

KK アーチフォーム 60mm 厚

コンクリート充填確認試験・性能確認試験

報告書

1. 確認試験と結果の概要

KKアーチフォーム 60mm 厚の突起部を設計計算の有効断面に含めるにあたり、あき 0mm とした場合のコンクリートの充填性と硬化後の鉄筋の付着特性等が懸念されることから、最大規模床版(主桁間隔 3.0m)を想定した実物大の試験体を用いて、以下の試験を実施した。

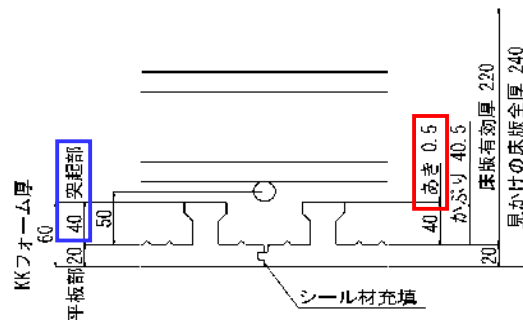


図 1

1) コンクリート充填確認試験

- ・ CCD カメラによる充填確認
- ・ 硬化後の切断面確認

【 結果 】

KK アーチフォーム 60mm 厚は、40mm の突起部を有することから、鉄筋が突起天端に接触配置されていた場合においても、鉄筋下側には 40mm のかぶりに相当する空間があり、鉄筋の下面や側面から確実な充填が可能であった。また、床版の打設順序はハッチ下端から床版頂部に向かい行われることも充填に効果的であった。



写真 1-1-1

2) KK フォーム複合部材における性能試験

- ・鉄筋引抜き試験
- ・圧縮強度試験

【 結果 】

両試験とも KK フォーム複合部材の試験体は、コンクリート単体の試験体と同等以上の結果であることを確認できた。

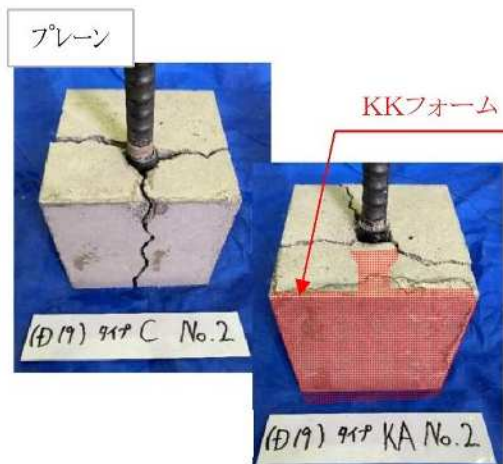


写真 1-2-1

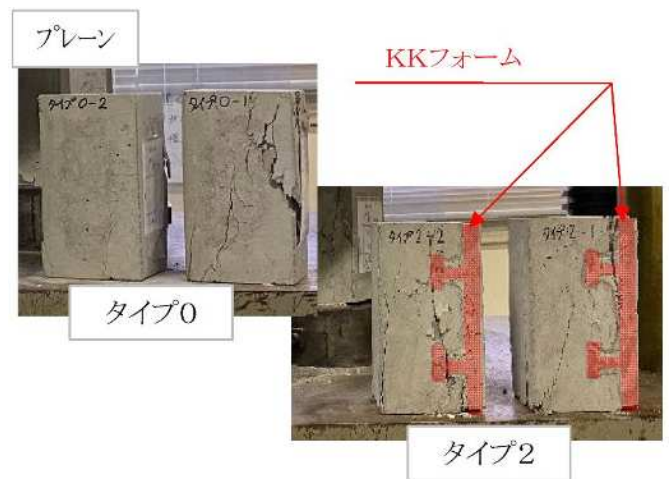


写真 1-2-2

2. コンクリート充填確認試験

1) 試験体

試験体図を次頁に示す。模擬鋼桁間に 3 次曲線形状の KK アーチフォーム 60mm 厚を 4 枚組み立て、長さ 3.0m×幅 1.2m の RC 床版を打設した。

