

## 29. 北信地方における地震による家屋 の被害状況について

地震研究所 { 村上 雅也  
南 忠夫  
大沢 胖

(昭和41年4月26日および9月27日発表—昭和42年3月31日受理)

### はじめに

本報告は昭和41年4月初旬より昭和42年3月下旬における北信地方の地震による被害調査報告である。この期間において震度Vを記録した地震15回のうち、被害が非常に少なかったと思われるもの4回を除き調査を行なった。

調査の対象は家屋の被害状況であるが特に次に述べる諸点を考慮して被害の原因およびこの地域の特殊性を考察することに重点をおいた。すなわち i) 今まで墓石等の転倒によりかなり大きな加速度が地表面に起つたと考えられていたが、このような現象と建物の変形とを結びつけて被害の考察を行なった例は少ない。今回は震源地付近に強震計が設置され加速度波形を実際に観測することができ<sup>1)</sup>、さらに、これら加速度記録を使い、現在の応答解析の手法により変形量の推定が可能となつたので、これを実際の被害状況より推定される変形量と比較検討を行なうこと<sup>2)</sup>、ii) この被害の原因が現在行なわれている木造の耐震設計にくらべ構造物自身に弱点をもっていたためか、あるいはその他の原因によるものかの検討を行なうこと、iii) この地域における特殊性、すなわち、この地域において地震時に家屋が補強されていた事実、グン瓦等の地域的なものおよび群発地震のためたびたび震動をうけているのでそのくり返し回数による影響の検討を行なうこと、の3点である。

### 被害状況

図1はこの期間に起つた震度Vの地震15回の地震研究所決定による震源位置を示している。

構造物の被害を巨視的に考察すると大きく次のように分類することができる。

(I) 大きな変形を必要とする被害(一般には構造物が柔らかな場合で、この時地盤が柔らかな場合が最も変形が大きいと考えられる。)—住家の傾斜、障子紙の破れ、板戸、

- 1) K. KANAI, K. HIRANO, S. YOSHIZAWA and T. ASADA, "Observation of Strong Earthquake Motions in Matsushiro Area. Part 1. (Empirical Formulae of Strong Earthquake Motions)", *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44 (1966), 1297-1333.
- 2) Y. OSAWA *et al.*, "Study on the Earthquake Resistivity of Wooden Houses. Part 1. On the Aseismic Experiment of a Wooden House in Wakaho Town in Connection with the Damage Due to Matsushiro Earthquake", *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45 (1967), 473-488.

No.	Date	Magnitude*	Depth (km)
1	<sup>h m</sup> 05 25 Apr. 1, 1966	4.9	4.2
2	17 51 Apr. 5, 1966	5.1	4.3
3	06 06 Apr. 11, 1966	4.5	3.0
4	10 21 Apr. 17, 1966	5.0	5.5
5	15 46 Apr. 17, 1966	4.4	3.0
6	20 28 Apr. 17, 1966	4.2	2.3
7	09 30 May 2, 1966	4.9	5.5
8	14 21 May 28, 1966	4.7	3.2
9	16 34 Jun. 26, 1966	4.6	4.8
10	03 48 Aug. 3, 1966	5.0	3.2
11	13 09 Aug. 28, 1966	5.0	7.0
12	04 03 Sep. 27, 1966	5.0	5.1
13	03 04 Oct. 26, 1966	5.0	6.0
14	12 32 Jan. 16, 1967	5.0	10.2
15	17 17 Feb. 3, 1967	4.8	11.2

\* Determined by Earthquake Research Institute.

