

InterRisk Thai Report <2022 No.004>

トルコの地震リスク（その2）

【要旨】

- 今回地震が発生した東アナトリア断層はトルコ政府も地震が高い地域と認定している。
- 地震大国であるトルコは早い段階から地震対策に取り組んでおり、現在の耐震基準は日本と同程度の高い水準である。
- しかしながら設計基準どおりに建築されていなかったり、耐震性を無視した改修が行われていたりするなど課題が多い。

前号では今回発生したトルコ大地震の概要と、トルコにおける地震リスクが高いことをハザード情報や過去に発生した地震などの情報をもとに説明した。

本号では今回地震が発生した東アナトリア断層と、過去より地震が多発している北アナトリア断層について、またトルコにおける建物耐震性の概要と課題について説明する。

1. トルコの主要な活断層

前号でも説明したとおり、トルコの主要な断層としてはアナトリア高原北部を東西約 1,200km にわたって横断する北アナトリア断層と国土の東から南側にかけて位置する東アナトリア断層がある。トルコ国土の大部分が位置するアナトリアプレートはアラビアプレートから押されて西側に移動しているが、この北側の縁が北アナトリア断層であり、南の縁が東アナトリア断層となる。

過去の大地震の多くは北アナトリア断層で発生しているが、20 世期末頃より東アナトリア断層での地震も発生している。

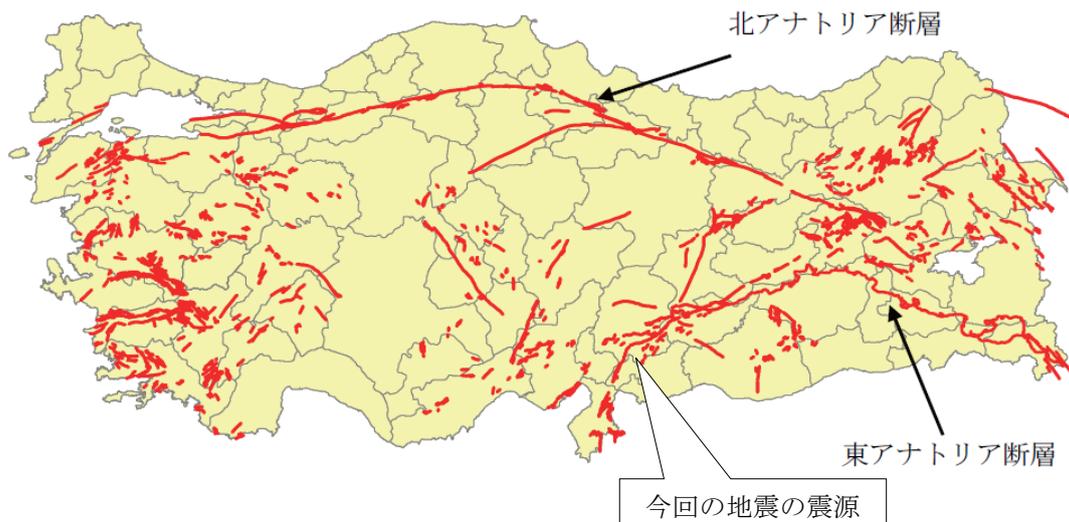


図 1 トルコの活断層図¹

¹ 参照：海外地震保険制度～トルコ共和国 2006 年調査～（損害保険料率算出機構）ほか
http://www.giroj.or.jp/disclosure/q_kenkyu/12.html

1) 東アナトリア断層²

東アナトリア断層はトルコ国土の東南部から南部中央部にかけて北側に弧を描くように横断している断層でトルコ政府は本断層付近を地震リスクが高い地域と認定している。20世紀にトルコ内で発生した主要な活断層地震のほとんどは東アナトリア断層ではなく、北アナトリア断層で発生していたが、20世紀末より東アナトリア断層でも地震が数回発生している。ただし北アナトリア断層と比べると地震発生件数・被害とも少ないためそれほど注目されてこなかった。

表 1 近年、東アナトリア断層で発生した主な地震

発生年	場所	マグニチュード	死者数
1998	Adana、Ceyhan	M 6.2	145
2003	Bingöl	M 6.4	177 以上
2010	Elâzığ	M 6.1	42
2023	(今回の大地震) Gaziantep 周辺	M 7.8	4 万 7000 人超 (2 月 21 日時点)

