

# 論文 高さ直径比が異なる高強度コンクリート供試体におけるAE測定による破壊状況と圧縮強度比に関する研究

瀬古 繁喜\*1・山田 浩子\*2・柘植 真希子\*3・山崎 修平\*4

**要旨:** 本研究では、対象とする圧縮強度の範囲を 30N/mm<sup>2</sup> から 120N/mm<sup>2</sup> とし、供試体の高さ直径比(h/d)を 1.0 から 2.0 の範囲とした圧縮強度試験用供試体を作製し、载荷中の破壊の進展状況を AE 法で把握して h/d が異なる場合の圧縮強度の変化の原因を解明しようとした。実験の結果、応力レベルが上昇すると AE 発生源は供試体中心部およびコーン状破壊のすべり面付近に集中する傾向がみられ、AE パラメータでは引張モードの割合が増加した。圧縮強度は h/d が小さいほど高くなる傾向がみられたが、AE 発生源の分布の推移および AE パラメータ解析から得られた引張モードの割合からその原因を説明することは難しい。

**キーワード:** 圧縮強度比, 高さ直径比, 高強度コンクリート, AE, 破壊状況

## 1. はじめに

コンクリートコア供試体の圧縮強度試験方法は、JIS A 1107-2012(コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)に定められている。現行の試験方法となった大きな改正点は、補正後の圧縮強度が 40N/mm<sup>2</sup> を超えて 100N/mm<sup>2</sup> までのコンクリートについて高さ直径比 (以下、h/d と記す) による圧縮強度の補正係数が適用できるようになったことである。

著者らは、圧縮強度試験における载荷中の水平方向ひずみの分布状況の推移の測定や、供試体の破壊状況の高速度撮影を行い、h/d が異なる 30~100N/mm<sup>2</sup> のコア供試体において圧縮強度比が変化する原因を解明しようとしたが未だ明確な結論は得られていない<sup>1),2)</sup>。目視以外で構造体の損傷状態を把握する方法としては、ひび割れ等の発生・進展に伴い発生するアコースティック・エミッション (以下、AE と記す) を測定する方法がある。圧縮载荷時において供試体内部に生じる AE を計測することによりコンクリートの破壊進展状態を把握しようとした研究<sup>(例えば<sup>3)</sup>)</sup>がなされている。

このような背景から、本報では、圧縮強度の範囲を 30~120N/mm<sup>2</sup>, h/d=1.0~2.0 の範囲とした圧縮強度試験用供試体を作製し、圧縮強度試験における载荷中の亀裂の発生位置等を AE 法で把握することを試みた。その上で、AE 法により解析した供試体の破壊状況と圧縮強度に及ぼす h/d の影響について検討した結果を述べる。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験因子と水準

実験因子は、コンクリートの圧縮強度と供試体の h/d

とした。圧縮強度は 30~120N/mm<sup>2</sup> の範囲で 3 水準とし、供試体の h/d は、1.0~2.0 の範囲で 3 水準とした。実験因子と水準を表-1 に示す。実験はすべての因子、水準の組み合わせで実施した。

表-1 実験因子と水準

実験因子	水準
圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	30, 60, 120
h/d	1.00, 1.50, 2.00

### 2.2 コンクリートの材料と調査

コンクリートの材料を表-2 に、コンクリートの調査を表-3 に示す。圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> と 60N/mm<sup>2</sup> のコンクリートでは、セメントに普通ポルトランドセメントを用い、粗骨材に石灰岩砕石を用いた。圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> のコンクリートでは、セメントに低熱ポルトランドセメントを用い、粗骨材に砂岩砕石を用いた。

表-2 コンクリートの材料

種類	記号	名称	製造者/産地	物性値
セメント	C1	普通ポルトランドセメント	U社製	密度3.16g/cm <sup>3</sup>
	C2	低熱ポルトランドセメント	U社製	密度3.24g/cm <sup>3</sup>
細骨材①	S	陸砂	三重県東員町	表乾密度2.60g/cm <sup>3</sup> 吸水率2.10%, 粗粒率2.71
細骨材②	S	山砂	三重県多度町	表乾密度2.56g/cm <sup>3</sup> 吸水率2.18%, 粗粒率2.71
粗骨材	G1	石灰砕石	三重県藤原町	表乾密度2.70g/cm <sup>3</sup> 吸水率0.27%, 最大粒径20mm
	G2	砂岩砕石	岐阜県南濃町	表乾密度2.66g/cm <sup>3</sup> 吸水率0.61%, 最大粒径20mm
化学混和剤	AD1	AE減水剤	T社製	水溶性コポリマー 密度1.10g/cm <sup>3</sup>
	AD2	高性能AE減水剤	T社製	ポリカルボン酸基含有多元 ポリマー, 密度1.09g/cm <sup>3</sup>

