行したという話を聞いた。貯水池の量水標には40 cm 水面が上昇した跡が見えたことと、この波を見た他の人を探すと他にも数人いることがわかった。その1人の話によると、波長は1.5~2.0 m で、伝播速度は風波より早いがモーターボートよりおそく、波は上流からダムに向かってきたとのことであった。ダム付近の水深は90 m であるから表面波と考えると1.5~2.0 m の波長に対し伝播速度は1.6~1.8 m/sec 周期は約1.1秒となる。金沢気象台の地震記録をみると振幅の大きい波は周期4秒であるがその上に約1秒の波が重なっている。伝播方向については、両者異なった結果がでているが町長のみたのは障害物による局部的に屈折した波でなかろうか。地震動によってこのような波が発生しうるかを考えると、落石による波とは考えられず、弾性波が固体から液体に屈折するとすると振幅は大きくならないが、衝撃性の地動が約1秒の間隔をおいて約10秒続けば以上のごとき波が生ずるのではないかと考えられる。本震の感覚は前記の通りであって、この仮説を裏付けるものではないかと思う。

(東京大学地震研究所 岸上冬彦・記)

II. 山地の崩壊について

1. 九頭竜川水系打波川筋

打波川の谷ぞいには中世代のカコウ閃緑岩、石英斑岩などの火成岩と、手取層群に属する滞積岩が分布し、これをおおって第三紀安山岩類の溶岩、集塊岩、凝灰岩などが広く分布している。崩壊地は打波川下流では、小規模の土砂崩れが所々に見られるが、右支亥向谷川合流点付近より上流でその規模と数を増し、鳩ヶ湯鉱泉付近では土砂崩れにまじって岩石崩れが多数見られ、径1~2m

程度の砂岩が道路の上のっている。土砂崩れの中には特に道路の盛土部分の崩壊が多数見られ、また崩壊していない部分では切取部と盛土部の境界に明瞭なきれつが発生している。これらのきれつは幅10 cm 程度、落差15 cm 程度におよぶものも見られた。鳩ヶ湯鉱泉の上流約200 m の右岸側に2カ所地すべり地がならんで存在している。これらの地すべりは厚さ50~100 m におよぶ崖すい性滞積物の中に発生し、その傾斜角は20~30°で、地すべり地としては、そうとう勾配の急なもので、おそらく破碎帯の存在によって起因された地すべりであろうと考察された。これらの地すべりには、今回の地震による崩壊あるいは滑落はほとんど見られなかった。

観音谷合流点より桧谷合流点付近にかけて、左右両岸にそれぞれ2000 m³ 程度の崩壊があり、これらはともに打波川本川にその崩土を滞積して河川を閉鎖し、水深約2 m 程度の湛水を生じていた。これらの崩壊は傾斜角60~70°程度の斜面で、厚さ2~3 m の風化土層が基岩に沿って滑落したもので、左岸側のものは頁岩の風化した粘土を混えて押出し、民家1軒がこれによって押しつぶされていた。桧谷合流点から願教寺谷合流点にかけて約200~300 m にわたって連続して両岸に大規模の崩壊を生じ、谷はこれらの崩土によってまったく閉鎖された。崩壊は表土層のみでなく基岩の集塊岩中にも発生しており、径1~3 m の岩石と巨木が折り重なって高さ約10~15 m、長さ200~300 m にわたって滞積して天然ダムを形成した。この付近から小池にかけては崩壊しなかった山腹にも多数の弧状のきれつがみられた。打波川筋には多くの地すべりがあるが、今回の地震によって滑落したものは、おそらく小池付近にあるもののみであろう。これは凝灰岩の中に発生したもので、非常に多くの地下水をふくんでバランスがくずれ、地震前にも相当はげしい活動を続け滑落寸前にあったものが、今回の地震によって滑落したもので、これも打波川を高さ約5 m 程度閉鎖してダムを形成している。小池より上小池にかけて、10数基の砂防ダムがあるが、これらは地震によってほとんど被害をうけていないように見られた。打波川右支亥向谷川は、大体打波川本川筋にくらべて崩壊はやや規模が小さいが、やはり多くの短冊状の崩壊地を発生している。みの又谷では、石英斑岩は節理よりはく落し、1~2 m の山崩れをおこしているが規模は小さい。安山岩はみの又谷が二又にわかれる付近および二又より上流1~2 km の間で、かなりいちじるしく崩壊している。

以上、打波川筋の崩壊は一応その岩石にも起こっているが、これと地質上との関係を総括すればつぎのとおりである。カコウ閃緑岩は、表土と風化した岩塊が小規模に崩れているが、露出面積が小さいので、くわしくはわ