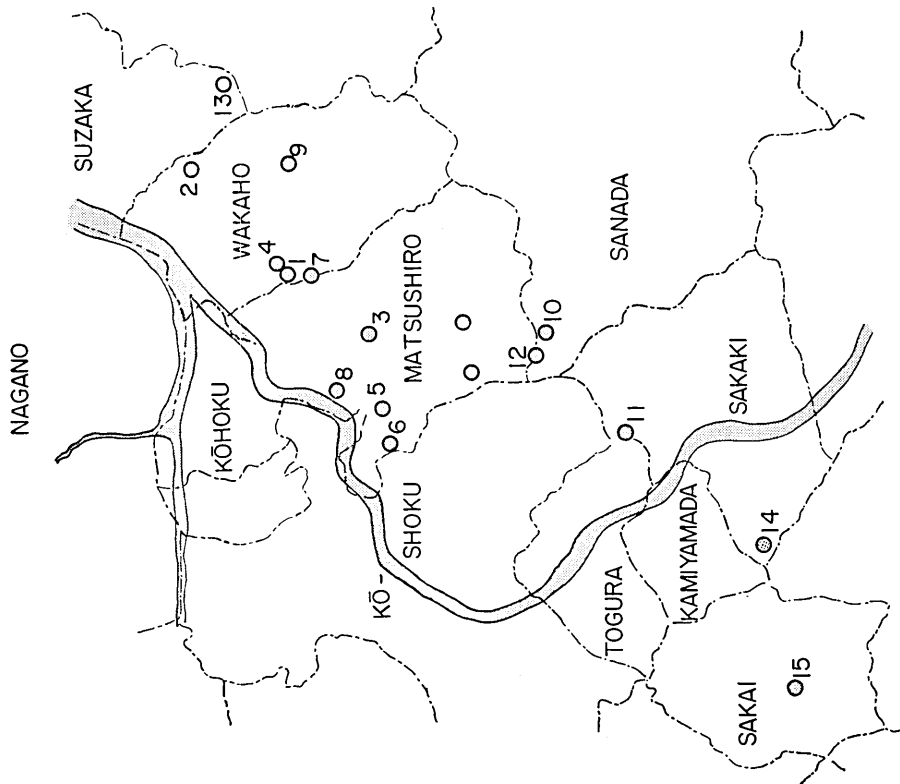


図 1. 昭和41年4月1日より昭和42年3月31日までの1年間における震度Vの地震の一覧及び震源位置

ふすまの破損，梁の落下，非住家の傾斜，倒壊。

(Ⅱ) 大きな加速度を必要とする被害（一般には構造物の堅い場合で，この時（Ⅰ）に比し，むしろ地盤が堅い場合が加速度が大きいと考えられる。）——煙突の折損，燈ろう，墓石の転倒・落下，瓦（特にグン瓦，棟瓦）の落下，ブロック壁の破損，転倒。

(Ⅲ) 大きな応力を必要とする被害（構造物の中で他に比し堅いため，必然的に大きな力を受け一方では多少の変形を必要とするもの。）——土壁の落下，きれつ，タイル壁の損傷。

(Ⅳ) 2 次的な被害——物（石，瓦等）の落下による被害，がけくずれによる被害，地われによる被害。

被害調査を行なった 11 回の地震のうち主なものにつき，被害の概略を上記の分類にしたがって述べる。

#### 4 月 5 日

震源地に近い若穂，清水地区では，（Ⅰ）に属する被害としては非住家の倒壊を除いてすべて見られ，少なくとも 3~4 cm の変形を考えなければならない（図 3）。また，ここに近い須坂の米持では，すでにかなり傾斜していた古い家屋がさらに大きく傾斜した（図 4，5）。なお図 2 は，清水地区のある農家の平面図であり，この地方の農家の代表的なものと考えられるが，この種の家屋の（Ⅰ）の被害は X-Y 部分の板戸，ふすまの破壊，梁の落下である。この種の農家では天井の面内剛性が弱く，中央部の変形が大きくなる傾向にある。

