

付録 4

UFC パネル孔開け施工試験

A4.1 はじめに

UFC パネル補強工法で用いる UFC パネルには、UFC パネルを既存柱に圧着・固定するためのボルト用貫通孔を設ける必要がある。また、既存柱にはボルトを固定するためのアンカーを設ける必要がある。実験では、UFC パネルに設ける貫通孔は、UFC を打設する際に孔位置にあらかじめスリーブを仕込むことで対応していた。

一方で、実建物へ適用する際には、既存柱の配筋が正確に配筋図通りではない可能性があることから、既存柱の鉄筋探査を行う必要がある。その場合、UFC パネルの製作が鉄筋探査後となってしまう、地震後の復旧に期間を要してしまう可能性がある。

そこで、UFC パネル製作後にあと施工で UFC パネルに貫通孔を設けることが可能であれば、上記の問題を解決できると考え、あと施工による UFC パネルの穿孔試験を実施した。穿孔試験により、必要な機器や施工状況、施工精度、および施工可能な条件等について検証する。

A4.2 試験概要

穿孔対象とする UFC パネルの概要を図 A4.2.1-1 に示す。UFC パネルは、6 章の実験における C2-UFC3 試験体に用いたパネル形状（縦×横＝100×78mm）で、厚みが 37.5mm と 25mm のものをそれぞれ 5 枚ずつ、計 10 枚を使用した。本試験において検討する穿孔条件を以下に示す。

- (a) 貫通孔の位置
- (b) 貫通孔のパネル縁からの距離
- (c) 貫通孔間の距離
- (d) 貫通孔をラップさせた場合のラップ距離
- (e) 既存貫通孔と同芯位置において、既存貫通孔径よりも大きい径で貫通孔を設ける（ $\phi 12 \rightarrow \phi 20$ ）
- (f) パネルの縁に半円あるいは角に扇形の孔を設ける

上記の各パラメータを勘案した試験条件を図 A4.2.1-2 に示す。穿孔径は 6 章の実験における C2-UFC3 試験体のパネルに設けた $\phi 12$ を基本とした。(b)、(c)に関しては、最小距離 5mm から施工し、施工に不具合が生じた場合などの施工状況に応じて距離を 5mm 間隔で増やしていくこととする。(d)に関しては、既存貫通孔がパネルの断面欠損にあたるため、貫通孔をラップさせる距離は実験で有効性を確認した断面欠損率（孔面積／パネル面積＝0.03）以下とすることに留意する。また(d)、(e)に関しては、既存孔を補修材により埋める場合と埋めない場合を行う。補修材は無収縮モルタル（U-グラウトパッド用）を使用する。(f)に関しては、1 枚のパネルの辺に半円、および角に扇形の孔を設ける場合と、半円の場合は 2 枚のパネルを、扇形の孔の場合は 4 枚のパネルを並べて配置して施工する場合を行う。なお、2 種の厚み（37.5mm、25mm）のパネルにおいて、同条件で穿孔試験を実施し、厚みによる影響を検討する。

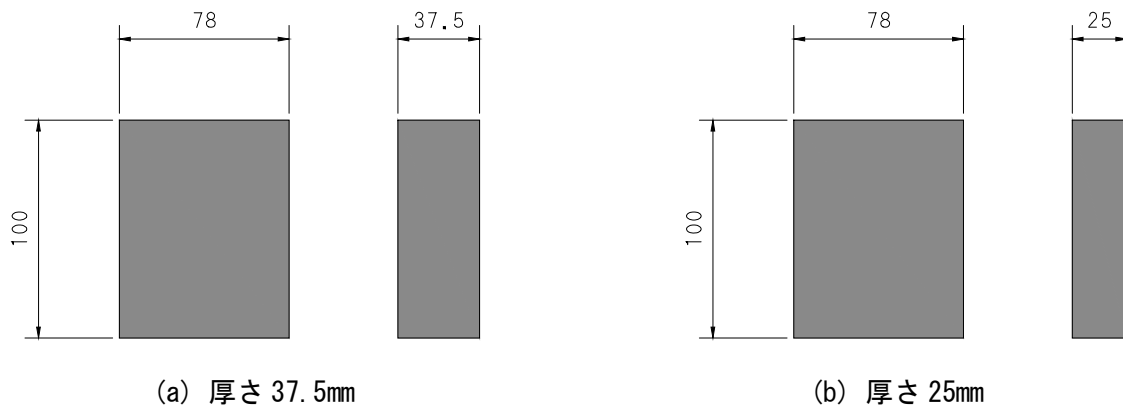
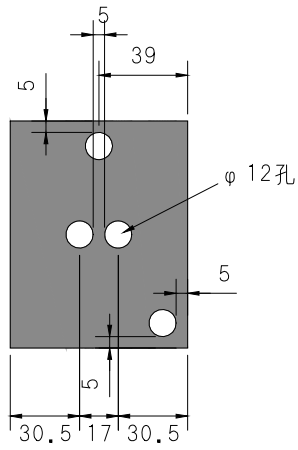
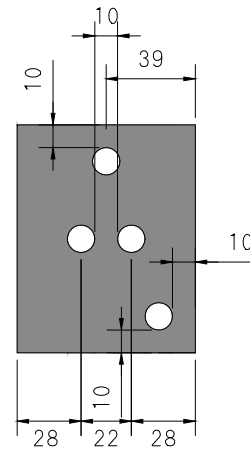


