

1975年大分県中部地震被害調査

深田 泰夫
小林 幸男

§ 1. 地震の概要

1975年4月21日午前2時36分、大分県中部に地震が発生した。震源は北緯 33°08′, 東経 131°21′, 深さ 0~20 km でマグニチュード 6.4 と発表されている。

また、各地の震度は以下に示すとおりであった。

震度Ⅳ 大分市, 阿蘇

震度Ⅲ 日田, 延岡, 福岡, 宇和島

震度Ⅱ 松山, 飯塚, 雲仙

震度Ⅰ 下関, 熊本, 宮崎, 都城, 岡山

大分では気象台の1倍強震計による変位記録と、港湾技術研究所が管理している SMAC-2 型強震計による加速度記録とが得られている。1倍強震計によれば変位の最大値は両振幅でおおの、

EW : 6.5cm, NS : 6.1cm, UD : 2.6cm

程度である。一方、SMAC によって得られた記録を図一2に示すが、最大加速度はおおの、

EW : 65gal, NS : 49gal, UD : 28gal

程度となっている。継続時間はそれ程長くなく、主要動はせいぜい5秒程度である。

建設省建築研究所(以下建研と略す)によれば、湯布院町付近では 200gal 程度、後に述べるレークサイドホテル付近では水平で 400gal, 上下で 250gal 程度の地動加速度が作用したものと考えられている¹⁾。

また、大分気象台の発表によれば、4月21日の余震回数は、有感無感を合わせて26回、以下22日は7回、23日2回、24日3回、25日1回、26日2回でかなり速かな減衰を示している²⁾。

当社では5月7日から3日間にわたって、庄内町、九重町を中心に被害調査を行なった。図一3に調査地域内の被害状況を示した。今回の地震は内陸部に比較的浅い震央を持ついわゆる直下型地震であるためか、被害地域が限定されているのが特徴である。また、図中に気象庁発表による震央を示したが、地震直後の発表ではこれより北東に寄っており、後に訂正された。

