

高品質軽量骨材コンクリートの付着性状に関する研究

(株)大阪ガス 正会員 中田 裕人 (株)ピーシー橋梁 正会員 前田 拓郎
立命館大学大学院 学生員 日比野 憲太 立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1.はじめに

本研究は高品質軽量骨材コンクリートの付着性状を把握することを目的として、引抜試験および RILEM の梁型付着試験を行い、普通骨材コンクリートとの比較を行った。さらに実験結果をもとに有限要素法による逆解析を行い、付着試験時のコンクリートの応力状態が付着応力—すべり関係に及ぼす影響を検討した。

2.実験概要

表1に実験要因、**表2**に使用材料、**表3**にコンクリートの示方配合を示す。コンクリートの目標強度は 24N/mm^2 (普通強度) と 50N/mm^2 (高強度) の2水準とし、普通強度の軽量骨材コンクリートは材料分離を防ぐため石粉を用いて粘性を高めた。また、普通強度の普通骨材コンクリートはブリージング防止のためにシリカフュームを用いた。**表4**に鉄筋の力学的特性を示す。試験材には D16 (SD345) を使用し、高強度コンクリートの引抜試験では鉄筋の降伏が生じないように付着長を 2.5d と短くした。**表5**にコンクリートの力学的特性を示す。供試体は打設 2 日後に脱型し、2 週間の散水養生の後に気中養生した。

3.要素特性および解析モデル

軸方向鉄筋およびコンクリートは 2 次のアイソパラメトリック梁要素で表現し、付着要素は 2 次の重なったアイソパラメトリック線要素で表現した[1]。

図1に解析モデルを示す。荷重—すべり関係の整合性を高めるため、解析の最大荷重時の荷重およびすべりと、実験値との差を 10% 以内に収めた。

4.結果および考察

(1)引抜試験

図2に荷重—すべり関係を示す。本研究では、コンクリート強度レベルにより付着長が異なるので最大荷重へ及ぼすコンクリート強度の影響を比較することはできない。コンクリートの圧縮強度が同レベルであれば、軽量骨材コンクリートと普通骨材コンクリートの最大荷重に顕
キーワード: 軽量コンクリート、離散型付着モデル、付着応力—すべり関係、有限要素法

表 1 実験要因

供試体名	骨材の種類	コンクリート強度	載荷方法	付着長 (mm)
LPN	軽量骨材	普通強度	引抜試験	64
LRN			RILEMの梁型付着試験	
LPH		高強度	引抜試験	40
LRH			RILEMの梁型付着試験	
CPN	普通骨材	普通強度	引抜試験	64
CRN			RILEMの梁型付着試験	
CPH		高強度	引抜試験	40
CRH			RILEMの梁型付着試験	

表 2 使用材料

材料(略記)	主な性質
セメント(C)	普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm^3)
シリカフューム(SF)	ノルウェー産粉体(密度: 2.20g/cm^3 、比表面積: $20\text{m}^2/\text{g}$)
石粉(P)	炭酸カルシウム(密度: 2.70g/cm^3 、比表面積: $4000\text{cm}^2/\text{g}$)
細骨材(S)	野洲川産川砂(密度: 2.61g/cm^3 、F.M.: 2.48)
粗骨材(G)	人工軽量骨材(MS: 15mm、絶乾密度: 0.87g/cm^3 、表乾密度: 2.20g/cm^3 、24時間吸水率: 2.11%)
	普通骨材(高槻産硬質砂岩砕石(5号、6号砕石)、表乾密度: 2.70g/cm^3 、F.M.=6.98、MS: 20mm)

表 3 コンクリートの示方配合

配合名	W/(C+SF) (%)	s/a (%)	石粉 置換率 (%)	単位量 (kg/m^3)						混和剤	
				W	C	P	SF	S	G	AE助剤 (cc)*1	SP (g)*2
軽量普通骨材強度	57.1	45	30	165	289	106	—	768	310	1540	2568
軽量骨材高強度	30	44	—	165	495	—	55	704	296	3960	5445