図 A4.2-1 試験体概要

付録4 UFC パネル孔開け施工試験

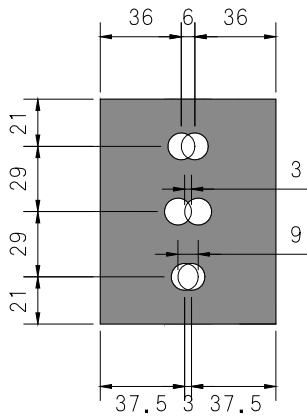


(i) 試験パラメータ(a), (b), (c)

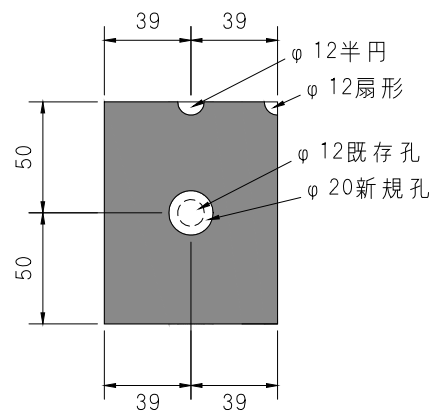


(ii) 試験パラメータ(a), (b), (c)

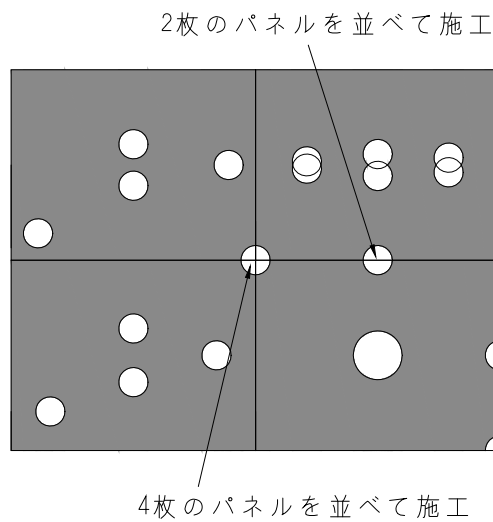
※(i)で問題が生じなければ実施しない



(iii) 試験パラメータ(d)



(IV) 試験パラメータ(e), (f)



(V) 試験パラメータ(f)

図 A4.2-2 試験条件

A4.3 試験結果

A4.3.1 穿孔状況

穿孔時に使用した器材の一覧を表 A4.3.1-1 に、補修に用いた無収縮モルタルの材料試験結果を表 A4.3.1-2 にそれぞれ示す。また、コアドリルの設置状況を図 A4.3.1-1 に、UFC パネルの固定状況を図 A4.3.1-2 に示す。穿孔には一般に流通している湿式のコアドリル（ヒルティ製 DD-30W）を使用した。また、コアドリルは専用のドリルスタンドに固定した。鋼板の上にパネルと同形状のコンパネを敷き、その上に UFC パネルを設置した。パネルはマグネットスタンドを周囲に配置することで、穿孔時に動かないよう固定した。パネルにはあらかじめ穿孔箇所のコアビットの径と同寸法の位置に印をつけ、コアビットが印と一致するようにドリルスタンドの位置を調整し、固定して穿孔した。また、パネルは型枠面から穿孔するようにセットした。

表 A4.3.1-1 使用器材の一覧

使用器材	製品型番
コアドリル	ヒルティ製 DD-30W
コアビット	ヒルティ製 12/150 (φ12mm)
コアビット	ヒルティ製 20/300 (φ20mm)
ドリルスタンド	ヒルティ製 DD-ST30
真空ポンプ	ヒルティ製 ULVAC DAT-100S
水タンク	ヒルティ製 WMS-100 (汚泥フィルター内部に設置)

