

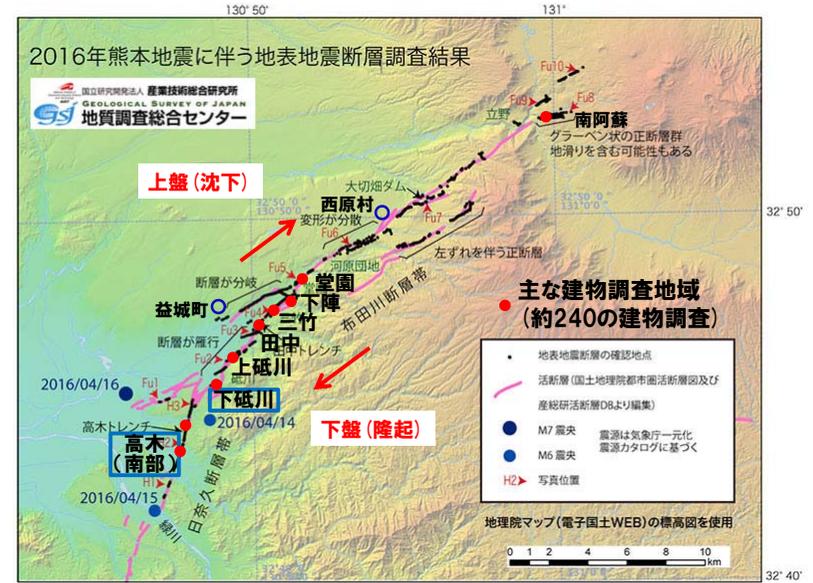
2016年熊本地震における地表地震断層の直上の建物被害と対策

[H-CG37] 熊本地震から学ぶ活断層と地震防災
日本地球惑星連合大会 幕張メッセ
2017年5月20日(土)より

久田嘉章(工学院大学)

謝辞 本調査には著者の他、村上正浩・金田淳平・寺本彩乃・柳田悠太郎・新藤俊弥氏(工学院大)、鱒沢 曜氏(鱒沢工学研究所)、境 茂樹・森 清隆・仲野健一・東條有希子氏(安藤ハザマ)、木本幸一郎氏(SAI構造設計)、大原美保氏(土木研究所)、小林 亘氏(東京電機大)、鈴木 光氏(減災アトリエ)が参加し、田中信也氏(東電設計)には建物被害調査の情報提供を頂きました。また本研究はJSPS科研費 JP16K06586の助成を受けています。

2016年熊本地震の地表地震断層と建物被害調査



活断層と地表地震断層(地質調査総合センター)

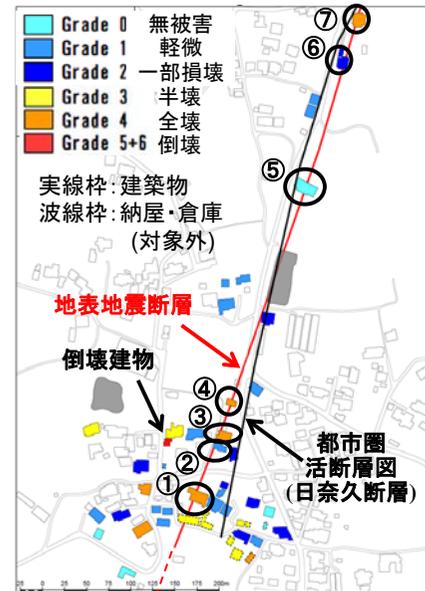
建物被害調査の項目(概観目視を基本)

調査項目: 築年(新しい・10年程度以内、古い・10~30年程度、非常に古い・30程度以上)、構造(木造・S造・RC造)、階数、用途(戸建住宅・共同住宅・オフィスなど)、基礎(独立・布・べた基礎)、屋根(瓦・金属など)、地盤変状有無など

建物被害度	Damage Grade	Damage index	被害状況	被害写真
D0 無被害	D0	0.0	被害無し	Nd0
D1 軽微	D1	0.1	壁面や天井の亀裂の発生	Md1
D2 一部損壊	D2	0.2	窓ガラスの破損	Md2
D3 半壊	D3	0.3	1階柱損壊	Ud3
			2階柱損壊	Gd3
			3階柱損壊	Ed3
			4階柱損壊	Rd3
			5階柱損壊	Sd3
D4 全壊	D4	0.4	2階柱損壊	Ud4
			3階柱損壊	Gd4
D5 倒壊	D5	0.5	1階柱損壊	Ud5-
			2階柱損壊	Ud5+
			3階柱損壊	Gd5-
D6 完全崩壊	D6	0.6	4階柱損壊	Gd5+
			5階柱損壊	Cd6-