以下に被害状況を述べる。

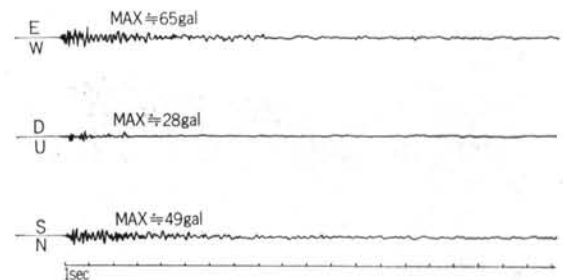
§ 2. 木造建物等の被害

2.1 庄内町の被害状況

庄内町では震源の北西約 2 km にある直野、内山地区



図一1 大分県中部地震の震度分布



図一2 港湾技術研究所SMAC記録

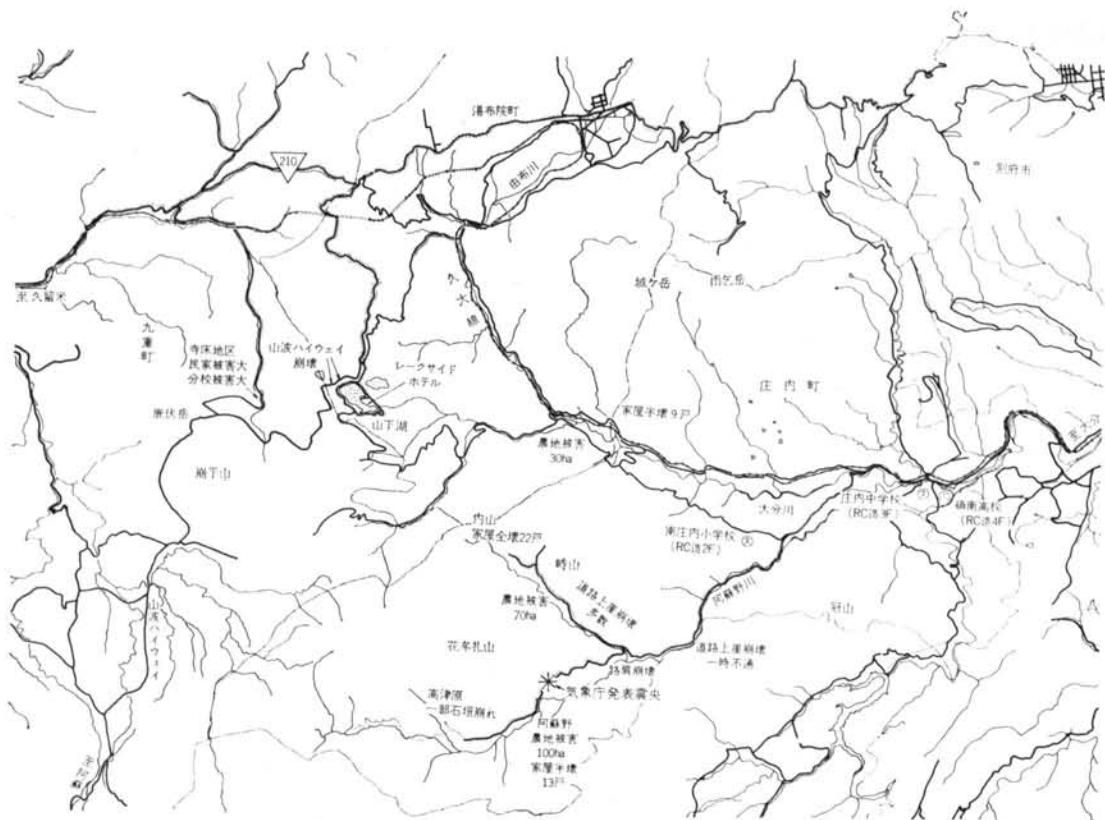


図-3 被害状況概略図

の被害が最もひどく、県道から同地区へ至る道路は崩壊と落石により各所で不通となり、民家田畑の被害も大きかった。庄内町役場の調査では内山で住宅の全壊12棟、非住宅の全壊9棟、直野では住宅の全壊10棟、非住宅の全壊13棟、半壊、一部損壊は計34棟にものぼり、ほぼ全棟にわたって被害があった。

写真-1に示す農家はかなり古いものであり、屋根はわらぶきの上に波板のなまこ鉄板を葺いている。屋根重量のわりには壁量が少なく、ために大きく東方へ傾斜し

た。写真-2のように入口回りの柱の残留変形部材角はかなり大きく、16/100程度であった。

写真-3はわらぶきの納屋が基礎の石垣とともに崩壊した例で、写真-4は瓦葺きの納屋であるが、壁が筋違のない土壁であったため傾斜した例である。

また、写真-5に示すようなブロック塀の倒壊や、写真-6のような無筋コンクリート製の水槽の破壊も見られた。

内山地区よりさらに南西方向へ県道を進むに従い、被



写真-1

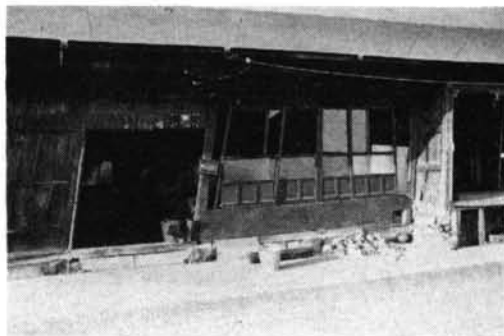


写真-2



写真—3



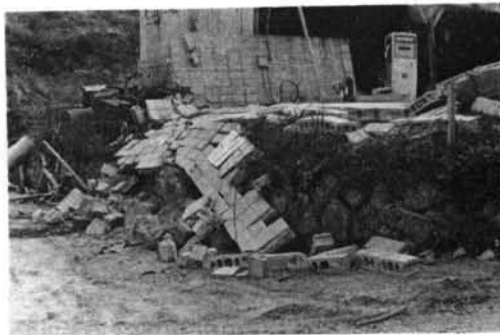
写真—7



写真—4



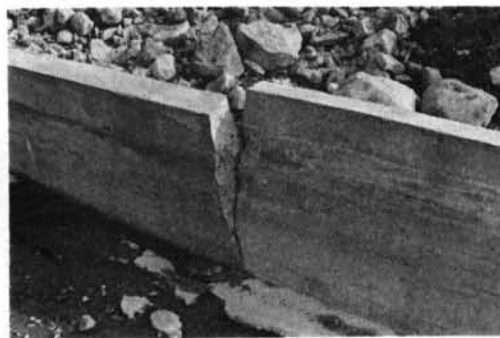
写真—8



写真—5



写真—9



写真—6

害状況は軽微となる。阿蘇野では一部損壊家屋は67棟であったが、全壊は3棟、半壊は13棟であった（庄内町役場調査による）。しかし、原中付近では写真—7のように石碑の倒壊が見られたほか、石垣の崩壊等による田畑の損害もかなりあった。

2.2 九重町の被害状況

九重町では寺床地区の被害が大きかった。この地区の住宅は戦後の入植時に建てられたため、かなり老朽化しており、また構造そのものが貧弱で水平耐力に乏しかったため、写真—8に示すように建物全体が傾斜したものが多かった。写真—9は九重町立野矢小学校寺床分校である。建物が老朽化し、かつ蟻害がひどく、かなりの被

害を受けた。また教員住宅、便所も老朽化しており、大きく傾斜した。さらに校舎前の倉庫は完全に倒壊した(写真-10)。



写真-10

九重町内では、久大線のレールがかなりの損傷を受けたとの報道があったので数個所の鉄橋を視察したが、被害が軽微であり、また復旧が完了していたため特に異常は認められなかった。しかし、他の調査によれば落石、軌道狂いなどが報告されている。

§ 3. 鉄筋コンクリート造建物等の被害

3.1 庄内町の鉄筋コンクリート造建物の被害状況

庄内町内の鉄筋コンクリート造校舎3つについて調査を行なった。おのおの建物名と、気象庁発表の震央からの距離は次のとおりである。

- a. 南庄内小学校 北東約6km
- b. 庄内中学校 北東約10km
- c. 碩南高校 北東約11km

被害程度はaは中、bは小、cは無被害で、震央からの距離に一応対応している。

図-4は南庄内小学校の略平面で、図-5は桁行ラーメンの亀裂状況である。これでわかるように南側ラーメンの開口部回りの壁に多数のせん断亀裂が生じ、便所の入口回りの壁にもせん断亀裂が生じ、写真-11に示すようにその裏側のタイルが剥落した。北側ラーメンでは、小学生の体格に向わせて手洗場を下げたため、やむを得ず生じた短柱(写真-12)に図-6に示すようなせん断亀裂が生じたが、その幅は小さかった。さらに南北ラーメンの腰壁のほぼ全部の端部、および中央に曲げによると思われる亀裂があった。全体として見ると南北ラーメンの剛性がほぼ等しくバランスが良かったこと、また設

