

軟弱地盤における建築物の耐震設計 基準に関する調査研究報告

日本建築学会

Investigation with Respect to the Design of Aseismatic Structures on Loose Ground By the Architectural Institute of Japan, Tokyo

Abstract

After the Niigata Earthquake of June 16, 1964, the Architectural Institute of Japan set up an organization for investigating the ground condition in the afflicted areas within Niigata, Yamagata and Akita prefectures, excluding the Niigata City area, where another investigating team had started the study on the ground condition. The actual condition of the damage was put under observation in an attempt to find out a proper explanation of the inter-relation between the damaged structures and its ground condition.

The locations of the boring were selected to include both of the two regions, namely, one region where the damage was due to settlement, landslide and other movements of the ground surface, and another region where the damage was principally due to the vibration of the ground surface. Further, their vicinities where no or little damage was observed were added.

The study of soils consisted of the tests of standard penetration, specific gravity of soil particle, water content and particle grading analysis. In case of viscous soil, the tests of liquid limit and plastic limit were also made.

Conclusions from this investigation are as follows :

1. The damage due to the ground movement occurred mainly at the places where the ground consisted of sand up to the surface and N-values of its vicinity were less than 5. There were spouts of sand and water when the ground-water level of the place was close to the ground surface. The percentage of damage became less in the region where the N-value increased rapidly with the depth.

2. Liquefaction of the sand layer and sand soil was observed in such places where the ground-water level was very close to the ground surface and the N-values were less than 10 at the depth of more than 10 m under the ground.

3. Damage to wooden buildings was slight even on the sandy ground if its N-value became more than 10 at such shallow depths as 1 to 2 m under the ground. However, the ground settlement was observed at the interior foothills of dunes along the seashore.

4. The damage to wooden buildings due to vibration was conspicuously heavy and that due to ground movement was comparatively slight in the regions where the ground consisted of silt and clay, and N-value was less than 5 at the surface.

5. Clay walls and reinforced concrete walls were damaged by vibration even in the region where N-value was more than 10 at the surface if the place was close to the epicenter.

Actual circumstances with respect to the aspect and percentage of damage, soil formation and N-values for each region were presented, and the observations and their explanations were also given. But it is necessary to develop these investigations into more quantitative ones by analyzing and adjusting these data. In order to solve these problems, the author regards it as a definite necessity to install more seismographs in various regions and to file up and analyze the boring data of these places.

はじめに

この報告は昭和39年度・新潟地震防災総合研究費の中、建設省住宅局から日本建築学会に委託された「軟弱地盤における建築物の耐震設計基準に関する調査研究」に関してまとめたものの概要である。詳細については日本建築学会の調査研究報告¹⁾を参照されたい。

調査研究の目的は昭和39年6月16日の新潟地震の後、その被災地における地盤調査を行ない、被害の実態を合せ考察することにより主として軟弱地盤における建物被害と地盤の性質との関連を見出そうとしたものである。

地盤調査の範囲は新潟市内は別途行なわれているので、新潟市をのぞく新潟県下および山形、秋田県下の24ヵ所を選び地下20mまでを原則としてボーリングを行なった。

ボーリング地点の選定にあたっては地盤沈下、地すべり等地表面の変動により被害の起った地点および地表面の変動はあまり見られないが主として振動によって被害の起った地点を選び、これにその地点の附近で被害のなかった地点を加えた。なお各地点についてボーリングによる地質調査のほかには各地点附近の被害状況、木造家屋の倒壊率の調査および既往のボーリング資料の収集も合わせて行なった。

ボーリングの内容は標準貫入試験および土粒子の比重試験、含水量試験、粒度分析試験を行ない、なお試料が粘性土の場合には液性限界試験、塑性限界試験も行なった。

以上の各資料を比較検討することにより被害の様相と地盤の性状との関連を定量的に定めうる事が、この種研究の目標であるが、現在までのところ調査地点の数も少く、しかも資料の収集がその作業の大部分であったので、地震による被害現象は極めて複雑であるから、決定的な結論を得るには今後これら調査研究の増加、地盤の加速度、変位などと合せて定量的な検討によって、不明の点の解明が必要であるが、以上のごとく行なった調査資料で被害と地盤との関係を見出そうとして整理してみた。

整理の方法はボーリング実施地点をその被害から

1. 地盤変動(沈下、きれつ、流動化等)による被害の目立つ地区
2. 振動的被害の目立つ地区
3. 被害の比較的少なかった地区

以上を分類し、それぞれの地点の土質組成、標準貫入値、常時微動の頻度曲線を示した。前記3つの分類はある程度主観的なもので、厳密に考えれば、地盤変動には

かならず振動が伴うものであるし、振動には大なり小なり地盤変動が伴うわけであり、また被害の状態も建物の良否で甚だしく違うから、上記のような分類も定量的なものではなく極めてあいまいなものにすぎないけれども、土質組成図とN値を合せながめると、被害との間に幾らかの関連が見出せるようである。以上整理の結果を述べることにする。