主鉄筋の配筋は、フォーム頂部の突起部との取合いや重ね継手の有無を想定し、さらに鉄筋径を D19、22 の 2 種類とした。

充填確認をする床版の形状は、直線ハンチ形状に近似する 3 次曲線を採用して、中央の約 500mm の範囲が形状変化 1mm 以下の平坦部となっている。

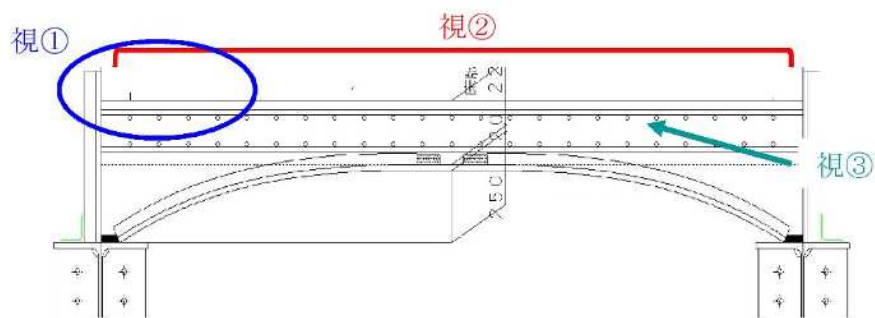


図 2-1-1



写真 2-1-1



写真 2-1-2



写真 2-1-3

<床版鉄筋配筋図>

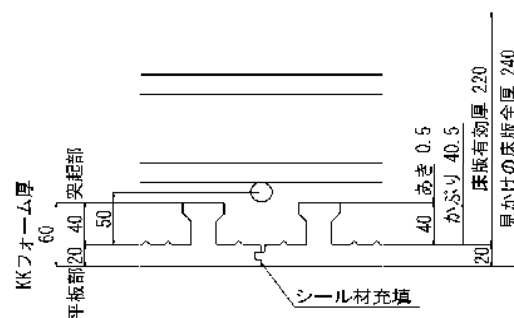


図 2-1-2

ア-チフオ-ム充填確認試験

目的：アーチフォーム50300の突起上面と紙版下面接触の
フックノート充満性の確認。

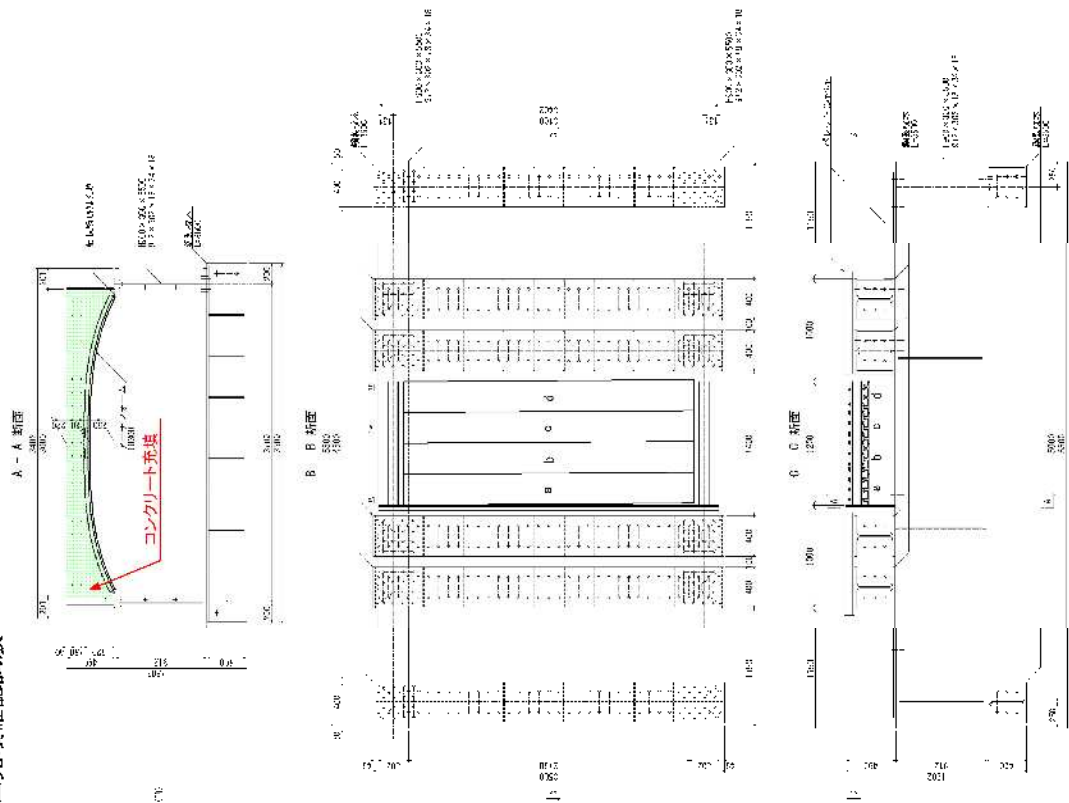
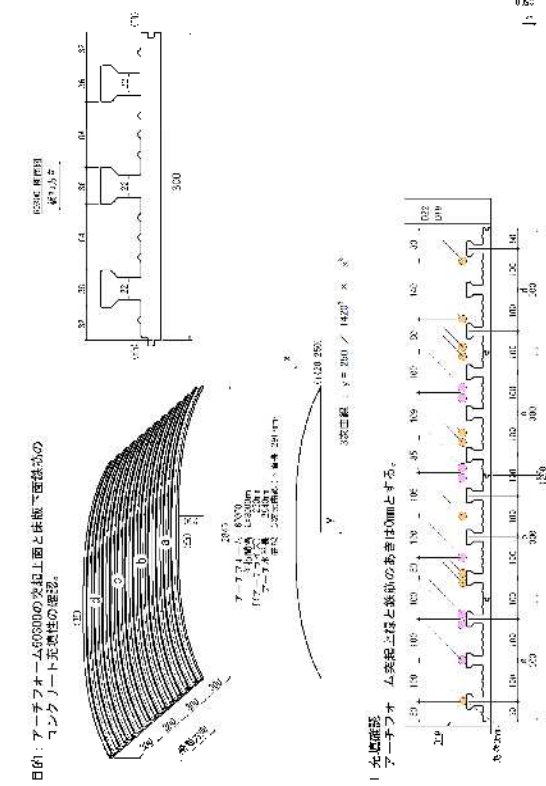
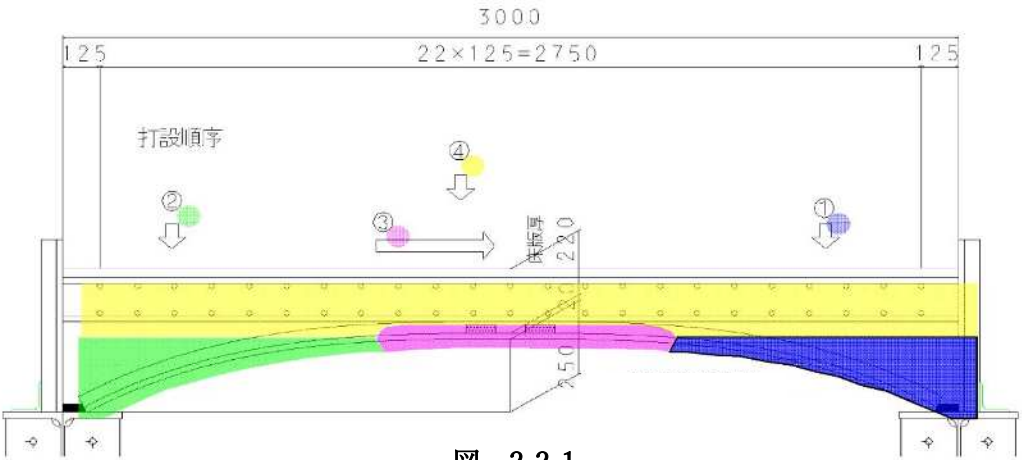


