

## イスタンブールにおける既存不適格建物の耐震補強推進策

東京大学生産技術研究所 正会員 吉村美保  
東京大学生産技術研究所 正会員 目黒公郎

### 1. はじめに

中東・西アジア・中南米などを代表として、耐震性能の低い組積造構造物が建築ストックに占める割合の大きい国々では、大地震時には膨大な建物被害と人的被害が発生する。既存不適格構造物の耐震補強は、地震時の建物被害・人的被害を軽減するための根本的な対策であり、耐震補強をいかに推進させるかという問題は世界共通の課題と言える。そこで、本研究では、グローバルに展開できる「既存不適格構造物の耐震補強推進の世界モデル」の構築のための第一歩として、トルコ共和国の最大都市イスタンブールをケーススタディエリアとし、耐震補強を推進させるための制度設計について検討する。

### 2. トルコにおいて耐震補強がすすまない理由

トルコ共和国で、耐震補強の普及を阻害している主な要因には、補強費用の高さと全壊被害時の恒久住宅供与制度がある。ヒアリングの結果、耐震補強費用は、構造部分の新規建築費用の3/4程度にのぼることがわかった。わが国の状況(木造で新規の構造建築費用の1/10, RCで1/8程度<sup>1)</sup>)と比較すると、耐震補強費用が著しく高く、補強技術の向上によるコストの減少が望まれる。

トルコ共和国では、恒久住宅供与制度により、持ち家住宅(全建物の57%程度)が全壊した所有者に対して恒久住宅の現物支給が行われる。1999年のコジャエリ地震時の際、行政は恒久住宅(1家庭用床面積100m<sup>2</sup>)を42,000USドルの費用で建設して、これを12,000USドルで住民に供給した(この地震より以前では無償)。購入費用12,000USドルに対する融資は、20年間での返済義務(最初の2年間は返済なし)を負う極めて低利融資であり<sup>2)</sup>、高インフレ率の経済状況において、これはほとんど供与に近い被災者支援と言える。今後30年以内でイスタンブールを襲う可能性の高い地震<sup>3)</sup>(図1にこのシナリオ地震による想定地表最大速度, PGVの分布を示す)の発生時には、イスタンブール地域内の被害総額は約304億USドルと見積もられており<sup>3)</sup>、この額はトルコ共和国の2001年GDP, 1,240億USドルの約24.5%にのぼる。筆者らの推計によれば、このような巨額の被害を受けた上に、恒久住宅建設費用を中心とした被災者支援に、約46億USドル(GDPの約4%に相当)の行政支出が予想される。即ち、地震直後にトルコ政府がこの規模の被災者支援を行うことは現実的に不可能であり、事前の建物の耐震性能向上と現行の恒久住宅供与制度の見直しが不可欠である。現行制度は、一般市民が耐震補強を実施するインセンティブをなくさせる力として作用している点も問題である。

### 3. 耐震補強奨励制度の提案

目黒らは<sup>5)</sup>、わが国において、「事前に耐震補強を行い、「しかるべき耐震補強を済ませた」と判断された建物について、その建物が地震被害を受けた場合に、再建・補修費用の一部を行政が負担する」という耐震補強奨励制度を提案してきた。この制度は、耐震補強の実施に対するインセンティブを住民に与えることにより、補強実施を推進し、地震時の建物被害発生に伴う巨額の行政支出や人的被害を低減しうる。従来型の助成とは異なり、行政が地震前に巨額な資金を用意する必要もない。本研究では、目黒らの耐震補強奨励制度に、トルコ共和国の現状に合わせた修正を施すことによって、イスタンブール地域における耐震補強の推進策を検討する。

### 4. 提案制度導入効果の評価手法

イスタンブールには724,623棟の建物が存在し、その中でRCフレームレンガ壁住宅が75%、組積造住宅が23.2%を占めている<sup>3)</sup>。地震動の異なる地域に立地する建物1万棟に対して耐震補強奨励制度を導入した場合の、住民及び行政にとってのメリットを評価する。前述のように、恒久住宅供与制度は将来的には廃止すべき制度であるが、住民にとって多大な恩恵があると認識されている(この認識はイスタンブール市民に対しては誤りである。即ち既に説明したように経済的な問題から本制度は機能しない可能性が高い)。よって、急な制度改善は難しいため、従来からの恒久住宅への低利融資を継続させた上での耐震補強奨励制度の導入(現状システム踏襲型)と、供給住宅供与制度を廃止した上での制度導入(理想のシステム型)の2つを検討する。