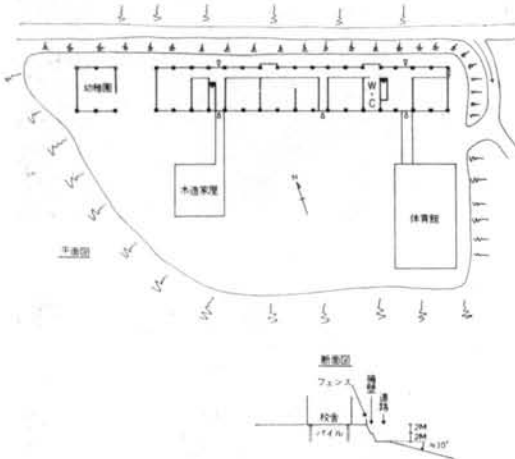


図-4 南庄内小学校略図

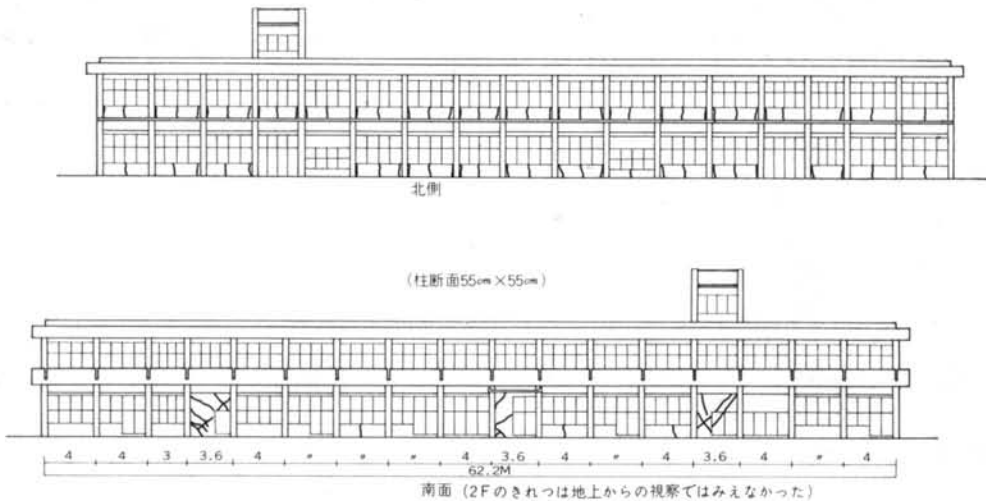


図-5 南庄内小学校被害状況図

計が昭和46年の規準改定後で十分なせん断補強が施されていたことなどから、大被害に至らずにすんだものと思われる。

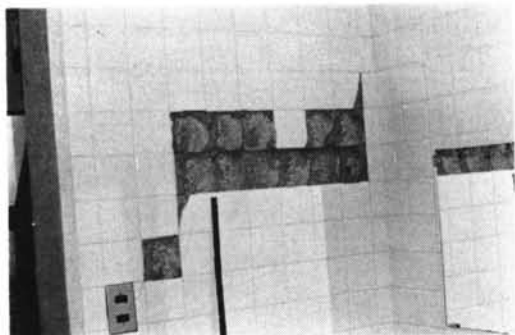


写真-11

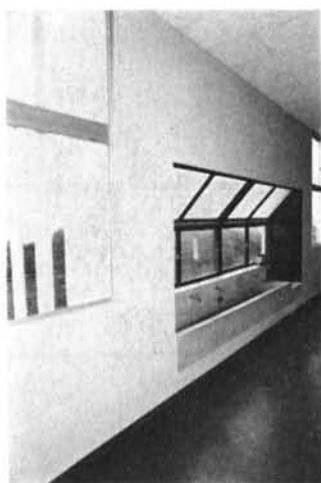


写真-12

庄内中学校はRC造3階建てで、図-7に示すように南北両棟に分かれている。被害は図-8に示すように南庄内小学校にも見られた腰壁の亀裂がほとんどであるが、他に犬走りと躯体との間にかなりの隙間が生じたこと、一部のスラブに腰壁部から連なる亀裂が生じたこと、また写真-13に示すように、南北棟を結ぶ渡り廊下の2階部分取付部に衝突によると思われる剝落が生じた点などが目についた。

