

2007年能登半島地震における土木・建築構造物被害

(土木建設災害調査研究班)

榎谷 浩¹, 前川幸次¹, 深田幸史¹, 鳥居和之¹, 山戸博晃², 松本樹典¹, キティヨドム パーサコン¹, 山上尚幸², 高原利幸¹, 北浦 勝¹, 宮島昌克¹, 池本敏和¹, 村田 晶¹, 川上光彦¹, 沈 振江¹, 小林史彦¹

要約

本調査研究班は2007年3月25日に発生した能登半島地震において、地震発生直後より現地へ赴き、土木・建築構造物被害に対する調査等を行った。班全体をそれぞれの研究グループに分け、調査を実施した。各研究グループの要約は以下のようである。斜面災害調査グループについては、能登半島地震において各所で岩盤崩落などの斜面災害が発生したことから、特に被害の大きかった珠洲市真浦地区で発生した落石の事前予測とその対策、そして輪島市曾々木の岩盤崩落による洞門の損傷事例と復旧対策について調査を行った。橋梁損傷調査グループについては、3径間有ヒンジPCラーメン箱桁橋とPC単純T桁橋からなる21径間の県内最長の橋梁である能登島大橋(橋長1050m)において、複数のRC橋脚において多くの損傷が確認されたこと、PCラーメン橋の端部橋脚(特にP10)において、脚柱基部から主鉄筋段落し部の上側にひび割れ等の損傷が顕著に生じていたことから、このPCラーメン橋の端部橋脚(特にP10)に損傷が集中した要因を明らかにするために動的応答解析を行った。その結果、P10とP13で支持条件が若干異なると考えられ、P10の損傷程度はP13に比べて若干大きくなることがわかった。地盤災害調査グループについては、地震発生翌日から現地へ赴き、一般道盛土の被害調査、切土箇所での被害調査、自然斜面の被害調査を行った。また、大規模な高盛土の崩壊が多数発生した能登有料道路において、特に縦-6と縦-9地点崩壊現場へ赴き、土試料採取ならびに室内土質試験と踏査、常時微動観測を行った。さらに、試験結果を利用して、縦-6と縦-9盛土について、すべり線法とFLACを用いた等価静的安定解析を行った。これらの解析では、盛土内の地下水位、水平・鉛直地震度、地盤の強度定数(粘着力と内部摩擦角)を変化させたパラメトリックスタディーを行った。さらに、FLACを用いて、縦-6盛土の動的応答解析(地震時変形・破壊解析)を実施した。これらの結果より、能登半島地震における能登有料道路盛土の破壊メカニズムとしては、1)盛土設計・施工当時に想定されていた地震力よりはるかに地震力が盛土に作用したこと、2)地震による盛土崩壊後の調査で得られた地下水位よりも、地震時の地下水位が高かった可能性があり、これにより、盛土が破壊しやすい状況になったと推察されること、が有力である。地震被害調査グループについては、地震発生当日より能登半島地域全域の建物被害、ライフライン被害、地盤液状化被害や地震動に関する調査を行った。特に、建物被害に関しては、今回の地震における建物被害の特徴を考察する上で必要となる、被害の甚大であった輪島市門前町総持寺祖院周辺地区(館、門前、走出、日野尾、広瀬、深田:以下総持寺地区と表記)、道下地区、黒島地区、輪島市市街地(鳳至、河井)、穴水町大町地区を対象として建物悉皆調査を行った。都市計画・まちづくり支援グループについては、能登半島地震による震災の復興には、個々の建物の建替えや修復を通じて、地域全体の防災水準の向上や居住環境整備など都市計画・まちづくりにも取り組む必要があることから、実態調査などから問題と課題を明らかにし、いくつかの復興のための計画提案を行うことを目的とした研究を行った。調査は、輪島市鳳至地区を事例対象として行った。本年度は、都市計画・まちづくりに関連する問題や課題を整理するとともに、震災復興のための都市計画・まちづくり支援として、個別の建替えを前提として、それらにより、居住環境水準や防災水準の向上を図るため、まちづくり誘導手法の適用について検討し、具体的な適用手法とその場合の認定基準を整理して提案した。

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科(平成20年3月現在) ² 同工学部(平成20年3月現在)

道路盛土の破壊メカニズムとその対策について

(土木建設災害調査研究班)

松本 樹典¹、Kitiyodom Pastsakorn²、山上 尚幸³

1. はじめに

2007年3月25日に発生した能登半島地震においては、能登有料道路の徳田大津IC～穴水IC(約27 km)区間において、高盛土の大規模破壊が11箇所において発生した。これらの盛土破壊地点は、震源から約17～20 kmの距離に位置している。能登有料道路の被災及び復旧状況は、石川県、地盤工学会等の報告書に詳しくまとめられている。本文では、まず能登有料道路縦-6盛土被害を対象とした、これまでの調査結果の一部を報告する。

2. 縦-6盛土の概要および安定解析

縦-6盛土のすべり面は、ほぼ円弧で近似できるため、円弧すべり面を仮定した震度法による安定計算法を用いることとした。計算式としては、フェレニウス法を拡張させた計算式とビショップ法を拡張させた計算式の二通りの計算式を用いた。まだ壊れていない盛土(斜面)の安定解析では、種々のすべり面を仮定し、最小の安全率を求める。しかし、今回の安定解析では、崩壊盛土の事後解析であるため、**図1**に示すような実測すべり面をほぼ近似している円弧すべり面を用い(固定し)、a) 地下水位、b) 水平および鉛直震度、c) 強度定数 を計算パラメータとした一連の安定解析を行った。これらの結果に基づいて、地震時の盛土安定に及ぼす各要因の影響程度を検討した。本文では、地下水位の影響についてフェレニウス法を用いて検討した結果の一部を報告する。

