

3. 工場・倉庫の震害とその対策

星野 昌 一

3.1 新潟震害の特色

今回の新潟震害は建築的にみると過去の関東大震災や福井震災に比べて、つぎのような特異な面が感じられる。

- a) 地域的に震害が大きい差のあること。
- b) 建築そのものの被害よりも地盤の沈下・流動による被害が大きかったこと。
- c) 在来耐震的に最良とされた鉄筋コンクリート造のもの傾斜、転倒などの被害が、鉄骨・木造の被害（実際にはこれもかなり多かった）よりも大きく目立ったこと。
- d) 工場災害が特にいちじるしく、一般民家の災害を上回った。
- e) 公共施設（水道・道路・橋梁・港湾・隧道など）の災害が以外に大きく、工場などの復旧、作業再開をいちじるしく遅らせたこと。
- f) 建物の沈下、傾斜に伴う周辺施設への影響の大きかったこと。



第 3.1 図 建物は傾斜し、配管の支柱は倒れている



第 3.2 図 建物のつき目は大きく口があき配管類は切断あるいは屈曲している



第 3.3 図 二つの建物をつないでいる廊下は脱落し、配管類は切断されている

- g) 水害がかなり広い範囲に及んだこと。

3.2 工場施設の災害とその対策

工場の種類、規模、構造、所在地によって、その災害の程度が異なっているが、つぎのような事例が起こっている。

a) 長大コンクリート造工場

もっとも軟弱な地盤にある大型重量機械を上階に設置した長大工場では、全体に陥没傾斜する一方（第 3.1 図参照）、増設部のつき手に大きい割れ目を生じ（第 3.2 図参照）、つなぎ廊下などは切断落下に至っている（第 3.3 図参照）。これらは建築そのものの建設後、機械類が更新、増強されたために起こったことにも起因することがあるが、大部分は基礎工法の不備にあると考えられる。一方 2 棟の建物は当然別個に振動または移動沈下するものと考えなければならぬから、これらの相接する部分をつなぐ配管や渡り廊下のたぐいは相当の変位があつて、脱落、切損しないような構造を採用すべきであろう。基礎は当然独立基礎とせず全体を連結した格子組式のものとしなければならない。

b) 多層コンクリート造工場

軟弱地盤に建つ多層工場は当然杭打その他の地業を行なって基礎を支持しているはずであるが、自重による沈下と振動による地盤の流動によって不同沈下を起こし

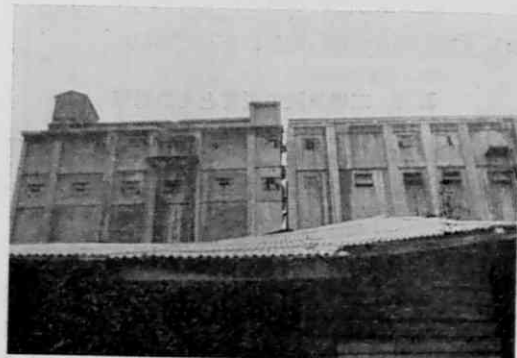


第 3.4 図 左側のコンクリート造の工場が全体として右に傾斜し、右の塔状物は左に傾斜している

(第 3.4 図参照)、建物の一部に「打ちつき」のような弱点部があると、その部分ではっきり切断してしまい、当然内部の配管類にも大きい被害を与える (第 3.5 図参照)。

これは相当に入念に施工された比較的新しい場合でも類似の現象が起こっている (第 3.6 図参照)、基礎を特別に工夫して連結しない限り避けにくい現象と考えられる。この場合にはこの建物の傾斜のために隣接した鉄骨造の車庫の一部を押しつぶし、全体に大きい被害を与えた。

高層建築をこのような軟弱地盤に建てること自体に大



第 3.5 図 建増し部分で切断したコンクリートの建物

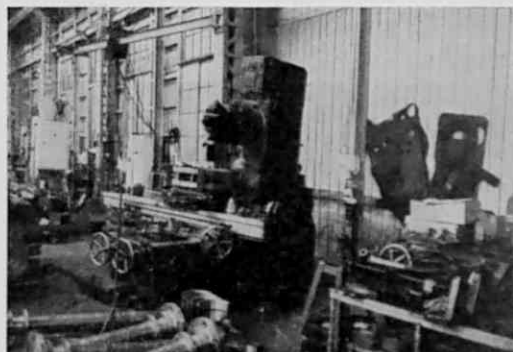


第 3.6 図 全面的に傾斜し、建増し部分で切断している。この傾斜によって隣接鉄骨車庫はかなり変形して被害をうけている

きい問題があり、自重と振動による沈下を避けるためには摩擦抗だけでは不可であり、さりとて強固な地質まで到達させることもむずかしいと思われるので、やむをえなければ潜函工法的な浮き基礎構造でもして、地下室基礎部分を張り出して安定した構造体としなければならないであろう。この場合当然自重を極力軽減して、全体の自重が浮力とバランスする程度 (全体の $1/3 \sim 1/5$ くらいの容積) を埋設するのも一案であろう。この場合にも周辺部分との振動の差を考慮して、付属物や配管類の結合には十分な変位に対して安全な考慮を払っておく必要が生じるであろう。