*1: AE助剤はアニオン系界面活性剤を使用した。

*2: 高性能AE助剤(SP)はポリカルボン酸Ca塩を使用した。

配合名	W/(C+SF) (%)	s/a (%)	SF/ (C+SF) (%)	単位量 (kg/m^3)					混和剤		
				W	C	SF	S	G	AE減水剤 (cc)*3	AE助剤 (cc)*4	SP (g)*5
普通骨材普通強度	75	50	4	180	230	10	913	948	2400	1200	—
普通骨材高強度	45	44	—	165	367	—	780	1027	3670	1835	1652

*3: AE減水剤はリグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体を25%希釈溶液で使用した。

*4: AE助剤はアルキルアリルスルホン化合物系陰イオン界面活性剤を1%希釈溶液で使用した。

*5: 高性能AE助剤(SP)はポリカルボン酸Ca塩をセメントの0.45%使用した。

表 4 鉄筋の力学的特性

鉄筋	公称直径 (mm)	周長 (mm)	公称断面積 (mm^2)	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)
D16	15.9	50	198.6	396	601	206

表 5 コンクリートの力学的特性

供試体名	圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)
LPN	26.4	18.1	1.67	3.37
LRN	29.3	16.9	1.51	3.15
LPH	48.7	20.8	2.16	2.97
LRH	57.2	20.6	1.83	3.10
CPN	28.9	28.3	2.02	4.27
CRN	28.9	28.3	2.02	4.27
CPH	49.5	36.7	3.17	5.73
CRH	50.1	37.8	2.94	4.84

著な相違は見られなかった。
これは引抜試験のようにコンクリートが圧縮応力状態にある場合は、付着ひび割れによる付着劣化よりも、鉄筋のふし近傍でのコンクリートの局所的な圧縮破壊やふし頂部を連ねた面でのコンクリートのせん断破壊が顕著となるためである。

図3に付着応力-すべり関係の解析結果を示す。引抜試験ではコンクリートが圧縮応力状態にあるので、骨材の種類が付着応力に及ぼす影響は小さく、圧縮強度の相違が付着応力に大きな影響を及ぼし、高強度になるほど最大付着応力が増加した。

(2) RILEM の梁型付着試験

軽量骨材コンクリートの最大荷重は図2に示すように普通骨材コンクリートより小さくなった。これは RILEM の梁型付着試験のようにコンクリートが引張応力状態にある場合は、付着ひび割れの発生、すなわち引張強度により付着強度が大きな影響を受けるためである。そのため、同一の圧縮強度では、引張強度の小さい軽量骨材コンクリートの方が最大荷重は小さくなる。図3に示す付着応力-すべり関係においては、コンクリートの種類が同じであれば、コンクリート強度が変化しても最大付着応力に大きな差は生じない。これは、高強度コンクリートは脆度係数が大きく、圧縮強度が大きくなっても、引張強度の増加が少ないためと考えられる。

(3) 試験方法による相違

普通強度レベルでは試験方法により最大付着応力に大きな相違は確認できなかった。しかし、高強度レベルでは顕著な差が生じた。これは高強度になるほど脆度係数が大きくなるため、付着試験時のコンクリートの応力状態が付着強度に顕著な影響を与えるためと考えられる。

5. 結論

- (1) コンクリートの圧縮強度が同じ場合、圧縮応力状態では、軽量骨材コンクリートの付着特性は普通骨材コンクリートと同等である。一方、引張応力状態での軽量骨材コンクリートの付着特性は、軽量骨材コンクリートの脆度係数が大きいいため、普通骨材コンクリートに比べ低下した。
- (2) 離散型付着要素を用いて付着応力-すべり関係を定式化することにより、コンクリート強度、コンクリートの種類および付着試験時の応力状態の相違が付着応力-すべり関係に及ぼす影響を確認できた。

