

1968年十勝沖地震による建築物の被害について

若 林 実・中 村 武・南 宏 一

ON THE DAMAGE OF BUILDINGS DUE TO TOKACHI OFFING EARTHQUAKE IN 1968.

By Minoru WAKABAYASHI, Takeshi NAKAMURA and Koichi MINAMI

Synopsis

Considerable damages are reported to have been caused in buildings, particularly, in reinforced concrete buildings, due to an earthquake which took place in the offing of Tokachi on May 16, 1968. The paper first surveys the damages, and then discusses the details on the examples of severely damaged buildings; it describes their structural systems, major damages and principal causes of the damages. Finally, attention is called on the shear failure of reinforced concrete columns, and reference is made to the past experimental studies on the shear failure. The discussion extends to the points claimed to be important for the design of reinforced concrete frames against earthquakes.

1. 地震の内容と規模

1968年5月16日午前9時49分に発生した地震は1968年十勝沖地震と名付けられた。震央は襟裳岬南方沖で、北緯40.7°、東経143.7°、深度20kmである。地震の規模(Magnitude)は7.8であり、東北地方東北部、北海道南部にかなりの被害をもたらした。なお16日午後7時39分にMagnitude 7.4、17日午前8時5分にMagnitude 6.5の余震があった。Fig. 1に本震の震源地と各地の震度を示す。

2. 建物被害概況

建築物の被害の多かったのは青森県東部と北海道南西部である。

今回の地震では木造家屋の被害が比較的少なかった。これは当地方の家屋の屋根がほとんどタン葺きで軽いことが主原因と思われる。また軟弱地盤と思われる狭い地域に家屋の被害が集中している例が多いのも今回の地震の特徴であろう。

鉄骨構造の被害も極めて軽微なものに限られ、体育館などの筋違の座屈、筋違取付部の破損、鉄筋水平筋違の破断などがあるが、いずれも主体構造の破壊には到っていない。ただ八戸タワーの主材の座屈は中破の程度といえよう。

今回の地震で人々に衝撃を与えたのは鉄筋コンクリートの建物の被害が多かったことである。一般の鉄筋コンクリート造の被害率は10%~15%であるが、公共建築の被害が多く20%~25%にも及んでいる。Fig. 2およびTable 1に主要な被害建物のうち耐震構造部門で調査したものについて示してある。

鉄筋コンクリート造の被害を大別すると、

1. 柱が圧壊し、鉄筋が座屈するまでに到っているもの。
2. 柱がせん断破壊しているもの。
3. 柱頭、柱脚などに曲げ破壊や曲げひびわれが生じているもの。
4. 鉄筋コンクリート壁体にひび割れの生じているもの。
5. 塔屋、屋上煙突、望楼などが倒壊あるいは大きなひび割れを生じたもの。

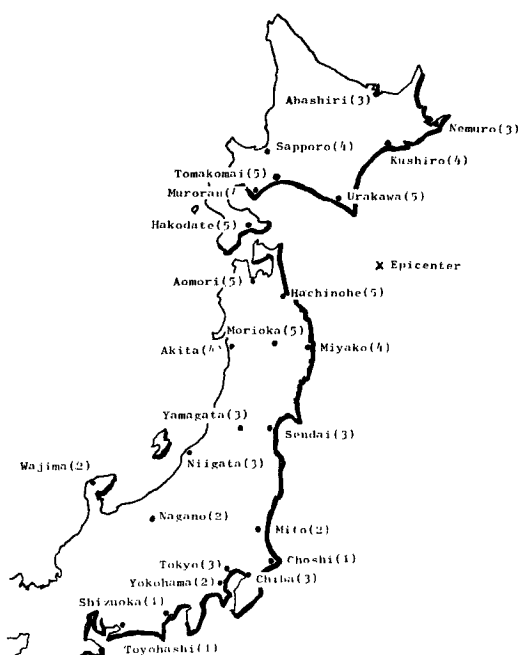


Fig. 1 Epicenter Location and JMA Intensities

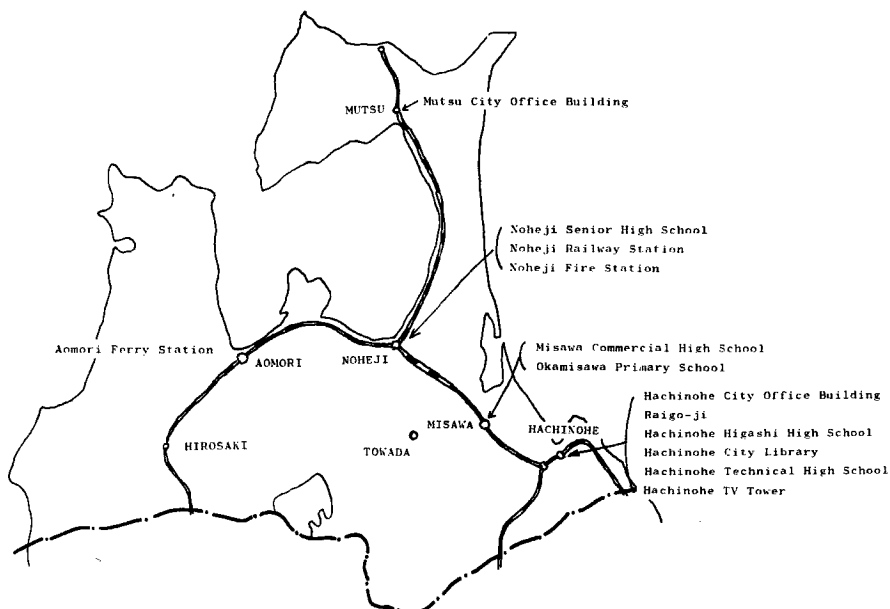


Fig. 2 Location of Structures

Table 1 Name of Structure and States of Damage

	Name of Structure	Structure	State of Damage
Aomori	Aomori Ferry Station	RC, S	2nd floor fallen, unequal sinking
Noheji	Noheji Senior High School	RC	shear failure of columns
	Noheji Junior High School	RC	slight
	Noheji Fire Station	RC	bending crack in the wall of fire observation tower
	Noheji Telegram Survice and Telephone Exchange Station	RC	chimney fallen
	Noheji Railway Station	RC	shear failure of columns
	Noheji Primary School	W	slight
	Wakaba Primary School	W	slight
Mutsu	Mutsu City Office Building	RC	columns of 3rd floor crushed
	Aomori Prefectural Office Mutsu	RC	slight
	Tohoku Koyo Mokuzai	W	unequal sinking
Hachinohe	Hachinohe City Office Building	RC	penthouse fallen at the top story
	Hachinohe City Library	RC	bending and shear failure of columns
	Hachinohe City Gymnasium	RC	slight
	Hachinohe TV Tower	S	buckling of main member
	Raigo-ji	SRC, RC	bending failure of columns and shear failure of walls
	Hachinohe Technical Highschool	RC	shear failure of columns and wall columns
	Hachinohe Higashi High School	RC	chimney fallen
	Daisan Junior High School	RC	slight
	Kashiwazaki Primary School	RC	slight
	Nejo Primary School	W	slight
Misawa	Okamisawa Primary School	RC	shear failure of wall columns
	Misawa Commercial High School	RC	shear failure of columns
	Kamikubo Primary School	RC	shear failure of wall columns and walls
	Misawa City Office Building	RC	slight
	Misawa Public Hall	S	roof swept down
Towada	Kitazato University	RC	slight
	Sanbongi Agricultural Cooperative	RC, S	slight
	Private Houses	W	fallen or leaned to fall
Hokodate	Hakodate University, Classroom Building	RC	