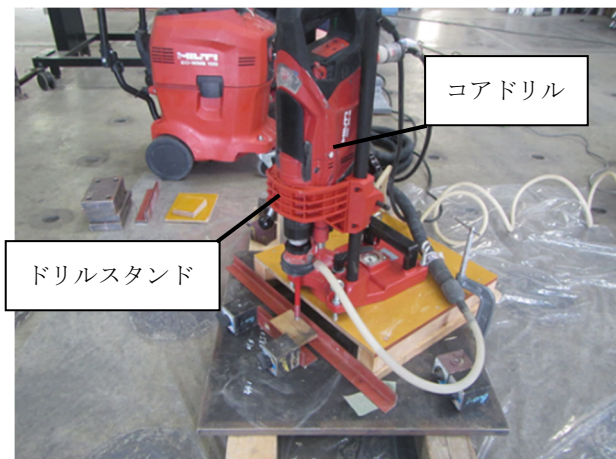


図 A4.3.1-1 コアドリルの設置状況

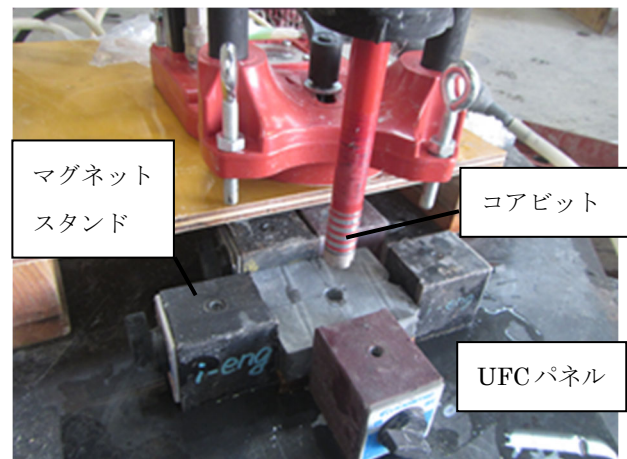


図 A4.3.1-2 UFC パネルの固定状況

表 A4.3.1-2 補修に用いた無収縮モルタルの材料試験結果

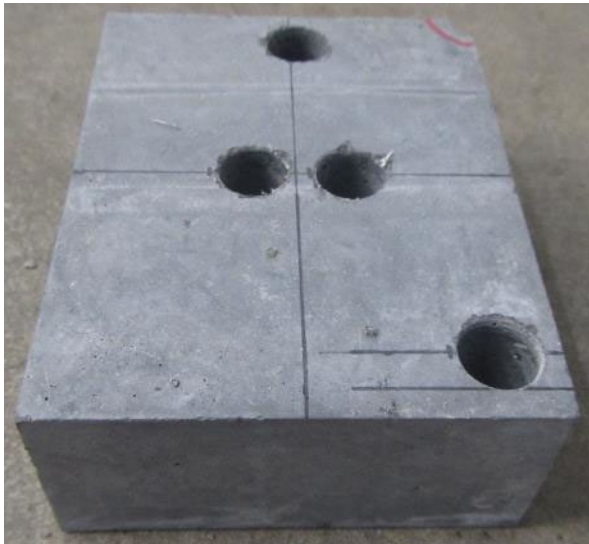
	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	圧縮強度時 ひずみ(%)
無収縮モルタル	13	33.3	23.0	0.218

A4.3.2 穿孔結果

各試験パラメータにおける、穿孔後のパネルの状況、および穿孔した孔の位置と設計位置からの最大芯ずれを図 A4.3.2-1 に示す。図中の黒線で示した孔は設計位置を、赤線で示した孔は実際に施工した孔の位置をそれぞれ示している。なお、最大芯ずれは各パネルにおいて穿孔した孔の設計位置からの縦方向あるいは横方向のずれで一番大きい値を最大芯ずれとした。また、各孔の施工位置と設計位置の芯ずれの一覧を表 A4.3.2-1 に示す。芯ずれは縦方向、および横方向のずれに分けて示している。なお、芯ずれにおける縦方向のずれはパネル長辺方向のずれを、横方向のずれはパネル短辺方向のずれをそれぞれ示している。

パネルの縁に半円あるいは角に扇形の孔を設ける試験パラメータ(f)に関しては、パネルを2枚、および4枚並べて穿孔した箇所についてはパネルに赤線で印を付けている。また、貫通孔をラップさせる試験パラメータ(d)、および既存貫通孔と同芯位置において、既存貫通孔径よりも大きい径で貫通孔を設ける試験パラメータ(e)は、一度穿孔した孔を無収縮モルタルで補修し、モルタルが硬化してから再度穿孔した結果も併せて示す。なお、補修後の穿孔において、モルタル打設面の処理は施していない。また、試験パラメータ(b)~(d)において設定した設計距離(パネル縁からの距離、貫通孔間の距離、および貫通孔のラップ距離)と、実際に施工した孔の各設計距離に対応する部分の距離、および最大誤差寸法を表 A4.3.2-2 に示す。最大誤差寸法とは、設計距離と実際に施工した孔の設計距離に対応する部分の距離の差であり、板厚 37.5mm と板厚 25mm の内、設計寸法からの誤差が大きい方を最大誤差寸法とした。