岡田・高井(1999)

上益城郡御船町・高木地域(南部)



調査建物39棟(1階18、2階21)

構造	棟数	割合
木造	35	90%
S造	3	8%
RC造	1	3%
合計	39	100%

築年	棟数	割合
非常に古い	17	44%
古い	13	33%
新しい	9	23%
合計	39	100%



倒壊した非常に古い在来木造(D5)

建物①(築80年の伝統木造家屋、D4)



南面道路の地表地震断層 (左建物は納屋)



築約80年の伝統木造農家(南面)



地表地震断層と束基礎・柱のずれ(南面)



断層のずれによる建物変形(北面)

建物④(古い在来木造建物、D4)



地表地震断層と古い在来木造住宅の被害



断層ずれと無筋コンクリートブロックの被害



地表地震断層と同建物の傾斜被害(南面)



無筋コンクリートブロック基礎の被害

建物②(新しい軽量鉄骨造 D1)



正面道路の地表地震断層(約50cmのずれ)



新しい軽量鉄骨造(南面、外観上無被害)



北側は約1.5mの盛土と地表断層のずれ (べた基礎・耐震壁で基礎・建物は変形せず)



基礎隅角部のクラック

建物③(非常に古い鉄骨造工場、D4)



地表地震断層と傾斜した鉄骨造工場



無補強コンクリートブロックの被害



建物内の被害の様子(無筋の土間コンの被害、基礎の破壊により躯体構造も変形)



建物⑤(新しい鉄骨造工場、D0)



敷地南面の地表地震断層による亀裂



建物北面の敷地の亀裂(建物が外観上無被害)



建物柱脚部の地盤亀裂(基礎は無被害)



敷地北面の盛土擁壁の亀裂

建物⑦(古い在来木造家屋、D4)



地表地震断層と建物北面



盛土の被害(北面)



べた基礎と柱接合部の被害



建物南面の被害(壁量の不足)

建物⑥(築約20年の在来木造家屋、D2)



建物南面の概観(瓦の落下)



地表地震断層と建物南面(壁にクラックあり)



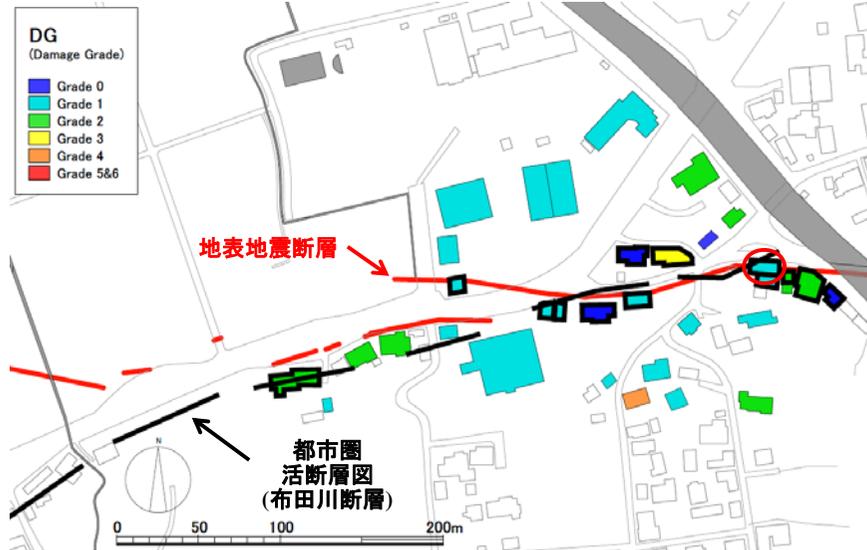
建物北面庭の地表地震断層によるずれ変形 建物室内(べた基礎であり、ほぼ無被害)
⇒当時では珍しいべた基礎等で大被害を免れたが、家主は公的援助が得られず後悔している・・・

高木地域(南部)の建物被害調査結果

新しい(10年程度以内)			古い(10~30年程度)			非常に古い(30年程度以上)		
被害度	棟数	割合	被害度	棟数	割合	被害度	棟数	割合
D0	4	44%	D0	0	0%	D0	0	0%
D1	5	56%	D1	6	46%	D1	5	29%
D2	0	0%	D2	4	31%	D2	5	29%
D3	0	0%	D3	1	8%	D3	2	12%
D4	0	0%	D4	2	15%	D4	4	24%
D5	0	0%	D5	0	0%	D5	1	6%
D6	0	0%	D6	0	0%	D6	0	0%
合計	9	100%	合計	13	100%	合計	17	100%
全壊	0	0%	全壊	2	15%	全壊	5	29%
倒壊	0	0%	倒壊	0	0%	倒壊	1	6%

