

耐震性・耐火性の鍵は 日常時の耐久性の向上にあり

建築研究所 主任研究員 水上 点睛

01

能登半島地震におけるモルタル外壁の調査研究報告

令和6年能登半島地震では、志賀町で最大震度7を観測した。現地に建つ5000棟余りの建築物のうち約9割が木造であり、その約15%が倒壊・崩壊したと言われている。図1はより詳しく、地震後に市街地火災が発生した輪島市河井地区における、建築時期別の被害状況を、必要壁量を増加させ新耐震基準とした1981年、耐震要素のバランスの良い配置や筋交いおよび柱頭柱脚金物が規定された2000年の前後で比較したものである¹⁾。すると、倒壊・崩壊の割合は、1981年の新耐震以前で21.1%、1981～2000年で5.3%、2000年以降の建築で0.9%となっている。耐震設計を行うことで建物の倒壊の危険性を低く抑えられることが分かる。

このように、まずは建物を地震で倒壊させないようにすることが肝要であるが、写真1にみられるように倒壊には至らずとも、本来、建物を火災から守るべき外壁が大規模に落下し、躯体あるいは建物内部の木材など可燃物が露出してしまうと、地震後に発生する火災に耐えることができない。輪島市では、地震約1時間後に発生した火災が、市街地火災に発展し、焼損棟数約240棟、焼失面積約49,000㎡の甚大な被害を及ぼした。市街地火災への拡大には、大きく分けて、飛び火による延焼と棟伝いの延焼の2つのルートがあるが、能登半島地震では、屋根を通じた飛び火被害は確認されず、棟伝いに延焼が進んだと考えられている。



写真1 モルタル外壁の大規模な剥落

2006年に行われた施工実態調査²⁾より、能登を含む北陸・甲信越では、約54%のモルタル外壁で、木ずりの上に平ラスを留め付けたモルタル直張り工法が採用されていた。これに対し、現行のJASS 15左官工事の仕様では、耐久性を向上させる目的で、モルタルが裏込めしやすい波形ラスを用いたり、雨水の侵入などでステープルが早期に腐食しないよう、通気層を設けたりステープルの利き足長さを長くしている。また施工性の向上やひび割れの抑制を目的に、モルタルの軽量化やガラス繊維メッシュを伏せこむなどの措置が取られている。

このような施工上の工夫は、それほど大きな費用負担を伴うものではないにも関わらず、普及が進んでいない。日常時の耐久性の向上が、地震や火災など非常時の耐震・耐火性に大きく寄与していることが示されれば、道半ばとなっている改良施工方法の

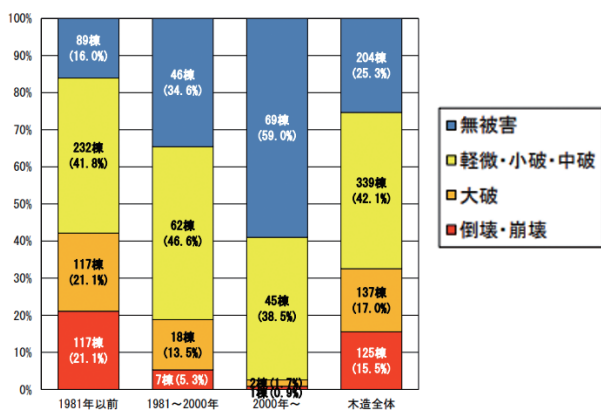


図1 木造の建築時期別の被害状況

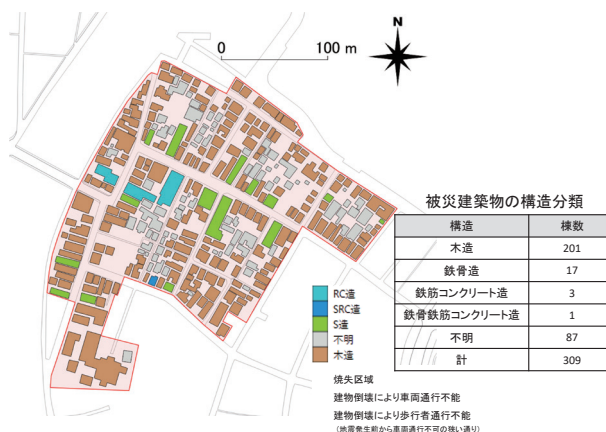


図2 延焼区域と被災建物の構造種別

標準化が進むのではない。また耐震・防火改修のインセンティブの向上につながるのではないかと考え、外壁の耐震・耐火一貫試験を行った内容について報告する。

まず、日左連にご協力頂き、能登地方で一般的に見られたモルタル直張り工法（能登仕様）と、JASS15仕様を各4

体ずつ作成した。（屋内側はせっこうボード9.5mmを張り付けている。）次に面内せん断試験により、4段階の変形角を与えて地震による損傷状態を再現した。さらに小型炉による耐火試験を実施して変形角に対応した耐火時間を計測した。