からない。手取層群は層理のとばしい砂岩中の割れ目からはく離し、大きな角ばった岩塊が表土とともに崩落したものが多く、安山岩溶岩は、柱状節理がよく発達し、節理よりはく落し、柱状の岩塊が下にたまっている。本川と松谷合流点付近の半島状のやせ尾根の安山岩溶岩および集塊岩は、中腹以上の急斜角が連続して、幅広く崩れ続けている。なお安山岩の変質部に特に崩壊が多いということにはならないようである。

2. 手取川水系牛首川筋

基盤は手取川層群の赤岩砂岩層、桑島砂岩 頁岩 互層で、その上を白山火山噴出物の複輝石角閃石英安山岩溶岩 および 集塊岩がおおい、別当谷、甚之助谷などでは、手取層群が大規模に地すべり崩壊し、押し出された未固結の土石流滞積物が、これらの上をおおっている。牛首川本川は白峰部落上流約 3 km の風嵐付近より左岸道路沿いに崩壊が発生し、上流に向うにしたがってその数を増している。この区間では新規の崩壊は少なく旧崩壊地の拡大と赤岩砂岩層からの落石が多い。この落石は従来存在していたきれつ、節理などから分離して落ちたもので、大きいものでは 3 m 程度の高さの角形の石が見られる。市ノ瀬より柳谷にはいと、道路上で大規模な崩壊が見られる。これらはすべて地表に存在した風化土層の中に発生した旧崩壊地が復旧しかかっていたものであるが傾斜角は 45°~60° で、崩壊土量 2 000~4 000 m³ 程度である。これらに対し新規の崩壊は厚さ 1~2 m 程度の規模の小さいものであるが、数は非常に多い。柳谷右支甚之助谷は、左岸側の白山溶岩の崖で大規模な崩落を生じている。これは長さ約 200~250 m、厚さ 3~5 m にわたって柱状節理にそって倒壊しており、5~10 万 m³ の崩落石がその崖下の崖スィ上に滞積している。この谷にある合計約 40 基の砂防ダム群は、地すべり運動のため横方向のきれつを多くふくんでおり、これらダム群の基礎となっている甚之助谷第 5 号えん堤（高さ 16 m）は竣工当時の位置から約 10 m 下流側に移動し、堤体は左右袖の一部を欠損し、本体にも大きなきれつを多くもって、その上約 10° 前傾し、いまや倒壊寸前様の様相をていしていたものであるが、これらのえん堤群は今回の地震によって、ほとんど影響を受けていない。また、この谷全体に以前から大規模の地すべりを発生しているが、これも、今回の地震により、なんら変化を見せていない。柳谷右支別当谷右岸には屋根まで続く数百万 m³ にもおよぶ大崩壊が存在する。

3. 庄川水系大白川筋

大白川の基盤は、石英斑岩およびこれを貫くカコウ岩、そして、これらをおおう白山火山の噴出物である。御母衣より間名古屋までは、工事用道路の建設により、不安定となったと考えられる土砂くずれが数箇所

生じているが、規模はあまり大きくない。大白川ダムサイト付近の崩壊は左右両岸に起こっている。左岸側は絶壁上部の安山岩の岩塊が節理よりはがれて崩落したもので、その量は 50 m³ 程度のもが多い（1カ所だけ 600 m³）。右岸側ではダムの下流側仮排水路掘削地点の約 100 m 上流より大きな崩壊がおこり、約 30 000 m³ の角ばった、大小の岩塊が崩落して大白川をせきとめている。この崩壊地の頭部付近には open crack を生じた巨岩がまだ存在している。その他の右岸側崩壊はそれほど大きくないが、ダムサイト付近の山腹の各所に岩塊の崩落を生じている。これらの崩壊はその大部分が屋根の先端で発生し、急崖をなしているものが多い。また、ダムサイト上流部で安山岩をおおっている砂れき層を崖をつくって露出しているが、1カ所をのぞき、今回の地震ではくずれていない。

4. 地震と山地の崩壊との関係について

今回の地震による山地崩壊の特長をまとめると、つぎのとおりになる。

(1) 新規崩壊は急傾斜地（60° 内外）に発生して、その厚さはせいぜい 1~3 m 程度である。すなわち、これらの崩壊は基岩の表面近くの薄い風化土層中に発生し、風化土層の厚い所では発生しがたい。

(2) 大規模の崩壊は旧崩壊地の中の不安定な滞積土砂におこっている。これは、これらの土砂は元来不安定に滞積している上に、水などによってその基部を洗われ、バランスがくずれていたものであろう。

(3) 崖くずれは切立った比較的硬い岩の割れ目、節理などから発生している。この崩壊タイプの崖くずれが、表層すべりより目立って多い。硬い岩盤は地震のエネルギーを減殺することなく短周期の急激な振動をそのまま受け、破壊されるのではないかと思われる。