2) 北アナトリア断層

今回の大地震の震源ではないが、北アナトリア断層はトルコで最も多くの地震を引き起こしている断層であるため、以下で説明する。北アナトリア断層はアナトリア高原北部を東西約 1,200km にわたり横断している右横ずれ断層であり、世界的に見ても活動が活発な活断層である。

イスタンブールから南へ約 20km の距離にあるほか、工業が盛んな湾口都市のイズミット (İzmit) やエルジンジャン (Erzincan) などの主要都市では街の真下に断層があると考えられており、地震リスクが高い断層となっている。

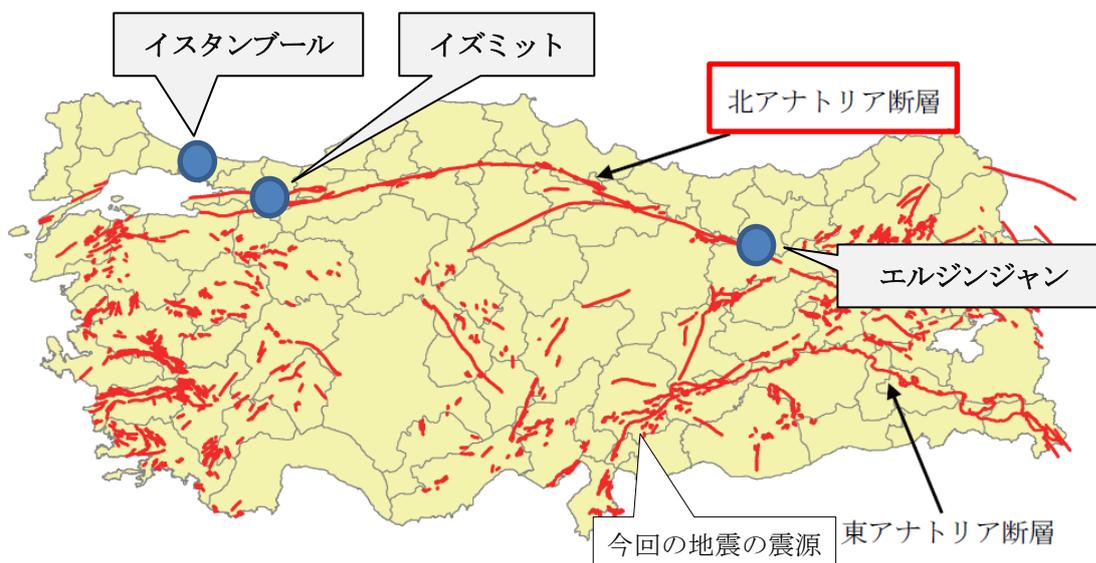


図 2 トルコの活断層図³

² Turkey earthquake reveals a new active fault zone (New Scientist) ほか

<https://www.newscientist.com/article/dn21083-turkey-earthquake-reveals-a-new-active-fault-zone>

³ 海外地震保険制度～トルコ共和国 2006 年調査～ (損害保険料率算出機構) ほか

http://www.giroj.or.jp/disclosure/q_kenkyu/12.html

本断層を震源とする地震は過去から多く発生しており、以前からこれらの都市に多くの被害をもたらしてきた。トルコにおける主要な地震のほとんどは本断層で発生しているが、1,200kmにわたる断層が一度に動くわけではなく、部分的に動くことで地震を発生させている。20世紀には断層帯のほぼ全域が活動した。図3は20世紀に北アナトリア断層で発生した主な断層の発生年、場所およびずれの大きさをまとめたものである。