試験パラメータ(a)~(c)に関して、板厚 37.5mm、25mm 共に、パネル縁からの距離、および貫通孔間の距離が 5mm の場合でも、UFC パネルに欠け等の不具合は生じなかった。また、試験パラメータ(d)、(e)に関して、既存孔の無収縮モルタルによる補修の有無にかかわらず、概ね所定の位置に貫通孔を設けることができた。試験パラメータ(f)に関しても、パネル1枚で施工する場合とパネルを2枚、および4枚並べて施工する場合にかかわらず、概ね所定の位置に貫通孔を設けることができた。最大誤差寸法は各試験パラメータで 1mm~2mm であり、また実際に施工した孔と設計寸法との最大芯ずれは、各試験パラメータにおいて 1.5mm~2.5mm であった。

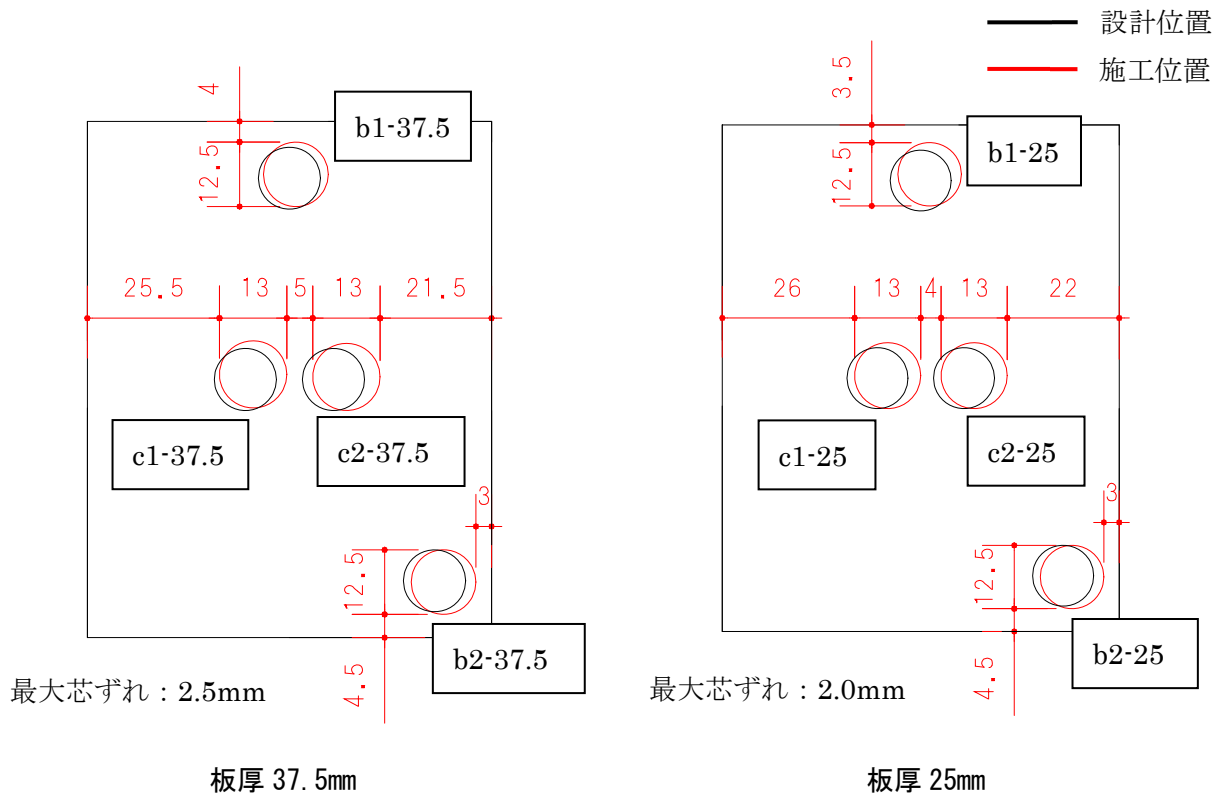