c) 長大鉄骨造

鉄骨造の工場は、それ自体の自重が比較的軽いためかなり軟弱な地盤にあっても基礎さえ完全であれば、柱・梁・小屋組などの鉄骨部分はそれほど大きい変位を示しておらず、天井走行クレーンなども、どうやら使用できる状態である。この場合むしろ問題となるのは、建物全体がやや沈下すること、この内部に設置された機械類の基礎が防振的な考えから完全に建物から独立しているため、相互にいろいろな方向に傾斜沈下して、全体を分解修理して基礎を修正しなければ再使用できない状態になっていることである (第 3.7 図参照)。



第 3.7 図 鉄骨軸組はほとんど安全でクレーンも通るが、機械類が傾斜、沈下し床がひび割れた例

機械そのものの重量が局部的に大きい上に、ラジアルボールのように自重がアンバランスになりやすい機械類はどうしても傾斜沈下を起こしやすいので、場合によっては建物を格子基礎として全体の面積で分担するにしなければ沈下は防ぎ切れないように思われる。ある種の長大機械では全体に深さ 2m くらいの基礎を埋め込んであるが、自重で傾斜沈降して使用不能になっている。これは建物の端部にあったので、下面の土砂の一部が外部に脱出したためいっそう大きく陥没したのではないかとと思われる点もある。

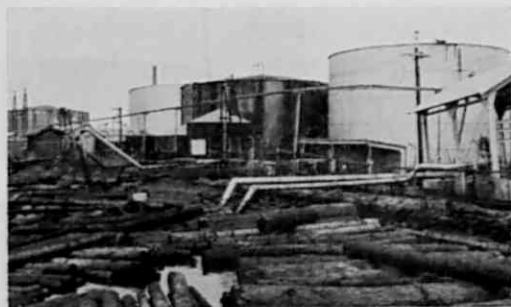
d) 高層鉄骨施設

高い反応塔の類はみかけに寄らず軽量であるためと、高いことで当初から十分に考慮された安定性のよい広い

礎盤を持っているためか、比較的被害が少なかった。これに反して高いコンクリート煙突や、レンガ造の塔状物はひどく障害をうけていた。高塔は地震の際に相当に振動するので、数個の高さのちがう塔状物が近接して設置される時、当然固有周期の差による相対変位が大きいため、これを連結している渡り廊下のようなものが破断している例があった。

e) 大規模鉄造施設

貯油槽、瓦斯槽などの大規模な施設は自重に対しては慎重に基礎や油槽の各部分などが考慮されているが、その反面内部の油や水が、地震の周期と同調して大きく揺動して、槽外に溢出したり、また槽内で共振して油槽の側面板を变形させ、頂板（天蓋）を坐くつさせたり、繋ぎ金物を切断している例が多かった。このために多量の油が流出して、付近の河川などの水面をおおい、不幸にしてその一部に引火すれば一面を火の海に化する危険を内蔵している（第 3・8 図参照）。



第 3・8 図 中央の油槽は油洩れがひどく付辺の水
路を一面に油でふさいでいる

これらの施設は溶接部分のきれつ防止をはかるとともに、全体の形状や側板との給合部の補強を考慮の必要があり、また流出した油を他に拡大しないような防油堤（壁）の設定で危険を局地に食い止めなければならない。この防油壁がお座りなりのブロック造などでつくられているため、地震で大ききれつを生じて傾斜している例が多く、また配管類が油槽に取り付く部分で切断して漏油している例も多いので、全面的にこれらの全体の耐震工法を確立するとともに、被害を局限する方策を考えなくてはならない。

f) 木造施設

今回の地震によって倒壊あるいは大破した建物も多いが、その中には土台その他軸組の腐食によって少しの外力でも倒壊するような構造のものも多く、しかも比較的屋根の重い瓦造のものが多いためにかなり広範囲に被害が及んでいる（第 3・9 図参照）。

工場が災害をうけた場合に復旧作業の本部、指揮所となるべき事務所が崩壊あるいは焼失すると、必要図面その他の滅失も考えられ、復旧を遅らせる大きな原因となりやすい。このために本部建物の防災対策は特に慎重に