RC : Reinforced concrete structure

SRC: Steel reinforced concrete structure

S : Steel structure

W : Wooden structure

6. エクspansioンジョイント部に破壊を生じたもの。

以上の原因がすべて明らかとなったわけではないが、上記1, 3の主な原因としてコンクリート強度が非常に低かったことがあげられる。これはこの地方の気候や骨材の事情、辺地で施工の技術水準が低いことなどのためであると思われる。2の原因として計算外の腰壁、たれ壁があるため柱の有効長が短くなりそのためにその柱にせん断力が集中してせん断破壊を起したと思われるものが多い。5の原因は細い屋上突出物のむち振り現象のために非常に大きな水平震度が加わったことである。4や6はほとんど主架構の破壊に結びつかないので余り問題とならない。

3. 建物被害各論

調査した建物のうち主なものについて被害の概要、その原因などについて述べる。

3.1 むつ市庁舎

本庁舎は Fig. 3 に示すような鉄筋コンクリート造3階建の地下のない建物で、東西に長い事務棟と南北に長い議場とからなり、それらはエクspansioンジョイントによってつながれている。基礎は独立基礎で8mのコンクリートパイルを用いている。

1階は無被害、2階も耐震壁にひび割れを生じている程度であるが、事務棟3階の約 $\frac{1}{3}$ の部分の柱が圧壊し (Fig. 3, Photo. 1, Photo. 2), 残りの $\frac{2}{3}$ の部分の柱にもかなりのひび割れが生じている。本庁舎の被害の原因はコンクリート強度の不足にあると思われる。シュミットハンマーによる測定では $100\sim 150\text{ kg/cm}^2$ という低い例がでている。最上層の3階にのみ被害があらわれたのは、1, 2階には耐震壁があるのに対し、3階には壁がないためである。また3階の東側の被害が大きかったのは、西側に階段室がついているため、屋階平面がねじれ振動をして東側が大きく振られたためである。

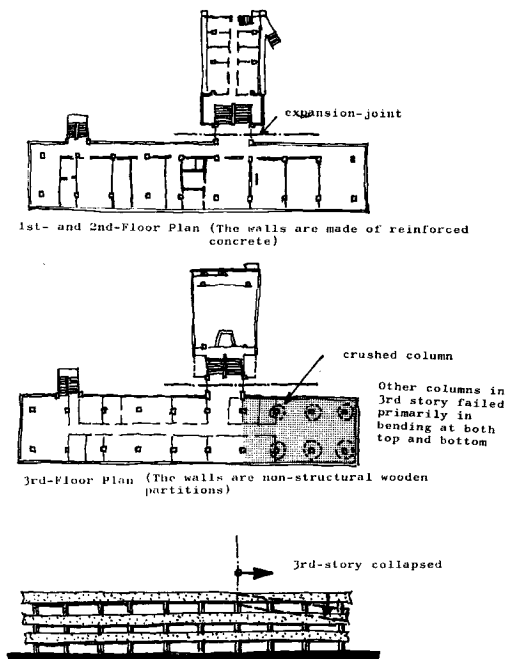


Fig. 3 Mutsu City Office Building (Mutsu)

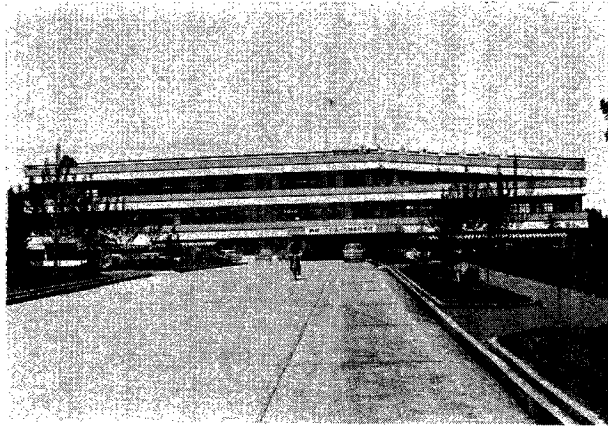


Photo. 1 Mutsu City Office Building



Photo. 2 Mutsu City Office Building

3.2 青函連絡船待合所

この建物は **Fig. 4** の断面図に示すように鉄骨造と2階建鉄筋コンクリート造2階建とが接合されている。地震によって鉄骨部分と鉄筋コンクリート部分を接合する中央のスパンにかかっている鉄骨のはりが落下した (**Photo. 3**, **Photo. 4**)。この部分は待合所になっているが、幸い地震時に人が居なかったので死傷者はなかった。この辺は地盤の沈下や移動がはげしく、附近の路盤では砂の吐出もみられた。このため **Fig. 4** に示すように鉄骨部分の骨組が左方に傾き、鉄骨部分と鉄筋コンクリート部分を結ぶ中央スパンの鉄骨ばりの鉄筋コンクリートブラケットへの定着部が破壊して落下したものである。破壊の原因は地盤の沈下であるにしても、このような重要な建築物では定着部が落下することが無いような詳細をすべきであろう。

3.3 野辺地高等学校

本建物は **Fig. 5** のような平面を有する鉄筋コンクリート造地上3階一部地下1階の管理棟、教室棟と、鉄骨構造平家建の体育館およびこれらを結ぶ渡り廊下棟から構成されており、鉄筋コンクリート杭が使用されている。