まず面内せん断試験の結果を示す。開口部の隅角部でひび割れが最も多く見られたため、同部より縦横100mm間隔で描いたマス目毎の最大ひび割れ幅を記載して下図に示す。左から右に、変形角が1/150→1/100→1/50→1/30（rad）と推移している。

試験体A、B共に変形角が大きくなるほどひび割れの幅が大きくなっていくことが分かる。ただし試験体Aでは、1/150rad時すでに、試験体上端・左端



写真2 市街地火災被害の様子

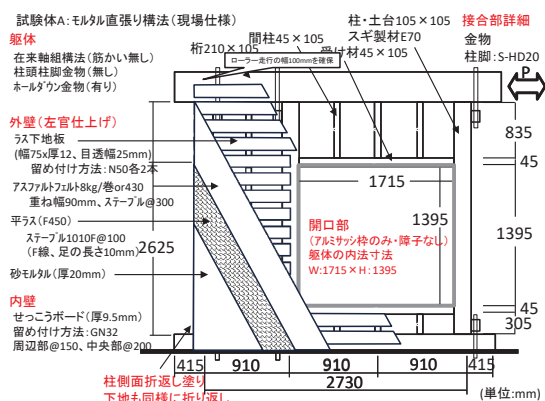


図3 試験体A 能登仕様（屋外側）

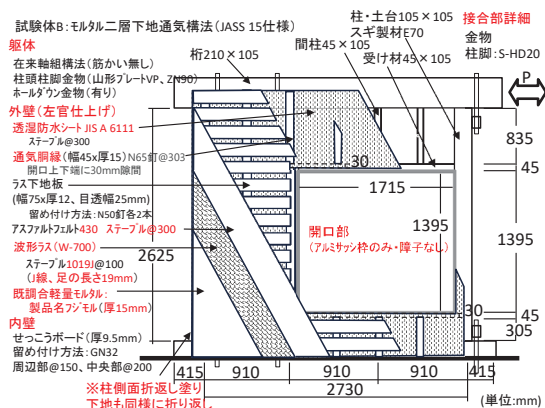


図4 試験体B JASS15仕様（屋外側）

にまで達するひび割れが生じている。細かいひび割れが少なく、大きなひび割れが局所的に集中しており、1/30radでは大きく成長した亀裂により、開口部下端においてモルタルが大規模に脱落する現象も

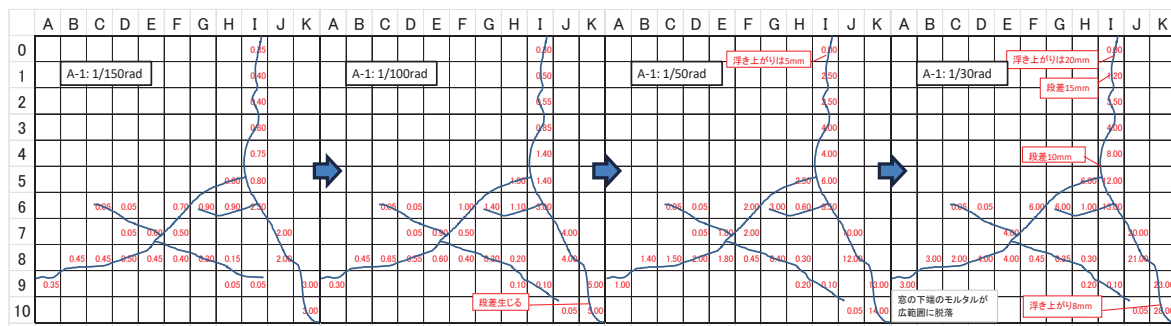


図5 試験体A（能登仕様）ひび割れ幅の時間変化

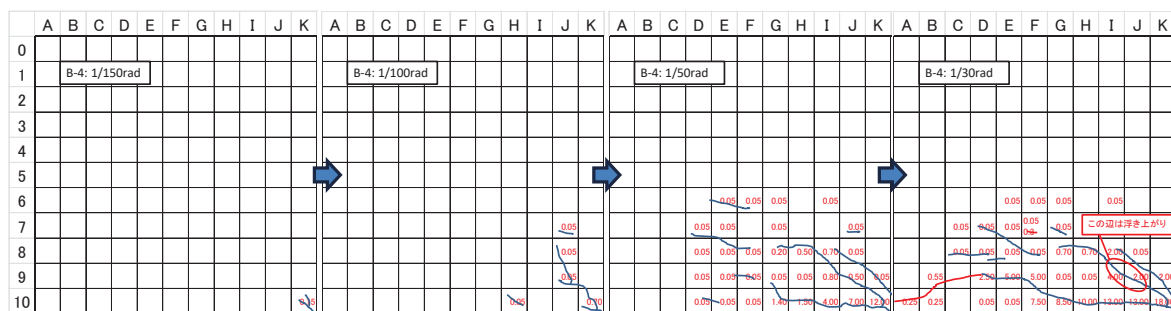


図6 試験体B（JASS15仕様）ひび割れ幅の時間変化

表1 温度測定結果一覧

変形角(rad)		A1		A2		A3		B1		B2		B3	
		1/30		1/50		1/100		1/30		1/50		1/100	
加熱領域の最大亀裂幅(mm)		21.0	4.0	25.0	14.0	7.0	3.0	2.5	2.0	2.0	0.05	0.2	0.0
260℃ 到達時間 (分)	T-1 (モルタル裏面)	2.8		2.9		20.2		16.3		17.5		33.8	
	T-2 (モルタル裏面)		20.0		15.1		26.8		15.3		23.4		38.2
	T-3 (中空部)	11.7		15.4		39.8		37.6		33.2		33.8	
			-		-		48.8		37.6		42.3		35.5
180K到達 時間(分)						50分時 未達		31.0		65分時 未達		74.0	