全建物			地表地震断層直上			断層直上以外		
被害度	棟数	割合	被害度	棟数	割合	被害度	棟数	割合
D0	4	10%	D0	1	14%	D0	3	9%
D1	16	41%	D1	1	14%	D1	15	47%
D2	9	23%	D2	1	14%	D2	8	25%
D3	3	8%	D3	0	0%	D3	3	9%
D4	6	15%	D4	4	57%	D4	2	6%
D5	1	3%	D5	0	0%	D5	1	3%
D6	0	0%	D6	0	0%	D6	0	0%
合計	39	100%	合計	7	100%	合計	32	100%
全壊	7	18%	全壊	4	57%	全壊	3	9%
倒壊	1	3%	倒壊	0	0%	倒壊	1	3%

上益城郡益城町砥川・下砥川地域 (縦ずれ断層の場合)



縦ずれ断層上の建物(新しい軽量鉄骨住宅、D1)



地表地震断層による段差(建物西面)



地表地震断層による敷地段差(西面)



基礎の亀裂(西面:べた基礎等で被害軽微)

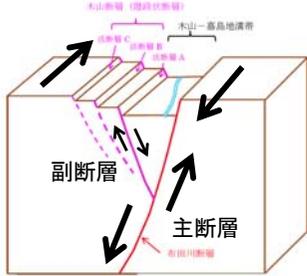
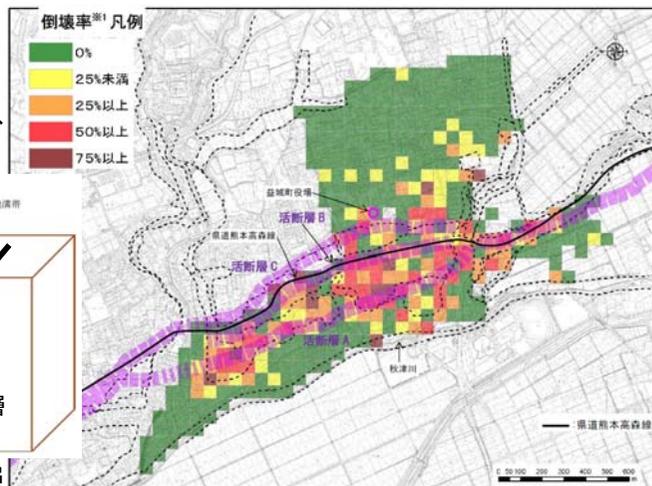


地表地震断層による段差(建物東面)

熊本地震からの益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する最終報告(国土交通省、2017年3月)

⇒ 明日午前のセッション(熊木先生ほか)

⇒ 益城町市街地で3本の活断層A-Cが存在、熊本地震では布田川断層と連動して活断層Aが、最大で35cmの右横ずれ、最大15cmの南落ち上限変位を生じた



右横ずれ・正断層

活断層と建築の対策: 益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する最終報告

(国交省2017)

益城町の市街地復興に向けた安全対策の提案 「活断層のズレに対する安全対策」

(1) 低層建築物について

⇒ 今後、新築される建築物について特段の追加的配慮は必要ないものと考えられる。

(2) 杭基礎構造を有する中高層建築物等について

⇒ 活断層による地盤のズレによる被害リスクも想定されるため、新たに建築する場合は、地盤調査等により、活断層の存在の確認等を行うことが考えられる。

活断層と建築の対策: 益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する最終報告(国交省2017)

活断層のズレに対する安全対策(提案)