碩南高校は、写真-14に示すようにRC造4階建ての校舎であるが、一部の腰壁端部に亀裂が見られた他は異常

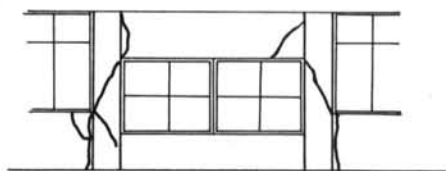


図-6 南庄内小学校北側手洗場回り柱の亀裂

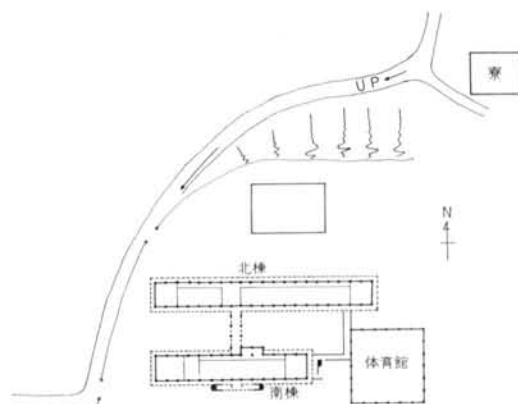


図-7 庄内中学校略平面図

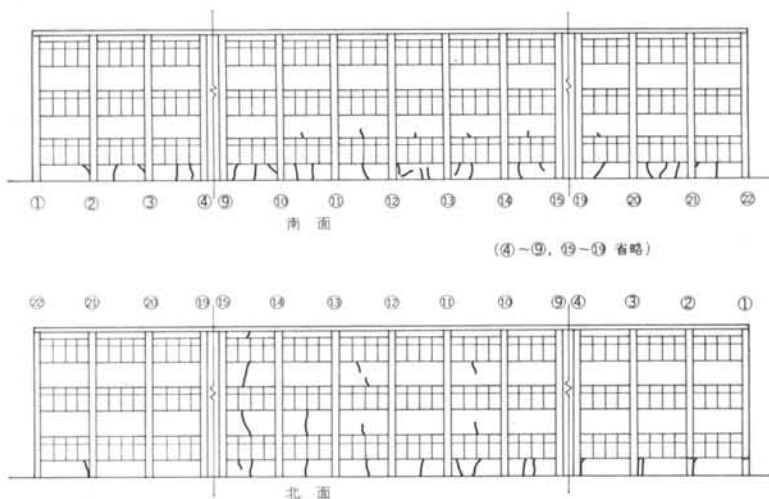


図-8 庄内中学校害状況図



写真—13



写真—14

がなかった。

全体として見ると、先の十勝沖地震で指摘された南北ラーメンの剛性のアンバランスは、九州地区であるために特に北ラーメンを閉鎖的にする必要がないためか、または設計者の配慮によるものか、ほとんど見られなかった。不明確な点としては、通常では応力的にかなり楽であるはずの腰壁端部、および中央部に見られた曲げ亀裂と、中学校のスラブに見られた亀裂である。これらが上下動の影響によるものなのか、建物が一方に長いことによる入力位相差によるものなのか、または単に施工時の収縮亀裂が口を開いたものなのかは明らかでない。

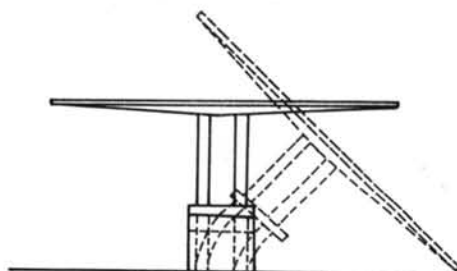
3.2 レークサイドホテル周辺の建造物の被害

今回の地震によって建築物の被害として最も注目されたのはレークサイドホテルであった。同ホテルの周辺に散在する建物にも以下に述べるような被害があったが、レークサイドホテルほどの規模のものはない。建研の調査によれば、各構造物の転倒傾斜あるいは移動は、殆どの場合北向きとなっており、このことから水平動の主方向は南北方向で北向きの最大横ゆれがあったものと推定されている。図—9にはレークサイドホテルを中心とした各構造物の配置物況を示した。

九州横断道路小田野池料金所は、図—10に示すような



図—9 レークサイドホテル周辺の建物



図—10 料金所の倒壊状況



写真—15

やじろべえ型のRC構造造物であるが、柱脚部が完全に崩壊し転倒した(図は建研報告書による)。

写真—15は県営小田野池レストハウスである。RC造ラーメンの人工地盤上に鉄骨造と木造の建物が乗っており東側はラーメン部分が露出している。このラーメン柱の柱頭と柱脚に曲げおよび曲げせん断亀裂が生じ、一部鉄筋が露出している部分もあった。また、基礎はりにも部分的に亀裂が生じていた。

写真—16に示す山下湖畔荘は、RC造一部4階建のホ



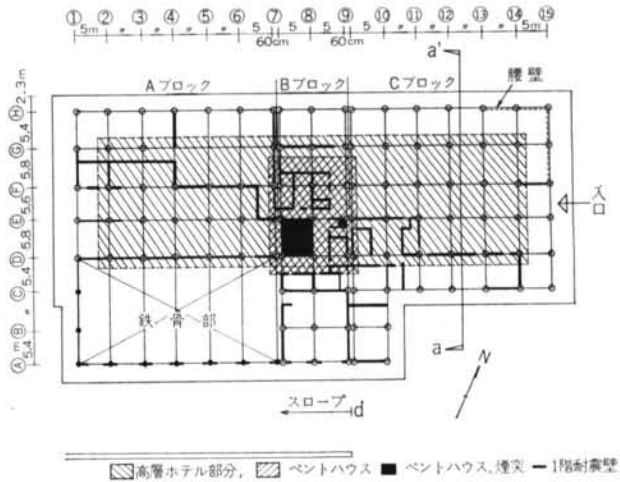
写真—16

テルでレークサイドホテルの対岸約 400m の所にある。しかし建物全体のプランが単純なことで低層部の壁量が多かったためか、構造的被害はほとんどなかった。

他にもいくつかの建物があるが、その被害は軽微であった。壁式または壁量の多い建物がほとんどであったためと思われる。しかし、鉄骨造 1 階建のレークサイドボールの場合は、構造体の被害はなかったものの、変形による二次部材の被害が大きかったこと、また九重カントリークラブのクラブハウスの場合には、母屋である木造部と鉄骨造の付屋との取合せ部でやはり二次部材の被害が見られた。