なお、この資料作成のために御協力を頂いた建設省建築研究所および建築指導課、東京ボーリング、新潟県、山形県、秋田県の方々へ合せ感謝の意を表する。

軟弱地盤における建築物の耐震設計基準に関する調査研究委員会

- 委員長 仲 威雄
幹事 松下清夫 梅村 魁
委員 伊藤 勝 大崎順彦 大沢 胖 金井 清
金谷裕二 小泉安則 小林啓美 古藤田喜久雄

表—1 ボーリング地点と被害率
Locations of borings and damage rate.

地 名	木 造 建 物 備 考	被害率*
1) 新潟県中蒲原郡馬原川原 668 番地		17.1
2) 西蒲原郡黒崎村字柳作 842	黒崎	52.7
3) 北蒲原郡水原町大字水原 313 番96		49.0
4) 北蒲原郡水原町字北新町3554	被害	59.0
5) 北蒲原郡中条町大出		33.0
6) 北蒲原郡中条町桃崎浜	中条	5.3
7) 岩船郡神林村字塩谷1215番地		30.1
8) 岩船郡神林村字塩谷1215番地	神林	1.6
9) 村上市四日市		23.0
10) 村上市岩船町大字岩船・岩船小学校	村上	**6.8
11) 村上市・村上中学校		
12) 村上市八日市		24.1
13) 山形県酒田市宮前浦 174		13.0
14) 酒田市飯森山稲荷 1		57.0
15) 酒田市十里塚 2 の 1	酒田	—
16) 酒田市坂野辺新田		1.0
17) 酒田市黒森宇谷地中		11.0
18) 鶴岡市長崎西40		59.0
19) 鶴岡市大山町上木町 2 の 452	鶴岡	26.0
20) 鶴岡市下興野81		65.0
21) 秋田県秋田市茨島町		*** —

* 被害率は(全棟+ $\frac{1}{2}$ 半壊)数を世帯数で除したもの。
** 岩船地区(八日市を含む)の被害率。
*** 局部的な被害で被害率は小さい。
備考の数値は地区全体の被害率。

山東和郎 志賀敏男 田中貞二 北後 野
 村上雅也
 地方委員 新潟県山崎建築課長
 山形県藤田建築課長
 秋田県木村建築課長

1. ボーリング地点と被害率
 各県下で行なったボーリング地点とその附近の被害率とを表-1 に示し、図-1, 2 にその地点を示した。
 2. ボーリング結果の分類と被害状況
 表-2 にボーリング地点の地形、地盤、被害の種別お