(4) 大規模な地すべり、あるいは厚い崖スィ性滞積物の中では、崩落は生じがたい。間げきに富んだ厚い土砂滞積層は、振動エネルギーの一部を吸収して、長周期の振動に変えるため、いくぶんの変形は認められても、崩壊を発生するにいたらなかったものと思われる。

(5) 砂れき層上に築造された砂防ダムは、今回の地震によっては、ほとんど被害を受けなかった。

(6) 崩壊しなかった山腹にも多数の弧状のきれつが発生しており、これらは今後の多量の雨によって、滑落する可能性があると思われる。

(7) 今回の崩壊と断層との特別な関係は認められない。

（建設省土木研究所 渡辺 亮・宮島圭司・泉 岩男）

III. 道路および鉄道に関する事項

1. 道 路

主要な道路被害は打波川沿いの福井県道および白山登山道におきた。幅員 3~4m で山腹を切り開き片盛り片切りのところが多く、被害も切り取り面よりの落石、土砂崩れ、片盛り部分の地割れ、石積の前傾、一部崩壊が多い。白山登山道では河内赤岩より牛首川にそう上流約 5km が被害地で打波川沿い県道では鳩が湯小池間 4km が被害地である。なお、この地区には永久構造物はほとんどなかった。

(建設省土木研究所 山下 宏・駒田敬一)

2. 鉄 道

国鉄線被害は 越美線 31.45~31.55 km に軌道狂いを生じたのである。線形は東西にほぼ直線状をなし大野市へ 1/1 000 上り勾配である。路盤は平地に約 1m 盛土した場所で、土質は粘土質である。軌道沈下は最大 10cm, 通り狂いは最大 10cm であって、軌道は左右に波形を描いたが発見後約 1 時間で復旧を終った。

(国鉄構造物設計事務所 池田康平)

IV. 橋梁その他の一般構造物に関する事項

1. 概 説

土木構造物の被害はきわめて軽い。被害のあった橋梁は震源地のごく付近に限られ、この点は今市地震の震害にきわめて類似している。調査した範囲では永久橋は被害なく木橋も橋台の倒潰程度であった。

2. 震源地に近い地域の橋梁

小池部落対岸にある善五郎橋は方杖木橋で左岸側橋台が転倒した。美の又水路橋は 64.91m の鋼アーチ橋であるが、アーチ部に被害なくわずかにシュアのまわりのコンクリートが欠けている程度であった。中洞部落では民家の壁にきれつが入り墓石転倒から推定される震度は 0.37 以上であるが、その東北隅にある赤谷橋(6+7m, RCT形橋)、南西隅にある中村口橋(古い木橋)は被害をうけなかった。下打波橋(9.95+20.7+7.7m, RCT形ゲルバー橋)は昭和 29 年度竣工、橋脚は RC 造で岩盤に 1.5m 埋込まれているが被害はない。中原橋(木橋)の空積橋台が崩れた。中原橋の付近に小久保橋(8+8m, T形橋)、東五カ橋(43.9+43.9m, トラス橋)の二永久橋があるが被害はない。大野市での震度は 0.18 以下と推定されるが市街地東端の八千代橋(9.6m の T形桁橋 11 連と 24m の PS 橋 3 連)、靖滝橋 24m の PS 橋 1 連)は被害がなかった。

3. 震源地からややへだたった地域の橋梁

勝原駅付近の震度は 0.33 くらいと思われるが国鉄線

を跨ぐ農業用水用の小水路橋では支承との取付けにきれつが入りろう水がめだっている程度の被害があった。第 2 九頭竜川橋梁(9.8+46.8+19.2×3+12.9=127.1m)は 46.8m が上路トラス橋、残余が桁橋橋であって、橋脚の最も高いものは 22.9m である。勝原の震度は前述のごとく推測されるが橋梁の被害はなかった。九頭竜川橋梁(25.4×3+22.3×6=210m)の橋脚の高さは約 6m で地震被害はなかった。

(東京大学生産技術研究所 久保慶三郎)

V. 水力構造物に関する事項(その 1)

1. 概 説

震害件数は土木工作物関係 20 件、電気工作物関係 25 件で復旧費約 1 億円余(うち土木関係 95%)を要した。

2. 被害箇所および被害状況(震害関係一覧表参照)

震害関係施設要項一覧表

1. 市の瀬発電所

道水路(本水路): 半円アーチ形馬てい形トンネル(幅 2.4m, 高 2.45m), 延長 3 081 m

導水路(支水路): 長方形, 円形, 欠円アーチ形(幅 0.8~1.4m, 高 0.9~1.9m), 延長 2 641 m

ダ ム: 重力式越流形コンクリート造(長 57.6m, 高 4.15m, 敷幅 17.278m), 排砂門(幅 5m, 高 3.5m 鋼ローラーゲートあり)