图 2-1-3

2) コンクリート打設要領



① コンクリート配合 コンクリートはJIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)とする。

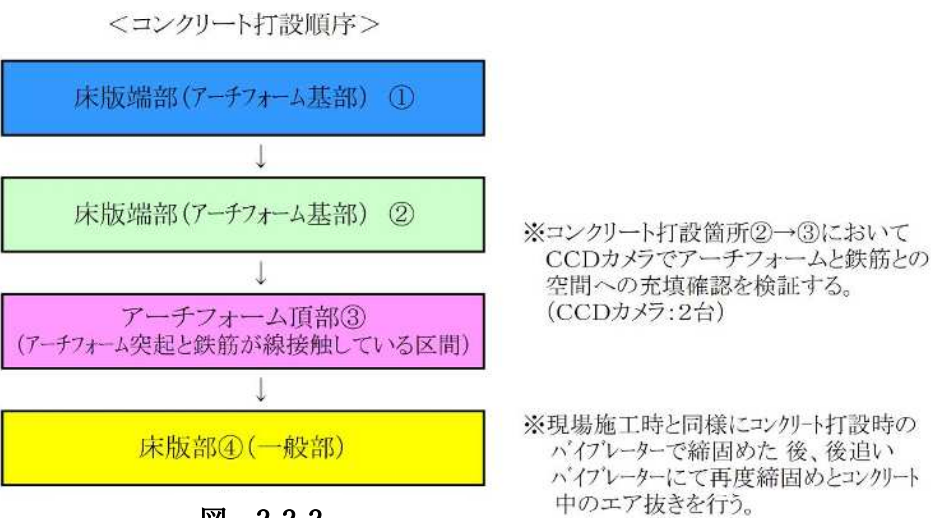
表 2-2-1 試験体使用するコンクリート種類

呼び強度 (N/mm ²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類
30	20	N

表 2-2-2 コンクリート配合表

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の 範囲 (%)	水セメント 比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
					W	C	S	G	
20	12±2.5	4.5±1.5	49.5	47.3	169	342	842	950	4.1