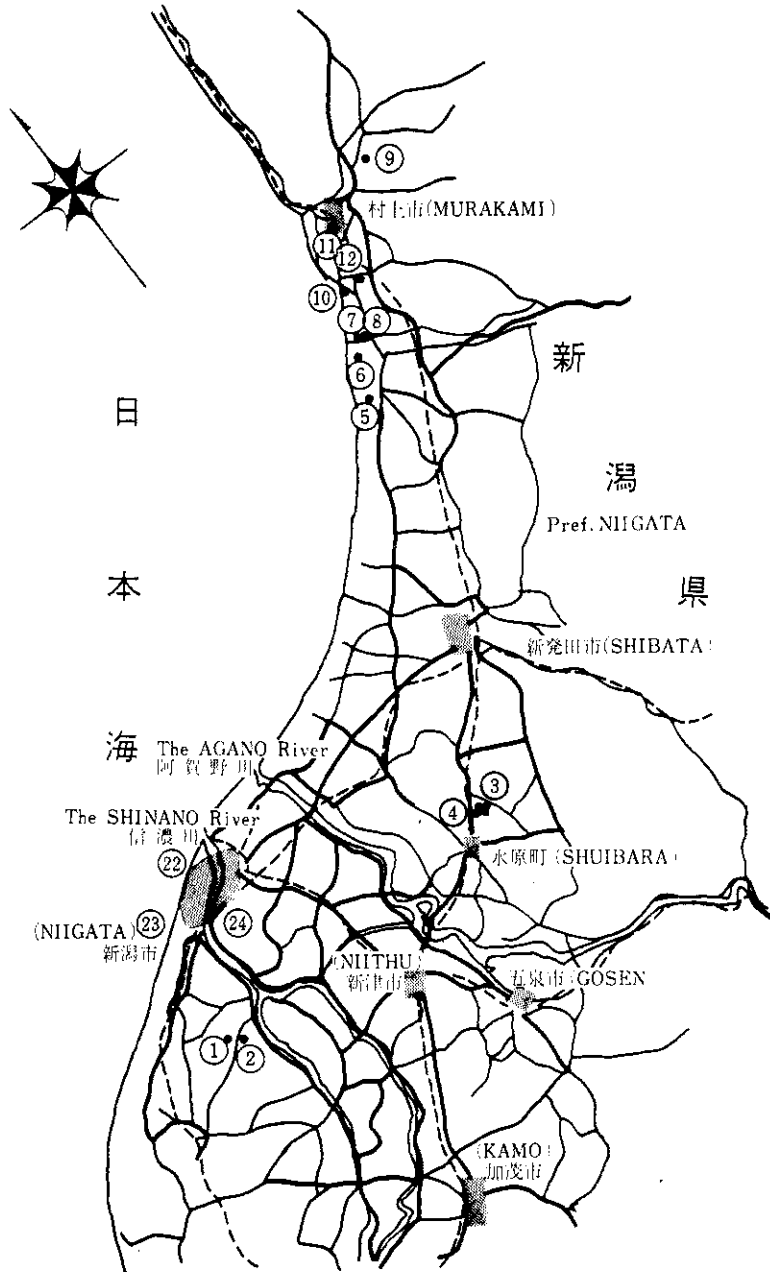


図-1 Location of borings (Niigata Pref.).

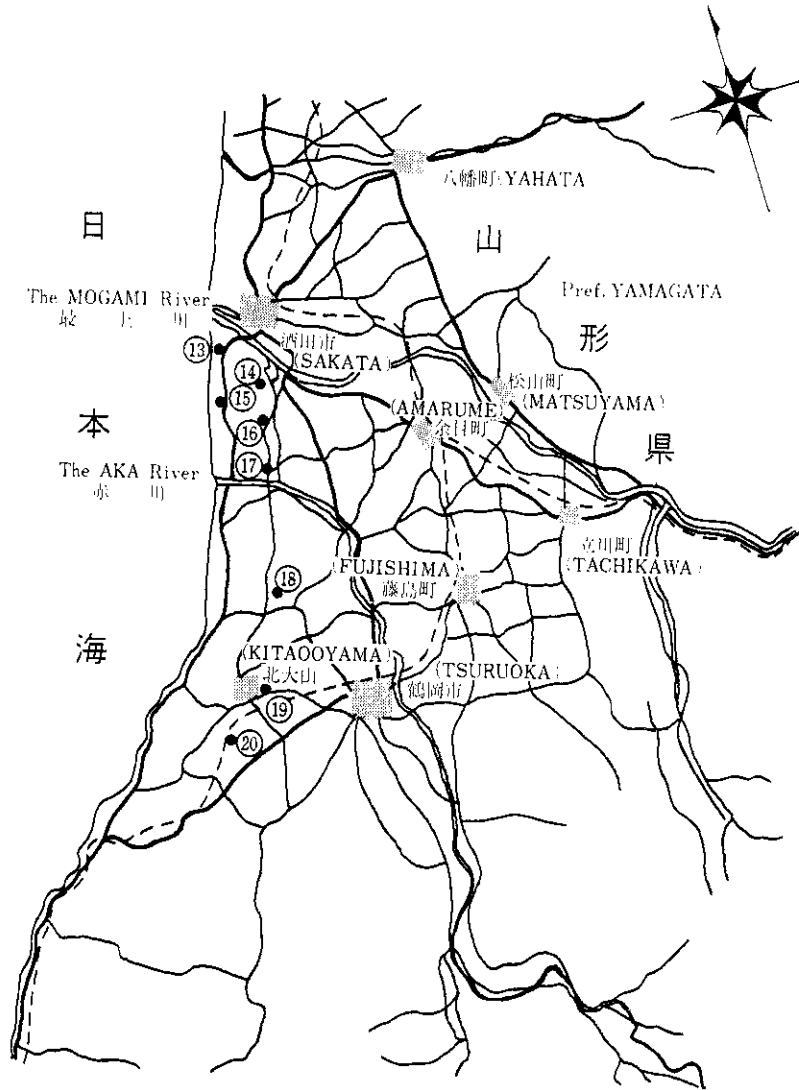


図-2 Location of borings (Yamagata Pref.).

よび状況を示す。

3. 被害と土質組成, N値, 常時微動

各地点の被害原因をながめて, 地盤変動によるもの, 振動的要因のものおよび被害の少なかった地区のうち代表的なものを被害別にとり出し, 土質組成図とN値, 常時微動の周期頻度曲線を示した。N値の図中に示した数字は倒壊率を再録したものである。

3-1 地盤変動, 流動化の目立つ地区

②で地盤に亀裂が生じ, コンクリートブロック塀が横

に動いてかつ沈下し激しく傾いた状態が見られ, ④は砂地で噴砂現象が非常に多く, 地盤沈下が甚だしく, いわゆる不同沈下を起したり, 傾斜した家屋が見られ(写真-1), ボーリング地点は代表的被害を示した地域内に位置している。⑦も不同沈下による被害が目立つ。(図-3, 4)

3-2 振動的被害の目立つ地区

④では古い長屋式の基礎に丸石を使ってある建物が集中的に倒壊しており, 建物自身が弱かったとはいえ, 振

表—2 ボーリング地点の地形と被害状況
Natural features of location of borings and classification of damage.