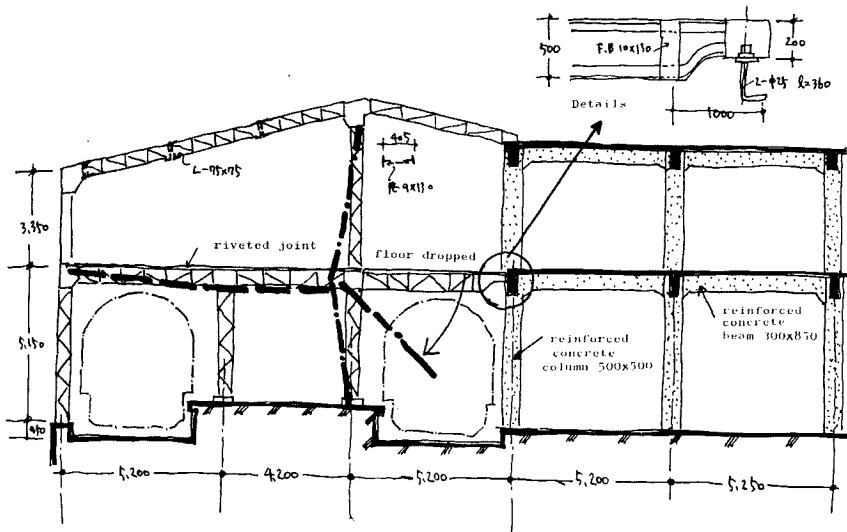


Fig. 4 Aomori Ferry Station (Aomori)



Photo. 3 Aomori Ferry Station

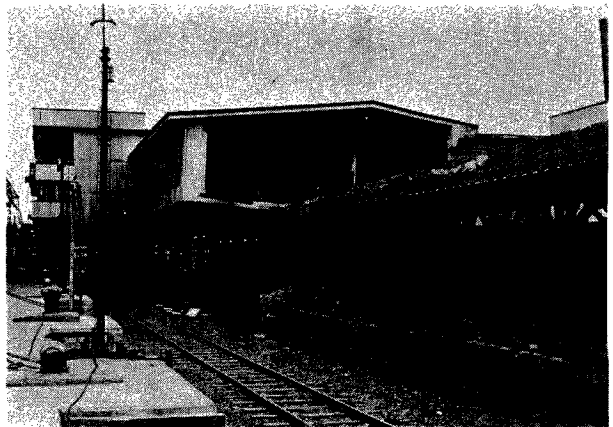


Photo. 4 Aomori Ferry Station

この建物の主な被害は3階建部分の一部の柱にせん断ひび割れが発生したこと、渡り廊下の柱頭およびはり端に曲げひび割れが発生したことおよび体育館の天井にあたる鉄筋の水平筋連の大部分が切断したことなどであるが、いずれも軽微で補修可能である。なおシュミットハンマーによるとコンクリート強度は 420 kg/cm^2 と判定されるが、実際は 300 kg/cm^2 程度ではないかと考えられる。いずれにしてもコンクリート強度は充分高い。

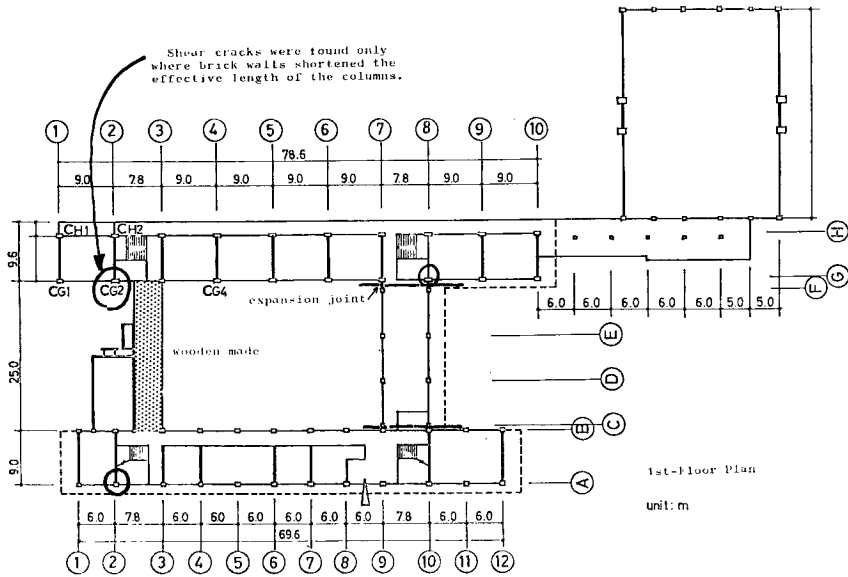


Fig. 5 Noheji Senior High School (Noheji)

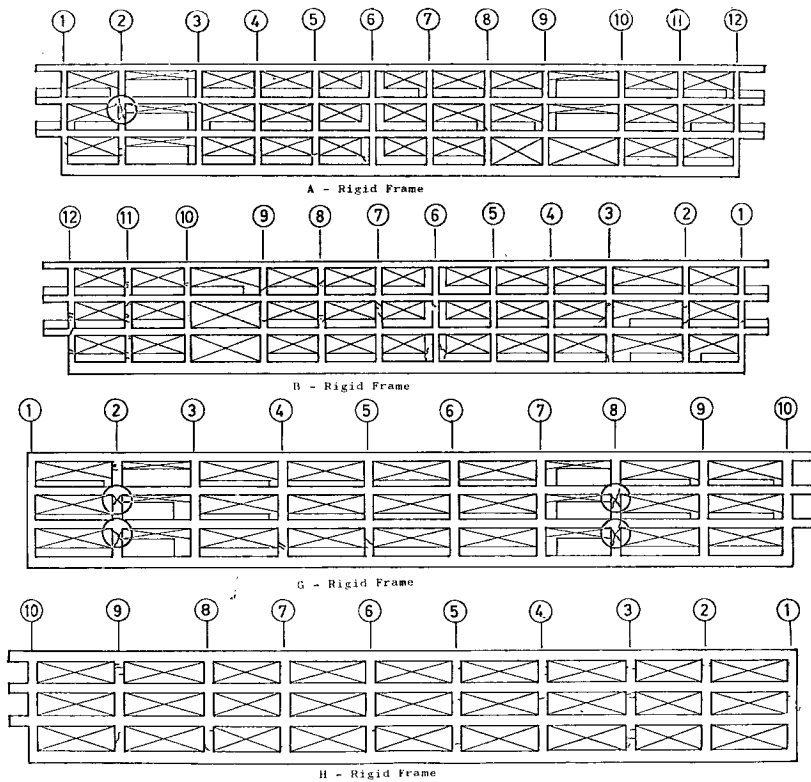


Fig. 6 Noheji Senior High School (Noheji)