地震時の地下水位は、盛土崩壊後のボーリング調査に基づいて推定した地下水位(**図1**の地下水位A)よりも高かった可能性は否めない。そこで、地下水が無い、地下水位BとCを仮定した安定解析も行った。安定計算では、 $\rho_s = 1.54 \text{ ton/m}^3$ 、 $\rho_{\text{sat}} = 1.69 \text{ ton/m}^3$ とした。強度定数として、まず一面せん断試験から決定した $c' = 0.40 \text{ kPa}$ 、 $\phi' = 38.0^\circ$ を用いた。これらの解析では、鉛直震度 k_v を0として、水平震度 k_h のみを0～0.5に変化させた。**図2**は、フェレニウス法を用いた場合の上記の解析結果である。地下水位Aの場合、 $k_h = 0.24$ で $F_s = 1$ に達するのに対し、地下水位Bでは、ほぼ $k_h = 0.2$ で $F_s = 1$ に達する結果となった。また、地下水位Cでは、常時の安全率は1.2となった。ここで、**図2**の実線と破線は、UU試験から求めた非排水強度定数 c_u 、 ϕ_u を用いた場合の解析結果である。非排水強度定数を用いた解析結果は、有効応力強度定数を用いた地下水無しから地下水位Bまでの解析結果の範囲となった。

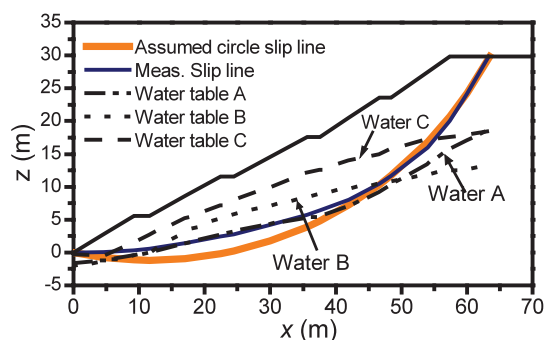


図1 縦-6盛土の断面図および仮定した地下水位

3. まとめ

能登半島地震で崩壊した能登有料道路縦-6盛土を対象として、安定解析を行い、地震時の盛土破壊に及ぼす要因(地下水位、水平・鉛直震度、強度定数、解析手法)とその影響度合いについて、検討を試みた。今後、縦-6盛土の詳細な動的応答解析および他の破壊箇所の解析を進めていく予定である。

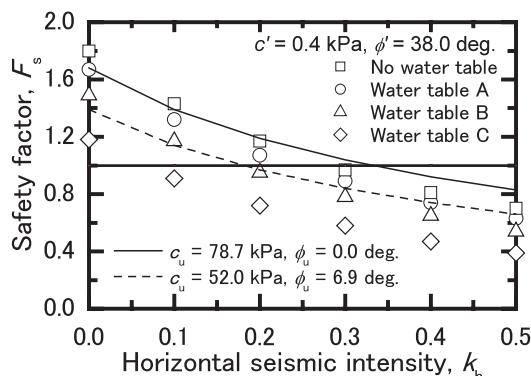


図2 地下水位変化による安全率の比較

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科 教授 (平成20年3月現在)

² 金沢大学大学院自然科学研究科 助教 (平成20年3月現在)

³ 金沢大学大学院自然科学研究科 技官 (平成20年3月現在)

落石発生・被害とその対策について

(土木建設災害調査研究班)

梶谷 浩¹

1. 序論

落石は一般構造物では、爆発荷重のように偶発的な作用と考えられるが、防護構造物にとっては重用な変動作用と考えるべき作用である。落石などの衝撃作用を受ける構造物の設計方法も安全性を明確にした合理的な性能設計への移行が現在提案されている。能登半島地震においても、各所で岩盤崩落などの斜面災害が発生した。珠洲市真浦地区で発生した落石の事前予測とその対策、そして輪島市曾々木の岩盤崩落による洞門の損傷事例と復旧対策について調査を行った。

2. 珠洲市真浦地区の落石

(1) 危険度予測のためのシミュレーション

珠洲市真浦地区は落石発生地域であり、地震発生以前よりその危険性がある程度予想されていた。ここでは2006年度に行った危険度予測のためのシミュレーション結果を最初に紹介する。この斜面では植生が存在するので植生を考慮した。簡単のため木立の枝葉は考慮せず、木立の幹だけを考慮した。また、すべての木立は鉛直に立っているものと仮定し、落石形状は球と仮定した。落石の解析条件は落石質量 11000(kg)、斜面と落石の反発係数 0.15、斜面と落石の摩擦係数 0.32、植生と落石の反発係数 0.1、植生と落石の摩擦数 0.05、植生の高さ 5 (m)、植生の密度 0.01 (本/m)、植生の半径 0.1 (m) とした。現場の状況より落石の発生位置を現場調査結果の基づき発生が予想される5箇所とし、落石運動シミュレーションを行った。

(2) 落石発生とハザードマップ

図-1 は、落石経路を3次元で示したものである。運動エネルギーが 3000KJ 未満の安全域、3000KJ 以上 6000KJ 未満の危険可能域、6000KJ 以上の危

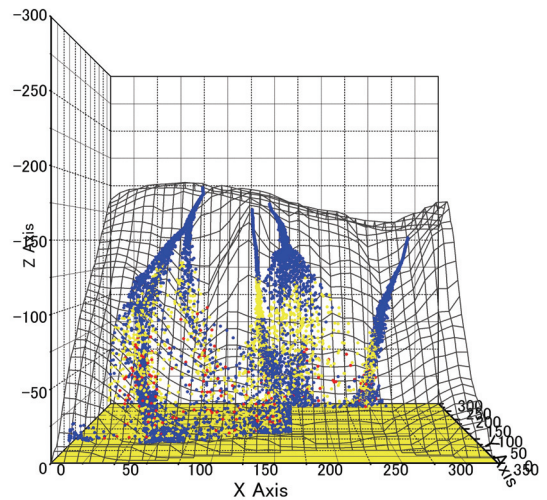


図-1 シミュレーションによる落石経路

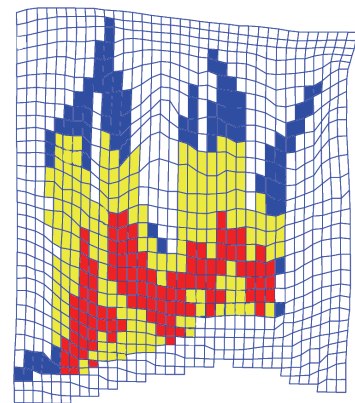


図-2 落石斜面のハザードマップ

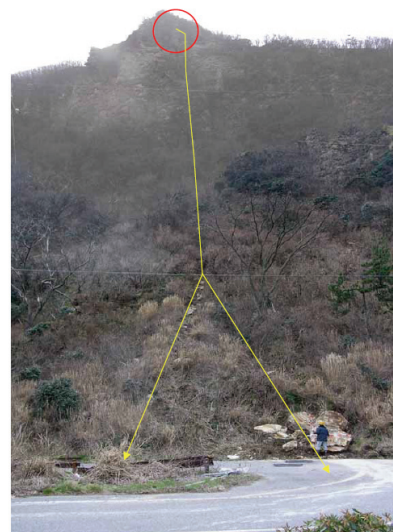


写真-1 落下経路

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科 環境科学専攻 (平成20年3月現在)