\*1 愛知工業大学 工学部建築学科准教授 博士 (工学) (正会員)

\*2 愛知工業大学大学院 工学研究科建設システム工学専攻 (学生会員)

\*3 須賀工業 (株) 名古屋支店 設計部 (非会員)

\*4 大成建設 (株) 名古屋支店 建築部 (非会員)

表-3 コンクリートの調合

圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	スランプ (スランプ フロー) (cm)	水セメント 比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤 AD (kg/m <sup>3</sup> )
					水 W	セメント C	細骨材 1 S	細骨材 2 S	粗骨材 G	
30	18	60.5	4.5	47.8	178	294	426	417	964	2.94
60	21	39.0	3.0	47.6	170	436	411	402	937	4.14
120	(60)	24.0	2.0	40.8	170	708	315	307	932	10.67

化学混和剤は、圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> のコンクリートでは AE 減水剤を用い、60N/mm<sup>2</sup> および 120N/mm<sup>2</sup> のコンクリートでは高性能 AE 減水剤を用いた。

### 2.3 供試体の作製方法

コンクリートは、容量 60ℓ の強制練り二軸ミキサを用い、1 バッチの練混ぜ量を 40ℓ として練混ぜた。円柱供試体は、直径 100mm×高さ 200mm のプラスチック製型枠を使用し、JIS A 1132 に従って作製した。供試体は、材齢 1 日で脱型し、その後材齢 43 日まで水中養生した後、材齢 63 日まで気中養生とした。h/d=1.5, 1.0 の供試体は、湿式カッターにより、高さ中央を中心として整形後の供試体長さに 1 cm 加えた位置で切断し、端面研磨機で加工する段階で所定の供試体長さとなるように調整した。供試体の数量は、各 h/d について 6 本とした。

### 2.4 測定項目と方法

#### (1) 供試体の寸法精度

端面研磨した供試体は、JIS A 1107 に従って、母線の直線度、供試体軸と端面のなす角度、端面の平面度を測定し、供試体の直径と高さはノギスを用いて測定した。

#### (2) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、アムスラー式耐圧試験機(最大秤量 2000kN)を用い、JIS A 1108 に従った載荷速度で実施した。載荷板は試験機に備え付けのものとした。圧縮強度試験時の使用レンジは、圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> では 500kN, 60N/mm<sup>2</sup> では 1000kN, 120N/mm<sup>2</sup> では 2000kN とした。

#### (3) 破壊形状の分類

圧縮強度試験後の供試体は四側面の写真撮影をし、WADOT FOP for AASHTO T 22Report<sup>9)</sup>を参考にした図-1 に示すような分類方法を用い、供試体の最終的な破壊形状で分類することとした。

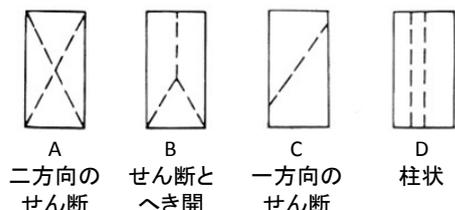


図-1 供試体の破壊形状の分類方法

#### (4) AEの測定

本実験で使用した AE 計測システムの設定値およびブ

ロックダイアグラムをそれぞれ表-4 および図-2 に示す。AE センサの位置は、h/d によって図-3 に示す 3 種類とした。センサは、エレクトロニクスで試験体に直接接着させた。電圧のしきい値は載荷前の状態でイベントをカウントしない値に設定した。

表-4 AE 計測システムの設定値

アンプの増幅度 (dB)			フィルターバンド幅	デットタイム (μ sec)
プリ	メイン	計		
40	20	60	10 (kHz) ~ 20 (MHz)	1