現状システム踏襲型では、制度の有無により、住民と行政の費用負担は表1のように変化する。両者の費用負担額を、表2に示す各種の単位費用に基づき見積もる。住宅被害額は、新築資産価値(新規建設費用と同額とする)が減価償却により

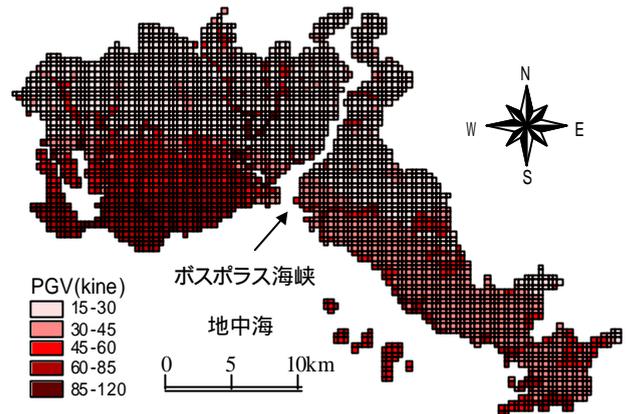


図1 シナリオ地震の想定地表最大速度分布

キーワード 耐震補強, トルコ共和国, イスタンブール, 被災者支援制度, 組積造構造物

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所 TEL 03-5452-6437

30年間で半減する(年間減少率 97.7%)ものと仮定した。耐震補強後に全壊した場合、恒久住宅支給に加えて、耐震補強費用(表 2)の2倍相当の奨励金を支給するものとする。半壊時は補強費用と同額の奨励金を支給するものとする。

補強による建物耐震性能の向上は、フラジリティーカーブ<sup>3)</sup>の形状を変化させて表現する。具体的には、現地インタビューと日本における新耐震設計基準前後でのフラジリティーカーブの形状の差を参考として、耐震補強によって対数正規分布関数に基づくカーブの平均値が標準偏差相当分だけ増加するものとする。図 2 は、補強前(太線)と補強後(細線)の組積造住宅(1-2 階建て)のフラジリティーカーブである。

5. 提案制度の効果

耐震性能の低い、1-2 階建ての組積造住宅(平均延べ床面積 200 m<sup>2</sup>)<sup>1</sup> 万棟に対して、耐震補強奨励制度を導入した場合の効果を紹介する。まずは、現状システム踏襲型での制度を考える。耐震補強費用を住民が負担する場合、奨励制度の普及に応じて行政負担額は減少し(図 3-A)、行政側は提案制度の浸透によりメリットを有すると言える。一方、住民側の負担に着目すると、PGV が60kine以上の地域では、奨励制度が普及するほど住民負担の総額が減少する。しかし、PGV が60kine以下の地域では、耐震補強費用がかさむために住民負担の総額は逆に増加する(図 3-B)。対象地域では、PGV が60kine以下の地域に、全建物の87%が存在していることから、制度普及のメリットは一部の建物に限られると言える。また、全壊世帯が恒久住宅を

得ることによる利益の享受も考慮すると、住民負担はマイナスに転じ、過度の被災者支援のために住民が逆に利益を得る様子が明らかとなる(図 3-C)。

次に、耐震補強技術の開発により低コストの耐震補強技術が実現した場合を考える。補強費用が現行価格30US ドル/m<sup>2</sup>から日本と同様の水準(7.5 US ドル/m<sup>2</sup>)まで下がると、PGV が10kine以上の地域において、奨励制度の普及に応じて総住民負担が減少する(図 3-D)。図 1 に示したシナリオ地震では、イスタンブール全域でPGV が10kineを越える地震動が想定されていることから、耐震補強の低コスト化と耐震補強奨励制度の普及を同時に進めることにより、住民と行政の双方にメリットを生み出す耐震補強の促進のための制度設計を行うことができる。

最後に、理想のシステム型での制度導入を考える。供給住宅供与制度を廃止する代わりに、全壊時の奨励金を耐震補強費用相当(12,000 US ドル)から新規建物建築相当(20,000 US ドル)に増額した。結果を図 4 に示すが、図 3-A と比較すると、行政負担額は現状システム踏襲型に比べて大きく減少することがわかる。被災者支援による巨額の財政支出を避けるためにも、理想のシステム型での奨励制度の導入が望まれる。