取 水 口: 延長 22.559m(総幅 7m, 鋼製スルースゲート 2 門あり)

水 槽: 延長 56.5m, 最大巾 7.6m, 最大深 5.6m

余 水 路: 鋼管内径 0.9~1.3m, 延長 81.5m(うちコンクリート巻立 27.5m)

水 圧 管 路: 溶接鋼管上部 1 条(延長 224.164m, 内径 1.75~1.50m, 厚 11~9mm), 下部 2 条(延長 33.723m, 内径 1.05~0.90m, 厚 11~9mm)に分岐す。

伸縮装置 5 カ所, 排水弁 2 カ所, 固定台 6 カ所, 小支台 27 個を有す

2. 白峰発電所

導 水 路: 馬てい形トンネル(幅 2.4m, 高 2.85m), 延長 8 818m(うちトンネル部分 8 460m)

ダ ム: 重力式越流形コンクリート造(長 110m, 高 5.5m, 敷幅 17.2m, 頂幅 3m), 排砂門 2 基

取 水 口: 延長 10.5m, 総幅 8m, 制水門 2 基

3. 上打波発電所

支流美濃又谷取水ダム: 堤長 26.7m, 敷幅 27.7m, 高 11.16m, 排砂門 2.5×1.4m

美濃又谷取水口: 延長 7.0m, 総幅 5.6m, 制水門(5.6×1.73m) 2 門を有す

支 水 沈 砂 池: 延長 30m, 最大幅 5.5m, 最大水深 3.4m

導 水 路(本流): 馬てい形トンネル(幅 2.6m, 高 2.6m)

延長 7 330m(うちトンネル 7 210m)

導 水 路(支流): 欠円アーチ形(幅 1.4m, 高 1.83m), 延長 2 013m(うちトンネル 1 836m)

(1) 市の瀬発電所(震央より約 7km 地点)

導水路は、本水路と支水路とがある。導水路は大部分

軟質砂岩内に築造されているが、所々に粘土質岩をはきみ、その箇所には被害が集中している。また当地点はトンネル掘進中にも支保工破損により事故を生じている。被害は、本水路の内、取水口～700 m 地点間で 10 mm 前後のきれつ発生箇所は 220 m、最大 100 mm のきれつ部分は 83 m となり一部落盤の恐れありと認められた。700～1 257 m (サイフォン呑口点) 間では、10 mm 前後のきれつ発生箇所は 174 m、最大 100 mm のきれつ部分は、38.5 m で一部落盤の恐れありと認められた。そのほか、トンネルアーチ部分の変形や、インバートの盤ぶくれの箇所は約 30 m あったが、圧潰した箇所はなかった。サイフォンより下流水槽まで 1 717 m 間には、問題とされる点は比較的少なく、10 mm 以上のきれつが 40 m 発生した。支水路のうち、0～1 277 m (西谷えん堤点) 間には、トンネル圧壊 9 m 落石による暗きょの圧壊 183 m が発生、1 277～2 528 m (サイフォン吐口点) には水路圧壊箇所 34 m、10 mm 以上のきれつ発生箇所 547 m に達した。

以上の概要から被害を受けた導水路延長は総延長 5 518 m のうち、約 1 100 m に達し、その他簡易な被害箇所 (10 mm 以下のきれつ発生箇所) を考慮した場合 3 000 m 以上におよんでいる。

ダム本体には被害なく排砂門ピアーに最大 30 mm の水平きれつが発生し、一部コンクリート塊を形成してはみ出した部分があり、ゲート側部戸当りは金物継手部が弱点となりその部分のコンクリートに 2 mm 程度のきれつができた。

取水口の被害は最大 1 m のきれつが鉛直および水平方向に 3 本発生し、取水口付近の張コンクリートは盛土上に打設したためはなはだしくきれつした。

水槽は軟層砂岩の上に築造されており水圧管路上部約 2/3 は粘土質地盤、下部 1/3 は硬岩の上は築造されている。

被害状況は、水槽側壁および敷の施工継手に最大 15 mm 以上のきれつを生じたほか、余水路呑口付近の断面縮小箇所、横断方向に 150 mm のきれつが発生した。余水路小支台、計 6 基がすべて約 100 mm 程度下方に移動し、敷コンクリートにも一部きれつを生じた。

水圧管路は鉄管本体には被害なく、固定台 1 基の水平施工継手箇所に水平きれつが生じ、上部が 2 mm 前方に滑動したほか、小支台が 11 基最大 70 mm の沈下移動を生じた。一方敷張コンクリートも鉄管軸方向に平行して 20 mm のきれつが数箇所発生した。