板厚 37.5mm



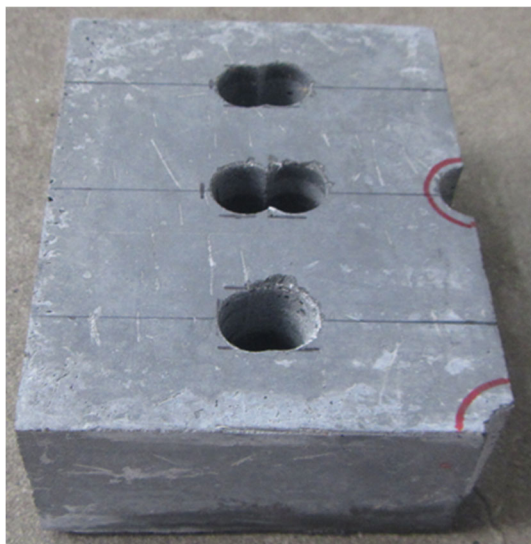
板厚 25mm

(i) パネル状況



(ii) 貫通孔の設計位置と施工位置のずれ

図 A4. 3. 2-1 (a) 孔後のパネル状況 試験パラメータ (a), (b), (c)

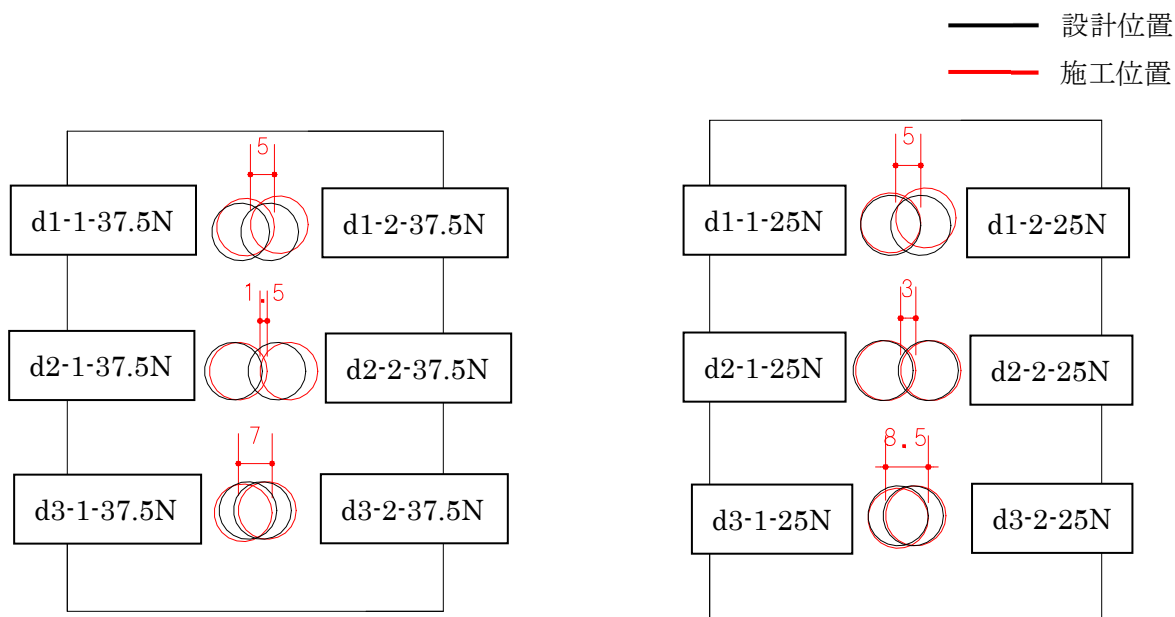


板厚 37.5mm



板厚 25mm

(i) パネル状況



最大芯ずれ : 2.5mm

最大芯ずれ : 1.5mm

板厚 37.5mm

板厚 25mm

(ii) 貫通孔の設計位置と施工位置のずれ

図 A4. 3. 2-1 (b) 穿孔後のパネル状況 試験パラメータ (d) (既存孔の補修なし)