この他の地域では（Ⅰ）に属するものはさほど目立たなかつた。（Ⅱ）または（Ⅲ）に属

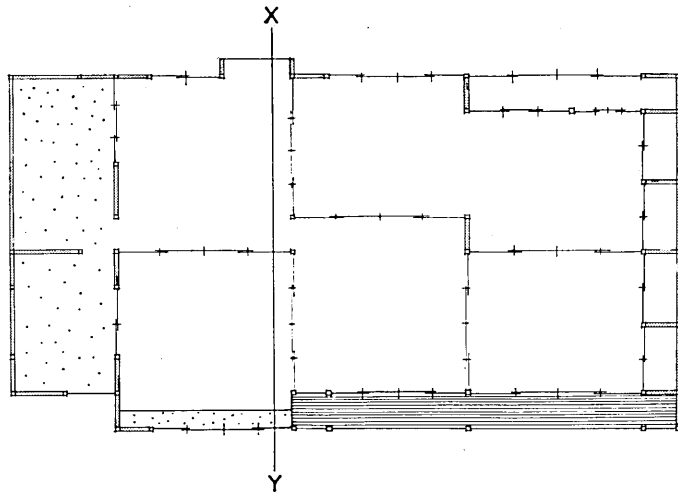


図 2. 農家平面図 1 例

するものは須坂の若穂寄り、若穂全域、長野の須坂、若穂に近い地域の部分に多い。(図 6~10)しかしながら同程度の耐力と思われる家屋で、震源からの距離に無関係に被害が起っている場合がかなりみられるので地盤の影響も重要と考えられる。

なお、また、グン瓦の落下は一般に大きな加速度が入りやすい剛性の高い、新しい家に多いが、これ等の新しい家では、古い家 비해グン瓦の施工が悪い傾向が見られる。

この他 (IV) としては、山新田のがけくずれによる家屋の被害がめだつた(図 11, 12)。強震計は最大、保科で約 400 gal, 若穂で約 250 gal を記録している。これらの記録によると保科の地震は、非常に短い周波数成分が優勢なのでパルス的な応答をし、加速度の大きい割には地震時の変形量が非常に少ないのに比べ、若穂では、0.4 秒程度の建物では地震時の変形量が 3~4 cm 程度になると推定される。なお、この付近の農家では、5 月、8 月に行つた地震時の建物の挙動の実測によると、小振幅で 0.3~0.6 秒程度の周期であり、大振幅では更に伸びると考えられる。したがって被害調査の結果との対応はかなりよく付くといつてよい。

#### 4 月 11 日

(I) に属する被害があり、4 月 5 日の清水地区にひつてきするものとしては、震源地に近い屋地地区に見られ(図 13, 14)、他には松代市街地の北側に 1 例があつた。一方 (II) に属するものは市街地北側に多い(図 15)。(III) に属するものはこの中間地帯に見受けられる。

なお、図 14 のような天井板の破損は火打等がなく、天井の面内剛性が弱い結果で、両側の壁まで力が伝達しないから注意を要するものである。

#### 4 月 17 日

この時は 3 つの震度 V の地震被害を見たために被害は広範囲に分散していた。まず、長野市西部中学の鉄筋コンクリート造煙突上部が倒壊したが、これは (II) の被害に属し(図 16)、同様な被害は松代町市街地北側地区におけるブロック塀の転倒に見られる(図 17)。(I) の被害としては西条地区にある農協建物の梁が落ちたのを始め(図 18)、豊栄小学校の 2 階建木造校舎の 2 階床部で根太が数 cm 抜け出している(図 20)。その他の被害も図 21 に示すように石切場の落石が見られる。このため重傷者 1 人を出した。

#### 5 月 28 日

震源は松代市街地千曲川寄りであるが、このほぼ直上に当る千曲川をはさんだ東寺尾、西寺尾地区に集中的に (I), (II), (III) の被害が見られた。特に西寺尾地区では各家屋が何らかの被害を受けていた(図 22~24)。(I) の被害としては 4 月 5 日若穂町清水地区にひつてきするものである。