険域に分類して示してある。図-2は、平面図としてエネルギー別に示したハザードマップである。能登半島地震で、実際に地震時に解析場所にて落石災害が発生した。写真-1はこの地震により発生した落下経路を写真上に描いたものであり、前述したシミュレーション結果との一致を確認している。今後、落石などの防護対策工を考える際に、このような危険度評価を利用して、適切な安全性を確保できる対策を行うことが有効と考えている。

3. 輪島市曾々木における八世乃洞門の落石被害

八世乃洞門は、石川県輪島市曾々木地区の国道249号に設置されたトンネル及びその前後に連続するシェットの総称である。八世乃洞門の山側には高さ数十mの断崖が迫っている。本震の発生直後の点検では異常が見られなかった断崖が、本震から約1日半たった夜中に45,000m³の岩塊が突然60mの高さより崩壊し、崩落した複数の岩塊によって写真-2に示すように現場打ちRC洞門は大きく変形し、鋼製洞門では主構が座屈した。



写真-2 落石により損傷した八世乃洞門

余震が続く中でとられた応急対策は、擁壁背面や路上の崩落岩塊の除去であった。恒久対策である本復旧対策は、今後の発生が否定しきれない岩盤崩落に対する安全確保の点から、トンネルによるルート変更が最終的に決定している。本復旧完成までの仮復旧対策の基本方針は、1)今回と同程度の地震や落石に対して、交通の安全を確保する 2)早期に交通を開放する 3)大型観光バスが通れる1車線を確保するであった。これらの基本方針に対して総合的に検討した結果、仮復旧対策として図-3に示すボックス型ロックシェットが採用され、夜間以外片側通行可能となり現在に至っている。

4. 結論

ここでは、能登半島地震を原因として発生した落石事例について紹介した。これらは地震とは無関係に従前より小規模な落石を繰り返してきた地域である。このような地域での斜面に対する完全なる安全対策は難しいことを理解したうえで、ハザードマップの作成などリスクの程度をできるだけ明確化するこ

とが望まれる。そして必要と考える安全度を確保できるよう防災対策についての利用者・管理者の合意形成を図ることが将来重要であると考えている。



図-3 仮復旧対策平面図（ボックス型ロックシェット）

能登半島地震に伴う能登島大橋の損傷とその動的応答解析

(土木建設災害調査研究班)

橋梁損傷調査グループ：前川幸次¹，深田宰史²

1. 序論

能登島大橋（橋長 1050m）は、石川県七尾市の和倉温泉地区と能登島地区を結ぶ県道 47 号線上にあり、3 径間有ヒンジ PC ラーメン箱桁橋（**図-1** の P11 および P12 橋脚からそれぞれ張出架設された T 型ラーメン構造が、P11 と P12 間中央においてヒンジ結合された構造である。以後、PC ラーメン橋という）と PC 単純 T 桁橋からなる 21 径間の県内最長の橋梁である（**図-1** 参照）。

本橋は、1982 年に竣工し現在 25 年が経過している。能登半島地震の震源（深さ 11km，マグニチュード 6.9）の東南東 30km に位置する本橋から南南東約 5km の観測点（K-NET の ISK007）では、最大 209gal を記録した。本橋の複数の RC 橋脚において多くの損傷（ひび割れ，主鉄筋のはらみだし等）が確認された。このうち，PC ラーメン橋の端部橋脚（特に P10）においては，脚柱基部から主鉄筋段落し部の上側にひび割れ等の損傷が顕著に生じていた。本橋は，震度法（ $k_h=0.19$ ：水平慣性力に相当する加速度 186gal）による耐震設計が行われていたが，阪神淡路大震災以降に全国で順次実施されている橋脚耐震補強工事を始める直前の被災であったことも不運であった。

ここでは，PC ラーメン橋の端部橋脚（特に P10）に損傷が集中した要因を明らかにするためにを行った動的応答解析の結果について報告する。

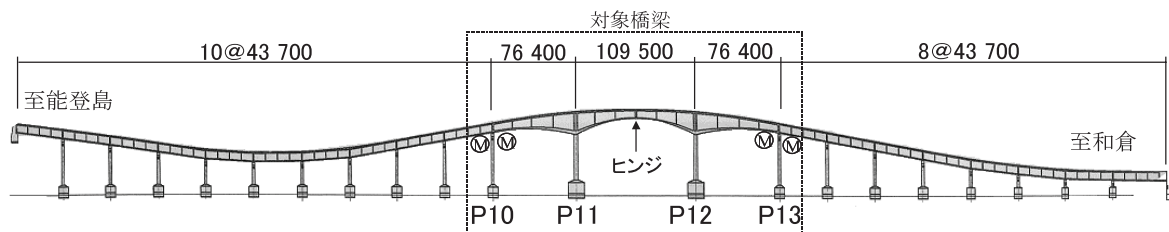


図-1 能登島大橋の一般図

2. 解析概要と結果

P10 から P13 の PC ラーメン橋を対象として，七尾市（ISK007）で測定された能登半島地震の地震波（3 方向成分同時入力）を用いて動的応答解析を行った。動的解析には UCwin-FRAME (3D) を用いた。PC ラーメン橋の解析モデルは，