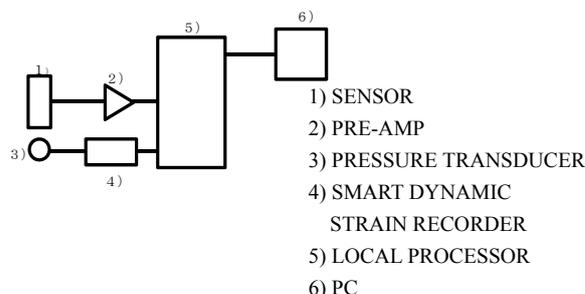


図-2 AE 計測システムのブロックダイヤグラム

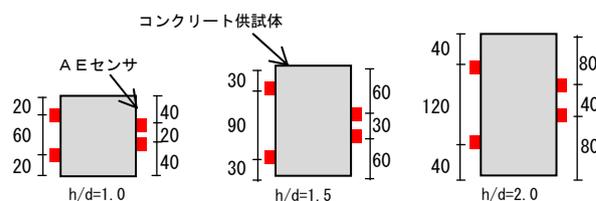


図-3 AE センサの設置位置

#### (5) AE発生源の二次元位置標定

供試体に AE センサを設置した断面内において AE 発生源の位置標定を行うこととし、図-4 および式(1)に示す方法を用いた。手順は次のとおりである。AE 発生源を S(座標(x,y))とする。基準となるセンサを T1(座標(0,0))とする。T1を除くセンサを Ti(座標(ai,bi))(i=2,3,4), と Tj(座標(aj,bj)) (j=2,3,4)とする。AE の伝播速度は vp とする。T1 を基準とし、Ti, Tj との AE 波の到達時間差を ti, tj とする。AE 発生源は、到達時間差 ti, tj と AE の伝播速度 vp から求められる。式(1)に、センサ Ti, Tj の座標(ai,bi), (aj,bj)と、到達時間差 ti, tj を代入し、3 つの連立方程式を作り、最小二乗法を用いて、AE 発生源 S(x,y)を求める。

$$A_{ij}x+B_{ij}y+D_{ij}v_p^2=E_{ij} \quad (1)$$

ここに、

$$\begin{aligned} A_{ij} &= 2(a_i t_j - a_j t_i) \\ B_{ij} &= 2(b_i t_j - b_j t_i) \\ D_{ij} &= t_i t_j (t_i - t_j) \\ E_{ij} &= t_j (a_i 2 + b_i 2) - t_j (a_j 2 + b_j 2) \quad (i, j = 2, 3, 4) \end{aligned}$$

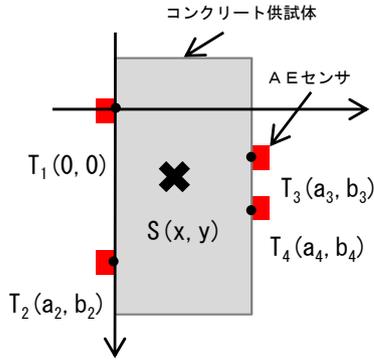


図-4 AE発生源の二次元位置標定の座標概要

### (6) AE伝播速度の測定

h/d=2.0のコンクリート供試体を用いて両端面にAEセンサ ch-1, 2 を取り付け、ch-1 近傍を罫書き針で突いて、疑似的に衝撃を発生させた。伝播速度  $v_p$  は、センサ間の距離を疑似的な AE の到達時間差で除した値とし、各強度レベル 3 本の供試体の平均値を求めた。

## 3. 実験結果

### 3.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を表-5 に示す。h/d=2.0 の供試体では、圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> に対しては 30.9N/mm<sup>2</sup>、圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> に対しては 62.8N/mm<sup>2</sup>、圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> に対しては 130N/mm<sup>2</sup> となり、ほぼ所定の圧縮強度が得られた。表中でカッコの数値は、他の供試体に比べて圧縮強度が20%以上低いため、平均値の算定から除外したものを示す。各圧縮強度および h/d における圧縮強度の変動係数は2%~7%であり、ばらつきは大きくはない。圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> の場合、h/d=2.0 では 30.9N/mm<sup>2</sup> であるが、h/d=1.5 では 33.2N/mm<sup>2</sup>、h/d=1.0 では 35.7N/mm<sup>2</sup> となり h/d が小さいほど圧縮強度が高くなる傾向がみられた。圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> の場合では、h/d=2.0 で 62.8N/mm<sup>2</sup> であるが、h/d=1.5 で 67.7N/mm<sup>2</sup>、h/d=1.0 では 77.8N/mm<sup>2</sup>、圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> の場合では、h/d=2.0 で 130N/mm<sup>2</sup> であるが、h/d=1.5 で 136N/mm<sup>2</sup>、h/d=1.0 では 141N/mm<sup>2</sup> となり、圧縮強度レベルが高い場合でも h/d が小さいほど圧縮強度が高くなる傾向がみられた。