3階建部分のはり間方向には耐震壁が数多くあるのでほとんど問題はなく、柱のせん断ひび割れは桁行方向の水平力によって生じている（Fig. 6）。Fig. 6 は桁行方向 ラーメンのひび割れの状態を示し、Photo. 5 は柱のせん断ひび割れの一例である。Fig. 6 にみるようにH通りラーメン以外は腰壁があり、せん断ひび割れは腰壁が高く柱の実長が短いところに生じている。通常このような場合これらの腰壁は考慮せず均等なラーメンとして応力計算を行っているが、腰壁を考慮に入れて精算してみると、これらの柱にはラーメンのみの場合の5倍程度のせん断力を分担していることがわかった。したがって当然せん断ひび割れの発生が考えられる。本建物では幸いこのせん断ひび割れは軽微ですが、このように腰壁のたれ壁がある場合は、それらを考慮した応力計算をすとか、短い柱部分の帯筋量を0.5%程度まで増して、たとえせん断ひび割れが生じても耐力が低下しないようにするなどの配慮が必要である。

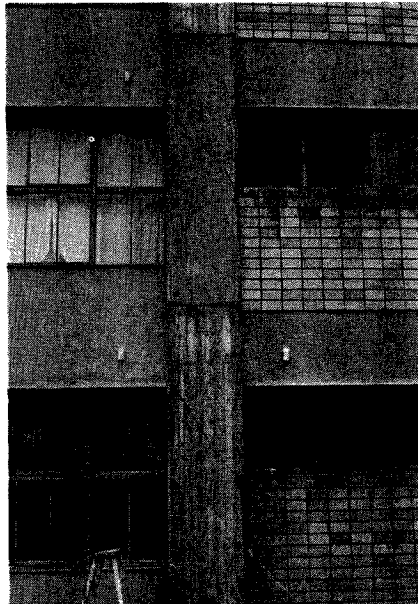


Photo. 5 Noheji Senior High School

3.4 日本国有鉄道野辺地駅

本建物は Fig. 7 に示すような平家建の鉄筋コンクリート造であり、コンクリート強度は 300 kg/cm^2 程度と推定される。被害の主なものゝ隅柱 C_1, C_3 がせん断破壊したこと（Photo. 6）、および C_5 柱の柱脚部が曲げ破壊を起こしたことであり、いずれも補修可能である。 C_5 柱の破壊は施工の不良によるものである。隅柱 C_1, C_3 のせん断破壊は3.3項の野辺地高校の柱と全く同様、Fig. 7 に見るように高い腰壁によって柱の実長が短いためせん断力が集中したためである。

3.5 野辺地町消防庁舎

本建物は鉄筋コンクリート2階建に鉄筋コンクリートの望楼が付属したもので、望楼は下部にかなりのひび割れが発生した（Fig. 8, Photo. 7）。

望楼の破壊はいわゆるむちふり現象によって大きな水平力を受けたためと思われる。屋上突出物は通常震度0.3で設計しているが、このような場合震度0.3では不足ではないかと考えられる。

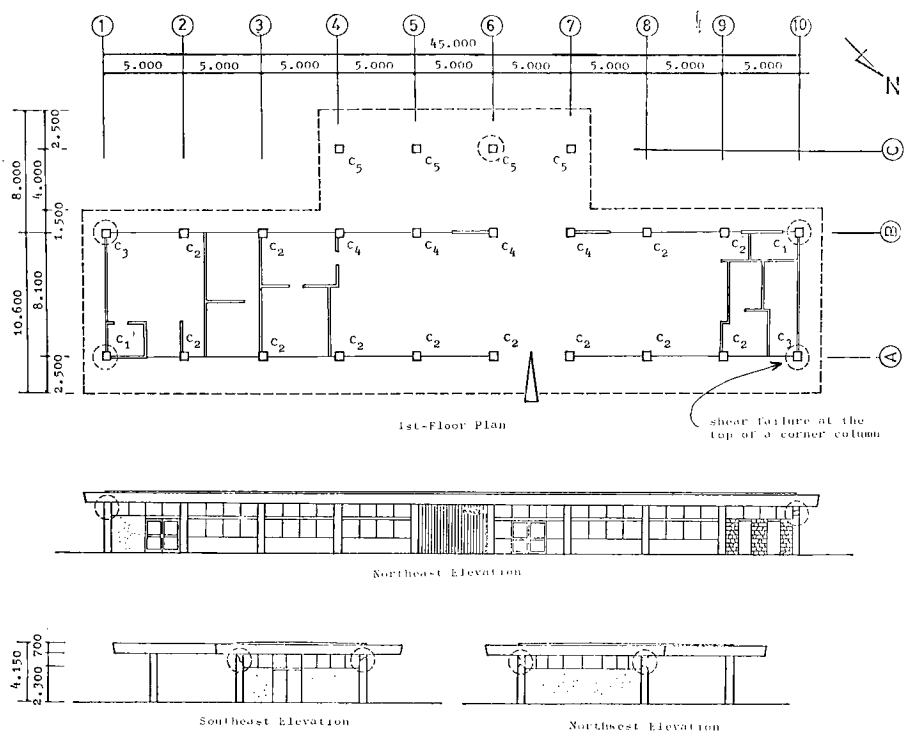


Fig. 7 Noheji Railway Station (Noheji)



Photo. 6 Noheji Railway Station

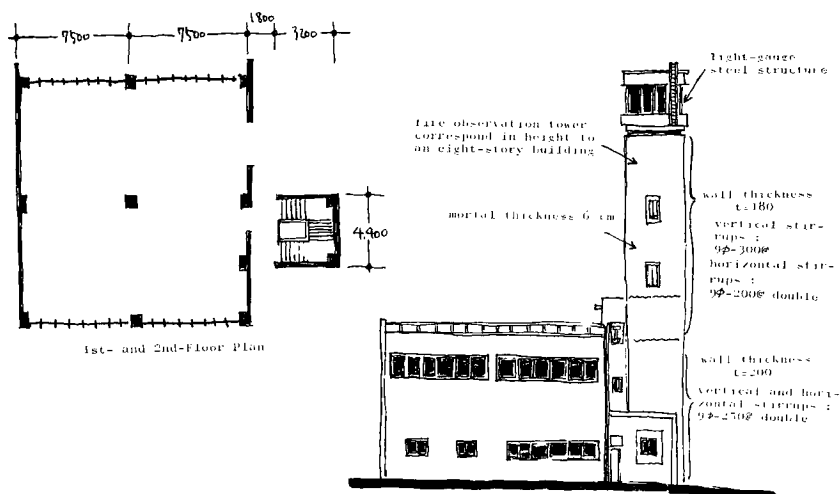


Fig. 8 Noheji Fire Station (Noheji)