写真—17

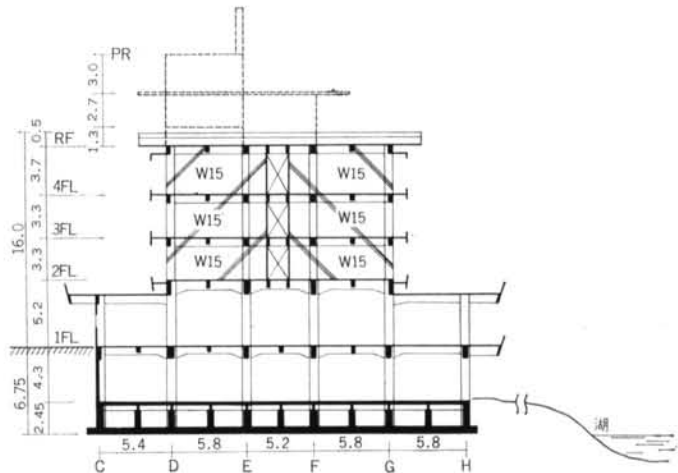


図—11 レークサイドホテル略平面図

3.3 レークサイドホテルの被害状況

レークサイドホテルは昭和40年8月に開業、建築延面積8566m²、RC造4階建（1階の一部はS造）地下1階の建物である。

写真—17は被災前の同ホテルを北東方向より望んだものである。写真からもわかるように湖側の地下部分は露出しており、東面と南面の一部のみが土に接している。図—11、図—12に略平面と断面図を示した。地盤は約20m以上にわたって転石混りの火山灰土で、設計図書によれば基礎スラブ下は15cm厚3層計45cmソイルセメントによって地盤改良をし、この上にベタ基礎型式となっている。上部構造は2個所のエキスパンションによって3つのブロックに分かれているが、基礎は一体となっている。このエキスパンションは設計当初は考えられておらず、基礎施工時または終了時に「現場の要請によって」設けられたものであるとのことであったが、その理由は明らかではない。



図—12 レークサイドホテル略断面図

使用構造材料では、コンクリートは設計基準強度 180 kg/cm²、現場練りカート運搬によるものである。建研の調査によればシュミットハンマーテストで 330kg/cm²、コアによる試験結果の平均で 221kg/cm² でいずれも設

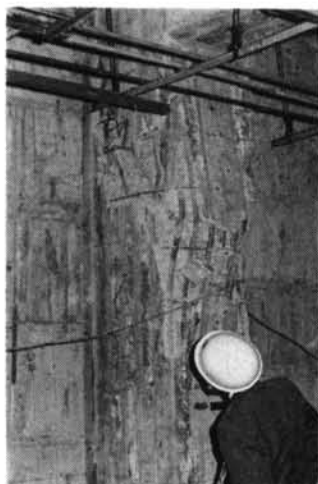
使用構造材料では、コンクリートは設計基準強度 180 kg/cm²、現場練りカート運搬によるものである。建研の調査によればシュミットハンマーテストで 330kg/cm²、コアによる試験結果の平均で 221kg/cm² でいずれも設



写真一八



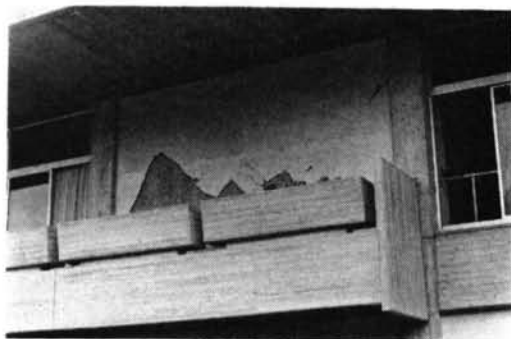
写真一〇



写真一九



写真二二



写真二〇



写真二三

計強度を満足している。鉄筋は主筋がS S D 49, 補助筋がS S 39で、これも建研の引張試験の結果では特に問題はない。

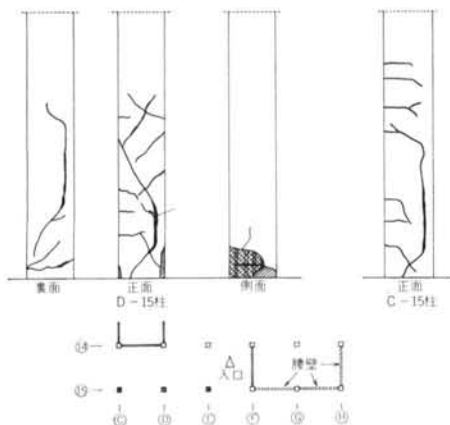
上部構造は先にも述べたように、エキスパンションによって3つのブロックに分けられているが、このジョイントは通常のものとは異なり全くクリアランスはない。各ブロックは南側よりA, B, Cと名づけられている。1階は、Cブロックが入口、ロビー、フロント、売店、事