	ボーリング地名	備考	被害状況	地形および被害状況	
砂	砂丘上 ⑮ 十里塚		O	砂丘の海岸側で被害なし	
	砂丘 (内陸側)	⑦ 塩屋 No. 2	砂利層が あらわれ	S	砂丘の内陸側で地盤が陥没して家屋が倒壊。その陥没地
		⑧ 塩屋 No. 3		S	⑦と海岸線に直交して内陸側の田圃のわき
		⑥ 桃崎浜		S	旧胎内川から約 100m へだてた所一帯はゆるい斜面であり、数条の段形を画いて陥没を生じ、川の両側の田圃は陥没。
		⑫ 八日市		S(V・C)	地盤変動に基く被害が甚しく、農業用水路の崩壊が多い。家屋の被害は田圃上に盛土(砂)した部分に限られる。
		⑬ 宮の浦		C	海岸近くの砂丘で地盤の沈下、地割の起った処で地盤変動にともなう大被害を受けた。水噴出。
		⑭ 飯森山		S・C	砂地で水噴出、噴砂現象が多く地盤沈下が甚だしく、家屋の不同沈下、傾斜が見られた。
		⑯ 坂野辺新田		C	砂丘の陸側の裾に位し、砂丘に極く近い処で地盤沈下による被害
		⑰ 黒森		S・C	砂丘の陸側の斜面(裾からやや上ったところ)に位置し、不同沈下が目立つ。土砂、水噴出。
		⑱ 黒崎村 No. 1		C	旧川中にあたるところで田が隆起し稲がうまっているところ
⑳ 茨島	C	雄物川放水路の残土を一帯に盛土した地域で、旧雄物川の流路局部的に沈下、地割。			
質	砂利層	地下水の 目噴	C	旧胎内川に接し、震源地の方向に直向する地面亀裂が生じかつ地盤が沈下した。	
	⑤ 大出小学校		C(S・V)	三面川流域にかけて地盤の変動が激しかった。	
	⑨ 村上四日市		O・V	振動で木造家屋が破損。	
	⑩ 岩船小学校		O・V	市の中心部は被害が少い、村上中学校では R・C 構造の壁にせん断きれつ	
粘性	② 黒崎村 No. 2		O	①と比較の差、旧堤防外の被害のないところ	
	③ 瓢湖畔		C・V	湖岸から 5m 位のところで附近は陥没により大被害をうけた、一方振動的被害も見る。	
	④ 北新町		V	振動的にはかなりゆられたと考えられる場所で老朽な家屋が集中的に倒壊した。	
	⑬ 長崎		V	砂丘の陸側の裾からあまり離れていないところで振動的被害。	
	⑰ 大山		V	海岸沿いにある山の陸側の裾の近くで周りは田圃で宮の浦から南に走る砂丘はこの町の北端で終っている。完全な振動的破壊形式。	
	⑳ 下興屋		V・C	大山の南、周りは田圃で地盤沈下、水の噴出も見られ、振動的な被害も見られた。	

C:沈下 V:振動 S:地すべり O:無被害



写真—1 飯森山 ⑭ 陥没による家屋の被害
Damaged houses by vibration.



写真—2 大山 ⑰ 振動による家屋の倒壊
Fallen houses by vibration.

動的にかなりゆられたと考えられる場所であり、⑬⑰は完全な振動的破壊形式を示していた。(図—5,6 写真—2)