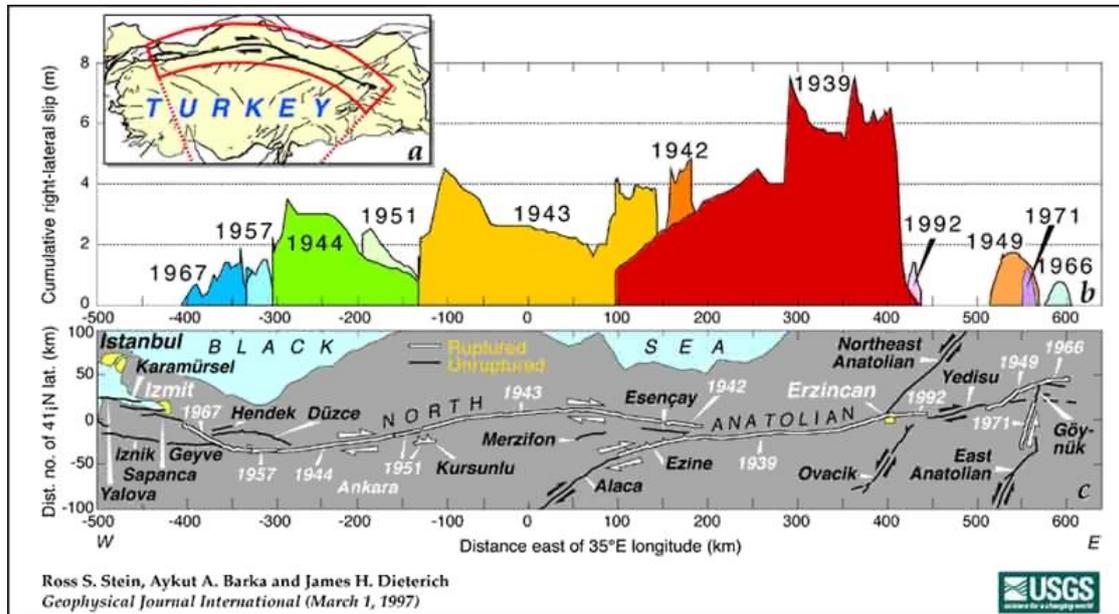


図3 20世紀に北アナトリア断層で発生した主な地震の発生年、場所およびずれの大きさ⁴

また表2は上記図の各地震の概要である。下記以外では1999年に大きな被害をもたらしたイズミットの地震がある。

表2 図3の各地震の概要⁵

発生年	名称・震源地	死者数	負傷者数
1939	エルジンジャン(Erzinca)	32,700	100,000
1942	エルバーニクサル(Niksar-Erbaa)	3,000	-
1943	ウルガスーラディク(Tosya-Ladik)	4000	-
1944	ボルーゲレテ(Bolu-Gerede)	3,959	-
1949	エルマルデレ(Karlıova)	320	-
1951	グレデーイルガス(Kurşunlu)	50	-
1953	イエニジェ(Yenice)	1,103	-
1957	アバント(Abant)	100 以下	-
1966	ヴァルト(Varto)	2,394	3,354
1967	ムドウルヌ(Mudurnu)	652 以上	332
1971	ビンギョル(Bingöl)	1,000 人以上	
1992	エルジンジャン(Erzincan)	17,118	2,000

⁴ USGS (アメリカ地質調査所) ホームページ

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/North_Anatolian_Fault ほか

<北アナトリア断層の活動度>⁶

日本では、太平洋の海底にあるプレート境界で巨大地震が数十年から数百年の間隔で発生して大きな被害をもたらすが、内陸の活断層の多くはプレート内断層で、活動の再現期間は通常、1,000年から数万年となっている。

一方で北アナトリア断層では概ね100年から300年という短い再現期間で大地震が発生している。これはカリフォルニアを南北に約1,300km横断するサンアンドレアス断層やミャンマーを南北に約1,500km横断するサガイン断層などと同様に非常に活動度が高い断層と言える。これらの断層のずれの量は表3のとおり、年間20mm前後であるが、日本の陸域では1,000年あたりの平均的なずれの量が10m以上(年間10mm以上)の活断層は認識されておらず、日本において最も活発とされる活断層よりも活動度が大きいことが分かる。⁷

表3 北アナトリア断層の活動度

断層名	年間の動き	備考
北アナトリア断層	毎年20~25mm	断層上のある地点における地震の再現期間は200~300年の範囲にあると推定される。 断層はイズミット付近の北アナトリア断層を挟んでずれる。1999年のイズミット地震では断層に4m前後のずれが生じたが、これは単純にいつて約200年分の歪みが一気に解放されたことを意味する。
(参考) サンアンドレアス断層 (アメリカ)	年間17~18mm	北アメリカプレートとの相対運動は年間35mm。 ⁸
(参考) サガイン断層 (ミャンマー)	年間18~20mm	記録されている1900年初頭から100年の間にマグニチュード7.0以上の地震は8回発生している。 ⁹