写真二四



写真一25



図一13 15通り柱亀裂状況



写真一26

室等となっており、壁はC、D通りおよびF通りの入口回りにあるが、全体としては壁量は少ない。15通りF～H、H通り13～15間は上部に高窓のある高い腰壁となっているが、これは設計時の計算では無視しているとのことであった。Aブロックは大食堂等のため一部の柱がぬ

けている所もあるが壁量は多く、Bブロックはコア部で壁量が多い。2階以上では、A、Cブロックは客室部ではり間方向各スパンには通路部を除いて壁があり、また桁行方向にも廊下両側の通りには壁がある。またBブロックはコア部で壁量が多い。地下部分は、Cブロックの東側と南側の一部が土に接し片土庄を受けるようになっており、全体として壁量が多い。1階および地下部分は2階より上部に比べ、短辺方向で両側にそれぞれ1～3スパン、長辺方向で両側に1スパンずつ突出しており、これらの低層部分の短辺方向における1階はりは、1階柱の柱頭部をわずかに下がった所で接合されており、2階床はりとはレベルが異なっている。全体として見れば壁量の多い2階以上の階と地下とはさまれた1階の、特に壁量の少ないCブロックに被害が集中しているのである。以下に各ブロックの被害状況を述べる。

Aブロック；1階4～6通りの大スパン部ではH通りの柱脚部が(写真一18)、F通りでは柱頭部が(写真一19)せん断破壊をした。写真よりいずれも帯筋間隔がかなり荒いことがわかる(実測では25～30cm)。さらに柱脚部分のコンクリートでは粗骨材の分離が見られた。これらと、大スパンであるためにせん断力が大きくなったことが破壊に至った原因と思われる。1階の階高は5m20cmであり、柱の断面は55cm角であった。このようなプロポーションの柱にコンクリートを打設する時には途中の鉄筋にコンクリートが当たるために分離しやすく、また締め固め等もむずかしいことなどから、施工時に十分な注意が必要と考えられる。両側妻部分の階段室回りの壁および柱にも写真一20に示すような亀裂が見られ、またはお出しのバルコニー先端にも曲げ亀裂が見られた。

Bブロック；このブロックはコア部で壁が多かったため被害は少なく、A、Cブロックの破壊によってその境界部の柱壁に若干の損傷が見られた程度であった。

Cブロック；高層部の下部にあたる1階の柱壁が全面にわたって崩壊し、ほぼ1階相当分落下した。写真一21や、Bブロック2階屋上よりCブロックを見た写真一22に示すように、高層部が丁度1階分落ち込んでいる。高層部よりはね出した1階低層部の柱や、C通りの腰壁垂壁つきの柱は写真一23に示すようにせん断破壊し大きく外へはらみ出し、先に述べた15通りやH通りの高い腰壁上の柱は写真一24に示すようにすべてせん断破壊した。

15通り入口回りの独立した長柱は、E通り柱は写真一25のように崩壊したが、C、D通りの柱は崩壊をまぬがれた。C、D通りの柱の亀裂状況を図一13に示したが、はり間方向(南北方向)にかなりの変形をした形跡が残っている。また、崩壊したE通り柱脚部の帯筋間隔を実測



写真-27



写真-28

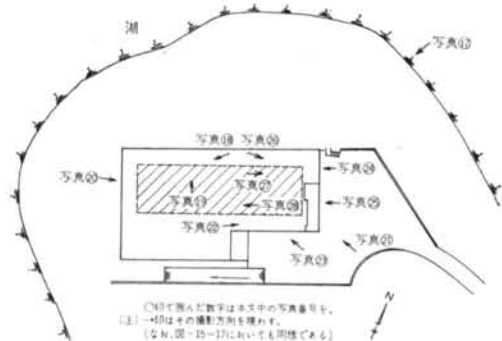


図-14 写真撮影方向

したところ18~20cm位であった。北側H通りの長柱は写真-26に示すように13~15間の腰壁上の短柱と同一レベル(上部サッシュのレベル)ですべてせん断破壊をしたが、鉛直荷重が小さかったためか崩壊はまぬがれた。また、この写真の手前の2本の柱はエキスパンションの部分で、Cブロックに属する柱の上部はせん断破壊をし、Bブロックに属する柱は健全であることが良くわかる。写真-27はBブロックよりCブロックのロビー部分を見たものである。Cブロックの2階はりが落下し、ホテル部分が丁度1階分落ち込んでいる様子がわかるであろう。

ホテル階に相当する2~4階部分は二次部材の被害はあったものの構造体の損傷はほとんど見られなかった。

写真-28はCブロックの屋上からBブロックを見た所であるが、エキスパンションジョイントの様子がわかる。

なお参考のために、レークサイドホテルの被害状況写真(写真-17~写真-28)の撮影方向を図-14に矢印で示した。

§ 4. 地盤の被害

4.1 被害の状況

数日間の調査であるので、被害の全てを調査はできなかったが、新聞情報あるいは調査後に発表された被害調査報告からみて、代表的な被害については調査したといえる。以下に個々の場所の被害状況を述べる。

(1) ヤマナミ・ハイウエー

ヤマナミ・ハイウエーは、片側1車線の高速道路である。水分峠から小田野池料金所までは路肩に亀裂が生じた程度で、大きな崩壊はみられなかった。大きな崩壊を生じた場所は、山下湖をはさんでレークサイドホテルの対岸にあたる場所である。図-15と写真-29は、長さ約20mにわたり道路が崩壊した部分の状況であり、図-16と写真-30も長さ約100mにわたって道路が大崩壊した部分の状況である。