変つた被害としては、千曲川にかかる川中島橋の手摺接合部でぶつかり合つた跡が見られた(図 25)。

### 8月3日

(I), (III)に属する被害は、松代市街地の北側、平林、欠、西条、関屋、豊栄といつたところに多い(図26)。この地震では非住家の倒壊が更埴市において記録された(図27)。しかし倒壊した非住家の構造は耐震的なものではない。ここでは、豊栄小学校の応急のプレハブ校舎で地割れにより床が落ちたり、ブレースがはずれたりしている(図28, 29)。基礎の構造は杭打ちの上に直接土台をのせているのでそこに問題があり、またブレースの接合部に弱点があつたためと考えられる。

### 8月28日

被害は戸倉地区の千曲川沿岸に局部的に集中しており、戸倉上山田中学の鉄筋コンクリート3階建校舎エキスパンション・ジョイント部分の被害が鉄筋コンクリート建物のものとして最も被害が大きかつた(図30, 31)。又、同建物に隣接するプレハブ校舎では、ブレースの溶接部の切断が見られた(図32)。

また、この近くにある木造家屋では梁が抜け出して落下し、建物が2~3度傾斜したものもあり、10cm近い変形が想像される。しかし、この部落を除いて被害はほとんど見られなかつた。

### 被害の総括

(I)に属する被害を受けた建物は地域的には震源に近いところにあり局地的である。一方地域的な被害の不均等から地盤の影響を受けていると考えられる。しかも現在の木造の耐震設計基準適用以前の建物が多く、これらの建物は耐震設計されたものに比べ剛性耐力とも低い。一般に剛性、耐力とも低いものほど、地震時の変形が大きい。図2に示した農家では全体の剛性が少ない上に、更に天井部分の面内剛性が少ないため、地震時においてX-Y部分の変形が増大し、板戸、ふすま等の被害をもたらしている。その他傾斜した家屋も腐朽したものが多い。(I)に属する被害は最終的には家屋の倒壊をもたらすもので、最も危険なものであるが、上記のことよりこれらの被害を防ぐためには、やはり今までいわれているようにブレース等の補強により、耐力、剛性を上げる必要があることが分る。

一方補強を行つた場合、家屋は剛性の増加とともに、(II), (III)に準じた被害に移行してゆくことは容易に考えられる。極論すれば周波数成分の短い波形の地震を受けている地域では、周期の長い家屋は受ける加速度が少なく、ある変形以内では被害が目立たない場合があり、これを補強することにより剛性が上り、かえつて(II), (III)的な被害を誘発する可能性が考えられる。現地において補強してから後にかえつて被害が目立ち始めた等の苦情が聞かれたが、これは上のような考察により推測し得ることである。しかしながら最終的に、建物の耐力を保つという点では、補強はぜひとも必要である。ただしここで注意しなければならないのは、この種の補強を行なうと、必然的に大きな加速度を受ける可能性があることで、ブレースなどによる補強のほか(II), (III)的な被害に対する予防処置、すなわち棟瓦、グン瓦の定着の補強がなされなければならない。このことは新しい家で被

害が目立つという現地の声に対応するもので、通常のものよりグシ瓦等については綿密な施工が必要であるにも拘わらず、おろそかにされたためと思われるのでこの点特に注意が必要である。(Ⅱ)の被害について見ると、煙突の折損、ブロックの被害、棟瓦、グシ瓦の被害等が見られるわけであるが、(Ⅰ)と同様耐震的には弱点をもっている。例えば西部中学校の煙突は、コンクリートの中性化が進んで鉄筋が錆びていたし、棟瓦、グシ瓦も定着が完全ではない。ブロックの被害について見れば、一般に基礎がしつかりしていない、鉄筋補強が行われていない、控壁が取つてない等基本的な処置がなされていないものの被害と考えられる。(Ⅲ)の被害については、大きく分類すると土蔵あるいは家屋の土壁等の耐震部材とタイル風呂、化粧部材等の2次部材に分けられる(図36)。耐震部材は大きな応力を受けるのはやむを得ないとして、ここでは特徴的な2次部材について述べる。これは風呂場のタイル等の問題である。木造家屋のような柔らかな構造では、タイルに比し地震時の変形はどうしても大きくなり、タイル等の接着面の破壊をもたらす。これは化粧部材の剛性の高いものにも共通した問題であり、モルタル仕上げ、石張り等の被害、あるいは土壁に比して、プaster仕上げの方の被害の顕著さに対応しよう。