### 3.2 圧縮強度試験後の供試体の破壊形状

圧縮強度試験後の供試体の最終的な破壊形状を図-1

表-5 圧縮強度試験結果

h/d	圧縮強度30N/mm <sup>2</sup>				圧縮強度60N/mm <sup>2</sup>				圧縮強度120N/mm <sup>2</sup>			
1.0	①	35.8	平均	変動係数	①	81.2	平均	変動係数	①	133	平均	変動係数
	②	35.1			②	76.9			②	150		
	③	35.7			③	77.2			③	144		
	④	35.9			④	76.2			④	144		
	⑤	34.4			⑤	77.4			⑤	141		
	⑥	37.1			⑥	(62.2)			⑥	136		
1.5	①	32.5	33.2	3%	①	(33.7)	67.7	2%	①	(113)	136	2%
	②	32.4			②	68.7			②	140		
	③	32.5			③	68.8			③	136		
	④	33.1			④	66.2			④	132		
	⑤	33.8			⑤	67.4			⑤	135		
	⑥	35.0			⑥	67.4			⑥	139		
2.0	①	(22.1)	30.9	5%	①	59.3	62.8	7%	①	131	130	3%
	②	31.0			②	66.7			②	125		
	③	28.3			③	65.9			③	132		
	④	31.4			④	55.7			④	129		
	⑤	31.7			⑤	64.4			⑤	127		
	⑥	31.9			⑥	64.8			⑥	134		

に従って分類したものを表-6 に示す。表中には6本の供試体のうち、最も頻度が多い破壊形状を代表として記した。圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> の場合は、h/d=2.0 では代表が C (せん断) の形状となり、h/d=1.5 および 1.0 では代表が C および A (コーン状) の形状となった。圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> の場合は、h/d=2.0 および 1.5 は代表が A の形状となり、h/d=1.0 では代表が B (コーンとへき開) の形状となった。圧縮強度 100N/mm<sup>2</sup> の場合は、h/d=2.0, 1.5 および 2.0 のすべての場合で代表が A の形状となった。

圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> および 60N/mm<sup>2</sup> では、h/d が小さいほど破壊形状の代表が変化する傾向となったが、A~C の形状は似通っており、破壊形状の変状が圧縮強度の上昇を説明できる要因とは必ずしもいえない。全体としては A の破壊形状が多く、いずれの圧縮強度レベルでも一般的なコーン状の破壊をしたことが確認できた。なお、圧縮強度が他に比べて低い供試体(表中のカッコの記号)の破壊形状は、他と比べてとくに変状はなかった。

表-6 供試体の破壊形状の分類結果

h/d	圧縮強度30N/mm <sup>2</sup>		圧縮強度60N/mm <sup>2</sup>	圧縮強度120N/mm <sup>2</sup>					
1.0	①	C	代表 A/C	①	B	代表 B	①	A	代表 A
	②	C		②	B		②	A	
	③	A		③	D		③	B	
	④	A		④	A		④	B	
	⑤	C		⑤	A		⑤	C	
	⑥	A		⑥	(B)		⑥	A	
1.5	①	C	代表 A/C	①	(A)	代表 A	①	(A)	代表 A
	②	A		②	A		②	A	
	③	A		③	C		③	A	
	④	C		④	A		④	A	
	⑤	C		⑤	A		⑤	A	
	⑥	A		⑥	A		⑥	A	
2.0	①	(C)	代表 C	①	A	代表 A	①	C	代表 A
	②	C		②	A		②	A	
	③	C		③	A		③	A	
	④	A		④	A		④	A	
	⑤	C		⑤	C		⑤	A	
	⑥	A		⑥	A		⑥	A	

### 3.4 AE伝播速度の測定結果

AE 伝播速度の測定結果を表-7 に示す。伝搬速度は、圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> では 4464m/s で、圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> では 4763m/s であり、圧縮強度が高いほど伝搬速度が大きくなる一般的な傾向であった。120N/mm<sup>2</sup> では伝播速度は 3446m/s となり 30N/mm<sup>2</sup>、60N/mm<sup>2</sup> に比べ伝播速度が小さくなった。圧縮強度が高いにもかかわらず伝播速度が大きならない原因は、低熱セメントの水和が完全でなく組織が強固でなかったことなどが考えられる。