③⑳は振動的被害を示すとともに陥没、砂及び水の噴出も認められた。(図—7)。

3—3 被害の比較的少なかった地区

⑮は酒田市十里塚(砂丘の海岸側)で被害がなく、⑩⑪は震源地に近いが被害が比較的少い地区であるが振動的被害が見られ、木造の壁が落ちたり、⑪では鉄筋コンク

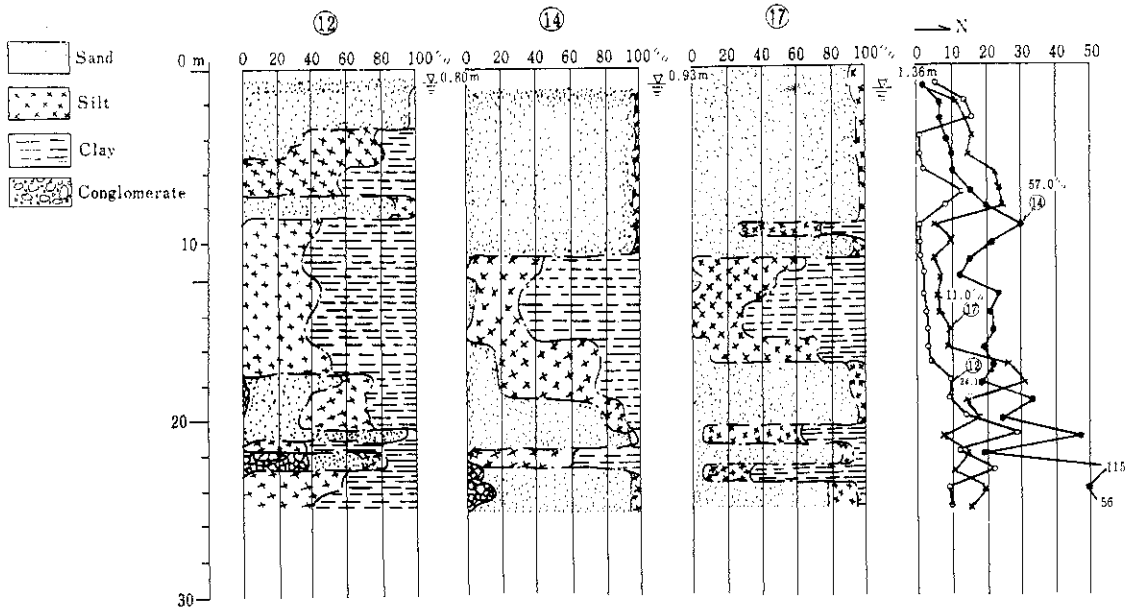


図-3 Severe damage owing to uneven settlement and conspicuous spouting of water and sand.

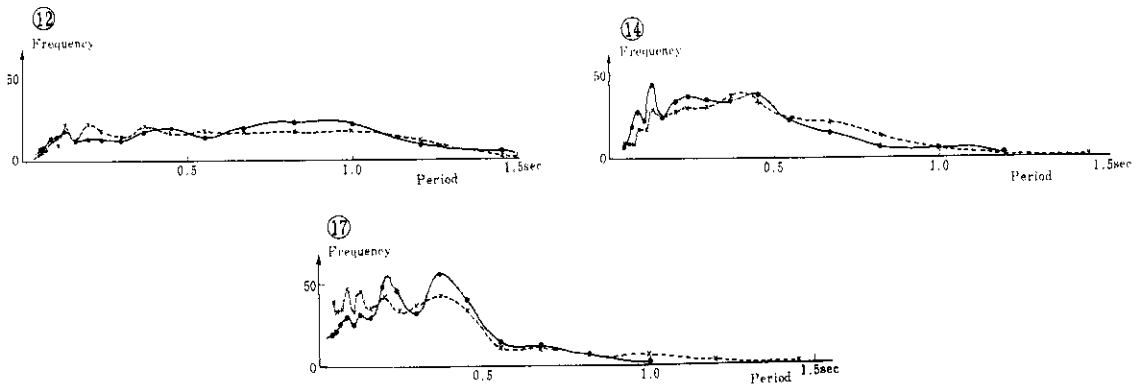


図-4 Severe damage owing to uneven settlement and conspicuous spouting of water and sand.

リート建物にせん断キレツがみられた。このように、N値の大きな地区でも鉄筋コンクリートのよゝな硬いものにせん断キレツが出ることは、相当の加速度が地表に引起されたと考えられ、注意すべき事項である。(図-8,9) (写真一)