見られた。一方の試験体Bでは、1/150radで、開口部隅角部にわずかに亀裂が入り始めた後、変形角が増すにつれ、同亀裂が成長していくというよりは、周囲に無数に細かい亀裂が入り、次第にそれらがつながっていくような現象が見られた。そして1/30radまで変形を大きくすることで、ようやく試験体左端まで亀裂が達した。試験体BのJASSI5仕様では、軽量モルタルとすることで地震時の揺れを抑え、開口部の隅角部をプラスで補強したことで、亀裂が生じにくく、またガラス繊維ネットを軽量モルタル表面に伏せこんでいるために、亀裂が細くなったと考えられる。亀裂幅をみると、小破と捉えられる1/100rad時で、試験体Aが最大7mm、試験体Bが最大1.4mm。中破と捉えられる1/50rad時で、試験体Aが最大30mm、試験体Bが最大2mmと大きな違いがみられた。

次にこの亀裂が生じた状態で、耐火試験を行った際の温度測定結果を示す。モルタル外壁面を加熱側、せっこうボード面を非加熱側として、ISO834標準加熱曲線に沿った加熱を行った。小破と捉えられる

1/100rad時と、中破と捉えられる1/50rad時を比較したものを代表して下図に示す。

試験体A、B共に変形角が大きくなり、加熱領域の最大亀裂幅が大きくなるほど、モルタル外壁の裏面温度、中空部温度、非加熱側表面温度のいずれも規定値到達時間が短くなる傾向にあることが分かる。同じ変形角で試験体AとBの裏面温度が規定値に到達する時間を比較すると、約倍程度の違いが生じている。

加熱領域の最大亀裂幅とモルタル外壁の裏面温度の260℃到達時間の関係をみると、試験体Aでは3mm程度のひび割れまでは、約27～36分とそれほど大きな影響はないと言えるが、それ以上となると4～7mmで約20分、14mmで約15分、20mmを超えると3分未満と大きく減少していくことが見て取れる。試験体Bでは、ガラスネットを伏せこむことで、大きな亀裂は発生しないが細かい亀裂が数多く入ることが影響するのか、1mm程度のひび割れまでが約23～38分と影響のない範囲となり、2～3mmに広がるだけで約15～18分と減少が見られた。

このように、同じモルタル外壁といえども、施工上の工夫で地震時の損傷具合に大きな違いが生じること、さらには、その後の火災に耐えられる時間となると、倍半分の差が生じることが分かった。耐震性・耐火性の鍵は、日常時の耐久性の向上にあると考え、会員の皆様におかれましては、ぜひともJASSI5の施工方法を普及して頂けるようお願い申し上げます。

最後になりましたが、試験体の製作にご協力いただきました、河合滋様、長谷川彰利様、目崎隆央様、瀬谷和正様、小石賢一郎様に深く御礼申し上げます。

- (1) 令和6年能登半島地震建築物被害調査等報告(速報), 建築研究所資料 No212,2024
- (2) 宮村, ラス下地モルタル塗り工法に関する調査研究, 日本建築学会大会梗概集, 2016

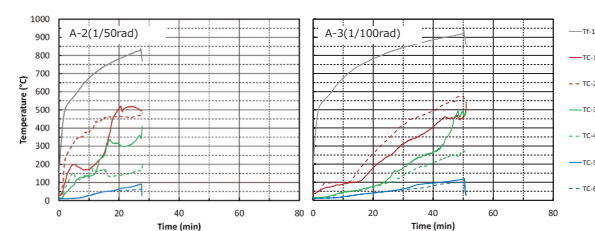


図7 試験体A 能登仕様
(左: 1/100、右: 1/50rad) 温度測定結果

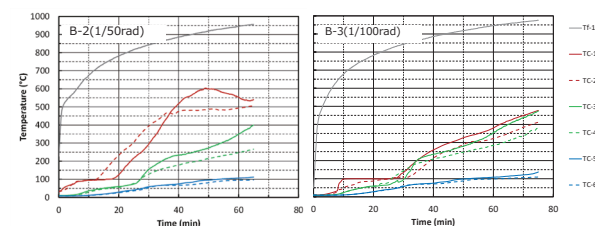


図8 試験体B JASSI5仕様
(左: 1/100、右: 1/50rad) 温度測定結果