表-7 AE 伝播速度の測定結果

圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均伝播速度 (m/s)
30	4464 (5.6)
60	4763 (2.0)
120	3446 (2.8)

カッコ内は変動係数を示す。

### 3.5 AE発生源の分布と供試体の破壊形状

測定した AE データから 2.4(5) に従って AE 発生源の位置標定を行い、座標軸上に AE 発生源 (×印) を表示したグラフと、同じ供試体の最終的な破壊形状の写真を重ね合わせた例を、各圧縮強度レベルと h/d で 1 本ずつ 図-5 に示す。AE 発生源の位置標定では、平均周波数 5kHz 以下、1000kHz 以上、持続時間 5μs 未満、オシレーション数 5 未満は、ノイズとして除去した。図中の縦軸の「0」は基準としたセンサ ch-1 の位置を示す。なお、圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> の場合の AE 検出数は、30N/mm<sup>2</sup> および 120N/mm<sup>2</sup> の場合と比べて少なかったが、その理由は不明である。

圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> の場合、h/d=2.0 ではせん断破壊となり AE 発生源の分布は破断面付近に多くみられた。h/d=1.5 では高さ中央部で幅があるコーン状の破壊であったが AE 発生源はコンクリートが剥離した部分と残った部分のいずれにもみられた。h/d=1.0 ではせん断破壊となり AE 発生源の分布は供試体中央の縦方向にみられた。

圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> の場合、h/d=2.0 ではコーン状の破壊であったが、AE 発生源は剥離した部分にもみられるとともに中央がくびれた分布もみられた。h/d=1.5 ではコーン状の破壊であったが AE 発生源の分布は破壊の形状とは関連がみられない。h/d=1.0 では上からのコーン状の破壊となったが、AE 発生源の分布はコーン先端近くで供試体中央の縦方向にみられた。

圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> の場合、破壊の形状はいずれもコーン状であったが、h/d=2.0 と h/d=1.0 では AE 発生源の分布は破壊の形状とは関連がみられない。h/d=1.5 ではせん断破壊となり AE 発生源の分布は AE 発生源の分布はコーン先端近くにみられた。

全体として、AE 発生源の分布は、供試体の最終的な破壊形状に近い場合とそうでない場合とがあった。

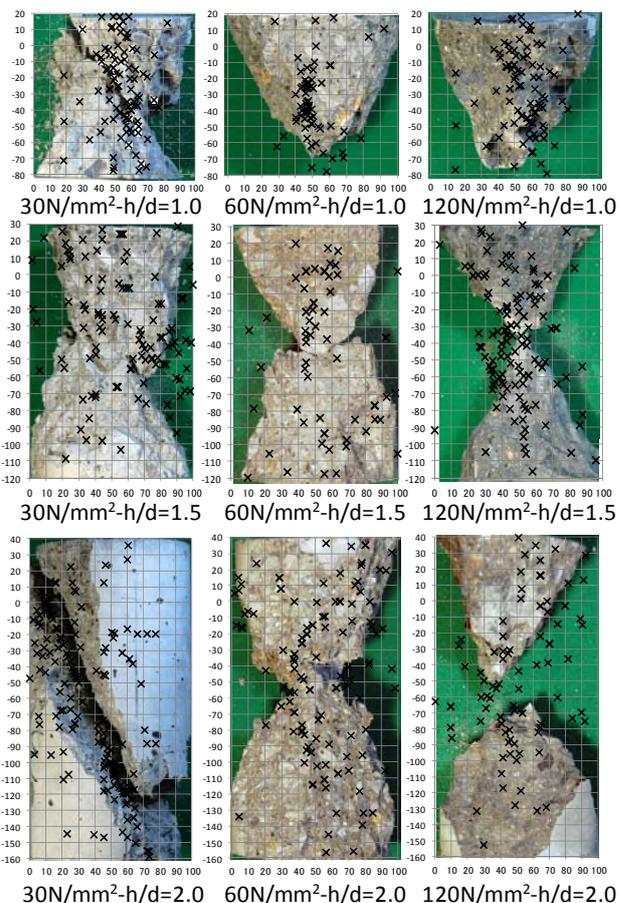


図-5 AE 発生源の分布と最終的な破壊形状の例

## 4. 実験結果の考察

### 4.1 h/dと圧縮強度比の関係

表-5 に示した圧縮強度試験の結果より、各圧縮強度での h/d=2.0 の圧縮強度を基準とし、各 h/d での圧縮強度比を求めた値と、JIS A 1107 に示された補正係数(以下、JIS の補正係数と記述する)の逆数を表-8 に示す。表-8 より、高さ直径比と圧縮強度比の関係を、JIS の補正係数の逆数とともに 図-6 に示す。