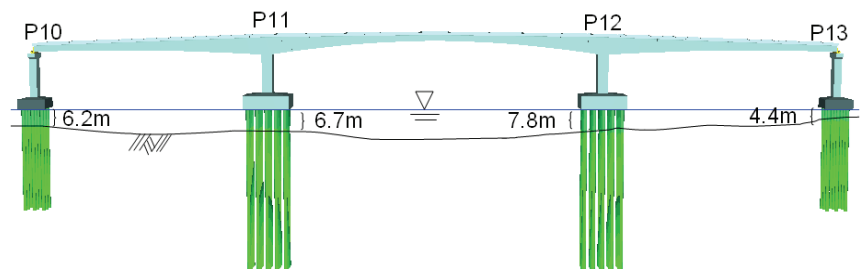


図-2 解析モデル

図-2 に示すように全体構造による振動モードの影響を考慮できるように 3 径間の全体モデルとした。

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科 教授（平成 20 年 3 月現在）

² 金沢大学大学院自然科学研究科 准教授（平成 20 年 3 月現在）

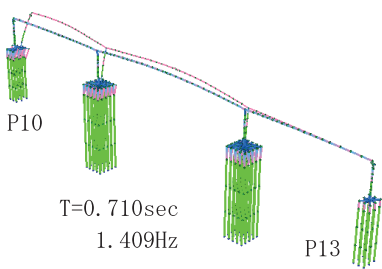
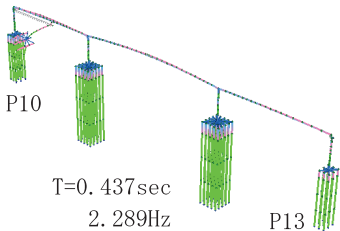


図-3 卓越振動モード



橋脚基部から主鉄筋段落し部の上側までに損傷が集中しているため、橋脚はこの範囲をファイバー要素とし、主鉄筋段落し部の上側から天端と上部構造は弾性梁要素とした。基礎部については、鋼管杭を弾性梁要素としてモデル化し、地中部のN値(15~20)に基づいてばね支持とした。なお、P10およびP13上で、隣接スパンの上部構造は橋軸方向に可動支持されているので、隣接する上部構造の1/2の荷重を鉛直と橋軸直角方向の集中質量として考慮した。

図-3は卓越振動モードを表している。動的応答解析では実測された地震波(ISK007)3成分を入力しているが、図-4は水平2成分とそのスペクトルを表している。図-5は解析で得られたP10橋脚天端の水平応答加速度とそのスペクトルを示している。最大応答加速度は入力加速度の約4倍にも達しており、耐震性を確保するためには震度法よりも動的応答解析による検証が優位と考えられる。図-6はP10およびP13の橋脚基部と段落し部断面の損傷域(解析終了時のひび割れ・軽微な圧縮超過)を図示している。解析による損傷域は橋軸直角方向の曲げの影響が大きく、また損傷の程度はP10がP13に比べて若干大きいことを示している。これらは現地調査の結果に等しい。本橋は一見すると対称構造であるが、解析ではP10とP13で鋼管基礎杭の海中部の長さが異なることを考慮しており、損傷程度の非対称性には鋼管基礎杭の影響も一因と考えられる。

3. 結論

能登半島地震により唯一大きな損傷を受けた能登島大橋(PCラーメン橋部)の損傷特性を検証するために動的応答解析を行い、今後の橋脚耐震補強工事に生かせる知見を得た。最後に、(独)防災科学技術研究所から強震データ(ISK007)の提供を受けたことを記して謝辞とする。

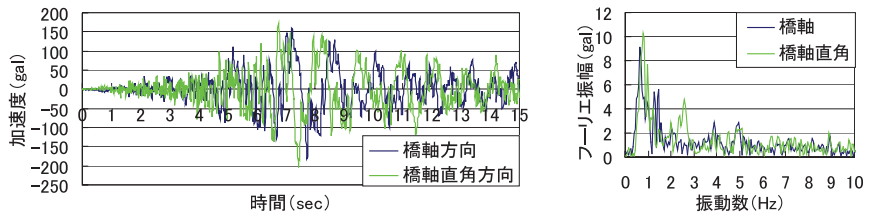


図-4 入力地震波の加速度2成分とそのスペクトル(ISK007)

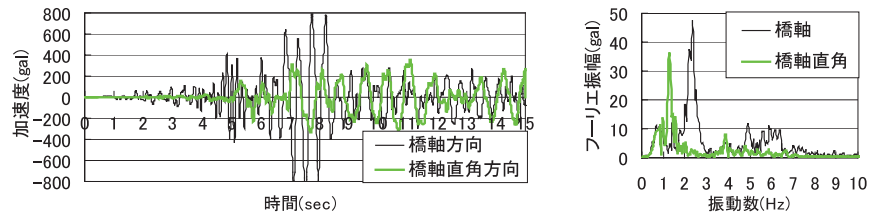


図-5 P10脚柱天端部の応答加速度とそのスペクトル(解析)

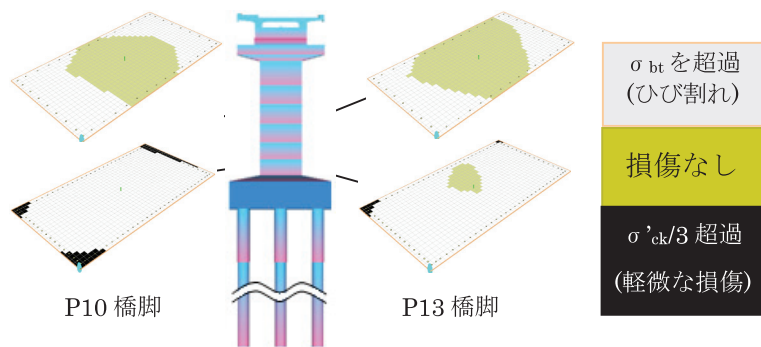


図-6 P10・P13橋脚の損傷状況(解析)

能登有料道路の橋梁の被災状況と耐震補強工事

(土木建設災害調査研究班)

鳥居和之¹, 山戸博晃²

1. まえがき

石川県の能登地方にはアルカリシリカ反応 (ASR) による劣化を受けた構造物が多く存在する。これらの構造物の中で、能登有料道路の ASR 劣化構造物 (橋梁, トンネル, ボックスカルバートなど) は、10 年ほど前から対策 (補修および補強) が逐次行われてきた。