4. 結 び

1. 地盤変動による被害は地表面まで砂地で、表面近

くNが5以下の所に見られ、水位が高ければ噴砂、噴水もある。このNが早く大きくなる地区ほど被害は少なくなる。

2. 地下水位が高く砂地でNが10mよりも深い所で10以下といった地区は、深部まで全面的流動化を起し、噴砂現象が見られる。

3. 地表1~2mでNが10以上になる地区は、たとえ砂

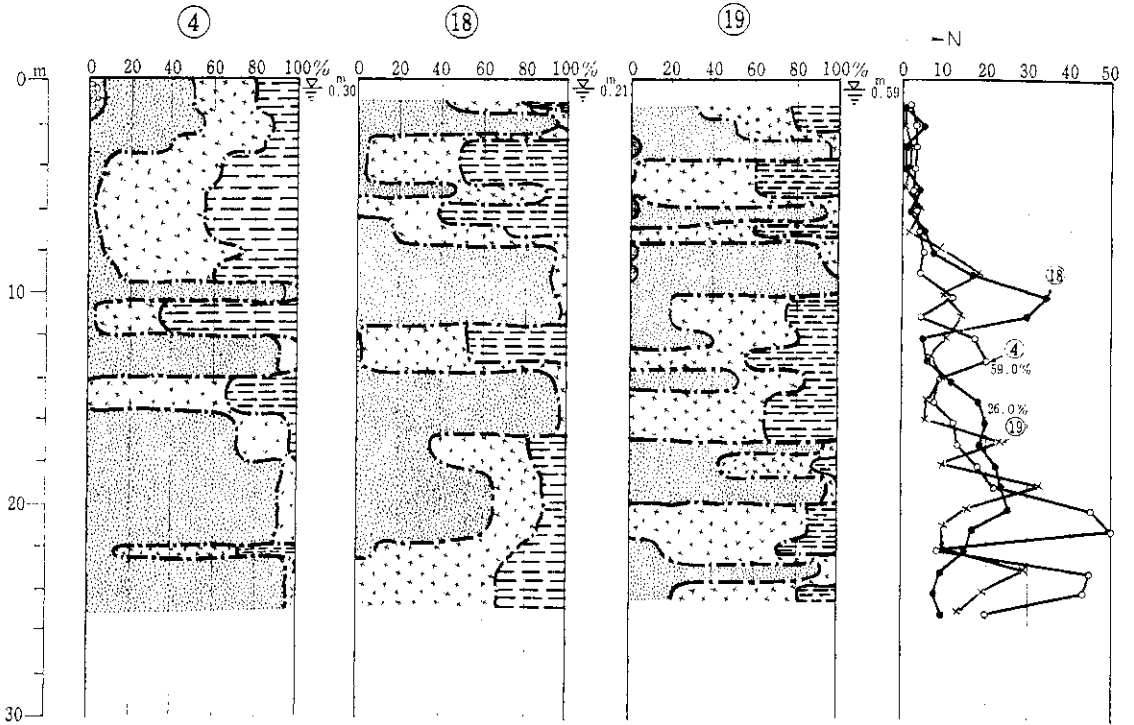


図--5 Area of many old wooden buildings collapsed by vibration.

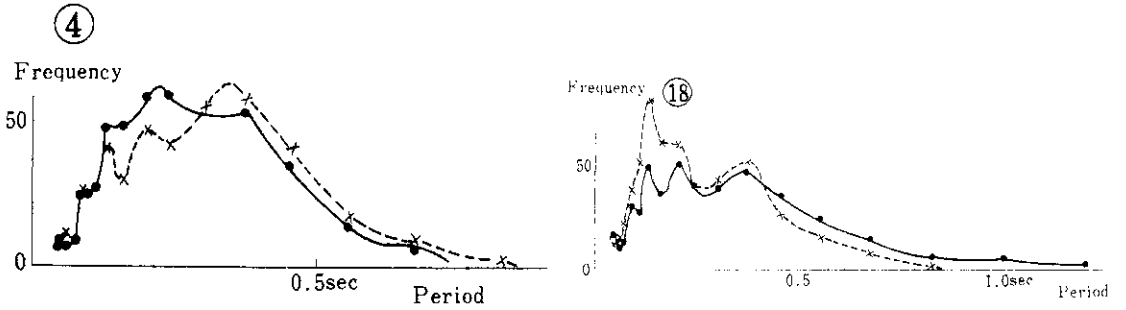


図--6 Area of many old wooden buildings collapsed by vibration.

地でも木造に被害は少ない。ただし、砂丘の陸側等の斜面沿いの地区では陥没が見られる。

4. 地表面でシルト、粘土を含む地区でNが5以下の所は振動的被害が大きく表われ、地盤変動による被害は少なくなる。

5. 地表でNが10以上で急激にかたくなる地帯でも震央に近いと土蔵の壁、鉄筋コンクリート壁等はき裂つ発

生などの振動的な被害を受ける。

6. 常時微動頻度曲線と土質構成との間には特定な関連はまた見出しにくい、周期0.4秒あたりに頻度のピークがみられる地区は木造家屋の倒壊率が多い結果が出ている。また値が一様に増大するような地区は短周期にピークがみられ、長周期は急に減少する。値が深さに沿って不ぞろいで硬軟入りまじった地区になるとピークが