両者の場合に共通することは、崩壊したのは盛土部分であること、斜面の傾斜が 25° ~ 35° と緩いことである。この近辺での切土部分の崩壊は写真-31にみられるように剝落、落石あるいは斜面表面が崩れ落ちる崩壊であり、盛土の崩壊とは様相が異なっていた。そして養生が良い場合には、斜面の傾斜が盛土部分とほとんど同じであるにもかかわらず、写真-32に示すように被害が生じていなかった。

(2) 庄内町内山地区、阿蘇野地区に至る県道

県道の被害状況をみると、写真-33に示すような路肩の崩壊と写真-34に示すような斜面の崩壊の土砂による道路の埋没の2種類であった。崩壊した斜面の傾斜はいずれも 60° ~ 70° 以上で、直に近いところもあった。この傾斜の量と崩壊した土砂(土と岩石の混合体)または落石からみて、地形的にも地質的にも容易に崩壊を生ずる条件を備えていたと考える。

(3) 内山地区の被害

内山地区は平均 5° ~ 10° の傾斜地にあるので、平面を確保するため石積みが多かったが、この石積みがほとんど被害をうけていた(写真-35)。

(4) レークサイドホテルの擁壁

レークサイドホテルの擁壁は図-17の略平面図に示

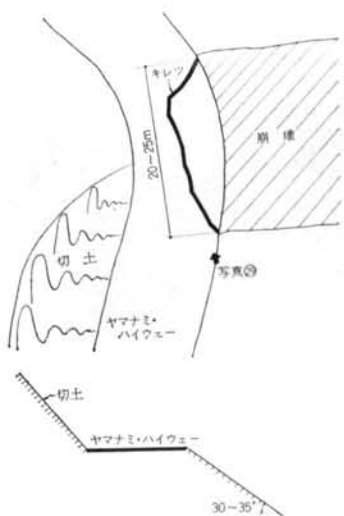


図-15 ヤマナミ・ハイウェイ崩壊箇所(1)略図
写真-29

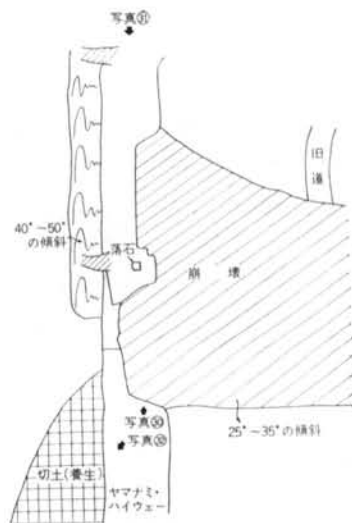


図-16 ヤマナミ・ハイウェイ崩壊箇所(2)略図
写真-30



写真-30

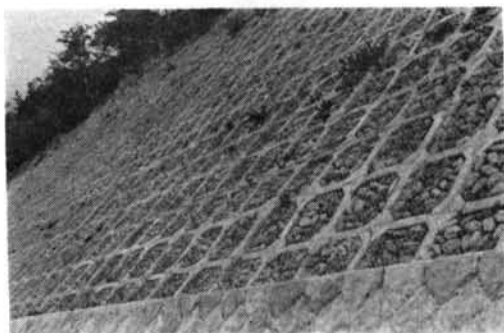


写真-32



写真-31

す位置にあり、背面は一方が盛土、一方が切土と思われた。盛土部分の擁壁は図-17に示すように、高さ約4.5mの石積みであった。亀裂は北東に向いている面の中央に生じ、その部分がはらみ出していた(写真-36)。しかし、北西に向いた面には亀裂が無かった。

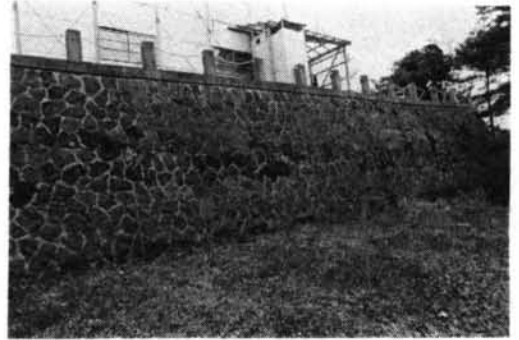


写真-33

一方、切土部分の擁壁は盛土部分のそれとほぼ同じ仕様と思われたが、被害はみられなかった。この理由



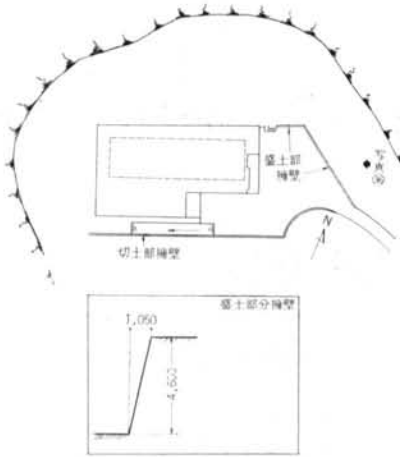
写真—34



写真—36



写真—35



図—17 レークサイドホテルの擁壁位置

としては、切土部分であるので裏込めの土の強度が大きいことと、この擁壁の面が盛土部分の擁壁でも被害の生じていない北西に向けた面と同じ方向を向いているためであろうと考える。