本報では、能登半島地震における能登有料道路の橋梁の被災状況と平成 20 年 3 月完成を目指して、実施されてきた ASR 劣化橋脚の耐震補強工事の概要について紹介する。

2. 能登有料道路の橋梁の被災状況

能登有料道路は、県都金沢市と能登半島を結ぶ幹線道路として能登地域の産業・文化の活性化に大きな役割を果たすとともに、日常生活に密着した生活道路の機能を有する一般有料道路である。能登有料道路の概要を図-1 に示す。能登半島地震による被害が発生したのは、柳田 I.C 以北の山間部であり、アスファルトのひび割れなど小規模の被害を含めると、全部で 53 箇所が被災した。このうち 11 箇所で盛土が崩落し、道路が通行不可能となったのは報道されているとおりである。盛土の崩落は、徳田大津 I.C から終点の此木 I.C までの 27km の区間に集中しており、とくに、谷を埋めた盛土における崩壊が顕著であった。このような盛土の崩壊は能登有料道路で推定される地震の震度からは想定しにくい破壊形式であり、能登地方特有の火山灰質土の土質工学的性質と併せて、当時の施工方法 (表土処理、締め固めなど) や谷筋の水処理 (排水設備の不備) との関係から実証することが望まれる。一方、能登有料道路の橋梁の被災状況を表-1 に示す。コンクリート構造物の中で、橋梁においては、道路盛土の崩壊により、能登大橋 (プレストレストコンクリート橋) で A1, A2 橋台の背面がそれぞれ 35cm, 43cm 沈下していた。とくに、A1 橋台については、ウイング付け根 (ハンチ無し) が破断しており、同時に上部工のジョイント部や支承 (沓座) 周辺においても大きな損傷が発生していた。

また、豊川橋 (トラス構造の鋼橋) ではトラス部材の座屈と沓座を固定していたアンカーボルトの切断が生じていた。しかし、橋梁の供用性・安全性に関わる重大な損傷が生じた橋梁はこの 2 橋のみであり (能登有料道路のみに限定しているので、最も損傷が大きかった能登島大橋の被災は含めていない)、表-1 に示すように、それら以外のものは通常の車両の走行には支障が無い程度の軽微なものであった。

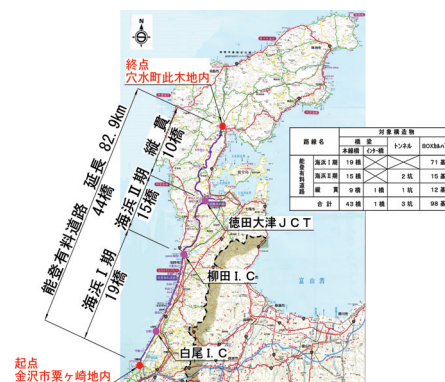


図-1 能登有料道路の概要図

表-1 橋梁の被災状況

橋梁名	損傷状況
上棚高架橋	P1~P2 間のヒンジ部において橋体の左右に段差
矢蛇川橋	伸縮装置に段差
向田川橋	伸縮装置に段差
徳田 2 号橋	地覆コンクリートの破損
豊田橋	橋台背面の舗装路面が沈下
豊川橋	伸縮装置に段差
能登大橋	トラス部材の座屈
	支承の損傷
	橋台のウイング付け根が破断
	橋台背面の舗装路面が沈下
	伸縮装置に段差
	支承の損傷

1 金沢大学大学院自然科学研究科 (平成 20 年 3 月現在)

2 金沢大学工学部土木建設工学科 (平成 20 年 3 月現在)

3. 能登有料道路の ASR 対策および耐震補強の取り組み

1995 年に兵庫県南部地震を契機として全国一斉に実施した道路防災総点検により、能登有料道路において ASR が原因と推測される損傷が多数確認された。このため、1995 年から ASR による損傷が著しい橋梁の補修・補強工事が順次開始されてきた。写真-1 は安津見高架橋の耐震補強後の外観である。能登半島地震が生じる以前から、地道に取り組んできた、橋梁の耐震補強が今回の震災でも効果をあげたのだと断言できる。同時に、能登有料道路では ASR 劣化橋脚の亀裂変位計によるモニタリング（自動計測）が実施されてきた。ASR 劣化橋脚でのモニタリングの結果より、橋脚の補強後はひび割れの進展がなく補強の効果が確認できるとともに、能登半島地震が生じた 2007 年 3 月 25 日でも、水平および垂直方向のひび割れ幅の変化がまったく観察されなかった。能登有料道路には地震計が設置されていなかったため、実際の地震動の大きさは推定の域をでていないが、この測定結果は地震動を検証できる重要な計測データのの一つであると考えている。



写真-1 PC 鋼材巻立てによる耐震補強

4. 耐震補強工事

耐震補強工事が実施された、山間部に位置する橋梁は、谷を跨ぐ、多径間で長い曲線橋が多い。そのため、耐震補強工事（RC 巻立て工法を標準とした）を施工するにあたっては、能登地域でこれまで経験したことのない、高い橋脚や大断面の部材となるので、乾燥収縮や温度応力によるひび割れの発生を防ぐために、コンクリートの配合および施工において特別な配慮をすることにした。

- (1) 乾燥収縮によるひび割れ対策として普通ポルトランドセメントと膨張材を使用する（高炉セメント B 種は使用しない）。
- (2) 非反応性の川砂および川砂利を使用することを原則にする（アルカリ総量規制値を遵守することによって、能登産の安山岩砕石を使用することはしない）。
- (3) コンクリートは呼び強度が 27N/mm^2 、スランプは 8cm を標準とするが、工場では高性能 AE 減水剤を添加することより打設時のスランプを増大し、施工現場での施工性と充填性を確保する。
- (4) 型枠の放置期間を 1 週間以上とし、工程の中で養生期間をできるだけ長くとることによって、乾燥収縮および温度応力によるひび割れの発生を防止する。
- (5) 脱型時にひび割れが発生した場合には、その段階でただちに補修（ひび割れ注入）することを決定し、その工程を事前にマニュアル化する。