(Ⅳ)の被害で最も顕著なのは、4月5日の山新田であるが、くずれたがけを補修して再びもと通りという点は考えさせられるところである。頻発地震による繰り返し回数の影響という例は顕著に見られなかったが、各所でこの影響の大きいことが視察された。これは土壁の落下、4月1日～4月17日の地震により折損した西部中学校の煙突等に比較的よく見られた。

鉄筋コンクリート造については、戸倉上山田中学、西部中学校以外、須坂市役所できれつが地震ごとに大きくなるとの報告を聞き、調べた結果、不良なコンクリートによる2次部材(間仕切壁)のコンクリート壁の被害、また鉄筋コンクリートとこの上に渡した鉄骨梁とのジョイント部分の相互の動きの差による仕上げ材のきれつと分つた(図33～35)。

従つて鉄筋コンクリート造は、主要骨組には軽微な被害しか起つていないことが判明した。むしろプレハブ校舎等で接合部の欠陥からブレースに被害が起つており、施工上の注意の必要性が感じられた。

なお、各地震については、ここで個別にとりあげた以外でも被害状況は、ほぼ同様な様相であり、被害範囲は、長野市(豊野、更北、篠井)須坂市、更埴市、真田町、坂城町、坂井村、東村に及んでいる。

## 結 び

ここでは、組織的に被害調査を行わず、現地の被害届けを調べ、著しい被害、変つた被害等と思われるものを選び、被害家屋の構造的な原因追求に主力を置いたので、本調査結果より地盤との対応まで結びつけるのをさけた。すなわち、被害がいかなる原因に起因しているかを耐震的な観点からながめ、現在行なわれている木造の設計基準との比較、またこの地域の特殊性を考察したものである。

この結果、一般的には倒壊等に結びつく被害に関しては、耐震的に弱点を持った構造物

の被害であるということが出来るが、主要骨組（耐震要素）以外の2次部材の被害のあるもの、例えば、タイル、プラスター等の仕上材については、群発地震という特殊性もあり、この予防処置には困難を感じた。なお、家屋の被害状況より推定される変形量は、この地域で観測された強震計の記録を使つた応答計算結果で、ある程度説明できるようである。

### 29. *Damage to Houses Caused by the Earthquake Swarm around Matsushiro.*

By Masaya MURAKAMI, Tadao MINAMI and Yutaka OSAWA,  
Earthquake Research Institute.

Investigations on damage to houses in and around Matsushiro area caused by the earthquake swarm were reported. The damage inspection was made from April, 1966 to March, 1967 for the several earthquakes whose intensity (JMA) was V.

The damage observed, especially to wooden houses, may be divided into the following four categories;

- 1) the damage caused by considerable deformations, such as breakage of sliding screens and sliding doors, and fallen beams,
- 2) the damage caused by considerable accelerations, such as fallen chimneys, fallen roof tiles and breakage of concrete block fence,
- 3) the damage caused by considerable stresses, such as cracks and falling of mud walls, and breakage of interior tiles, and
- 4) the damage other than that mentioned above, such as damage caused by landslides and ground fissures.

Deformation of houses caused by earthquakes was estimated from the damage investigations, and also from the records obtained in Matsushiro area with strong earthquake accelerometers by means of response analysis technique. A good agreement was apparent in both deformations.

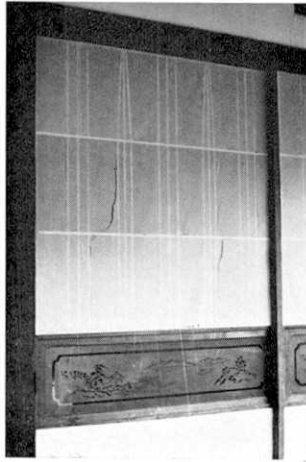


図 3. 若穂清水地区: 障子紙の破れ. (I)の被害.