(2) 白峰発電所 (震央より 8.5 km の地点)

ダム本体には被害はなかった。

排砂門はピアー角落し溝に平行して、垂直きれつ最大 25 mm および水平方向コンクリート施工継手に 8 mm

程度のきれつが生じた。なお上部石積護岸には数箇所大きれつを生じた。

取水口は上部からの山崩れのため一部砂をかぶり、またスクリーン下部漏堰および取水口内部にもきれつを生じた。

導水路は、上流部約 100 m 区間は、工事中から片押しがあり、一部レール補強などを施してあったもので、この部分の被害は最大 25 mm のきれつが発生したが、その他は市ノ瀬発電所の場合に比し軽微であった。

(3) 上打波発電所 (震央より約 7 km 地点)

地質は本流は砂岩系統多く、支水路は粘土との互層地帯がほとんどを占めている。サイフォン水路付近は、粘土質の所があり一部岩着していない。被害はつぎのようである。

支流美濃又谷取水ダムは山崩れのため排砂門ピアーの水平方向に 30～50 mm 程度のきれつを生じた。本流取水ダムは被害をうけなかった。

美濃又谷取水口は山崩れにより全面的に害をうけ制水門捲揚機 2 基が全壊、ピアーの一部が倒壊した。

支流沈砂池は落石のため制水門および排砂門巻上機が全壊、スラブの一部が破壊した。沈砂池本体についても、余水路敷の浮上破損、側壁のきれつ (30 mm)、越流堤ピアーの縦きれつ (30 mm) などが発生した。

導水路は本流および支流とも、山側側壁に、きれつの発生が多くまた大きい。水路巨長 9 408 m のうち、10 mm 以上のきれつ箇所 400 m、10 mm 以下 2 160 m その他、水路敷の段違い箇所および落盤箇所 7 m などで、延長 2 600 m におよび巨長の 30% 弱となる。

支流サイフォンは呑口槽側はほとんど被害なく、吐口槽基礎が岩着しないため、鉄管とコンクリート水路との取付部分に、円周方向に約 150 mm の、きれつが発生した。また、サイフォン左岸ピアーの基礎岩盤川側が、一部崩落し、小支台の一部が、300 mm 程度の移動を生じた。

水圧鉄管本体には異状なく、小支台 35 基のうち 13 基が最大 30 mm 移動沈下した。

3. 応 急 処 置

(1) 市ノ瀬発電所の場合

- 地震発生と同時に、発電所員の手によって、発電機を停止させ、ただちに受電作業を開始。
- 各ゲート関係への配電線および電話線が断線したため、水路員常駐箇所は、手動操作に切り換えた。
- 水槽余水路取りつけ部分よりの噴水流下を発見、所員 2 名がただちに水槽へ向う。
- 噴水による水槽基礎洗掘がはなはだしく、各溪流よりの流入水を排除するため所員 3 名を派遣。
- 水路内残流水による、水槽基礎洗掘防止のため、ト

ネル出口と水圧鉄管ベルマウスとを、木樋で直結し、水圧鉄管内を流下させ、同時にくい打ちによる基礎根固工を施工。

f) 土木課員の現地到着とともに水路点検を開始した。

(2) 上打波発電所の場合

a) 強震により、水路配電線および、電話線が完全に切断された。

b) 水路員が常駐する本流取入では、地震後約 10 分経過して、河川が急激に濁りそのため取水停止を行なった。

c) さらに 30 分経過して、河川流量が、 $1.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ から $0.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度に減少した。その原因は、上流地点における土砂崩れにより谷川が数箇所せきとめられたためと考えられる。

d) 部落民の連絡により、サイフォン吐口槽付近からのろろ水を知るも、美濃又谷えん堤取水口および沈砂池の各ゲートは、土砂崩れのため、破損し、操作不能となっており、わずかにサイフォンドレーン、バルブより排水を行なった。

e) サイフォンへの流下水を、せき止める方法として、サイフォン呑口槽、制水門のピン引抜きによる非常落下を試み、一応成功をおさめたため、さらに粘土によるろろ水止を施した。

f) さらに美濃又沈砂池排砂門を分解し、チェーンブロックによる、扉体引揚げを行ない、ようやくサイフォン吐口槽きれつ箇所よりのろろ水止完了した。

g) ただちに、土木課員による水路点検を開始した。

4. 復旧対策

(1) えん堤取水口

きれつ程度より判断し、根本的な改造は行わず、きれつ部分をかき取り、エポキシ樹脂系ボンダ剤を塗布の上、既設コンクリートに挿孔、さし筋を施し、鉄筋コンクリート巻立てを施工した。また、きれつ部分へ、ボンダ剤を圧入し、表面を V カットして、モルタルコーキングを施工した箇所もある。