図-6 より、いずれの圧縮強度レベルでも h/d が 2.0 から小さくなるとともに圧縮強度比は大きくなる傾向にあ

表-7 h/d と圧縮強度比

h/d	圧縮強度			JIS 補正係数 の逆数
	30 N/mm <sup>2</sup>	60 N/mm <sup>2</sup>	120 N/mm <sup>2</sup>	
1.0	1.16	1.24	1.09	1.15
1.5	1.07	1.08	1.05	1.04
2.0	1.00	1.00	1.00	1.00

る。圧縮強度  $30\text{N/mm}^2$  では、高さ直径比と圧縮強度の関係はほぼ JIS の補正係数と同じ傾向となった。圧縮強度  $60\text{N/mm}^2$  では  $h/d=1.0$  において圧縮強度比は JIS の補正係数よりも大きい傾向となり、圧縮強度  $120\text{N/mm}^2$  では  $h/d=1.0$  において圧縮強度比は JIS の補正係数よりも小さい傾向となった。今回の実験では、圧縮強度レベルによって  $h/d=1.0$  における圧縮強度比の傾向が異なった。

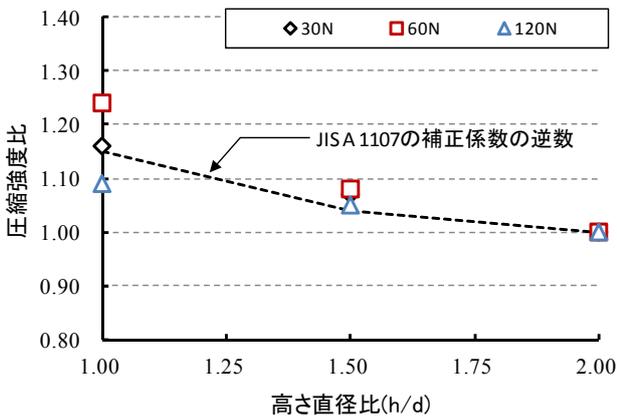


図-6 h/d と圧縮強度比の関係

#### 4.2 応力レベルで分類したAE発生源の分布状況

3.5 で示した AE 発生源の分布から、供試体に作用する応力レベルを最大荷重時の 1/10 応力以下、1/10~1/3 応力時、1/3~2/3 応力時、2/3 応力以上に分けて座標軸上に AE 発生源 (×印: 1/10~1/3 応力時, △印: 1/3~2/3 応力時, □印: 2/3 応力以上) を表示したグラフの例を、各圧縮強度レベルと h/d で 1 本ずつ図-7 に示す。最大荷重の 1/10 応力以下の範囲では多くの AE 発生源が見られたが、供試体断面全体に渡って分布していたことから、供試体の破壊時までの亀裂の進行には大きく影響していないと考え、グラフからは除いている。なお、圧縮強度  $60\text{N/mm}^2$  の場合の AE 検出数は、いずれの h/d においても  $30\text{N/mm}^2$  および  $120\text{N/mm}^2$  の場合と比べて少なかったが、その理由は不明である。

圧縮強度  $30\text{N/mm}^2$  の場合、 $h/d=2.0$  では 1/3 応力以下のとき AE 発生源の分布に規則性はみられないが、応力レベルが上昇すると供試体中心部および下部のコーン破壊状に AE 発生源がみられた。 $h/d=1.5$  および  $h/d=1.0$  の場合でも AE 発生源の分布が応力レベルによって変化する様子は  $h/d=2.0$  の場合とほぼ同様である。

圧縮強度  $60\text{N/mm}^2$  の場合、 $h/d=2.0$  では 1/3 応力以下のとき供試体の中心部と斜めに広がる形で AE 発生源がみられたが、応力レベルが上昇すると供試体中心部に向かって AE 発生源がみられた。 $h/d=1.5$  では 1/3 応力以下のとき AE 発生源の分布に規則性はみられないが、応力レベルが上昇したときには AE 発生源の標定数が少なく明