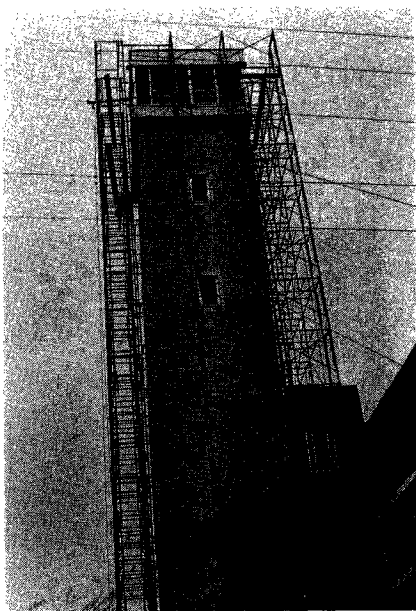


Photo. 7 Noheji Fire Station

3.6 八戸市庁舎

八戸市庁舎は Fig. 9 に示すような平面をもつ3階建の鉄筋コンクリート造で、屋上に5階建のペントハウスがある。主な被害はペントハウスの最上階が崩壊して屋上に落下したことと (Photo. 8), 2階の柱数本に曲げせん断破壊やひび割れが生じたことである (Fig. 9, Photo. 9)。ペントハウスの崩壊はむち振り現象によるものであり、破壊は柱はりの仕口から始まったものと思われる。

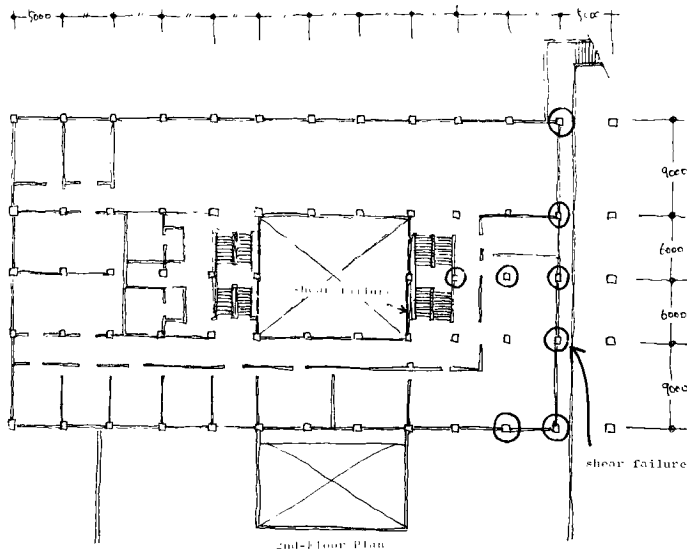


Fig. 9 Hachinohe City Office Building (Hachinohe)

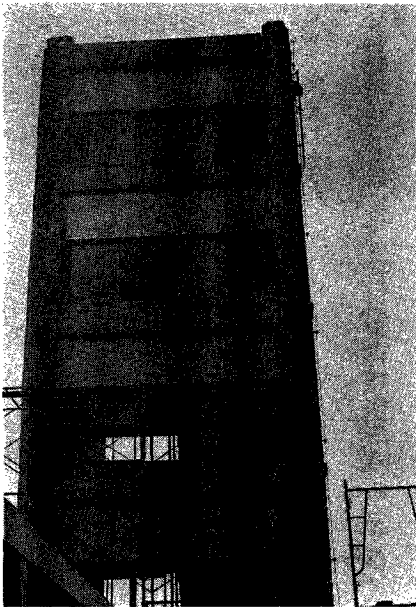


Photo. 8 Hachinohe City Office Building



Photo. 9 Hachinohe City Office Building

3.7 八戸東高等学校

本建物は **Fig. 10** に示すような鉄筋コンクリート造3階建の建物である。A棟の端部に近い部分のつなぎばりと独立基礎との間にある短い柱が圧壊し (**Fig. 10**, **Photo. 10**)、同じ棟の反対側の部分の壁に大きなせん断ひび割れを生じた (**Photo. 11**)。このせん断ひび割れは柱の圧壊に伴って生じたものと思われる。柱の圧壊はせん断破壊であると思われるが、その原因についてはこの部分の基礎の沈下であるともな

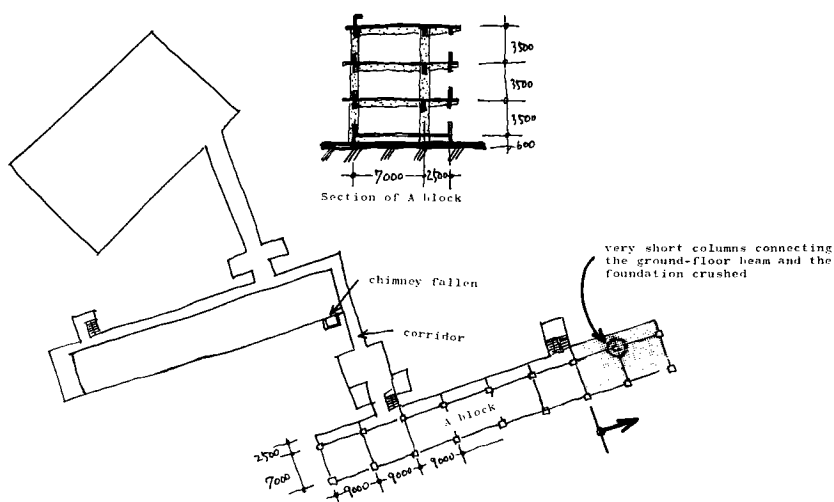


Fig. 10 Hachinohe Higashi High School (Hachinohe)



Photo. 10 Hachinohe Higashi High School



Photo. 11 Hachinohe Higashi High School

いともいわれ、明らかでない。このほか屋上突出煙突がむち振り現象で折れて落下した。この建物のシュミットハンマーの値は $200 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$ でコンクリート強度は充分である。