② コンクリート打設順序



3) CCD カメラによる充填確認

【 鉄筋組立 全景 】



写真 2-3-1

【 鉄筋, アーチフォーム 】



写真 2-3-2

【 コンクリート打設状況 】

【 CCDカメラによる充填状況確認 】



写真 2-3-3

【 コンクリート打設完了 】

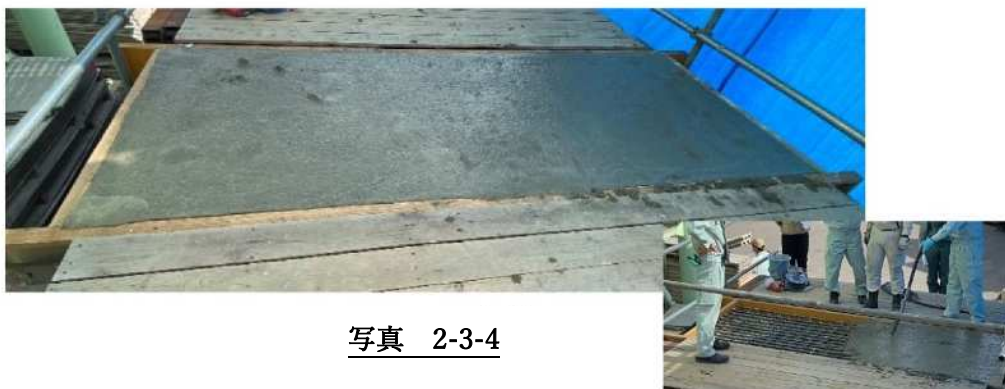


写真 2-3-4

【 コンクリート充填状況 】

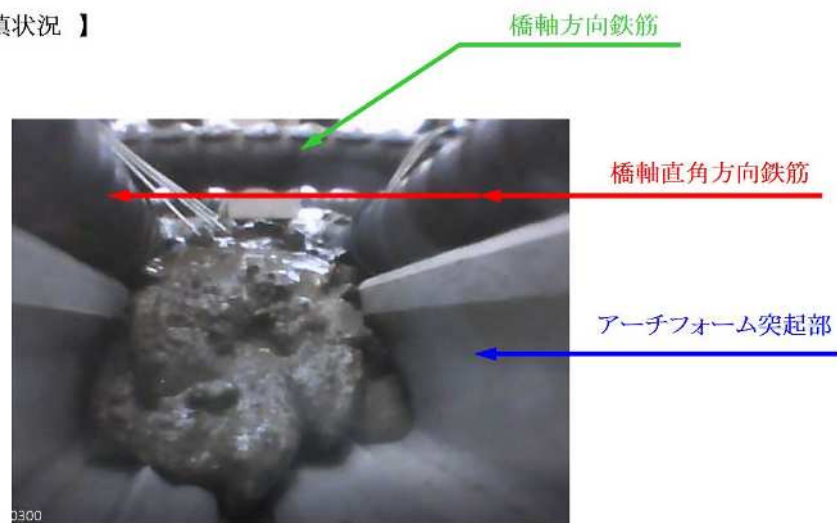


写真 2-3-5

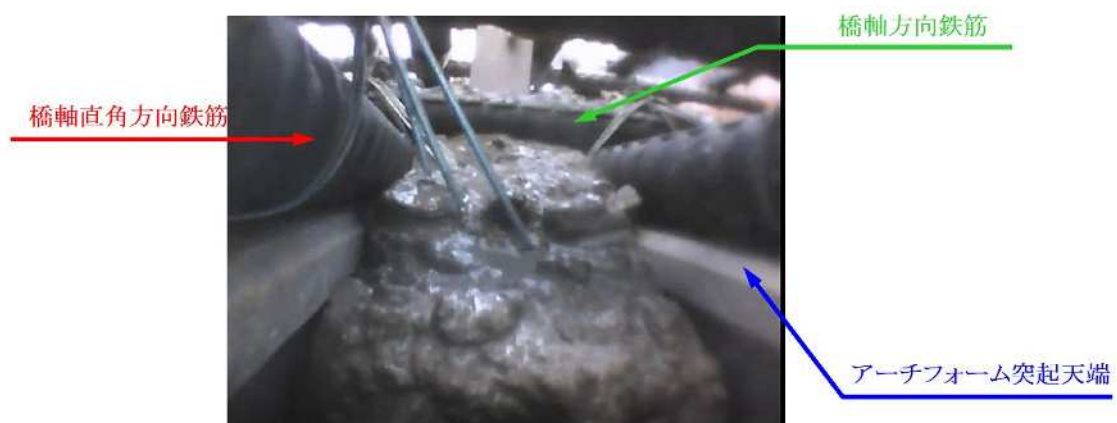


写真 2-3-6



写真 2-3-7

【 結果 】

KK アーチフォーム 60mm 厚は、40mm の突起部を有することから、鉄筋が突起天端に接触配置されていた場合においても、鉄筋下側には 40mm のかぶりに相当する空間があり、鉄筋の下面や側面から確実な充填が可能であった。また、床版の打設順序はハンチ下端から床版頂部に向かい行われることも充填に効果的であった。

4) 硬化後の切断面確認

試験体のコンクリート硬化後、アーチフォーム頂部(主桁間中心部)を切断し、コンクリートの充填状況を目視にて検証を行った。



写真 2-4-1



写真 2-4-2



写真 2-4-3



写真 2-4-4

【 結果 】

アーチフォーム頂部(主桁間中心部)を切断した結果、アーチフォーム突起天端から鉄筋(D19、D22)との高さ方向のあきは、ほぼない状態であるが、突起の下方(平板部)や配置鉄筋の横方向からコンクリートが確実に充填されていることが検証できた。