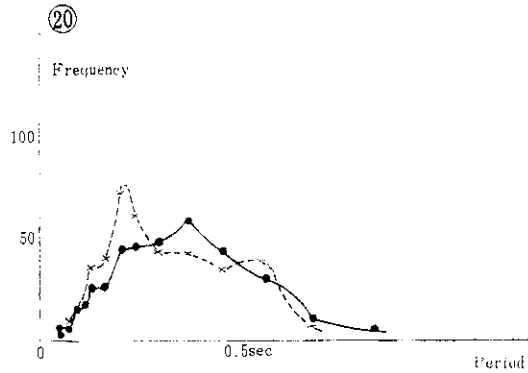
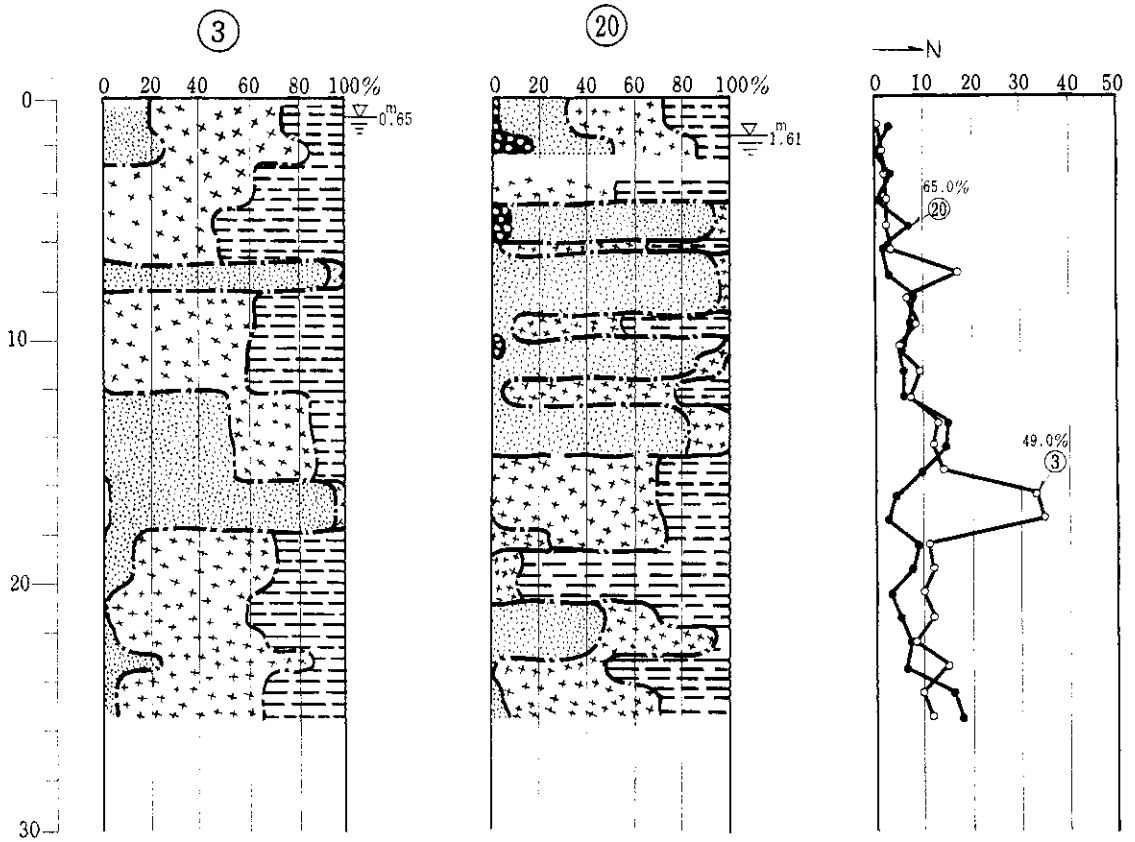
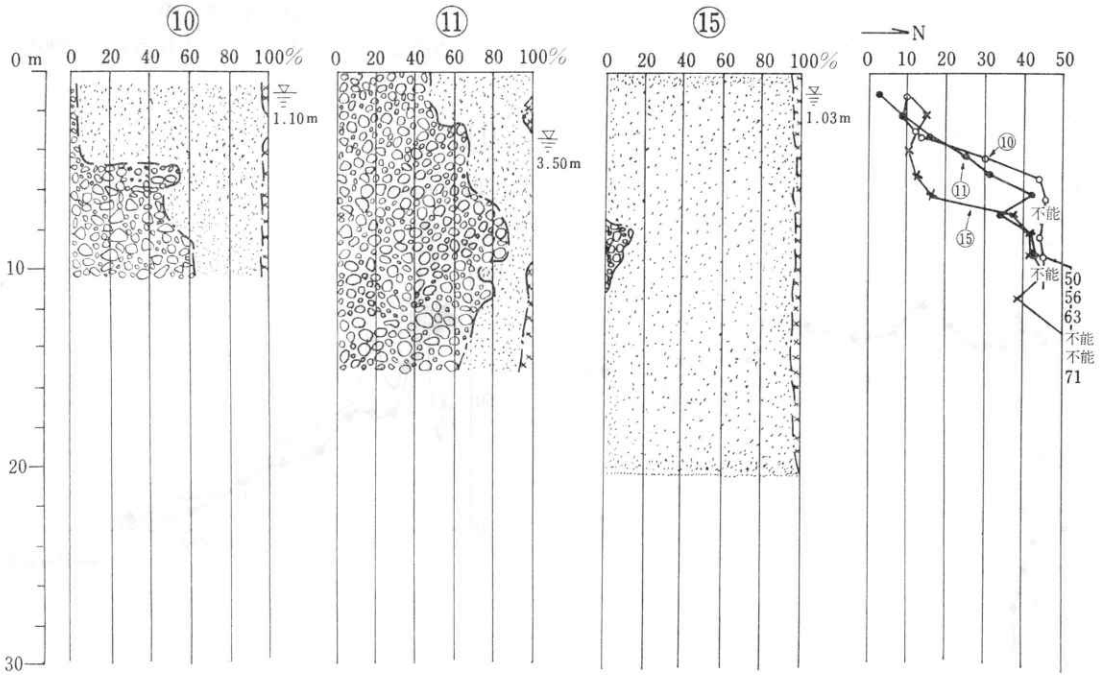