5. あとがき

能登有料道路は、道路の付け替え工事が 2007 年 11 月末に終了し、元の状態に復旧した。2008 年 3 月現在、ASR 劣化 10 橋梁の耐震補強工事もほぼ完了することができた。能登有料道路の ASR 対策にはあと 10 年は掛かると想定していたが、これも予定より早く終わることができた。能登有料道路は、ASR 劣化と地震動による影響を同時に被った、全国的にも類を見ない高規格道路でもあるために、ここで得た経験は今後の ASR 劣化橋梁の維持管理に活かすことができると考えている。

なお、本耐震補強工事は能登有料道路復旧工法検討委員会橋梁部会（部会長鳥居和之）の一環として検討してきたものであり、国土交通省、（独）土木研究所より多大なご支援をいただいた。

建物被害について

(土木建設災害調査研究班)

北浦 勝¹, 宮島昌克¹, 池本敏和¹, 村田 晶¹

1. はじめに

2007年3月25日、石川県能登半島沖を震源とするM6.9の能登半島地震が発生した。この地震により震度6強を観測した輪島市門前町、穴水町においては、多くの建物に被害が生じた。そこで本研究では、今回の地震における建物被害の特徴を考察する上で必要となる、輪島市門前町総持寺祖院周辺地区（館、門前、走出、日野尾、広瀬、深田：以下総持寺地区と表記）、道下地区、黒島地区、穴水町大町地区を対象として行った建物悉皆調査を報告する。

2. 輪島市門前町総持寺、道下、鹿磯、黒島、穴水町大町地区における建物悉皆調査

調査対象地区内の全建物について調査シート（岡田、高井ら1999¹⁾）をもとに、能登半島地震用に作成したものをを用いて調査を行う。被害尺度はD0～D6の破壊パターンを用いており、建物被害としてはD0が無被害、D1～D2が一部破損、D3が半壊、D4～D6が全壊にそれぞれ対応する。

輪島市門前町総持寺、道下、鹿磯、黒島、穴水町大町地区のそれぞれの地域における、悉皆調査区域内の全被害データの集計、ならびに被害割合を図-1に示す。ここで、いずれの調査地域でも木造建物の倒壊率が高いこと、またRC構造物が調査対象地域内にほとんど存在しないことから、構造種別を問わない建物全体における全壊率（ $(\text{全壊棟数} + \text{半壊棟数}) / 2$ ）／全棟数を求めたところ、全壊率は総持寺地区で24%、道下地区で39%、黒島地区で26%、鹿磯地区で8%、穴水大町地区で5%となった。また、旧門前町総持寺周辺地区、道下・鹿磯地区、穴水町大町地区において調査区域と対応させた被災度マップをそれぞれ図-2に示す。図に示す被災度マップより旧門前町各地区では一般的に八ヶ川河口部～左岸に带状で被害が多いと言える。ここで、八ヶ川右岸の集落ではそれほど大きな被害が見られなかったことから、河口部の集落である鹿磯地区のみ悉皆調査を行い、他の地区（下和田、中和田地区）は調査対象地区から外した。図に示すように八ヶ川河口部～左岸である道下地区は被害程度の激しいことが分かる。この地区では液状化の痕跡や地盤流動による路盤被害も多く見られることから、地盤の良し悪し（傾斜、盛土、液状化、流動・沈下）が被害原因の一つとなっていると考えられる。一方、八ヶ川右岸河口部の鹿磯地区は隣接する左岸の道下地区ほどの被害を生じていない。同様に山王川、小又川の扇状地堆積物で地形構成されている²⁾穴水町大町地区では一部に被害が集中するものの全体的にはそれほど大きな被害を生じていない。鬼屋川による扇状地堆積物と東西を流れる八ヶ川の堆積物で構成されている²⁾総持寺

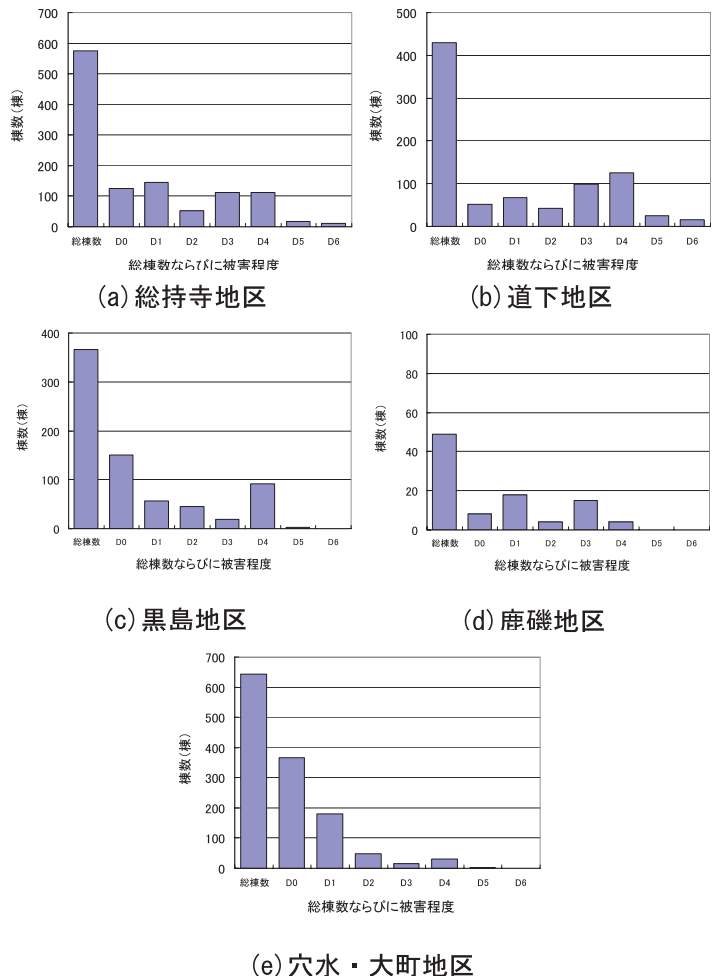


図-1 対象地区における建物全棟数ならびに被害棟数

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科（平成20年3月現在）

地区では、全体的に大きな被害を生じている。以上より、地形的な要因とそれによる地震動増幅が建物被害にどのように影響しているかを、今後詳細に調査する必要があると考えられる。