4.2 地震時の斜面の安定について

今度の地震では、切土斜面に比べて盛土斜面の崩壊が目立った。しかし設計において切土、盛土による差はほ

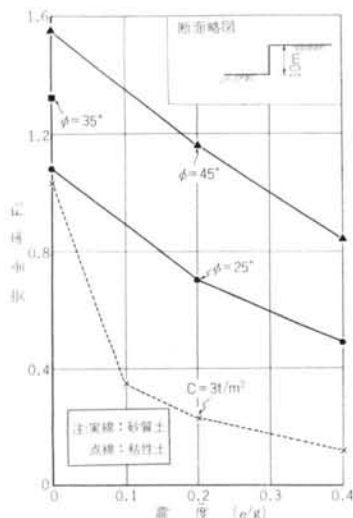
とんどなく、切土の場合に切取り面で時間の経過とともに土の剪断力が低下する場合もあるので、このようなときには安全率を多大小さくする程度である。そこで、ここでは地震時の斜面の安定について考えてみる。

地震時の斜面安定については、一般に次に示すような方法により設計されているものと思う。

- (1) 静的な状態における斜面の安全計算では、構造物の重要度に応じて安全率（抵抗モーメント／滑動モーメント）を1.3～1.5としているが、地震の影響は従来の実績からこの安全率（破壊に対する予裕30～50%）に収まるとして、別途に地震による影響は考慮しない。
- (2) 静的な状態における安全率1.3～1.5よりも大きな安全率を採ることにより地震を考慮する。
- (3) 地震を慣性力として取り入れて、静的な安全計算を行なう。

(1)の場合に、本当にどんな地震もその影響が余裕の範囲内に入ってしまうかは疑問であり、(2)の場合にも安全率をどの程度大きくすればよいかの合理的な根拠が無いことから、安全率を大きくすることは工費の増に結びつくことから、大幅な安全率の増加はさせえないのが実情であろう。また(3)の場合の1つの例として計算した結果が図—18である。慣性力により安全率はかなり低下しているので（粘性土の場合に安全率の低下の割合が大きいのは、土の強度を一律と仮定したため、すべり面が非常に深くなったことによる）安全率を静的な状態と同じく1.3～1.5をとりとうとすると、工費は増大することになるので、安全率はこの値より低く押えるのが普通であるといわれている。これらのことから、地震時の斜面の安定は厳しい状態にあるといえる。さらに(1)～(3)では考慮していないが、地震時には土の強度は低下する場合もあり、そのような場合には斜面の安定はさらに厳しい状態になるといえよう。

以上、地震時には斜面の崩壊の危険性は高く、場合に



図一18 慣性力による安全率低下の1計算例
よっては崩壊の可能性もあることを述べた。しかし、地震の斜面の安定に関して明確な設計法が確立されておらず、この分野の研究の発展が期待されるところである。

＜追記＞

去る7月29日に建築学会構造標準委員会主催の「大分地震建物被害状況報告会」が開かれた。発言者およびその表題は以下のとおりであった。

- (1)大分地震について 表 俊一郎 (九産大)
- (2)大分地震被害地域の活断層について 松田 時彦 (東大震研)
- (3)九重レクサイドホテルの被害について 富井 政英 (九大)

＜参考文献＞

- 1) 建設省建築研究所：“1975年大分県中部に発生した地震震害調査報告” 昭和50年5月
- 2) 衣笠喜博，曾屋龍典：“1975年4月大分県中部地震について” 地質ニュース 1975. 7
- 3) 小坪清真：“1975年大分県中部地震の被害” 土木学会誌 1975. 6
- 4) 網干寿夫：“安定と沈下；軟弱地盤の調査・設計・施工法(土質基礎工学ライブラリー1)” 土質工学会 1966. 3
- 5) 石原研而：“スベリ；土と構造物の動的相互作用(土質基礎工学ライブラリー9)” 土質工学会 1973. 10

- (4)その他の建築物の被害について 花井 正実 (九大)
- (5)大分地震概況報告 広沢 雅也 (建研)
有馬 孝礼 (建研)

(6)質疑応答
席上数多くの有意義な発言があったが、そのうちのいくつかを列記する。

- a) 活断層と地震被害の関連；本地域には約12の活断層が認められている。各断層に沿って被害の状況を調査したが、特に活断層の存在によるものと思われる顕著な被害は認められなかった。
- b) レクサイドホテルの被害；はり間方向の壁には、A, B, Cブロックとも数多くのひび割れが見られ、特に開口部の偏在によると思われる特異なパターンが見られた。また桁行方向の壁にも多くのひび割れが見られた。Cブロック1階の壁や柱のうち、あるものは2階のスラブを貫通していた(例；10通りFの柱, F通り14~15間の壁), また地下へ貫けたものもある。G通り1階柱頭部(段違いのはりが持続している部分)は破壊せずにそのまま落下している。エキスパンション部には衝突による被害は認められなかった。
- c) 常時動微測定；レクサイドホテル周辺地盤は0.3秒に、またホテル自身は0.38秒にピークがあり、減衰は0.03程度であった。
- d) 木造の被害；屋根瓦の被害が少なかったのは、横ゆれの数が少なかったのと、外力周期が山間部にしては比較的長かったためと思われる。
- e) 地震の継続時間；約30秒で比較的短い方である。