図 6. 長野市長池地区: プラスター壁のはくり. (III)の被害.



図 4. 須坂米持地区: 傾いた農家 (4° 程度傾いていたが, 更に 1° 程度傾いた. この後すぐ取り壊し). (I)の被害.



図 7. 若穂清水地区: 土蔵の壁のはくり. (III)の被害.



図 5. 須坂米持地区: 同上詳細外壁がはみ出している.



図 8. 須坂相之島地区: 灯ろうの倒壊. (II)の被害.



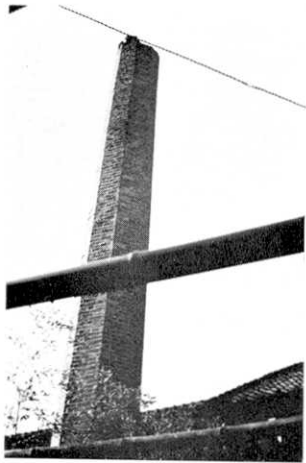


図 9. 若穂綿内地区: 酒蔵の煙突の折損、(II)の被害。



図 12. 若穂春山地区: 岩石の落下による寺社の被害、(IV)の被害。



図 10. 長野市長池地区: グシ瓦の落下、(II)の被害。



図 13. 松代屋地地区: 板戸のバックリング、(I)の被害。



図 11. 若穂山新田地区: がけ崩れによる家屋の被害、(VI)の被害。



図 14. 松代屋地地区: 天井のバックリング、(I)の被害。



図 15. 松代市街地：ブロック塀の崩壊（鉄筋補強なし）。（Ⅱ）の被害。



図 18. 松代西条地区：梁の抜け出し（現在補強してある）。（Ⅰ）の被害。



図 16. 長野市街地：西部中学校煙突の折損。（Ⅱ）の被害。



図 19. 松代豊栄地区：豊栄小学校根太の抜け出し。（Ⅰ）の被害。



図 17. 松代市街地：ブロック塀の転倒（基礎が弱く控壁も取っていない）。（Ⅱ）の被害。

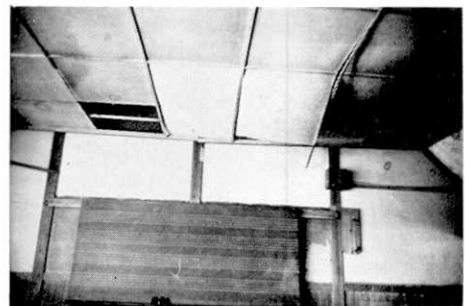


図 20. 松代豊栄地区：豊栄小学校天井板のバックリング。（Ⅰ）の被害。



図 21. 松代柴地区：石切場の落石。(II)の被害。



図 22. 松代西寺尾地区：納屋の傾斜。(I)の被害。

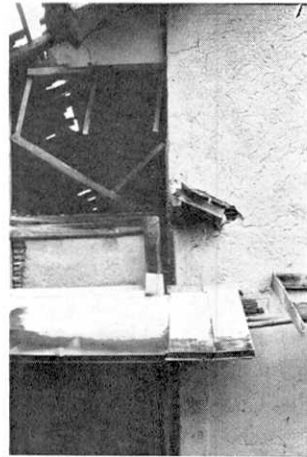


図 24. 松代西寺尾地区：納屋と底部分の分離，約 10cm。(I)の被害。

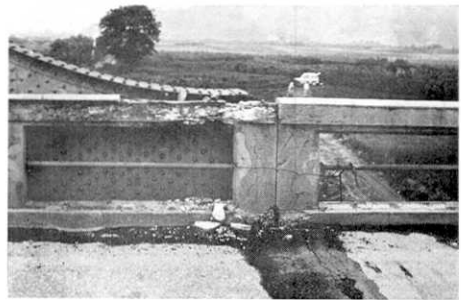


図 25. 松代西寺尾地区：川中島橋の手摺の被害。(I)と(II)の被害。



図 23. 松代東寺尾地区：鴨居が下り，ふすまに被害。(I)の被害。



図 26. 松代平林地区：土壁，しつくい仕上のきれつ。(III)の被害。



図 27. 更埴市土口地区: たまねぎ小屋の倒壊. (I) の被害.