(2) 導水路

被害程度から判断して、下記の三段階にわけ、復旧対策を樹立した。

a) 被害が特に、はなはだしく断面変形を生じている地点は、決壊のおそれありと考え、通水断面に余裕を有する所は、鉄筋コンクリートによる内巻きを、また余裕のない所では、全断面あるいは、アーチ部のみを鉄筋コンクリートによる巻直しを行なった。総長 491 m。

b) きれつが 10 mm 以上で、水路断面が変形を生じていない範囲の地点については、今後被害の拡大するおそれがある箇所と考え、9, 12, 15 kg/m レールを 1 m スパンに組立て補強を施した。レール現場継手は電源の確保できた所は電弧溶接を行ない電源なき所ではボルト締

めを行なった。総長 1103 m。

c) きれつ 10 mm 以下で被害拡大のおそれないと考えられる地点はきれつ表面を V カットし、モルタルコーキングを施工した。なおレール補強を施工した地点もきれつ部分は V カットを行ない、モルタルコーキングを施工している。総延長約 9000 m。

(3) 水槽余水路

施工継手きれつ箇所は大きく表面を V カットしボンダ剤塗布の上コンクリートでん充を行ないろろ水防止を計り、特に大ききれつ部分には周辺にボンダ剤塗布の上鉄筋コンクリート巻立てを施工した。

(4) 水圧管路

小支台沈下移動によって生じた間げき部には水圧管本体およびエキスパンジョイントに変形を生じないようにモルタルをてん充した。アンカーブロック施工継手よりの移動についてはコンクリートブロックの前面打継ぎにより補強を行なった。なお水圧鉄管本体も、機械関係社員によって点検調査を行なった。サイフォン水路工作物に関しても、同様な補強を施し、特に吐口槽基礎洗掘部分については、本格的な補強と検討が、必要とされておられ、37 年度に、岩盤の調査ボーリングを、施工する予定である。

5. 結 語

今回の震害状況から判断して、今後一層地震力に関しては厳格に考察すべきであると考えられる。特に軟弱地帯の導水路の巻厚、構造は地震を考慮して、決定すべきことを銘肝した。つぎに今回の体験から平時より留意すべきであると思われる諸点につき列記する。

(1) 軟弱地盤などの地質条件から、トンネル掘進中、支保工組立てに困難をきわめた地点は、工費の許す限り鉄筋コンクリート巻立てを行ない、トンネル掘進上の諸記録は、重要参考資料として保有する。

(2) コンクリート施工継手が、弱点となるので、ボンダ剤または、継ぎ鉄筋のそう入により完全剛結を計る。

(3) 断面変化のいちじるしい箇所、例えば、ヘッドタンクと余水路取付箇所などは、きれつが生じやすいから地震力を考慮した構造とする。

(4) 岩着しない工作物については、静的に地盤支持力が十分であっても、地震力により不等沈下を生ずることがあるので、くい打ちその他の工法により、堅固な地盤に支持させる。

(5) 配電線、電話線の断線に際して、電源通信の確保に留意する。

(6) 水路工作物保守運用規定に地震時の適切な措置を明記し、発電所員、水路勤務員に、平時より徹底させておく。

(北陸電力 K K 鶴飼孝造)

VI. 水力構造物に関する事項（その2）

1. 御母衣ダム

御母衣ダムは満水面標高760 m、高さ131 m、堤長405 m、体積800 m³の傾斜土質遮水壁型ロックフィルダムで基礎岩盤はカコウ斑岩および石英斑岩である。このダムにおける地震状況はつぎのごとくであった。

- (1) 上下動が急激にきてその後に横振動になった。
- (2) ダム上にいた観光客は普通に立っていた。
- (3) ダム上中央部の変位は約4 cm、沈下は約3 cmであった。
- (4) 右岸地山からの湧水に増減は認められないが、約24時間濁った。

(5) 監査廊には異状はないが断面の変わる所でhair crackを見出した。地震によるかどうか明らかでない。

(6) 断層部の横坑および縦坑に異状はなかった。

(7) 貯水面に30～50 cmの波がたった。ただしこの数値は確実ではない。

(8) ダム付近の事務所などで柱時計のとまったものがある。

(9) ダム上の石造飾りは破損した。

2. 御母衣発電所

発電所は貯水面下約200 mの地下にあり高さ42.8 m長さ78.0 m、幅22.5 mで最大出力215 000 kWである。ここにおける地震状況はつぎのようである。