被害の全体的な特徴としては、築50年以上と見られる古い木造住宅の被害が大きいこと、開口部の大きい店舗併用住宅の被害が大きいこと、と言える。また、被害程度の大きい建物の多くについて、基礎部木材の蟻害・腐朽が進んでおり、基礎付近の健全性が被害に影響を及ぼしている。これら蟻害・腐朽した木材は、現地聞き取り調査により、被害の大きな地域では過去水害の経験がある地域と概ね一致することから、これらの水害による基礎部木材の蟻害・腐朽が被害に影響を及ぼしていると考えられる。

3. まとめ

被害傾向、および建物の特徴に関してまとめると、以下の通りである。

- ①築50年以上であろう古い木造住宅の被害が大きい。また、開口部の大きい店舗併用住宅の被害が大きい。
- ②基礎付近の健全性が被害に影響を及ぼしている。また、聞き取り調査により、被害の大きな地域では過去水害の経験があることから、これらの水害による基礎部木材の蟻害・腐朽が被害に影響を及ぼしていると考えられる。
- ③八ヶ川河口部～左岸に带状で被害が多いことから、地盤の良し悪しが被害原因となった可能性が高い。しかし、類似した地形特徴を有している地区でも被害の小さい場合がある。

なお、本調査を行うにあたっては日本建築学会北陸支部、関東支部、東海支部、近畿支部、日本建築学会災害委員会の各関係者、ならびに金沢大学地震工学研究室の学生諸氏に多大な御支援・協力をいただきました。また、データの集計整理では、情報通信研究機構の柴山明寛先生にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡田成幸・高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集，Vol.524，pp.65-72，1999.
- 2) 鮎野義夫：石川県地質誌，1993.

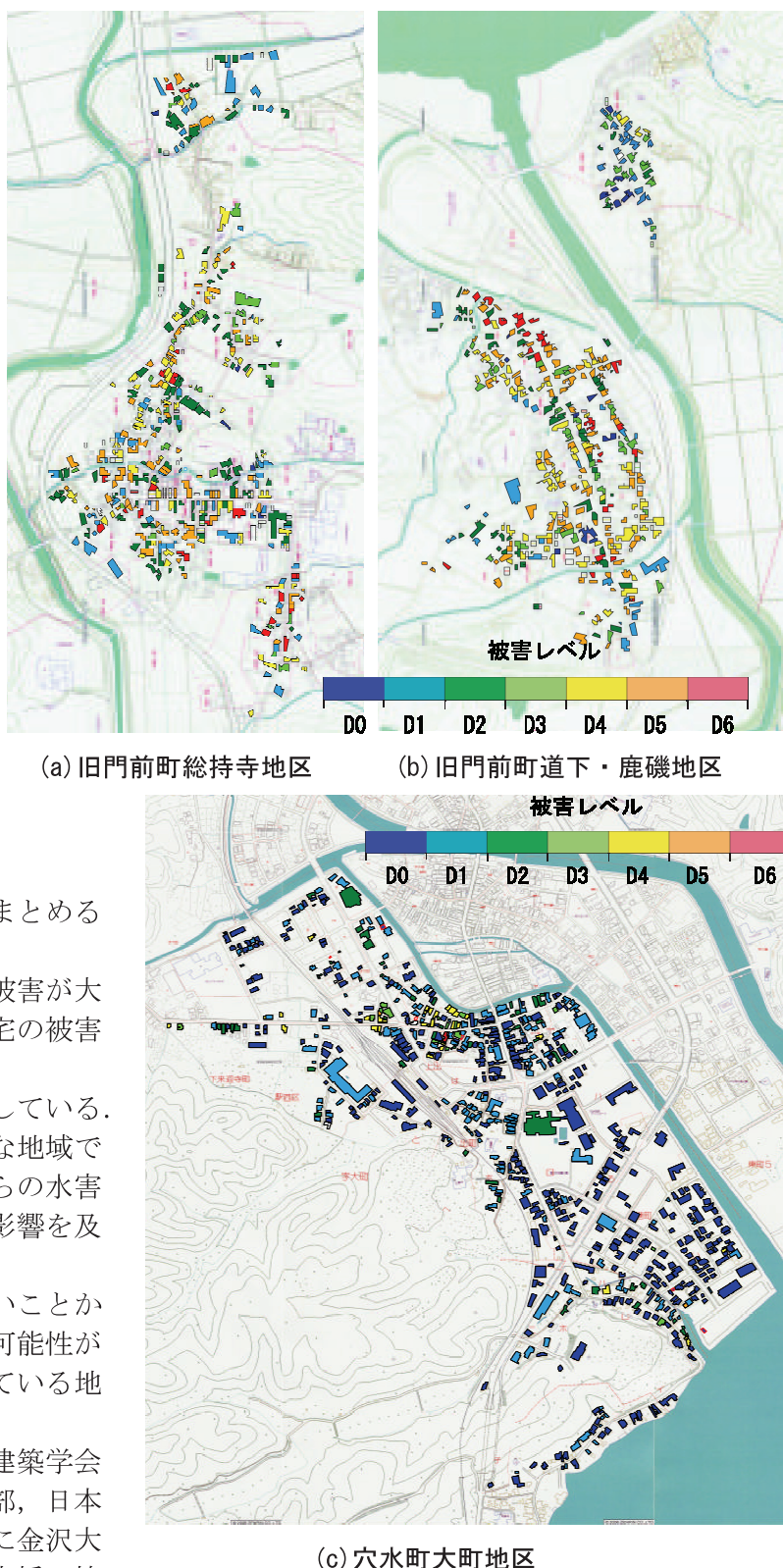


図-2 被災度マップ

震災復興のための都市計画・まちづくり支援

(土木建設災害調査班)