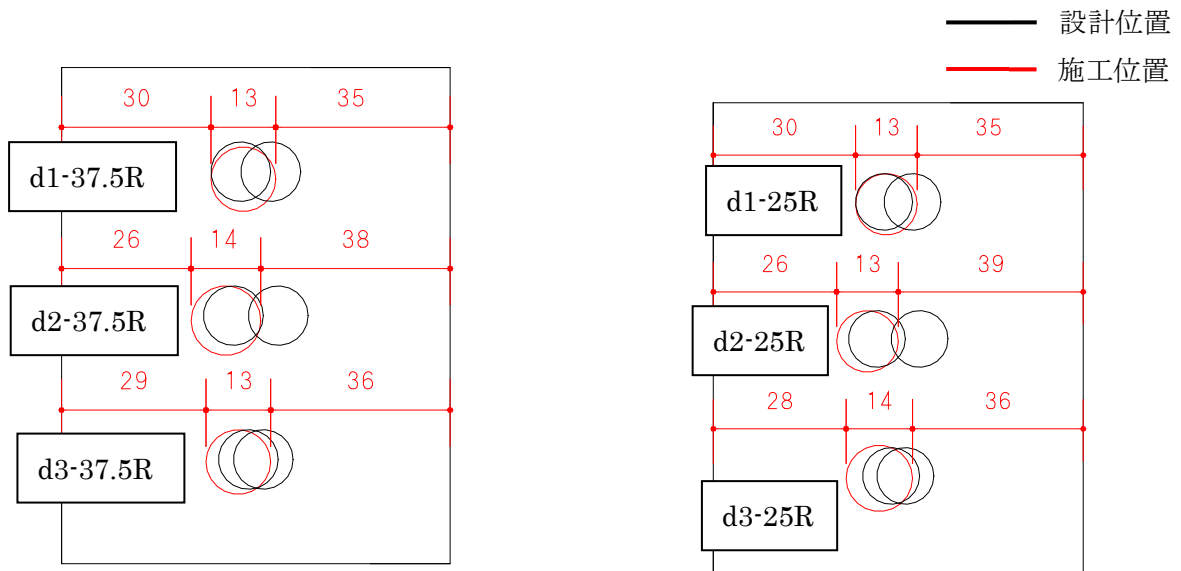


板厚 37.5mm



板厚 25mm

(i) パネル状況



最大芯ずれ : 2.0mm

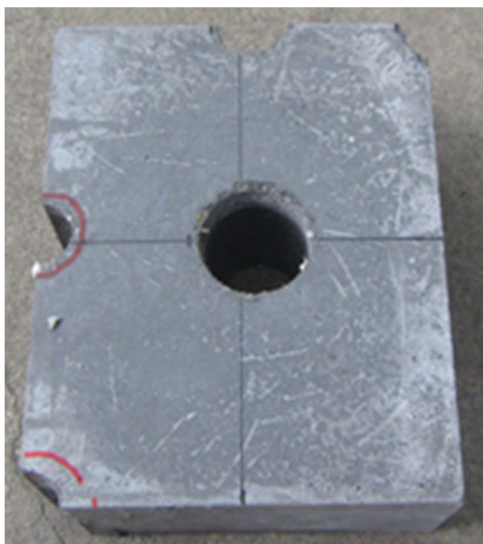
最大芯ずれ : 2.5mm

板厚 37.5mm

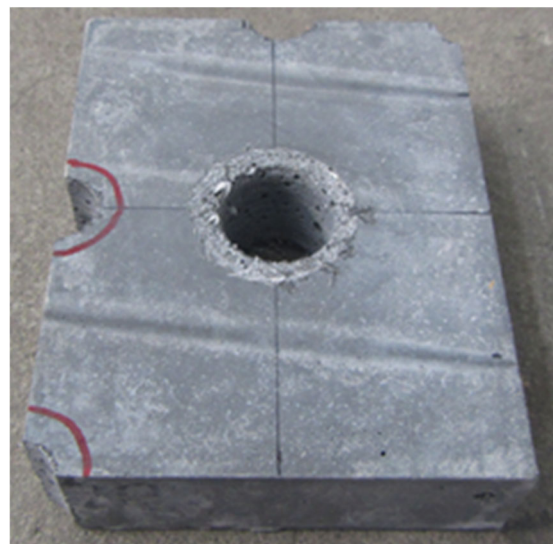
板厚 25mm

(ii) 貫通孔の設計位置と施工位置のずれ

図 A4. 3. 2-1(c) 穿孔後のパネル状況 試験パラメータ(d) (既存孔の補修あり)