確な傾向がみられない。 $h/d=1.0$  では、1/3 応力以下のときには端部まで AE 発生源がみられたが、応力レベルの上昇に従って AE の発生範囲が供試体の中央部へとやや狭くなっている。

圧縮強度  $120\text{N/mm}^2$  の場合、 $h/d=2.0$  では 1/3 応力以下のとき AE 発生源の分布に規則性はみられないが、応力レベルが上昇すると供試体中心部および上部のコーン破壊状に AE 発生源がみられた。 $h/d=1.5$  では 1/3 応力以下のとき AE 発生源の分布は Y の字状となっており、応力レベルが上昇しても同じように供試体中心部および上部のコーン破壊状に AE 発生源がみられた。 $h/d=1.0$  では、1/3 応力以下のとき AE 発生源の分布は供試体幅方向の中央部で上下に渡っており、応力レベルが上昇しても幅方向の分布はほぼ変わらないものの、上下の中央部に AE 発生源がみられた。

全体な傾向としては、比較的低い応力レベルにおいては供試体断面の広い範囲で AE 発生源がみられるが、その後応力レベルが上昇すると AE 発生源は供試体中心部およびコーン状破壊のすべり面付近に集中していく形となっている。しかし、今回の実験で得られた AE 発生源の分布の推移からは h/d によって分布状況の明確な差異が認められず、h/d が小さくなるほど圧縮強度比が大きくなる現象を AE 発生源の分布の推移による破壊進展から説明することは難しい。また、圧縮強度レベルによ

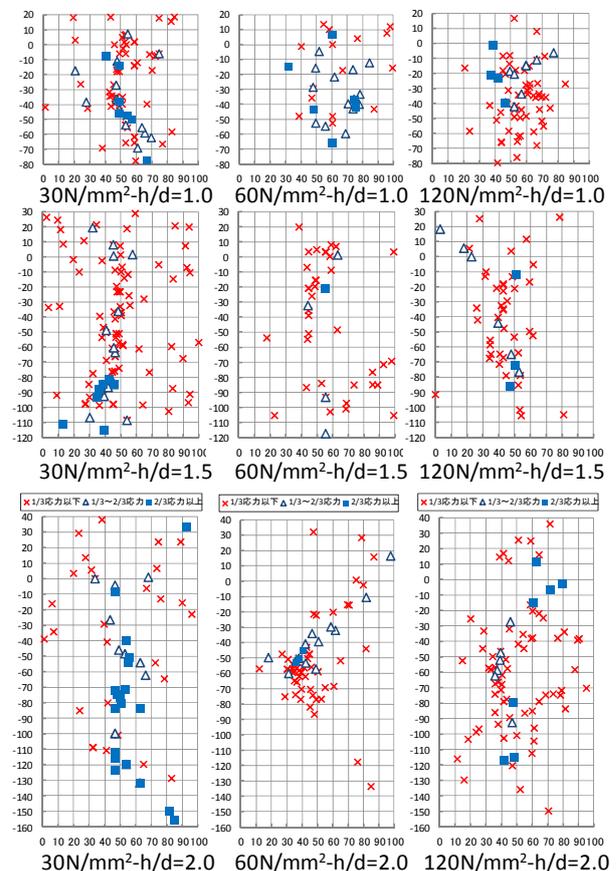


図-7 AE 発生源の分布の推移の例

って h/d と圧縮強度比の関係が異なった今回の実験結果を AE 発生源の分布の推移による破壊進展から説明することはできない。

#### 4.3 AEパラメータから解析した破壊モード

測定した AE からパラメータ解析を行い、平均周波数と RA 値（立ち上がり時間／最大振幅値）の関係から亀裂のモードをせん断型と引張型に識別した<sup>5)</sup>。パラメータ解析は、供試体に作用する応力レベルを最大荷重時の1/10 応力以下、1/10～1/3 応力時、1/3～2/3 応力時、2/3 応力以上の4つの区間に分け、各々の区間で全体のAE ヒット数に対する引張モードの AE ヒット数の割合を求め、原則として6本の供試体での平均値を求めた。なお、圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> の場合は2/3 応力以上のAE ヒット数が少ないため、この区間のデータを除外している。得られた引張モードの AE ヒット数の割合と応力レベルの区間の関係を図-8 に示す。