(1) 地震発生時には音（地鳴り）がきこえ当初は機器の故障かと思ったが原因が地震とわかったので機械はとめなかった。この異常音は約30 sec続いた。

(2) 地震としては上下動のみ感じた。周期は5～20 secとする人もいたが確実ではない。

(3) 低圧回路定電圧リレーが瞬時異常作動したがただちに復旧した。

(4) 余震は感じられなかった。

3. 取水塔

取水塔は高89.5 m、断面18.7×17.5 mのRC造でスパン49 mの連絡橋で左岸につながっている。その地震状況はつぎのようである。

(1) 係員の見た所では塔と橋との取付部が約8 cm開閉したというが、数値は感じたもので信頼しがたい。

(2) 取水塔に連結してあった内径4 cmのガス管は切断し約1 cmのすき間を生じた。

(3) 床上にあった鋼製角落しが倒れた。

(4) 係員は上下動は感じなかったが器物につかまっ歩きしたという。

4. 御母衣第二発電所

工事中の御母衣第二発電所地点における地震状況はつぎのようである。

表一1 北美濃地震の余震記録表

観測地点		御母衣第二発電所		大白川ダム地点	
月日	時分	強弱	月日	時分	強弱
8.19	14.34	強大	8.19	23.18	
〃	〃	観測せず	〃	23.55	強大
〃	〃	〃	8.20	0.10	〃
〃	17.06	やや大	〃	0.30	〃
〃	17.50	〃	〃	1.33	〃
〃	18.00	〃	〃	1.43	〃
〃	19.50	〃	〃	2.11	〃
〃	20.24	〃	〃	2.15	〃
〃	21.05	〃	〃	2.38	〃
〃	21.47	〃	〃	2.51	〃
〃	22.10	やや大	〃	2.53	大
〃	22.34	〃	〃	3.54	〃
〃	23.02	〃	〃	4.00	〃
〃	23.13	〃	〃	4.05	〃
8.20	4.09	〃	8.20	4.28	〃
〃	〃	〃	〃	4.48	〃
〃	〃	〃	〃	5.15	〃
〃	〃	〃	〃	5.20	〃
〃	〃	〃	〃	5.35	〃
〃	〃	〃	〃	6.00	〃
〃	〃	〃	〃	6.04	〃
〃	〃	〃	〃	6.10	〃
〃	〃	〃	〃	6.38	〃
〃	〃	〃	〃	6.58	大
〃	〃	〃	〃	8.45	〃
〃	〃	〃	〃	11.30	〃
〃	〃	〃	〃	11.53	〃

(1) 大白川バイパス トンネル出口で石英斑岩の地山約2万 m³が崩壊し死傷者を生じた。

(2) 付近にある杉皮ぶき温泉小屋は無被害であった。

(3) 水平動のみで上下動は感じなかった。

(4) せみが約4分間鳴き止んだ。

(5) 電発神田技師は14時34分の大地震後まもない17時6分から余震記録をとることに気づき翌日の21時58分まで観測を続け、貴重な記録をとった（表一1）。

（電源開発KK 高畑政信）

VII. 黒部ダム建設現場における地震観測

1. 地震記録

ダム右岸の河床より170 m上部のバッチャー プラント付近の岩盤上に打設された巨大なコンクリート擁壁の中段にすえてあった石本式加速度計（周期0.1 sec、感度2.3～2.4 gal/mm、記録速度60 mm/min）が北美濃地震および長野県北西部地震を記録した。前者は、震央距離約99 km、最大加速度は5 gal被害は全くなかった。後者（8月19日10時24分）はM=5で規模は大きくない局地震であるが震央が南方7 kmであったため、加速度は0.19 gを記録し被害を生じた。この加速度は岩盤上で計器により記録されたものでは従来にない大きなものである。人体感覚では前者は人体にはかなり長い間感じられたが、後者は本余震ともきわめて衝撃的であった。

2. ダムサイト付近における被害

北美濃地震による被害はなく、長野県北西部地震により被害をうけた。その最大加速度は大きく0.19 gを記録したが瞬間的なものであったため仮設備、永久構造物とも構造的被害はなく掘削のり面からの落石などによる工用機械に生じた。貯水池内周辺を一巡した視界の範囲では、地震による新しい山崩れは見られなかったが登山道に小規模落石がかなりみられた。ダムより10 km

下流の地下発電所内では強いショックは感じなかったが地上にあるRC建築の宿舎ではかなりのショックを感じたといわれている。(関西電力KK 野瀬正儀)