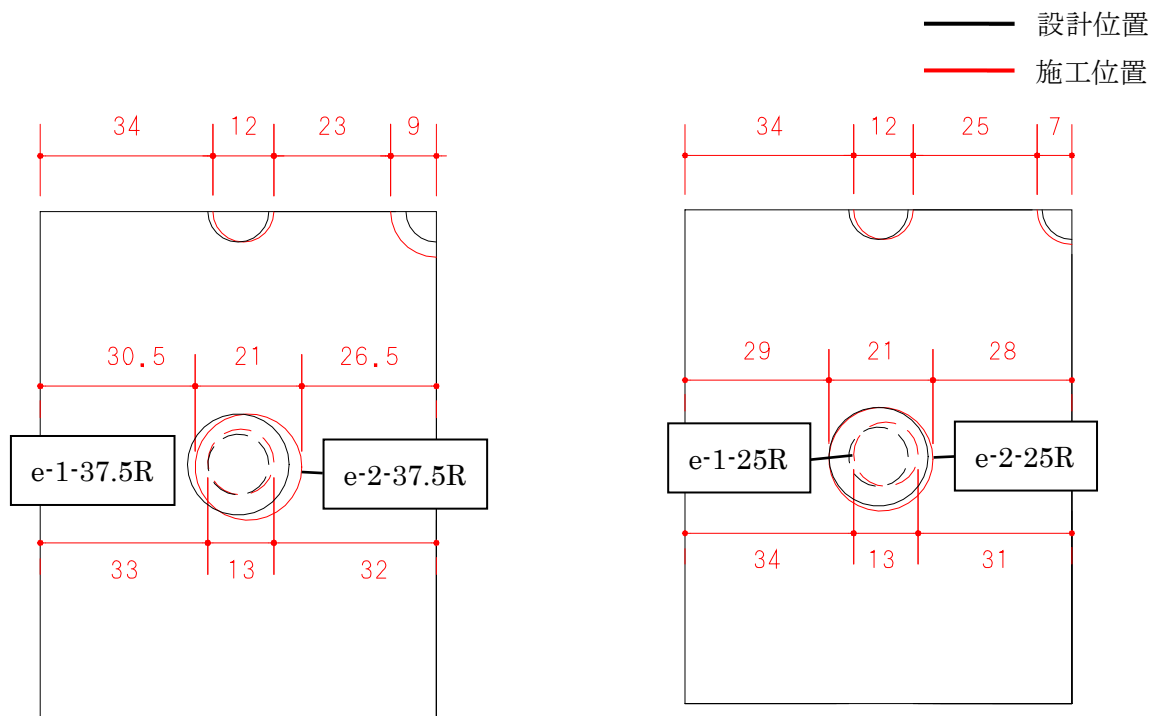


板厚 37.5mm



板厚 25mm

(i) パネル状況



最大芯ずれ : 2.0mm

最大芯ずれ : 1.5mm

板厚 37.5mm

板厚 25mm

(ii) 貫通孔の設計位置と施工位置のずれ

図 A4. 3. 2-1(d) 穿孔後パネル状況 試験パラメータ(e) (既存孔の補修なし)

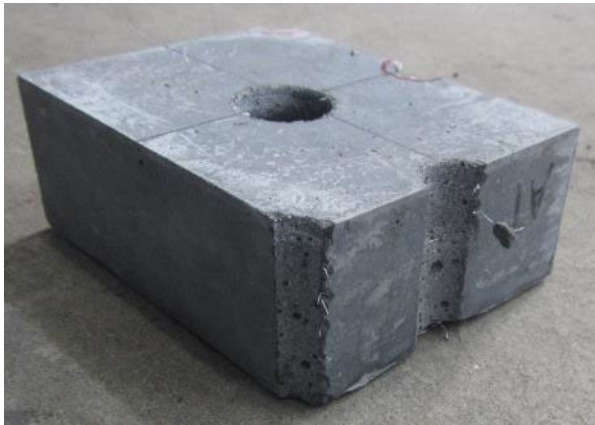


板厚 37.5mm

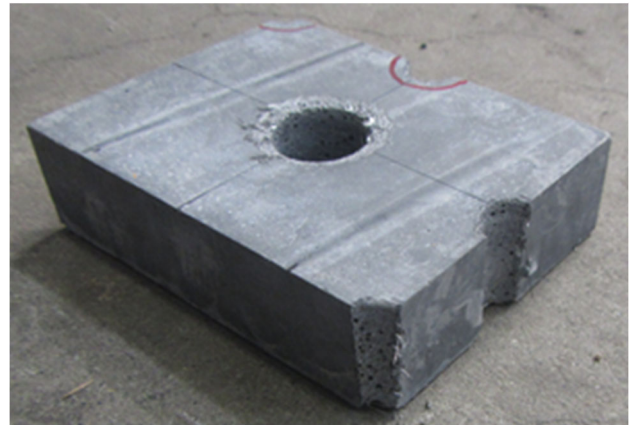


板厚 25mm

図 A4. 3. 2-1(e) 穿孔後のパネル状況 試験パラメータ(e) (既存孔の補修あり)