圧縮強度 30N/mm<sup>2</sup> の場合は、応力レベルが上昇するに従って引張モードの割合が55%前後から75%前後に高くなったが、h/d による差異は認められなかった。

圧縮強度 60N/mm<sup>2</sup> の場合は、応力レベルが上昇するに従って引張モードの割合が55%前後から70%前後に他価格だったが、h/d による差異は認められなかった。

圧縮強度 120N/mm<sup>2</sup> の場合は、応力レベルが上昇するに従って引張モードの割合が50%前後から65%前後に高くなったが、h/d による差異は認められなかった。

したがって、パラメータ解析による破壊モードから h/d が小さくなるほど圧縮強度比が大きくなる現象を説明することは難しい。なお、普通コンクリートで実施した既往の研究では応力レベルが上昇するに従ってせん断型の割合が多くなっている報告があり<sup>6)</sup>、今回の実験結果は反対の傾向となっている。

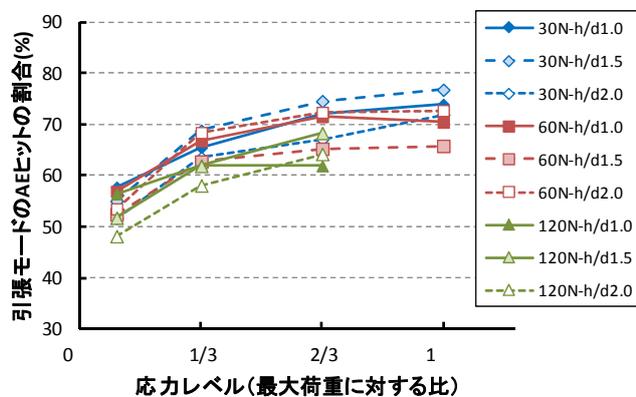


図-8 AEパラメータ解析結果と応力レベルの関係

#### 5. まとめ

圧縮強度の範囲を 30～120N/mm<sup>2</sup>、h/d の範囲を 1.0～2.0 とした圧縮強度試験において AE の計測を行い、供試体の破壊状況と圧縮強度に及ぼす h/d の影響について検討した結果を以下にまとめる。

- (1) いずれの圧縮強度レベルでも、h/d が小さいほど圧縮強度は高くなり、h/d と圧縮強度比の関係は 30N/mm<sup>2</sup> では JIS の補正係数の逆数とほぼ同じで、60N/mm<sup>2</sup> では JIS の補正係数の逆数よりも大きくなり、120N/mm<sup>2</sup> では JIS の補正係数の逆数よりも小さくなった。
- (2) 供試体の最終的な破壊の形状は、いずれの圧縮強度レベルでもほぼ一般的なコーン状の破壊をした。
- (3) いずれの圧縮強度レベルおよび h/d においても、AE 発生源は、比較的低い応力レベルにおいては供試体断面の広い範囲でみられるが、応力レベルが上昇すると AE 発生源は供試体中心部およびコーン状破壊のすべり面付近に集中していった。
- (4) AE パラメータから解析した結果、いずれの圧縮強度レベルおよび h/d でも応力レベルが上昇するほど引張モードの割合が増加した。
- (5) AE 発生源の分布および AE パラメータ解析から得られた引張モードの割合の推移から、h/d が小さくなるほど圧縮強度比が大きくなる現象を説明することは難しい。

#### 参考文献

- 1) 瀬古繁喜, 鈴木澄江, 鹿毛忠継, 伊藤康司: 高さ直径比が異なるコンクリートコア供試体の圧縮破壊挙動に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.403-408, 2009.7
- 2) 林亮介, 鬼頭真一, 瀬古繁喜, 山田和夫: 高さ直径比が異なる高強度コンクリートコア供試体の圧縮破壊性状と強度比の関係, 日本建築学会東海支部研究報告集, pp.5-8, 2011.2
- 3) 家藤太志, 平居孝之, 石田孝一: 凹凸載荷面をもつコンクリート圧縮試験体の AE 計測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.303-304, 1989
- 4) WADOT FOP for AASHTO T 22(Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens-2009)
- 5) 大津政康: アコースティック・エミッションの特性と理論 (第2版), 森北出版, 2005
- 6) 柴田辰正, 石川雄康, 荒井利奈, 岡本享久: 高性能軽量骨材を使用したコンクリート破壊時にマイクロクラック発生挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.913-918, 1999