図 30. 戸倉上山田: 上山田中学校, 校舎と渡り廊下.

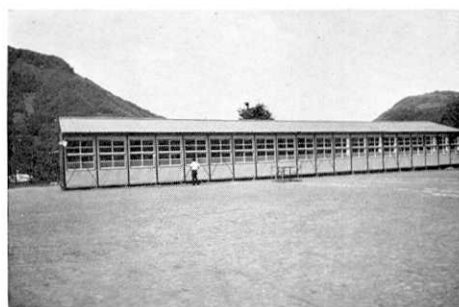


図 28. 松代豊栄地区: 豊栄小学校プレハブ校舎のブレースがはずれた. (I) の被害.



図 31. 戸倉上山田: 同詳細, エクスパンションジョイント部分の被害. (I) と (II) の被害.

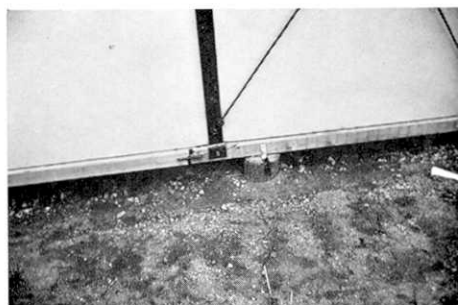


図 29. 松代豊栄地区: 同基礎部分詳細, 地割れにより土台が離れた. (IV) の被害.

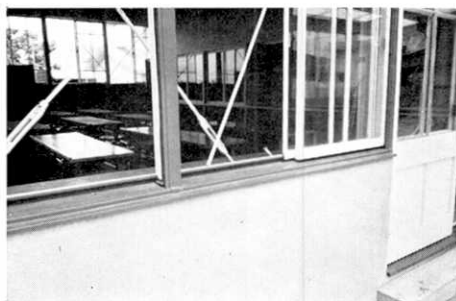


図 32. 戸倉上山田: 上山田中学校プレハブ校舎, ブレースの切断. (I) と (II) の被害.



図 33. 須坂市街地：須坂市役所全景。



図 35. 須坂市街地：同詳細，鉄筋コンクリート梁とこれに直交する鉄骨梁の接合部分の仕上げのはくり。(Ⅲ)の被害。

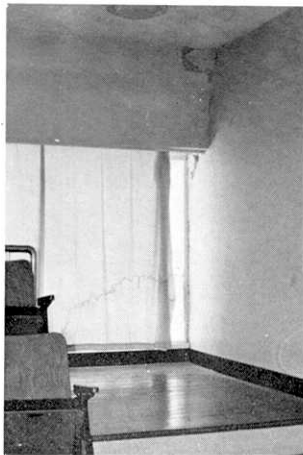


図 34. 須坂市街地：同詳細，梁と間仕切壁（2次部材）の接合部の被害。(Ⅲ)の被害。

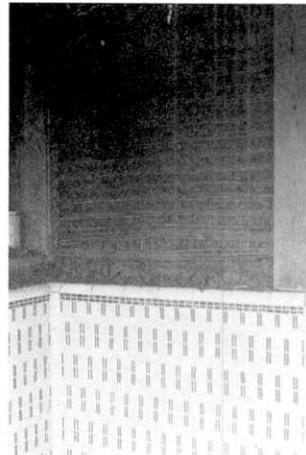


図 36. 若穂清水地区：タイル張りの被害。(Ⅲ)の被害。