3.8 八戸市立図書館

本建物は Fig. 11 に示すような鉄筋コンクリート造平家建の整形ラーメン構造である。Fig. 11 および

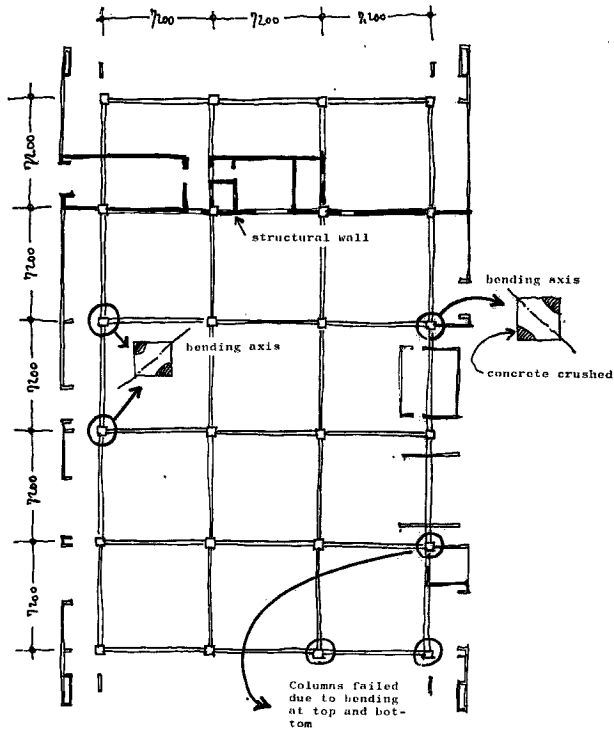
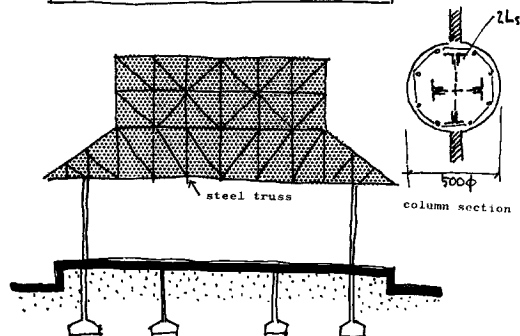
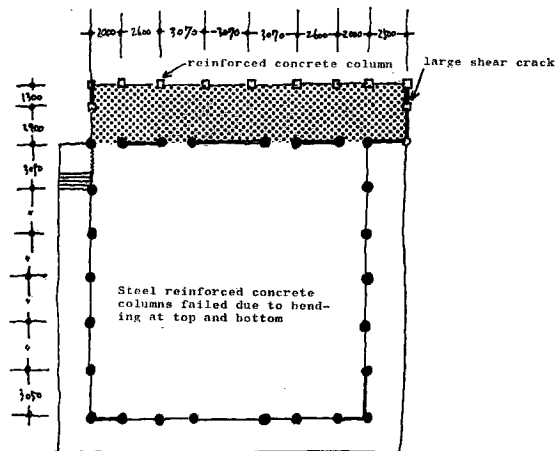


Fig. 11 Hachinohe City Library
(Hachinohe)

Fig. 12 Raigo-ji (Hachinohe)





Poto. 12 Hachinohe City Library

Photo. 12 に示すようにかなりの柱の柱脚および柱頭に曲げあるいはせん断破壊、あるいはひび割れがみられる。この建物には **Fig. 11** に示すように偏心して耐力壁があるため、建物はねじれ振動を起したらしく、柱の破壊の状況もこれを裏書きしている。シュミットハンマーの値は 500 kg/cm^2 以上である。



Poto. 13 Raigo-ji



Photo. 14 Raigo-ji

3.9 来 迎 寺

Fig. 12 に示すような鉄骨鉄筋コンクリート造平家建で、裏側の下屋の部分は鉄筋コンクリート造である。下屋の部分は **Photo. 13** に見るように柱ならびに壁にかなりの破壊がみられる。主屋部は鉄骨鉄筋コンクリート柱の柱頭、柱脚に曲げ破壊が生じているが、鉄骨が入っているので大破に到っていない。**(Photo. 14)**

3.10 八戸工業高等専門学校

Fig. 13 に示すような平面をもつ3階建の鉄筋コンクリート造であるが、1階および2階のほとんどの柱がせん断破壊を起している (**Photo. 15, Photo. 16**)。

この場合にも腰壁があって柱の実長が短いのでせん断破壊を起している。この建物ではシュミットハンマーの値が 110 kg/cm^2 程度に低い値を示しており、破壊の生じた原因はコンクリート強度の不足であると

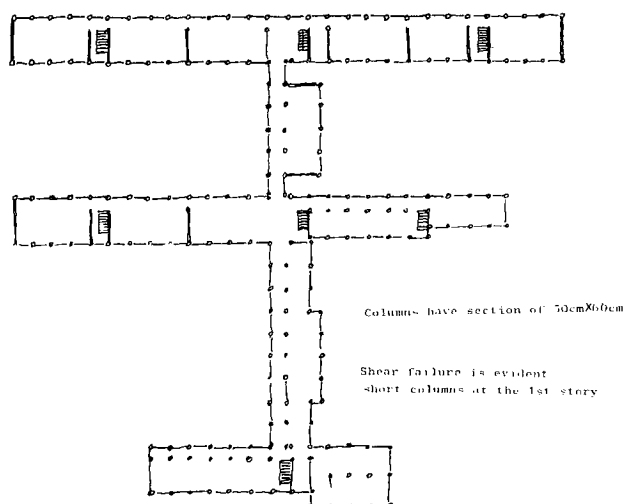


Fig. 13 Hachinohe Technical High School (Hachinohe)



Photo. 15 Hachinohe Technical High School

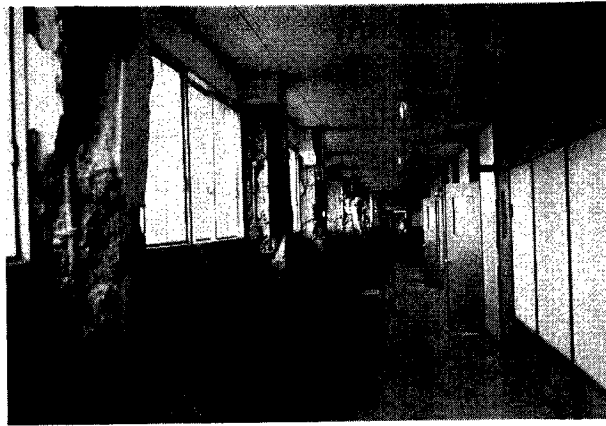


Photo. 16 Hachinohe Technical High School

思われる。

3.11 岡三沢小学校

本建物は鉄筋コンクリート造3階建てで Fig. 14 のような平面をもっている。廊下側の壁柱の桁行方向の地震力によってせん断破壊を起している。この場合も壁柱であり柱の実長が短く柱せいが大きいのでせん断破壊を起している (Photo. 17)。また鉄筋コンクリート造の非常階段が、主屋への定着不良のために倒壊している (Photo. 18)。この種の非常階段の取付けはこのような不良な定着となりやすいので注意が必要である。