【参考文献】 [1] 山田崇雄, 日比野憲太, 高木宣章, 児島孝之: 有限要素法による鉄筋とコンクリート間の付着性状の表現, 土木学会第55回年次学術講演会, V-550, 2000

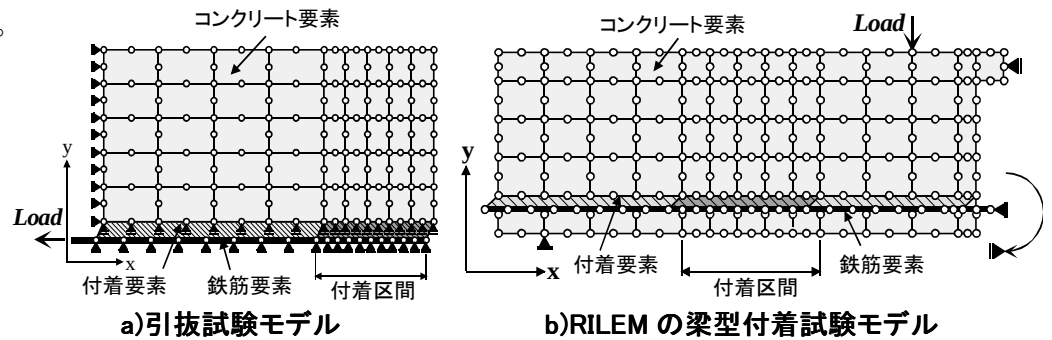


図1 解析モデル

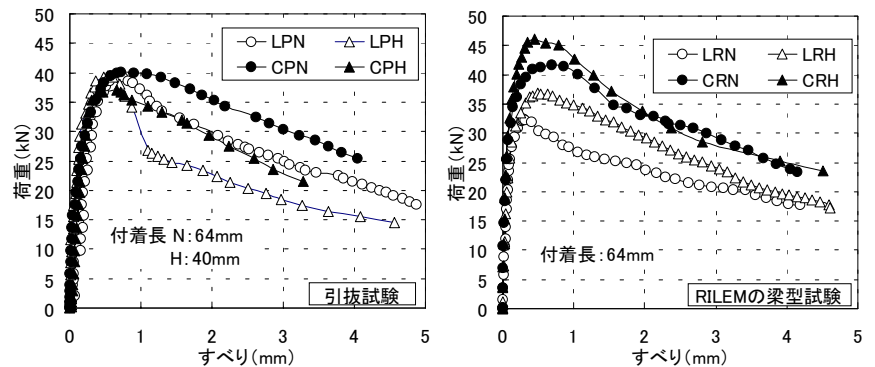


図2 荷重-すべり関係(実験結果)

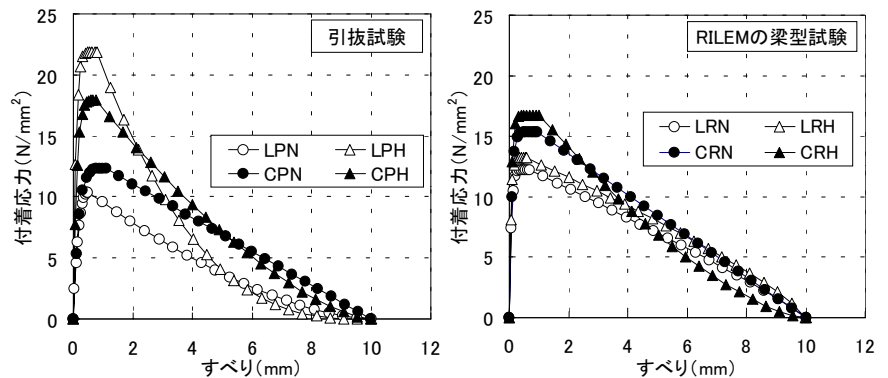


図3 付着応力-すべり関係(解析結果)