図--7 Damage by vibration, settlement, and spouting of sand and water, simultaneously.

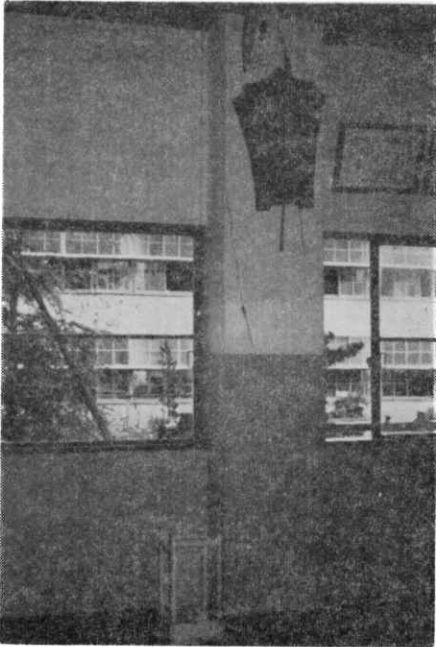
なくなってフラットのな形になる傾向がみられる。

以上、被害の模様と被害率と土質構成、N値とを各地区について災状を示し、多少の考察を述べたが、考察よ

りもこれらの事実をさらに分析整理することによってさらに定量的な検討に進む必要があり、この問題解決のためさらに多くの地震計の設置、その地点のボーリング資



図—8 An area very close to the epicenter.
The damage is rather small here. Damage due to vibration is found: the walls of wooden buildings fell, and shear cracks in a reinforced concrete building ⑩.



写真—3 村上中学校⑩鉄筋コンクリート造のせん断きれつ
Shear cracks in a reinforced concrete building.

料が整理されることが必要であると考えられる。

(文資・梅村)

参 考 文 献

- 1) 新潟地震災害調査報告 日本建築学会(1964)

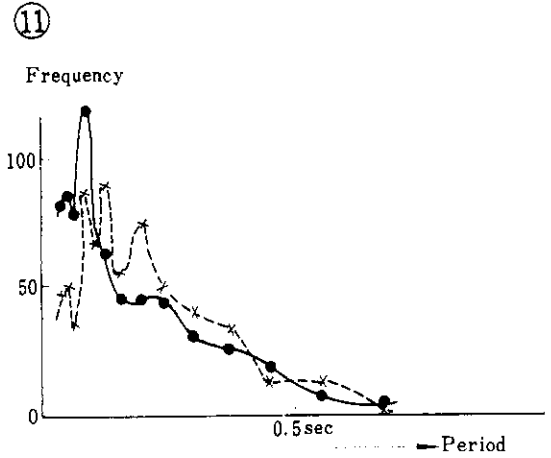
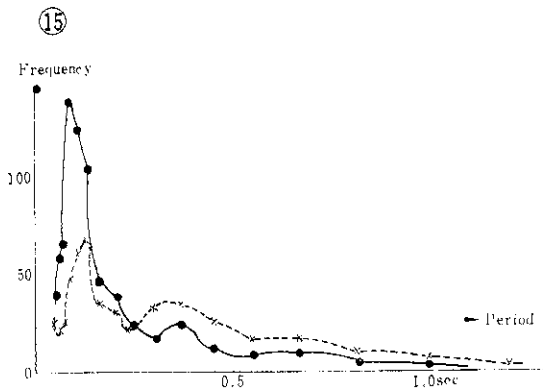
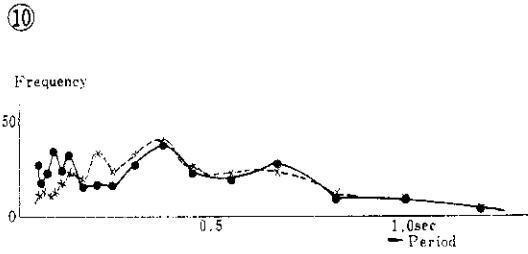


図-9 This area is very close to the epicenter, nevertheless the damage was rather small. Damage due to vibration is found; that is, the walls of the wooden buildings fell, and ⑪ shows the shear cracks in a reinforced concrete building.