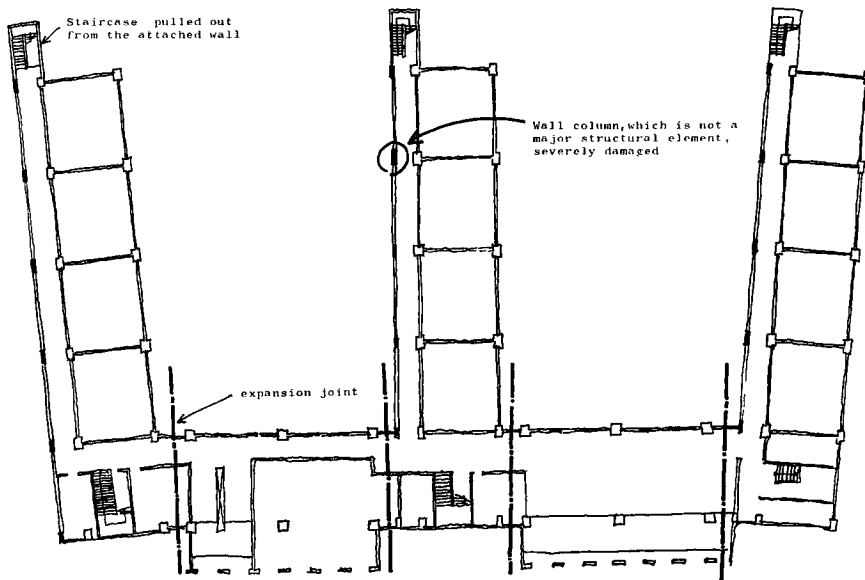


Fig. 14 Okamisawa Primary School (Misawa)

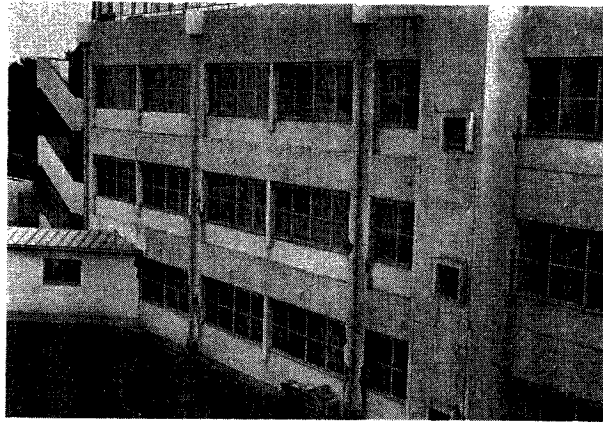


Photo. 17 Okamisawa Primary School

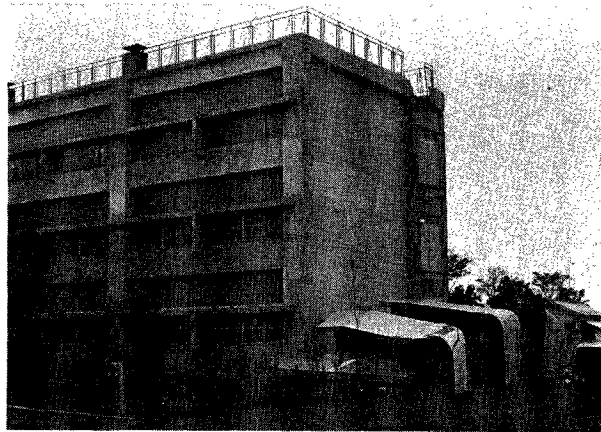


Photo. 18 Okamisawa Primary School

3.12 三沢商業高等学校

Fig. 15 に示すような鉄筋コンクリート造3階建の建物である。増築部の1階の柱がせん断破壊し、増築部は大きく傾いた (**Photo. 19, Photo. 20**)。破壊の状況からみると、増築部と第1次工事の部分とが別々の振動をして、増築部が第1次工事の部分によってはねとばされたようにも考えられるが、明確なことはわからない。この建物のシュミットハンマーの値は $200 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ で余り低くはない。

3.13 函館商科短期大学

本建物は鉄筋コンクリート造4階建であるが、1階の柱はほとんど圧壊して、1階の柱はほとんど圧壊して、1階の開口部は無くなっている (**Fig. 16, Photo. 21**)。破壊の原因として先ずあげられるのはシュミットハンマーによるコンクリート強度が $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ と非常に低いことが第1であるが、教室であるにもかかわらずほとんど耐力壁が無いこと、柱の断面が細長く、はりがその端部に接合されているため柱には曲げモーメント、せん断力のほかにねじりモーメントも働くことなども破壊を助長したものと思われる。

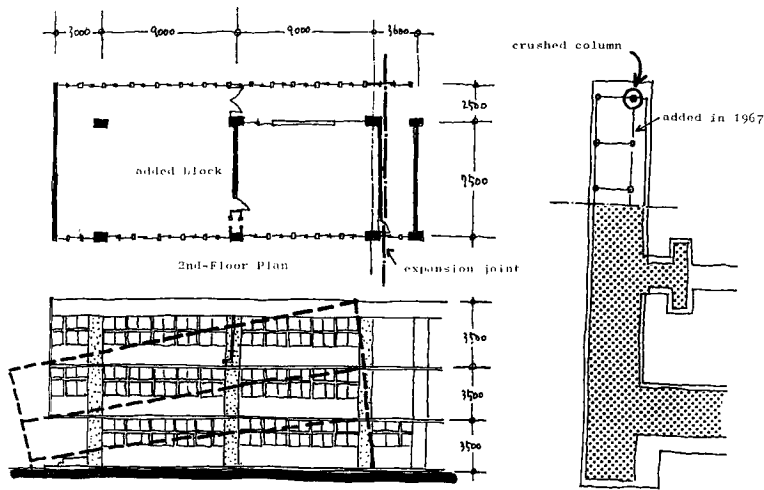


Fig. 15 Misawa Commercial High School (Misawa)



Photo. 19 Misawa Commercial High School

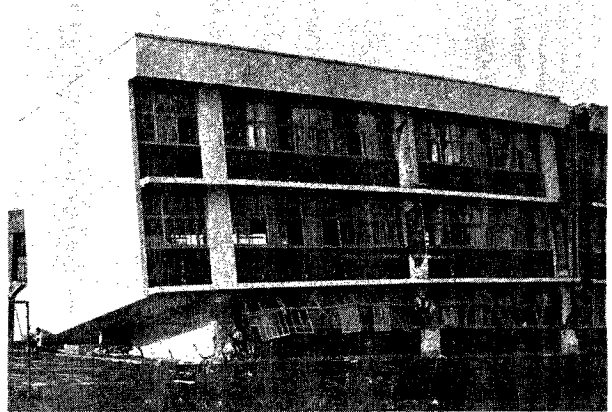


Photo. 20 Misawa Commercial High School

4. む す び

今回の地震では鉄筋コンクリート造の被害、とくに柱のせん断破壊が多くみられた。しかし柱のせん断破壊は今回の地震に限られたものではなく、関東大震災その他においても多くみられる (Fig. 17)。しかしわが国の設計では従来柱のせん断補強について軽くみるきらいがあり、筆者はかねがね柱のせん断補強の重要性を強調してきた。Fig. 18 は筆者らの行った鉄筋コンクリート柱の実験結果であり¹⁾、せん断補強筋比