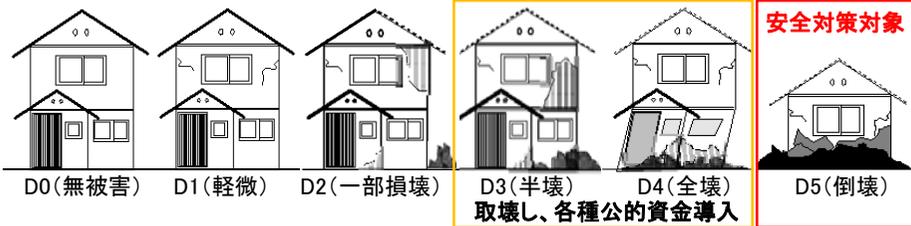
(1) 低層建築物について

⇒ 今後、新築される建築物について特段の追加的配慮は必要ない

⇒ 一般市民には何もしなくても良いと誤解される可能性あり

・建築基準法(最低基準)の「安全」とは「倒壊しない」の意味

⇒ 取壊しになれば、避難所・仮設住宅の生活等で死者が増大(直接死は50名、関連死は約170名)、復旧・復興へ膨大な時間・費用

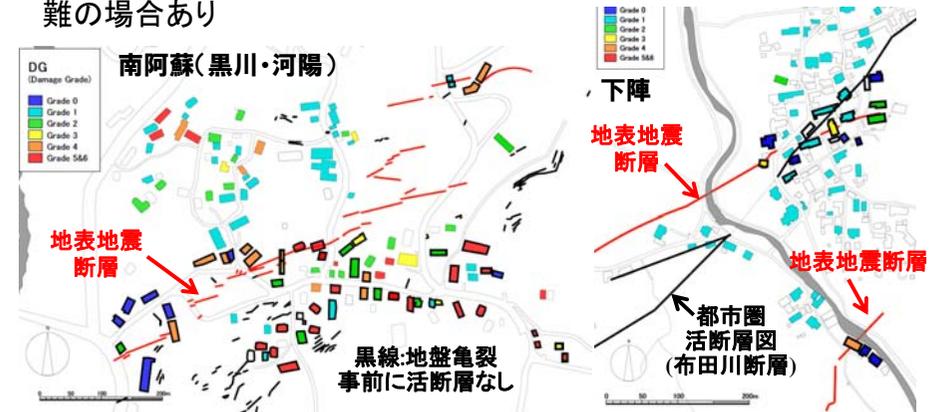


活断層のズレに対する安全対策

(2) 杭基礎構造を有する中高層建築物等について

⇒ 活断層による地盤のズレによる被害リスクも想定され、新建築の場合、地盤調査等により、活断層の存在の確認等を行うこと

⇒ 都市部では厚い堆積・沖積層、地盤改変等で活断層位置が明確にならないことが多く、地盤変状による被害は広範囲に生じ、予測困難の場合あり



新提案: 活断層近傍であれば、建築基準法(全国最低基準)より高い耐震性能を推奨・誘導

○対策1: 機能継続が必須の重要施設(災対本部・病院・避難所等)

・断層調査等を実施、断層を避ける、移設・代替施設など

○対策2: 一般の低層建築物

被害低減には、べた基礎・耐震壁・軽い屋根など変形対策が有効

・地域係数の割増し(静岡県や福岡市・警固断層近傍)

・高い耐震等級への誘導: 耐震等級2(1.25倍)、3(1.5倍)

⇒ 2割程度の荷重増でも一般建築では建設費の数%で可能

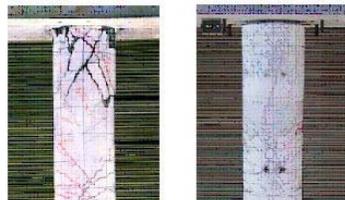
○対策3: 中高層建築物等の杭基礎

・軟弱地盤活用(ずれの分散・回避)

・断層ズレに対応できる杭の開発を誘導⇒ 阪神・淡路大震災での軟弱地盤の杭基礎頭部での被害を受け

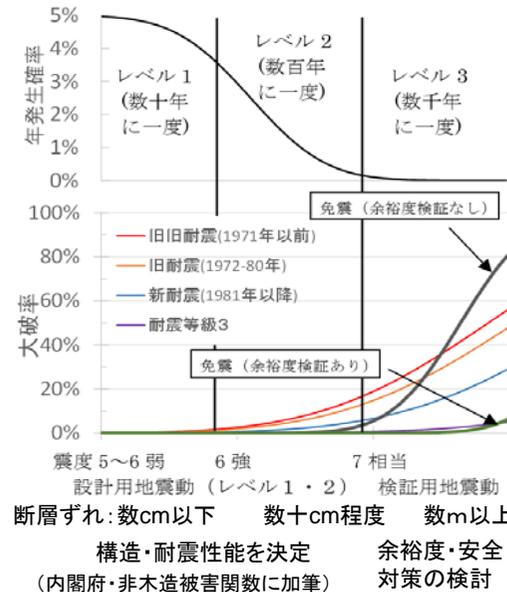
、半剛性やピン支持の様々な技術開発。すべり支持などで、ズレが躯体

に入力しない基礎も開発可能では?



「大都市大震災軽減化特別プロジェクト・テーマII」
「杭頭半剛接合構法を採用した建物の地震時挙動に関する研究」より

おわりに



○地表地震断層近傍の建物被害調査

・古い建物に被害集中、新しい建物には大被害なし

・べた基礎・耐震壁等で活断層のずれによる建物の被害を大きく低減することが可能

○活断層近傍の建築対策(数千年以上に1度、建築スケールでは正確な位置が不明確)

・ベストは避けること(特に重要施設など)
・様々な被害低減策が可能

⇒ 建築基準法(全国一律な最低レベル)よりも高い耐震性能を推奨すべき。倒壊だけでなく、全壊・半壊被害を大きく低減