VIII. 下小島ダム サイトにおける地震記録

震央より約 40 km へだたる岐阜県吉城郡河合町地内宮川支流小島川筋下小島ダム予定地点にかねてより地震計が設置され地震を観測していた。この付近の地盤は黒雲母角閃石片麻岩であって地震計の設置してあるのは右岸斜面に掘削された No. 29 試掘横坑の入口より 7~8 m の位置である。地震計は石本式三成分加速度計であって固有周期 0.08 sec (上下動計), 0.1 sec (水平動計), 幾何倍率 200 倍, 送り速度 1 mm/sec である。地震記録より求めた最大加速度は N 73.0°E : 18 gal, N 17.0°E : 22 gal, UD : 13 gal であった。(関西電力KK 吉田 登)

IX. 吉田大橋における地震記録

1. 概 説

震央の南々東約 160 km で一級国道 1 号線が豊川を横断する所に吉田大橋がある。スパンは 45+60+45 m の連続箱桁橋および 32~26 m の単純桁橋 4 連よりなり、基礎構造は低水敷 4 基はケーソン基礎, 高水敷 4 基は松基礎である。この付近は中央構造線の屈曲部にあたり豊橋平野の基盤層は第 3 紀層と考えられる。左岸橋台の付近には従来小さな支川が流入していたが橋梁完成後埋立てられた基礎地盤は主として砂礫と粘土の互層よりなり低水敷では地表下 18 m までは粘土層である。しかしケーソン底部にあたる 20 m 以深の土質は粘土混り砂で $N=60$ を示している。一方高水敷の表層約 3.5 m はローム層でおおわれその下方に良質な砂礫層がある。ゴムチューブを用いた水平方向基礎地盤係数測定装置によって求めた水平方向の基礎地盤係数は表-2 に示すとおり

表-2

土 質	深 さ (m)	基礎地盤強度
砂 質 ル ー ム	0.8~2.8	1.67 kg/cm ³
粗 砂	2.8~4.8	1.11
礫 混 り 砂	5.0~7.0	3.75
同 上	8.6~10.6	1.30
砂 礫	12.7~14.7	1.57
砂 質 粘 土	21~23	6.88
同 上	21~23	2.22

である。

2. 橋脚の振動特性

上部構造架設前の橋脚のみに対する振動試験から橋脚 P₁ (井筒基礎) に関して、固有周期 0.150~0.165 sec, 減衰係数 0.085~0.147 が得られた。上部構造架設後の橋梁全体について振動試験から橋脚 P₂ (井筒基礎, 連続桁に対してヒンジ支承) に関して固有周期 0.290~0.309 sec 減衰係 0.088~0.110 数が得られた。

3. 地震記録

左岸地盤上にむける橋軸および橋軸直交方向の成分, 橋脚 P₁, P₂ (いずれも井筒基礎) 上にて橋軸方向各 1 成分について加速度記録が得られた。地震計は電磁式で固有周期 3 cps であり, 0.5~30 cps で加速度を記録する。記録について周期頻度を求めた結果つぎのような性質が認められた。

- (1) 地盤には 2.3 種類の地震時の卓越周期がある。
- (2) 橋梁は地盤の振動周期にほとんど支配されその固有の周期で振動している。
- (3) 橋梁の固有振動周期と地盤の振動周期とが比較的近接した値であるために橋脚頂部に生じた震度は地盤の震度の約 2.5 倍になっている。以上は本橋に関して得られた最初の地震記録でしかも唯一のものである。したがって客観性に未だ幾多の疑問点があるとのことを特にお断りしておく。(建設省土木研究所 栗原栄一)

【総括責任者 東京大学生産技術研究所 岡本舜三】

新 刊 紹 介

ダム風土記

道なき山を開き、峡谷を登り大自然の猛威の前に負けることなく戦う。ダムを造るということは水を治めることで見事な事業であるが、土木屋にとってこれは自然を制することに他ならない。数ヶ月で完成をみるダムから大は数年、時には 10 数年を要するものまでである。その完成への道程は陣痛の苦しみにも似て大きな試練である。

この数多くの土木技術者の努力の結晶として誕生したダムは完成と同時に自然の中へ帰り、もう土木屋のものではない。あるものは自然と融和し、あるものはそこに新しい景観を造る。本書は「毎日グラフ」に連載された

“ダム風土記”をもととして、各ダムの規模や構造、ダム周辺の歴史、風俗、伝説、観光施設、交通、宿泊等を簡単ながら要を得て紹介してあるダムを中心とした観光案内書である。ここに紹介されたダムはその用途、種類を代表するところの糠平、石淵、奥只見、田子倉、小河内、黒部第四、御母衣、佐久間、坂本、池原、風屋、平鍋、鶴田などのダムと中四幹線である。土木屋の手を離れたダムがどのように人々に愛されているか、また理解されているかを知るにもよい本であると思う。本書によって写真にもう一工夫欲しかった点は残念である。

書 名：ダム風土記
編 者：毎日新聞社
体 裁：新書版 160 ページ
価 格：220 円