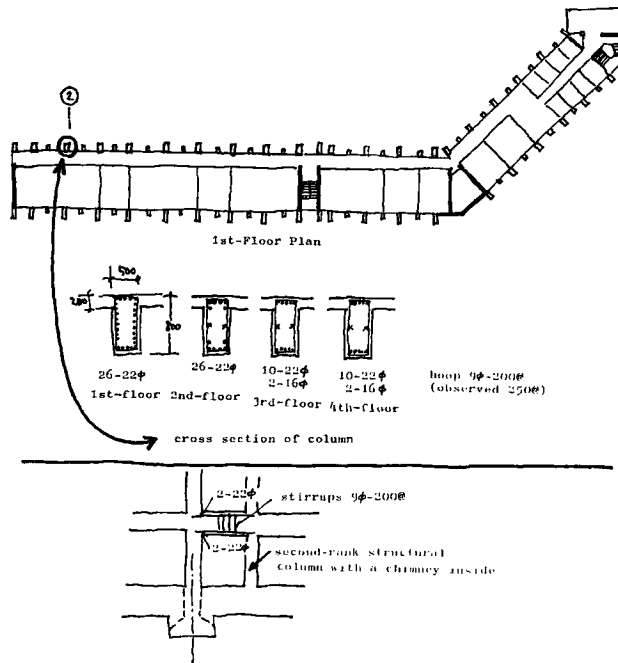


Fig. 16 Hakodate University (Hakodate)

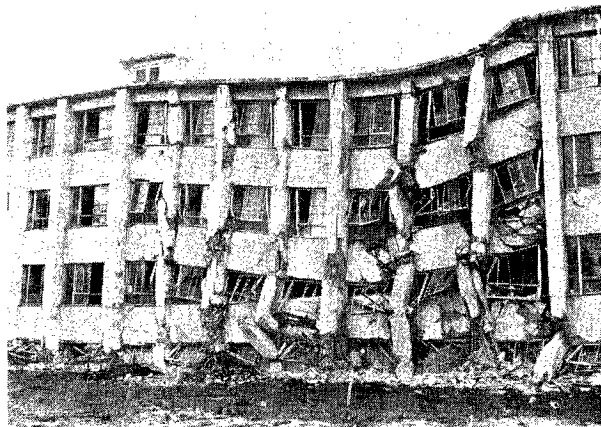


Photo. 21 Hakodate University

の ωp 多寡によってせん断力，たわみ曲線がどのように変るかを示したものである。

せん断補強筋が少いと，せん断ひび割れが発生すると同時に耐力が急激に低下することがわかる。したがって横力の分布が計算通りでなく，いずれかの柱にせん断力が集中して，その柱にせん断ひび割れが入った場合，このように脆い破壊を起すと，その柱の抵抗力は急激に低下し，次には他の柱にせん断力が集中して破壊を起し，このようにして各柱が順次に破壊されるという可能性がある。Fig. 18 の結果によればせん断補強筋比 ωp が0.5%程度あればせん断ひび割れが発生しても耐力が低下しない。したがって大きいせん断

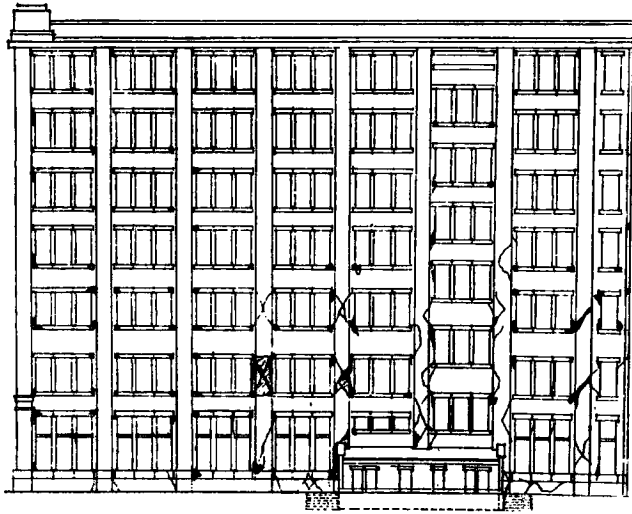


Fig. 17 Shear Failure of Columns in Kaijo Building at Kanto Daishinsai

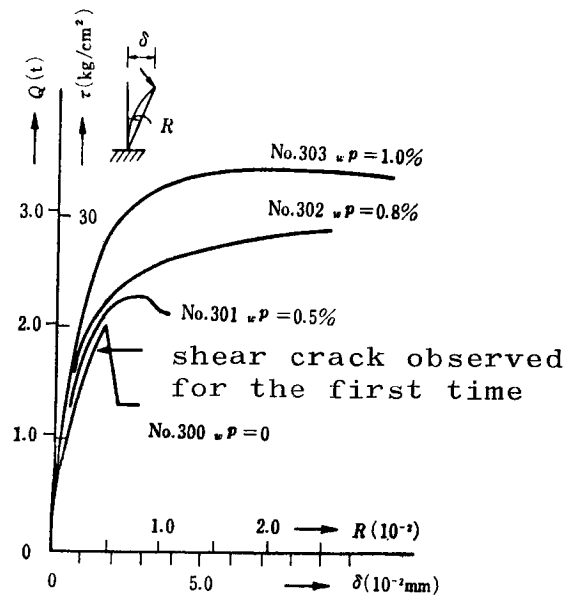


Fig. 18 Test Result of Shear Strength of Reinforced Concrete Column

力を受ける柱、腰壁などで実長が小さい柱などではこの程度のせん断補強筋を入れておく必要があるだろう。いずれにしても柱のせん断に関する実験資料が甚だ少いので早急に組織的な実験が必要である。筆者らのところでも実験を行なっている。なおこの機会に柱のせん断補強に対する在来の甘い考えを捨てて、実状に合った補強を行なうよう、設計式の大改訂が望まれる。

今回の地震では鉄骨鉄筋コンクリートの中高層建築で被害のあったものがないが、鉄骨鉄筋コンクリート

ではたとえせん断破壊や曲げ破壊を起しても、鉄筋が座屈し、コンクリートがとんで柱が完全に崩壊するようなことはまず考えられない。したがって鉄骨鉄筋コンクリート構造物の優れた耐震性というものをもう一度見直してよいのではないかと考える。

参 考 文 献

- 1) 若林 実ほか：鉄骨鉄筋コンクリート構造，建築構造学大系19巻，昭和42年，p. 85.