⁶ 地震調査研究推進本部「今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」

⁷ 活断層の活動度とは、活断層の活動の活発さの程度であり、その活断層が長期間にずれを累積してきた平均的な速さにより表される。活動度を簡便に表すため、ずれの平均的な速さから活断層をA~Cのランクに分けて表現することが多い。

- ✓ 活動度A級の活断層は1,000年あたりの平均的なずれの量が1m以上10m未満
- ✓ 活動度B級の活断層は1,000年あたりの平均的なずれの量が10cm以上1m未満
- ✓ 活動度C級の活断層は1,000年あたりの平均的なずれの量が1cm以上10cm未満

日本では、活動度A級の活断層は約100、活動度B級の活断層は約750、活動度C級の活断層は約450知られている。

⁸ 諸説あり。

⁹ Hazard Profile of Myanmar (ADPC)

2. トルコにおける地震対策^{10,11,12,13,14,15,16}

今回の大地震で発生しているような建物の各層が重なり合うように崩壊する現象（パンケーキクラッシュ）は過去の地震でも見られる。トルコの一般的な建物は鉄筋コンクリート製の重量がある床を同じく鉄筋コンクリート製の細い柱で支えて築かれており、また壁は中空の軽量ブロックを積み上げて漆喰を塗っただけである。こうした構造のため柱が震動に持ちこたえられない場合には一気にパンケーキクラッシュに至る。耐震基準導入前の建物の水平方向の強度は日本の建物と比較して1/4から1/5程度しかないとも言われており、震度5強程度の地震でもパンケーキクラッシュが起きてしまうと指摘されている。重なり合う強固な床は被災者にとって致命的であると同時に、救助の大きな障害にもなる。



写真 1 過去の地震でもパンケーキクラッシュが発生している¹⁷

地震大国であるトルコでは日本と同様に、歴史的に早い段階から地震対策に取り組んでおり、後述するとおり、現在の耐震基準は日本と同程度の高い水準のものとされる。しかしながら今回の大地震を含めて、耐震基準導入後に施工された建物にも被害が発生している。これは、トルコでは未だ地震による被害に関する意識が一般に浸透していないことが要因と考えられる。数度の耐震基準改正を経て、有効な耐震上の基準（鉄骨構造基準、補強基準など）が導入されても、現場の建設作業員が独断で設計図よりも少ない柱を使って建築したり、利用目的の変更により無断で建物を改修（例えば柱を切り出す等）したりすることで、建物の耐震性が低下してしまったことが背景にあったとされる。また、今回の地震で注目されている「建設恩赦（construction amnesties）」というルールが被害を拡大させたことが指摘されている。建設恩赦とは地震や火災の安全性が建築基準に満たない建物への恩赦が付与されるもので、短期的な経済的利益あるいは政治的利益（選挙の時期と重なることが多い）のために当局より定期的に授与されてきた。トルコ南部の今回の地震の影響を受けたエリアでは75,000棟の建物が建設恩赦を与えられたと報じられている。

¹⁰ 参照：トルコ国（科学技術）マルマラ地域における地震・津波防災及び防災教育プロジェクト詳細計画策定調査報告書(2014年 独立行政法人国際協力機構)ほか

¹¹ 参照：海外地震保険制度～トルコ共和国 2006年調査～（損害保険料率算出機構）ほか

¹² トルコ北西部地震の概要と我が国の支援（外務省）

¹³ 1999年8月17日トルコ・イズミット地震と北アナトリア断層（広島大学 奥村晃史）

¹⁴ 活断層から発生する地震規模の予測（北アナトリア断層帯の発掘調査）（遠田晋司、活断層研究センター）ほか

¹⁵ トルコ共和国における耐震補強推進制度の基礎的検討

¹⁶ Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse? <https://www.bbc.com/news/64568826> ほか

