

## フライアッシュを混入した高強度コンクリートの強度に関する検討

九州大学工学部 学生会員 福澤 祥宏 九州大学大学院 フェロー 松下 博通  
 九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章 (株)安部工業所 正会員 江崎 守  
 (株)安部工業所 正会員 中原 晋

### 1. はじめに

近年、石炭火力発電所から排出される石炭灰の量が増加しており、その有効利用が望まれている。本研究は、プレキャスト PC 部材に適用可能なフライアッシュ混入高強度コンクリートの開発を目的とし、フライアッシュを使用した高強度コンクリートの強度に関する検討を行った。

### 2. フライアッシュ混入高強度モルタルの強度

本研究はプレキャスト PC 部材を対象としており、所要の初期強度を満足するような配合を決定する必要がある。そこで、水結合材比とフライアッシュ置換率を変化させ、蒸気養生を施したモルタルの強度試験を行った。表 - 1 に使用材料、表 - 2 に蒸気養生の条件を示す。モルタルの各配合は単位水量を一定として、フローが一定となるように混和剤の量を調整した。

図 - 1 に材齢 1 日のモルタル圧縮強度試験結果を示す。PC で汎用されている配合は、早強ポルトランドセメントのみを使用し、水セメント比が 40% 程度のものであり、本研究では、モルタルの圧縮強度は 49.5N/mm<sup>2</sup> であった。図より、これと同等の圧縮強度を得る、水結合材比が 35% で置換率が 20%、および水結合材比が 30% で置換率が 30% の配合を選定した。

### 3. フライアッシュ混入高強度コンクリートの強度試験

#### 3.1 試験概要

表 - 1 に示す使用材料を用い、目標スランブ 10 ± 2.5cm、目標空気量 2.0 ± 1% を満たすように試験練りによりコンクリートの配合を決定した。表 - 2 にコンクリートの示方配合を示す。また、蒸気養生の条件はモルタル圧縮強度試験と同様とした。強度試験は材齢 18 時間、7、14、28、91 日で行った。また比較対象として蒸気養生を行わないものについても検討した。以下、本文中において、表 - 2 および表 - 3 に示す記号によって配合と養生条件の組合せを示す。

表 - 2 コンクリートの示方配合

記号	W/P* (%)	フライアッシュ置換率 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
				W	C	F	S	G	SP**
40-0	40	0%	43	155	388	0	778	1144	0.60 × P
35-20	35	20%	43	155	354	89	748	1099	0.60 × P
30-30	30	30%	43	155	362	155	713	1048	0.65 × P

\* P = C + F

\*\* 高性能AE減水剤

表 - 1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント 密度: 3.14g/cm <sup>3</sup>
フライアッシュII種	密度: 2.32g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 4510cm <sup>2</sup> /g
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
細骨材	表乾密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.52%
粗骨材	表乾密度: 2.86g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.19% 産地: 福岡県篠栗町若杉山

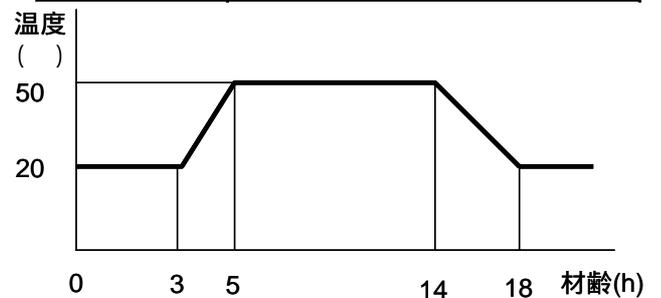


図 - 1 蒸気養生温度パターン

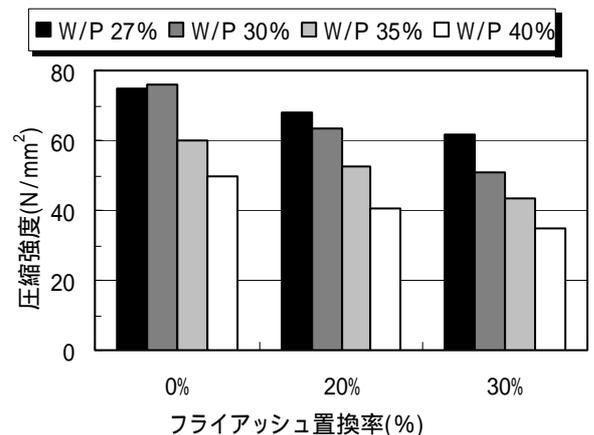


図 - 2 モルタル圧縮強度試験結果

表 - 3 養生条件

記号	養生方法	
	脱型前	脱型後
NW0	湿空養生	気中: (20, 60%R.H.)
SW0	蒸気養生	気中: (20, 60%R.H.)
SW3		3日間水中養生後, 気中 水中: (20 )

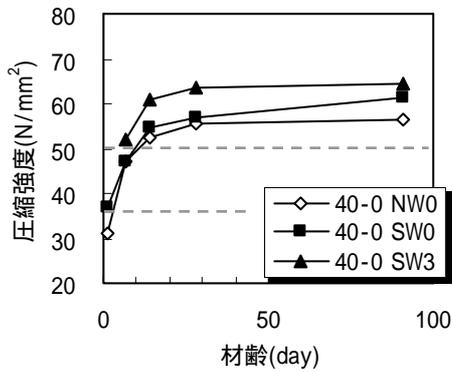


図 - 3 圧縮強度 (40-0)