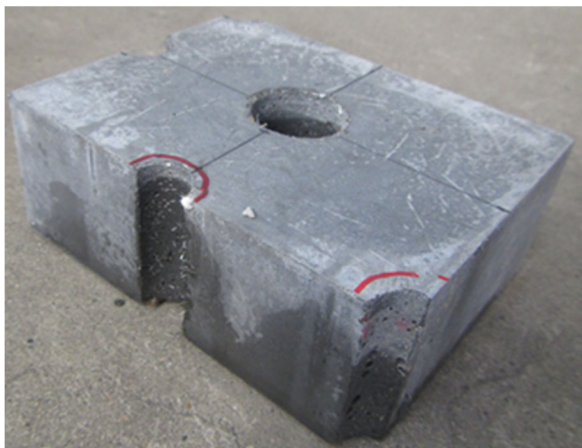


板厚 37.5mm

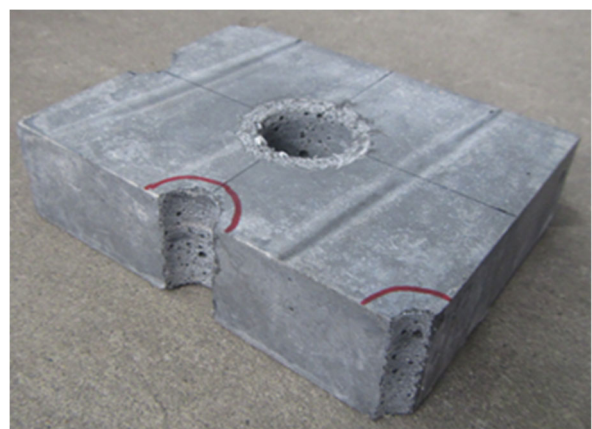


板厚 25mm

図 A4. 3. 2-1(f) 穿孔後のパネル状況 試験パラメータ(f) (1枚のパネルで施工)



板厚 37.5mm



板厚 25mm

図 A4. 3. 2-1(g) 穿孔後のパネル状況 試験パラメータ(f) (2枚, および4枚のパネルで施工)

表 A4.3.2-1 設計寸法と実際に施工した孔位置の寸法の比較

孔番号	芯ずれ		孔番号	芯ずれ	
	縦	横		縦	横
b1-37.5	0.75	1.25	b1-25	1.25	1.75
b2-37.5	0.25	1.75	b2-25	0.25	1.75
c1-37.5	1.0	1.5	c1-25	0.5	2.0
c2-37.5	0.5	2.5	c2-25	0.5	2.0
d1-1-37.5N	1.0	1.0	d1-1-25N	0.5	0
d1-2-37.5N	1.5	2.0	d1-2-25N	1.5	1.0
d2-1-37.5N	0	1.0	d2-1-25N	0	0.5
d2-2-37.5N	0	2.5	d2-2-25N	0	0.5
d3-1-37.5N	0.5	1.0	d3-1-25N	0.5	0.0
d3-2-37.5N	0	1.0	d3-2-25N	0	0.5
d1-37.5R	1.5	0.5	d1-25R	0.5	0.5
d2-37.5R	1.0	1.5	d2-25R	0.5	2.0
d3-37.5R	0.5	2.0	d3-25R	0.5	2.5
e-1-37.5N	0.5	0.5	e-1-25N	0.5	1.5
e-2-37.5N	0.5	2.0	e-2-25N	0.5	0.5

表 A4.3.2-2 設計寸法と実際に施工した孔位置の寸法の比較

試験パラメータ	設計値(mm)	施工値(mm)		最大誤差寸法 (mm)
		板厚37.5mm	板厚25mm	
(b) 貫通孔のパネル縁からの距離 (辺中央)	5.0	4.0	3.5	1.5
(b) 貫通孔のパネル縁からの距離 (角)	5.0	3.0	3.0	2.0
(c) 貫通孔間の距離	5.0	5.0	4.0	1.0
(d) 貫通孔のラップ距離 (補修なし)	3.0	1.5	3.0	1.5
	6.0	5.0	5.0	1.0
	9.0	7.0	8.5	2.0

A4.4 結論

穿孔試験の結果より得られた知見を以下に記す。

- 1) 板厚 37.5mm, 25mm とともに、パネル縁からの距離、および貫通孔間の距離が 5mm の場合でも、パネルに欠けなどが生じることなく、問題なく $\phi 12\text{mm}$ の貫通孔を設けることができた。
- 2) 貫通孔をラップさせて穿孔する場合、および既存孔よりも大きい径で穿孔する場合ともに、ラップさせる距離や補修材の有無にかかわらず、パネルに不具合等を生じることなく、概ね所定の位置に穿孔することができた。
- 3) パネルの縁や角に半円や扇形の孔を穿孔する場合、1枚のパネルで穿孔しても、2枚あるいは4枚のパネルを並べて穿孔しても、どちらでも概ね所定の位置に貫通孔を設けることができた。
- 4) 穿孔した貫通孔と設計位置との芯ずれは、各試験パラメータにおいて 1.5mm~2.5mm であった。また、各試験パラメータの設計値と実際に穿孔した貫通孔の最大誤差は 1mm~2mm であった。

以上より、本試験ケースの範囲においては、現場で貫通孔を施工することは可能であると考えられるが、数 mm 程度の施工誤差が発生する可能性があるため、施工の際には設計寸法に対し、数 mm 程度余裕をもって穿孔する必要があると考えられる。