¹⁷ トルコ共和国西部地震災害（一般財団法人 消防防災科学センター）

1) 地震対策の歴史

トルコで初めて実施された地震対策は、約1万3千人の犠牲者を出した1509年のイスタンブール地震の直後である。その際、当時の首都イスタンブールの復興を目的として、被害者への財政援助、全国から5万人規模の建設作業員の招集、14歳から60歳のすべての男性に対する地域再興への協力要請、沿岸の軟弱な土地に対する建築制限などが実施された。またその後、地震災害に関する法律が定められているが、災害発生前の事前対策よりも災害発生後の事後対策が中心であった。その後1939年にはトルコの歴史上で最大規模のエルジンジャン地震（マグニチュード7.9）が発生し、3万人を超える犠牲者が出た。またその直後にもマグニチュード7クラスの地震が複数回発生し、1939年～1944年までの間の犠牲者は4万人を超えた。これらの地震による被害を契機として、建物の耐震性の向上を中心にすえた事前対策の重要性が認識され、1945年にトルコにおいて初めて地震災害軽減を目的とする「地震の前後にとるべき措置」に関する法律が採択された。当時、世界で地震災害軽減に関する法律を採択したのはトルコが4番目であった（1924年日本、1933年米国、1940年イタリア）。

2) 耐震基準

エルジンジャン地震を契機として1944年にトルコで初めての耐震基準が策定され1945年に施行された。しかし、1950年代中旬に地方から都市への人口移動が増加し、1945年に制定された建築基準法に違反する建物が多数建設された。その後、トルコの耐震基準は現行基準（2018年）に至るまで数回にわたり改正されている。特に1997年に公布、1998年に施行された耐震基準ではそれまでの許容応力度設計¹⁸から終局強度設計法¹⁹に変更されており、日本の現行の耐震設計基準と同程度の高い水準のものとされる。

表 4 トルコにおける主な耐震基準の変遷

年	概要
1945年	初の耐震基準が施行
1975年	一部改正
1998年	終局強度設計法が導入

¹⁸ 建物の柱や壁などが、地震の揺れに耐えられる限界値を基準とした設計法である。想定される荷重下で、構造物の各部材に生じる断面力を弾性理論により計算し、コンクリートや鉄筋の応力度も弾性理論により計算する。

¹⁹ 終局強度設計法とは、一般的に構造物の変形をある程度まで許容する設計法である。許容応力度（設計）法が弾性設計の範疇であるのに対し、終局強度設計法は、塑性設計の範疇であるとも言える。耐震設計の場合、終局強度法は、耐用期間内では発生確率が小さいが、大きな被害が予想されるような地震動（レベル2地震動）に対して、終局的な安全性を確認するときに用いられる。この設計法は、めったに起らない規模の大きな地震動に対して、無損傷であるように設計すると、不経済となるので、多少の損傷を許容することによって、構造部の崩壊や人命に影響を与えるような大損傷に至る状態（終局状態）にならないような構造・強度を有することを確認する手法である。

おわりに

本号では今回発生したトルコ大地震に関連して、トルコにおける主要な断層とトルコの地震対策について説明した。

次号ではトルコ最大の都市であるイスタンブールとトルコの首都アンカラの地震リスクについて説明する。

以上

(インターリスクアジアタイランド社長 服部 誠)

インターリスクアジアタイランドは、タイに設立された MS&AD インシュアランスグループに属するリスクマネジメント会社であり、BCP 構築支援、お客様の工場・倉庫等における火災リスク調査や洪水リスク評価、ならびに交通リスク、サイバーリスク等に関する各種リスクコンサルティングサービスを提供しております。お問い合わせ・お申し込み等は、下記の弊社お問い合わせ先までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先

InterRisk Asia(Thailand) Co., Ltd.

175 Sathorn City Tower, South Sathorn Road, Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120,

Thailand

TEL: +66-(0)-2679-5276

FAX: +66-(0)-2679-5278

<https://www.interriskthai.co.th/>

当社 HP はこちら↓



MS&AD インターリスク総研株式会社は、MS&AD インシュアランスグループに属する、リスクマネジメントに関する調査研究およびコンサルティングを行う専門会社です。タイ進出企業さま向けのコンサルティング・セミナー等についてのお問い合わせ・お申し込み等はお近くの三井住友海上、あいおいニッセイ同和損保の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先

MS&AD インターリスク総研(株) 総合管理部 国際業務グループ

TEL.03-5296-8920

<https://www.irric.co.jp/>

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。
また、本誌は、読者の方々に対して企業の CSR 活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製 / Copyright MS&AD インターリスク総研株式会社 2023