3. 鉄筋引抜き試験

1) 試験体製作

①供試体

供試体は図 3-1-1 に示すような形状で、普通コンクリート部材(タイプ C)と KK フォーム複合部材(タイプ KA)の計 2 タイプとした。

供試体の数は 1 タイプにつき 3 体とし、鉄筋径を D19、D22 の 2 種類とした。

鉄筋の芯かぶりは 50mm(かぶり 40mm : KK フォームと鉄筋のあきは 0.5mm)を想定した。

なお、有効断面・かぶりを平板部上面からとしたことにより、今回の引抜き試験では、かぶり 40mm を一定とした。

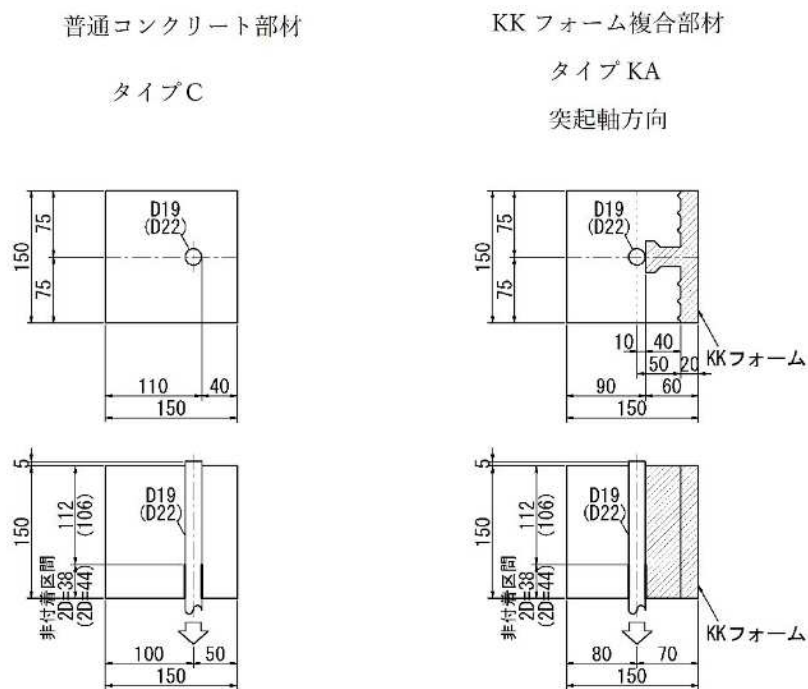


図 3-1-1

②供試体作成使用材料

- a. KK フォーム（KKF60300・全厚 60mm）
 - b. 異形鉄筋 D19、D22（SD345）
 - c. 使用するコンクリートは JIS A 5308 レディーミクストコンクリートとし、種類は表 3-1-1 の通りとする。
- 配合表を表 3-1-2 に、圧縮強度試験結果を表 3-1-3 に示す。

表 3-1-1 供試体に使用するコンクリート種類

呼び強度(N/mm ²)	粗骨材の最大寸法(mm)	セメントの種類
30	20	N

表 3-1-2 コンクリート配合表

粗骨材の 最大寸法	スランブ の範囲	空気量の 範囲	水セメン ト比	細骨 材率	単位量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G	
20	12±2.5	4.5±1.5	49.5	47.3	169	342	842	950	4.1

表 3-1-3 コンクリート圧縮強度試験結果

圧縮強度(N/mm ²)
31.0

③製作・養生

製作用型枠は木枠とし、コンクリートの打設方向は図 3-1-2 に示した通りとする。
養生は湿潤養生を行った。

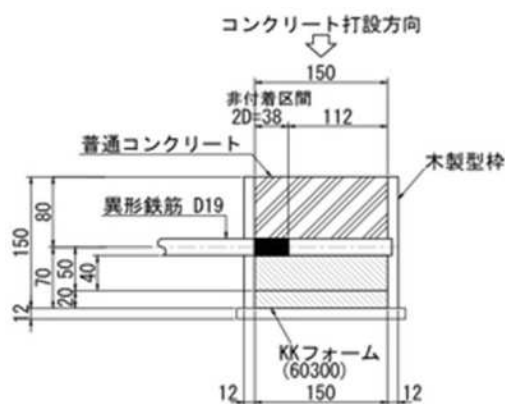


図 3-1-2

2) 試験方法

コンクリート標準示方書(規準編 2013 年版)(JSCE-G 503-2013)を参考に、引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験を行った。

① 載荷方法

試験は万能試験機(UH-2000kN)を用いて行う。載荷方法は、鉄筋の引張試験と同様なセット方法で異形鉄筋を固定し、破壊まで行った。

各タイプの載荷条件を以下に示す。

a. タイプ C (D19)・タイプ KA (D19)・タイプ C (D22)

荷重レンジ：100kN

荷重制御：速度 0.1F.S./min (=10kN/min)

b. タイプ KA(D22)

荷重レンジ：200kN

荷重制御：速度 0.1F.S./min (=20kN/min)

載荷方法の模式図を図 3-2-1 に、載荷状況を写真 3-2-1 に示す。

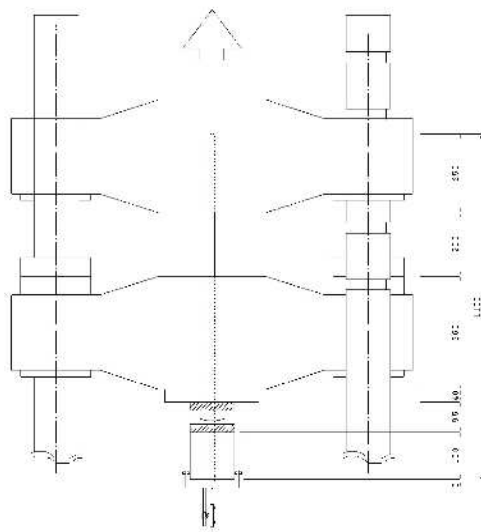


図 3-2-1



写真 3-2-1

②計測方法

コンクリートに対する鉄筋のすべり量を変位計で測定した。

変位計の取付け状況を写真 3-2-2 に示す。

引張荷重とすべり量のデータは荷重 1.0kN 毎にデータロガーで記録し、最大引張荷重は試験機の表示値とした。

引張荷重および最大引張荷重から鉄筋の付着応力度を求めた。

付着応力度は次の式によって算出し、四捨五入で有効数字 3 桁とした。

$$\tau = \frac{P}{\pi DL} \times \alpha$$

ここに、 τ : 付着応力度(N/mm²)

P: 引張荷重(N)

D: 鉄筋の直径(mm)

L: コンクリートと鉄筋の付着部長さ(mm)

α : $30 / f'_c$

f'_c : 同時に作成した円柱供試体の、試験時の圧縮強度(N/mm²)