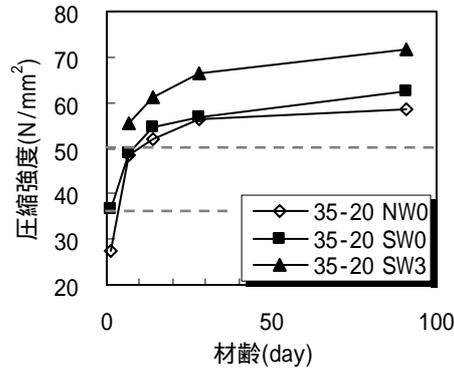


図 - 4 圧縮強度 (35 - 20)

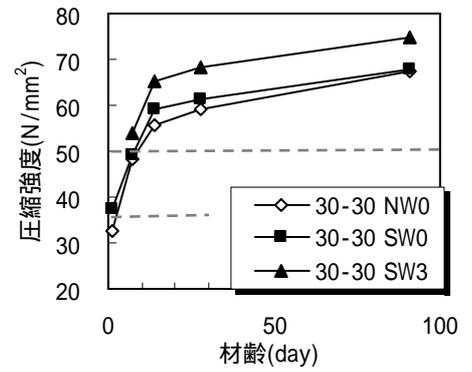


図 - 5 圧縮強度 (30 - 30)

試験項目は圧縮強度試験，および静弾性係数試験とした。圧縮強度試験は JIS A 1108，静弾性係数試験は JIS A 1149 に準拠して行った。供試体は 10×20cm の円柱供試体とした。

### 3. 2 実験結果および考察

図 - 3，図 - 4，および図 - 5 に 40 - 0，35 - 20 および 30 - 30 の材齢と圧縮強度の関係を示す。プレテンション方式の緊張力導入時（脱型時）に必要とされる圧縮強度は 35 N/mm<sup>2</sup> とされており<sup>1)</sup>，また，一般的に工場出荷時（材齢 14 日）には 50 N/mm<sup>2</sup> が必要とされている。蒸気養生をしたものについては，いずれも脱型時で 35N/mm<sup>2</sup>，材齢 14 日で 50 N/mm<sup>2</sup> の強度を満足する結果が得られた。湿空養生をしたものについては材齢 14 日では 50N/mm<sup>2</sup> を満足しているものの脱型時において 35 N/mm<sup>2</sup> を満足していない。

また早強ポルトランドセメント単味の場合 材齢 28 日から材齢 91 日にかけて強度の増進は見られない。フライアッシュを混入した場合，W/P による違いはあるもののフライアッシュ置換率が大きいほど長期強度の増進が確認された。これはフライアッシュのポゾラン反応による強度増進と考えられる。また，いずれの配合においても蒸気養生をした後，3 日水中養生した場合が，最も圧縮強度が大きくなること明らかとなった。以上より，フライアッシュを混入したコンクリートは，蒸気養生をすることにより PC への適用が可能であると考えられる。

図 - 6 および図 - 7 に SW0，SW3 の圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図より，フライアッシュ混入による影響は見られず，いずれの配合においても土木学会による予測式<sup>2)</sup>にと同等の値をとることが分かった。

### 4. まとめ

フライアッシュをプレキャスト PC 部材に適用する場合，早強ポルトランドセメントのみを用いた従来の配合よりも水結合材比を下げた，水結合材比 35%・置換率 20%あるいは水結合材比 30%・置換率の配合により，所要の強度が得られることが分かった。また，高強度領域においてもフライアッシュを混入することでポゾラン反応により長期強度が増進ことが分かった。

【参考文献】1) コンクリート標準示方書[施工編]，土木学会，p.192，2002

2) コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，土木学会，p.28，2002

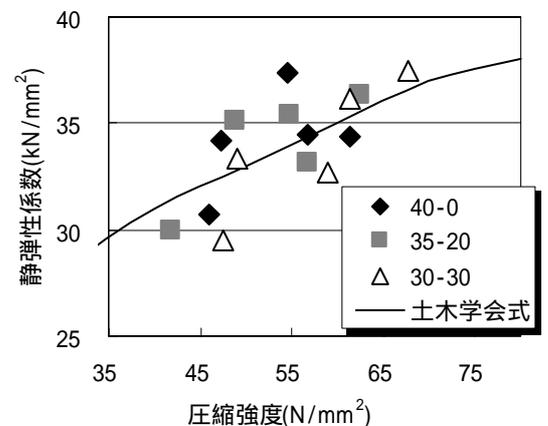


図 - 6 圧縮強度と静弾性係数の関係 (SW0)

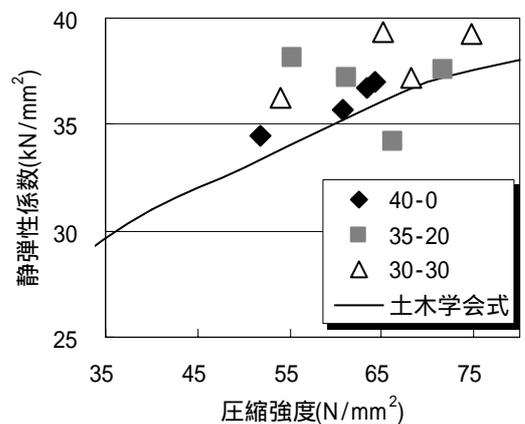


図 - 7 圧縮強度と静弾性係数の関係 (SW3)