川上光彦¹，沈振江¹，生駒奉文²，蓮實祐樹³，宮脇達也³

1. 序論

能登半島地震による震災の復興には、個々の建物の建替えや修復、道路などの基盤施設の復旧整備だけではなく、地域全体の防災水準の向上や居住環境整備など都市計画・まちづくりにも取り組む必要がある。本調査研究は、それらと連携し、震災復興のための都市計画・まちづくりについて、実態調査などから問題と課題を明らかにし、いくつかの復興のための計画提案を行うことを目的としている。

調査は、輪島市のうち、鳳至地区の中心部を事例対象として行った。対象地区を17街区に分け、439区画を認定した。本地区では、全壊27(6.2%)、大規模半壊10(2.3%)、半壊42(9.6%)であった。合せて18.1%の区画で大きな被害を受けた。2008年2月より、輪島地区の市街地において全面的な用途地域の指定を行った。本地区においては、鳳至上町や新橋商店街の表通り沿いに準住居地域、その他は第二種住居地域が指定された。建ぺい率、容積率は、前者が70%、300%、後者が70%、200%となっている。

2. 対象地区の特性と課題

対象地区は、概ね木造の戸建住宅が密集する市街地であることがわかる。戸建併用住宅や専用事業所が散在しているが、これらには、小規模な商店の他に、輪島塗の作業場が含まれている。本地区は、全体として、地場産業や近隣商店が存在する、住商工混在地区としての性格を持っている。

図1に区画別の敷地面積階級を示している。多くの区画は、200㎡以上であるが、100㎡未満である狭小な敷地も散在している。また、狭隘な道路に面しているものが多く、また、一部の街区に多く分布している。図2に区画別に推定した建ぺい率の階級別分布状況を示している。多くの区画は、建ぺい率60%未満であり、都市計画的な水準としては問題がない。しかし、60%以上の区画も散在し、80%以上の区画も比較的多くみられる。容積率については、建ぺい率ほどではないが、一部の小規模な区画において、200%以上の比較的



図1 敷地規模分布

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科 (平成20年3月現在)

² 金沢大学大学院自然科学研究科博士前期課程社会基盤工学専攻 (平成20年3月現在)

³ 金沢大学工学部土木建設工学科 (平成20年3月現在)

高い容積率のものがみられる。

道路幅員の幅員別階級の分布状況を見ると、市街地における建築物の前面道路として必要な4m以上のものが少ない。全体として、地区の骨格的な道路以外は狭隘な道路が多い。また、一定条件のもとに緩和される道路の最低幅員である2.7m未満のものも比較的多い。これの狭隘道路には、袋路型のもが多くみられ、狭隘性と袋路であることの二重の問題を有している。

3. まちづくり誘導手法の検討

本地区のような歴史的な市街地を対象とする場合、二通りの方法が考えられる。一つは、歴史的な建築や町並みをできるだけ保存していくことを前提とし、そのために前面道路の拡幅をできるだけ少なくする場合（ケースA）、もう一つは、建築物の前面道路を原則として4m以上に拡幅していくことを前提とする場合（ケースB）である。両ケースにおいて検討しているが、ここでは、ケースA（歴史的な建築・町並みを保全する場合）の場合について検討した内容概要を紹介する。

まちづくり誘導手法の特性を考慮すると、本地区におけるケースAにおける適用手法としては、連担建築物設計制度の適用が最もふさわしいと考えられる。表1では、同制度を本地区に適用する場合の認定基準について、必要項目ごとに検討した結果について示しているものである。

4. おわりに

本年度は、鳳至地区を事例の対象地区とし、都市計画・まちづくりに関連する問題や課題を整理するとともに、震災復興のための都市計画・まちづくり支援として、個別の建替えを前提として、それらにより、居住環境水準や防災水準の向上を図るため、まちづくり誘導手法の適用について検討し、具体的な適用手法と その場合の認定基準を整理して提案した。

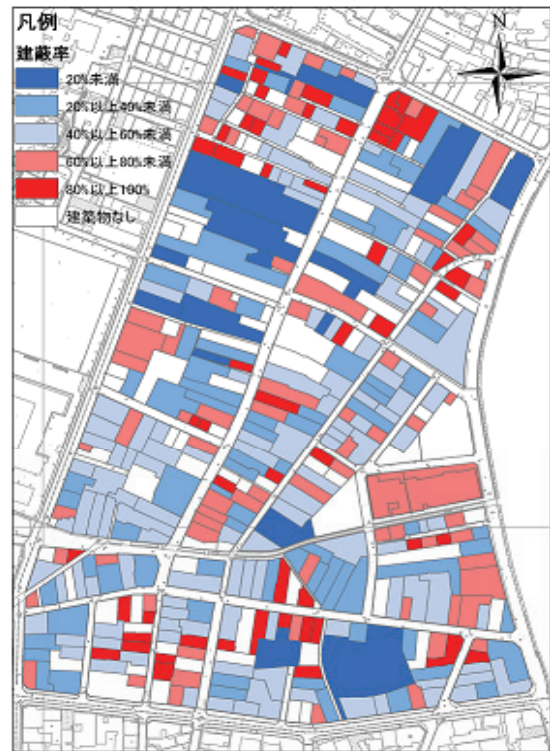


図2 建ぺい率の分布

表1 鳳至地区における街なみ誘導型地区計画

構成		認定基準
適用区域	範囲	・建築基準法上の道路でない通路に接する全ての敷地を含む
	面積	・特に規定しない
	区域の接道	・建築基準法上の道路に有効に接続
通路	幅員	・通路幅を4m確保する ・通路幅の確保が困難な場合は、外壁間距離を4m確保する ・延長は60m未満
	配置	・二方向避難を確保するため、袋路の場合は通り抜けできるようにする
敷地		・各敷地は上の通路に2m以上接すること ・敷地の数は従前より増加しない
建築物等	用途	・原則として戸建住宅、戸建併用住宅、専用事業所とする
	階数/高さ	・階数は3以下とする ・高さは10m以下とする
	外壁後退	・階数が3以下の建築物は、3階外壁面が2階外壁面より後退していること
	建ぺい率 容積率	・通路部分を敷地面積に算入 ・区域を一敷地とみなして、建ぺい率、容積率を適合させる ・敷地間の、容積率の移転が可能
構造		・各建築物は準耐火建築物