変位 0.002D 時の付着応力度を、付着応力度とすべり量の関係から線形補間で求めた。



写真 3-2-2

3) 試験結果

試験結果一覧を表 3-3-1～表 3-3-3 に示す。

鉄筋の付着応力度とすべり量のプロットを図 3-3-1～図 3-3-4 に示す。

鉄筋引抜き試験後の供試体の状況を写真 3-3-1～写真 3-3-4 に示す。

表 3-3-1 最大引張荷重

鉄筋径	タイプ	最大引張荷重(kN)			
		No.1	No.2	No.3	平均値
19	C	39.50	71.10	71.15	60.58
	KA	84.30	93.25	94.04	90.53
22	C	72.7	78.1	69.4	73.4
	KA	84.8	101.8	108.8	98.5

表 3-3-2 最大付着応力度

鉄筋径	タイプ		最大付着応力度(N/mm ²)				比率
			No.1	No.2	No.3	平均値	
19	コンクリートのみ	C	※(5.72)	10.3	10.3	10.3	1.00
	KKフォーム複合部材	KA	12.2	13.5	13.6	13.1	1.27
22	コンクリートのみ	C	9.60	10.3	9.17	9.70	1.00
	KKフォーム複合部材	KA	11.2	13.4	14.4	13.0	1.34

※ 鉄筋径 19、タイプ C、No.1 は外れ値のため平均から除外

表 3-3-3 変位 0.002D 時付着応力度

鉄筋径	タイプ		変位0.002D時付着応力度(N/mm ²)				比率
			No.1	No.2	No.3	平均値	
19	コンクリートのみ	C	5.71	6.27	4.96	5.65	1.00
	KKフォーム複合部材	KA	8.70	10.4	9.86	9.65	1.71
22	コンクリートのみ	C	6.67	8.40	5.52	6.86	1.00
	KKフォーム複合部材	KA	9.38	9.85	10.6	9.94	1.45