参考文献

- 1) 建築行政研究会：建築物の耐震改修の促進に関する法律の解説，大成出版社，1996.5
- 2) 中林一樹：トルコ・コジャエリ地震と都市復興の課題，都市計画，pp.72-75，2000
- 3) JICA・IMM：The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey，2002.9
- 4) SAPI Team for Japan Bank for International Cooperation：JBIC Special Assistance for Project Implementation (SAPI) for Emergency Earthquake Recovery Loan，2002.11
- 5) 目黒公郎・高橋健：既存不適格建物の耐震補強推進策に関する基礎研究，地域安全学会論文集，No.3，2001.11

表 1 制度導入による住民・行政負担の変化

提案制度未導入	各種費用	提案制度導入後
住宅所有者	耐震補強費用	住民または行政
住宅所有者	構造・設備被害額	住宅所有者
行政	仮設住宅建設費用	行政
行政	瓦礫撤去費用	行政
行政(恒久住宅費用低利融資)	全壊時の再建費用	行政(恒久住宅費用低利融資+)
住宅所有者	半壊・一部損壊時の補修費用	住宅所有者+行政(奨励金)

表 2 組積造構造物での各種発生費用

算出費用	項目	費用	単位
補強費	耐震補強費用	30	USドル/m <sup>2</sup>
被害額	構造部分の建設費用	40	
	設備部分の建設費用	60	USドル/m <sup>2</sup>
復旧費	半壊時の補修費用	13	
	一部損壊時の補修費用	8	USドル/全壊1棟
行政支出	瓦礫撤去費用	475	
	仮設住宅建設費用	1928	USドル/1棟

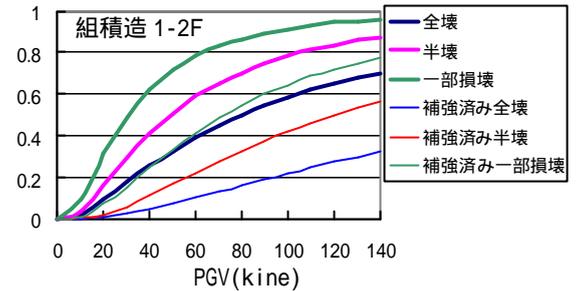


図 2 補強前後の建物強度の変化

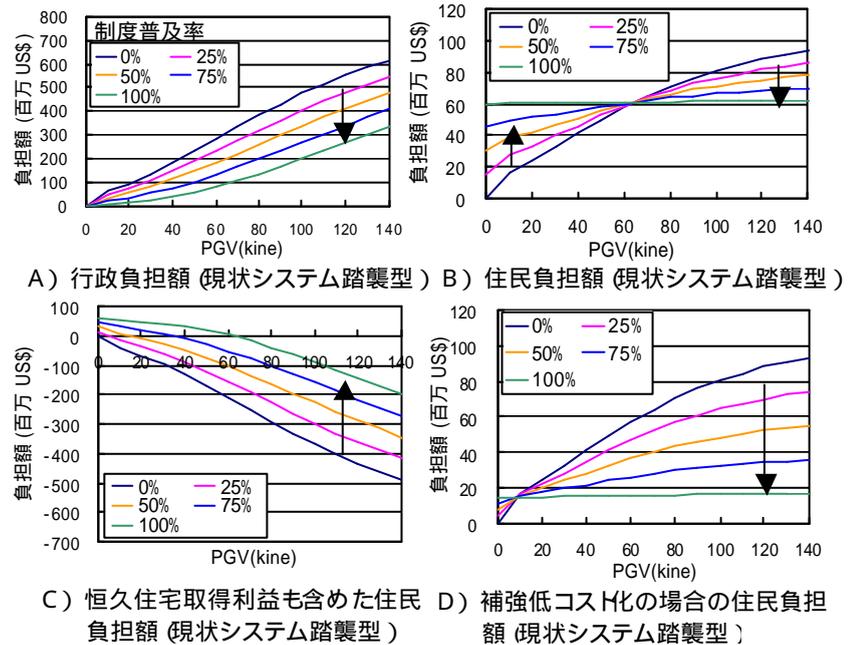


図 3 住民・行政の負担額の変化(現状システム踏襲型)

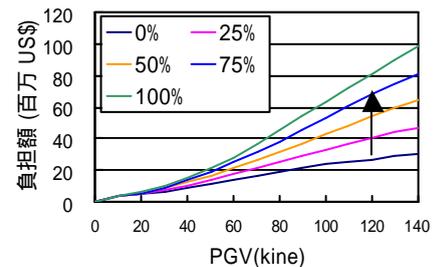


図 4 行政負担額の変化(理想のシステム型)