第 3・9 図 木造瓦ぶき二階事務所の被害

考えるべきで、生産と直接関係がないというので、本部建物をチャチな木造にするようなことは改めるべきであろう。

3. 3 倉庫施設の災害とその対策

工場とともに生産施設の大きい役割を果たしている倉庫の防災も大切であるが、倉庫の場合は震害そのものよりも、むしろこれに伴って発生する「火災」と「水害」の方が決定的な被害の増大をもたらすものである。



第 3・10 図 倒壊した岸壁と傾斜した石油タンク

新潟地震の場合に、工場付設倉庫の中にはかなり大きい損傷をうけたものも多かったが、幸いにして火災を発生したのは石油関係の施設だけで、他は水害に見舞われたものが多かった。

輸送の中心地新潟埠頭は震災によって大きい損害を受け、岸壁はほとんど完全に倒壊した（第 3・10 図）。それによって岸壁内に土砂が海の方に押し出され、全体に地盤が沈下して岸壁付近の倉庫は軒なみに大きい被害を受けた。

a) 鉄筋コンクリート造倉庫

岸壁に接した重量の大きい鉄筋コンクリート造の倉庫は海の方に移動した地盤によって基礎が移動し、上部構造を完全に破断している。幸いにして倒壊はまぬかれたが、とうてい再使用は不可能と思われるし、このような軟弱地盤に建つ倉庫は当然基礎を格子状にして砂の流出を防ぐ工法をとり、上部構造は軽量な鉄骨造とする方が

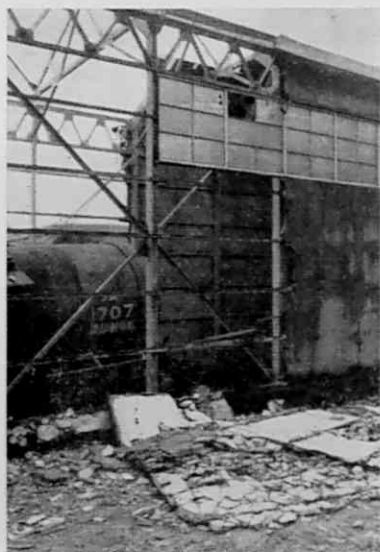


第 3・11 図 地盤の移動によって切断した
コンクリート造倉庫

有利であろう (第 3・11 図参照)。

b) 鉄骨造倉庫

下部構造を鉄筋コンクリート造とし、ツナギ梁を入れた構造で、上部を安定性のよい鉄骨アーチ構造とした倉



第 3・12 図 タンク車の転倒で一部損傷をうけた鉄骨倉庫
(壁はあとからこわしたものの)

庫は、積荷が多少ズレた程度で建物は、まったく無被害であった。ただし鉄骨造でも基礎が独立した不安定なものでは基礎の移動によって屋根トラスが大きく変形した例は多かった。

トラスのみを鉄骨造とし壁面をブロック造またはレンガ造としたもので、壁面にきれつを生じた例は多く、この場合も鉄骨造の部分は安全であった例は多い。壁面をラスモルタルとしたもので内部にあったタンク車が傾斜して激突し、壁をいためた例はあった (第 3・12 図参照)。

c) 木造倉庫

軸組木造としトラスの一部に鉄骨を使用したものは軸

組の倒壊によって大きい被害をうけている。異種構造の組合せは、ときどき局部的な坐屈を起こすようなことが起こりやすく、木造モルタルの軸組の腐食が構造体を脆弱にしたことと、大きい地盤の移動が致命傷となったものと思われる (第 3・13 図、第 3・14 図)。



第 3・13 図 モルタル塗の外壁はこわれて
屋根の落ちた倉庫



第 3・14 図 スレート等の屋根が全面的に
落下している

むすび

一般の生産施設では工場建築を機械、装置の雨よけ用の上屋としか考えず、建築と切り離して機械の配置、基礎を定めるのが通例であるが、このために建物の一部に過度の荷重が加わって床を破壊したり、機械の基礎がバラバラに不同沈下を起こしたりしやすい。

建物の柱の基礎を相互に連結し、機械類は特殊なものを除いて全体として広い面積で支持するようにすれば、このような損害は防げたであろう。少なくとも基礎下面の土砂の移動を食いとめる工夫をしなければ軟弱な水面下地盤の沈下、流動は防げないと思われる。

(1964年8月4日受理)

表紙写真

新潟地帯に際しては、多くの航空写真が官民一致の協力によって撮影されたが、この写真は、被災後約 23 時間後に垂直航空カメラを使って、石油タンク群の火災状況を撮影した斜めの写真である。このようなアングルからの写真は非常に珍しい。