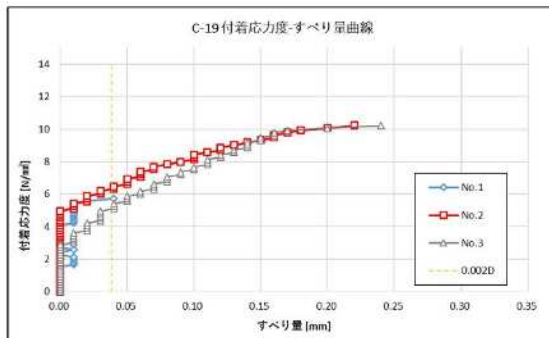


図 3-3-1

タイプ C (D19)付着応力度-すべり量曲線

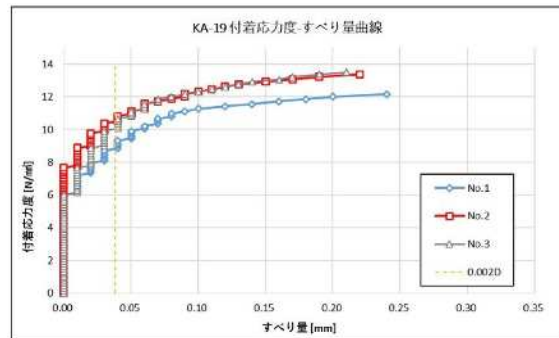


図 3-3-2

タイプ KA (D19)付着応力度-すべり量曲線

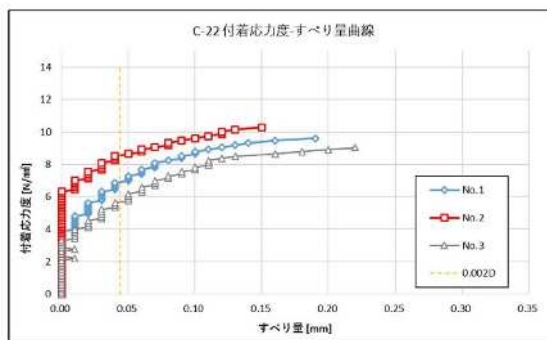


図 3-3-3

タイプ C (D22)付着応力度-すべり量曲線

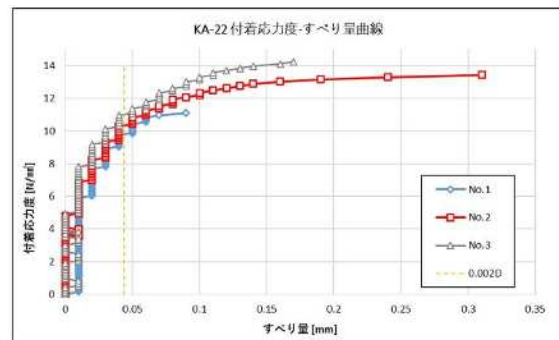


図 3-3-4

タイプ KA (D22)付着応力度-すべり量曲線

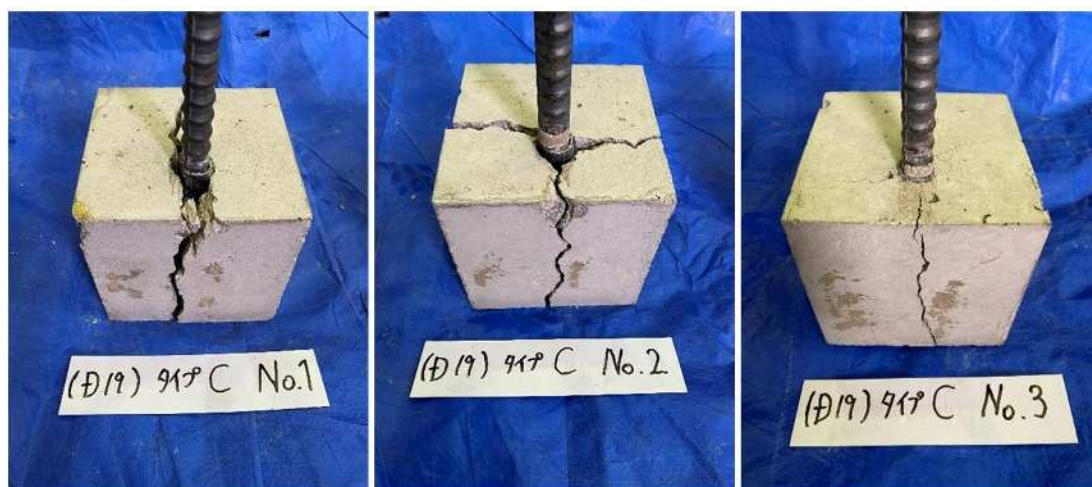


写真 3-3-1 試験後の供試体状況タイプ C(D19)

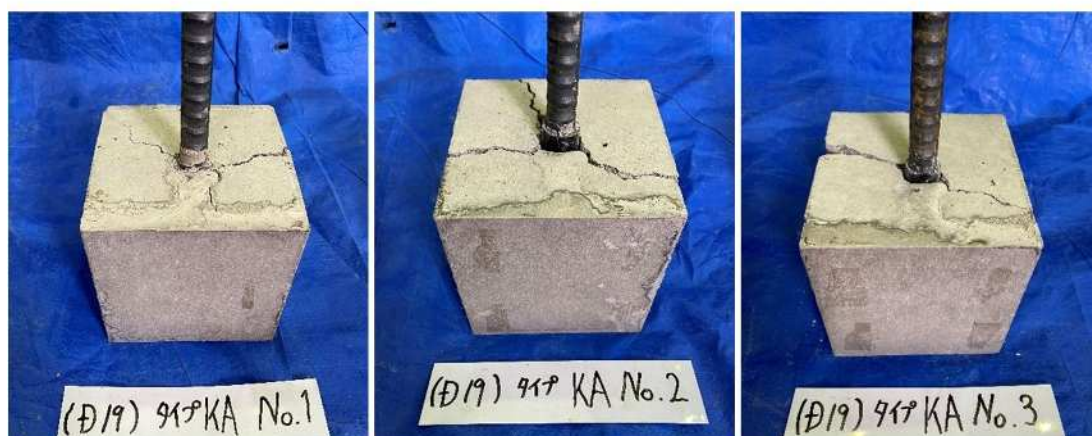


写真 3-3-2 試験後の供試体状況タイプ KA(D19)

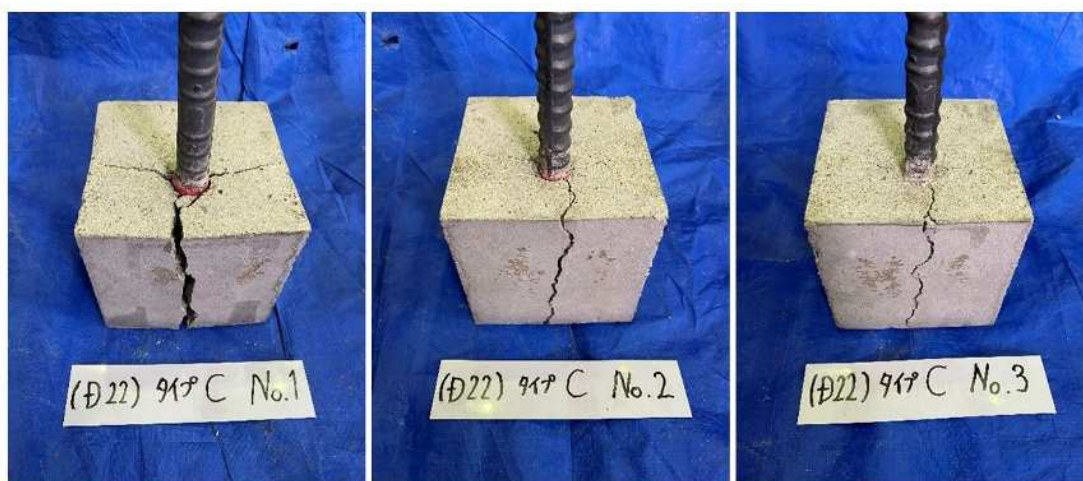


写真 3-3-3 試験後の供試体状況タイプ C(D22)



写真 3-3-4 試験後の供試体状況タイプ KA(D22)

【まとめ】

KK フォームとコンクリートが一体化し、鉄筋のかぶり面での割裂ひび割れが生じないか、あるいは発生時期が遅延することにより、最大引張荷重が増加して結果的に付着応力度が大きくなった。

よって、RC 床版の曲げ耐力が低下しないことを確認できた。

4. 圧縮強度試験

1) 試験体製作

①供試体

供試体は図 4-1-1 に示すような形状で、表 4-1-1 に示すように、普通コンクリート部材と KK フォーム複合部材からなる計 3 タイプとした。

供試体の数は 1 タイプにつき 3 体とした。

※ コンクリートと KK フォーム複合部材であるため、円柱の供試体でないが横辺(奥行辺)：高さ=1：2 の直方体の供試体とした。

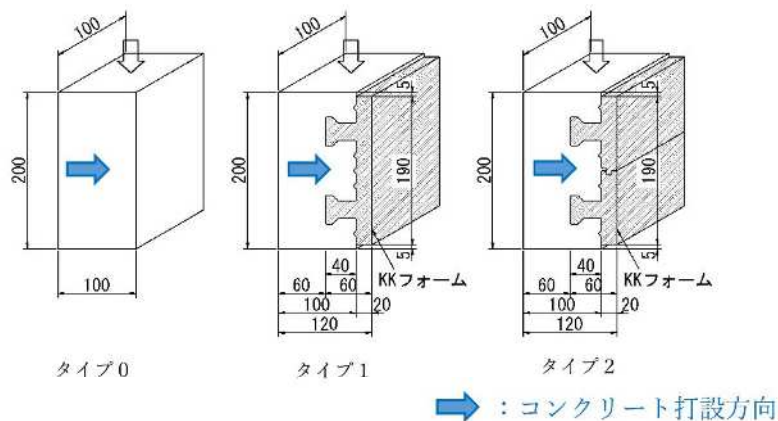


図 4-1-1 供試体形状

表 4-1-1 供試体タイプ一覧

供試体サイズ	普通コンクリート部材	KK フォーム複合部材	KK フォーム複合部材(嵌合有)
100x100x200mm	タイプ 0	タイプ 1	タイプ 2

タイプ 0・・・コンクリート部材(プレーンタイプ)

タイプ 1・・・KK フォームの平板を受圧面積に含めない

タイプ 2・・・供試体内に KK フォームの嵌合部を設ける。

(嵌合部はシール材塗布)

タイプ 1 と同様に KK フォームの平板を受圧面積に含めない。

②供試体作成使用材料

- a. KK フォーム(KKF60300・全厚 60mm)
- b. 使用するコンクリートは、JIS A 5308 レディーミクストコンクリートとする。
コンクリートの種類を表 4-1-2 に、配合表を表 4-1-3 に示す。

表 4-1-2 供試体に使用するコンクリート種類

呼び強度(N/mm ²)	粗骨材の最大寸法(mm)	セメントの種類
30	20	N

表 4-1-3 コンクリート配合表

粗骨材の 最大寸法	スランブ の範囲	空気量の 範囲	水セメン ト比	細骨 材率	単位量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G	
20	12±2.5	4.5±1.5	49.5	47.3	169	342	842	950	4.1

③ 製作・養生

製作用型枠は木枠とする。

2) 試験方法

コンクリート標準示方書(規準編 2013 年版)(JIS A 1108:2018)を参考に、コンクリート圧縮強度試験を行う。

① 載荷方法

試験は万能試験機(UH-2000kN)を用いて破壊まで行う。

各タイプの載荷条件を以下に示す。

- a. (サイズ 100 x 100 x 200) タイプ 0 , 1 , 2
 - i) 荷重レンジ : 1000kN
 - ii) 荷重制御 : 速度 0.2F.S./min(=毎秒 0.3N/mm²)



写真 4-2-3 載荷状況

② 計測方法

破壊するまでに試験機が示す最大荷重を記録する。

圧縮強度は、次の式によって算出し、四捨五入を行って有効数字に丸める。

$$f_c = \frac{P}{d^2}$$

ここに、 f_c : 圧縮強度(N/mm²)

P: 最大荷重(N)

d: 供試体の横辺の長さ(mm)

3) 試験結果

試験結果一覧表を表 4-3-1、表 4-3-2 に示す。

試験後の供試体の状況を写真 4-3-1～写真 4-3-3 に示す。

表 4-3-1 最大荷重

タイプ	最大荷重(kN)			
	No.1	No.2	No.3	平均値
0	269.0	295.5	310.0	291.5
1	321.5	287.5	312.0	307.0
2	299.0	248.0	276.5	274.5

表 4-3-2 圧縮強度

タイプ	圧縮強度(N/mm ²)				比率
	No.1	No.2	No.3	平均値	
0	26.9	29.6	31.0	29.2	1.00
1	32.2	28.8	31.2	30.7	1.05
2	29.9	24.8	27.7	27.5	0.94

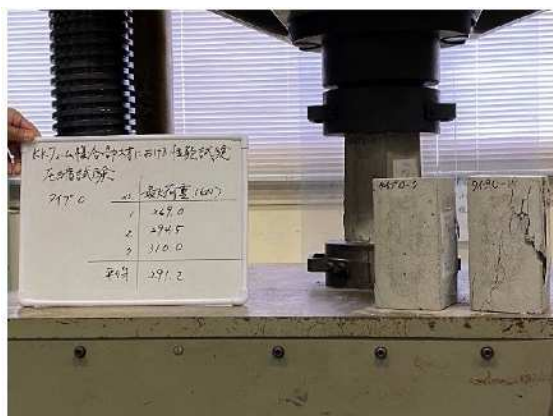


写真 4-3-1
タイプ0 試験後供試体



写真 4-3-2
タイプ1 試験後供試体



写真 4-3-3
タイプ2 試験後供試体

【まとめ】

いずれのタイプの試験体も円柱供試体Φ100×200の結果(31N/mm²)と概ね同値であり、床版有効断面内に突起部が配置された場合においても、床版コンクリートの圧縮強度が確保されることが確認できた。

また、今回の試験体は、実際の床版と同様に圧縮作用軸と直交する面から、打設しており、その影響がデータのバラツキに関与した可能性が考えられる。