

立命館大学大学院理工学研究科 学生員○中田 裕人 学生員 前田 拓郎 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

最近、新しい原料と製造技術によって高品質の軽量骨材が開発され、高強度で耐久性に富む軽量コンクリートの製造が可能となった。本研究では、その基本特性を把握することを目的として、軽量コンクリートの各種付着試験を行い、その付着特性を普通骨材コンクリートと比較検討した。

2.実験概要

表1に実験要因を示す。コンクリートの目標強度は24N/mm² (普通強度)と50N/mm² (高強度)の2水準とした。付着試験は、引抜試験とRILEMの梁型付着試験の2方法を実施した。付着長は4d (d:試験材の径)とし、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とした。表2に使用材料を、表3にコンクリートの示方配合を示す。普通強度の軽量コンクリートは、材料分離を防ぐため石粉を用いて粘性を高めた。また、比較用に普通骨材コンクリート供試体も作製した。試験材にはD16の異形鉄筋を使用し、表4に鉄筋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。図1に供試体の名称、表5にコンクリートの力学的特性、図2に載荷方法および測定項目を示す。付着試験供試体には、自由端における鉄筋のすべり量を測定するためにダイヤルゲージ (最小目盛 1/10000mm, 容量 5mm) を取り付けた。

また、実験結果から得られる荷重-すべり関係を有限要素法解析を用いて逆解析することにより、付着応力-すべり関係を求めた¹⁾。

3.結果および考察

図3に荷重-すべり関係を

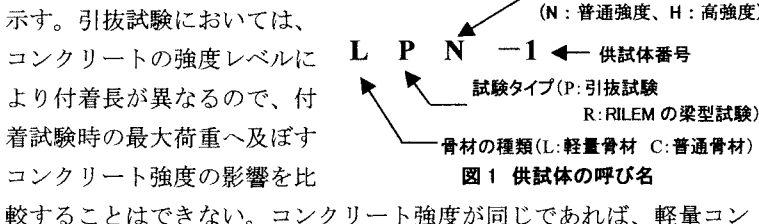


表1 実験要因

コンクリート強度	付着長(mm)	
	引抜試験	RILEMの梁型試験
普通強度	64	64
高強度	40	64

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)
シリカフェューム(SF)	ノルウェー産粉体(密度:2.20g/cm ³)
石粉(P)	炭酸カルシウム(密度:2.70g/cm ³)
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, 絶対密度:0.87g/cm ³ , 表乾密度:2.20g/cm ³ , 24時間吸水率:2.11%)
	普通骨材(高強度硬質岩砕石(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)						水和剤	
				W	C	P	SF	S	G	AE助剤(cc) ^{*1}	SP(g) ^{*2}
軽量普通強度	57.1	45	30	165	289	106	—	768	310	1540	2568
軽量高強度	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

が同じであれば、軽量コンクリートおよび普通骨材コンクリートに関わらず、荷重－すべり関係における最大荷重はほぼ同じである。

一方、RILEM の梁型試験については、軽量コンクリートの方が普通骨材コンクリートに比べ、最大荷重が小さくなっている。また、両コンクリートとも高強度になると最大荷重は増加する。RILEM の梁型試験のようにコンクリートが引張応力を受ける場合では、付着ひび割れの発生によって付着軟化が発生するため、付着強度はコンクリートの引張強度に影響される。また、RILEM の梁型試験では、部材の剛性つまり、軽量コンクリートの弾性係数が小さいことも影響を及ぼす。そのため、同一圧縮強度では、引張強度が大きい普通骨材コンクリートの方が荷重－すべり関係における最大荷重は軽量コンクリートより大きくなる。また、高強度になると引張強度が増加するので、最大荷重は大きくなる。

図 4 に解析で得られた軽量コンクリートの付着応力－すべり関係を示す。引抜試験ではコンクリートの強度レベルにより最大付着応力に大きな差が生じた。これは、引抜試験においてはコンクリートが圧縮応力状態にあるので、圧縮強度の相違が付着応力に影響し、高強度になるほど最大付着応力が増加したと考えられる。それに対して、RILEM の梁型試験では、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がない。これは、RILEM の梁型試験ではコンクリートが引張応力状態にあり、圧縮強度が高くなっても引張強度の増加が少ないためと考えられる。また、試験法の相違による比較をすると、普通強度の場合は最大付着応力の相違が少ないが、高強度になると大きな差が生じた。高強度になるほど脆度係数が大きくなるために、試験法による付着強度の差が顕著になったものと考えられる。

4. 結論

コンクリートの圧縮強度が同じ場合、圧縮応力状態での付着試験から得られる軽量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と考えられる。しかし、引張応力状態での付着試験から得られる軽量コンクリートの最大付着応力は、普通骨材コンクリートより低下する。これは、軽量コンクリートの脆度係数が普通骨材コンクリートより大きいためである。

【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

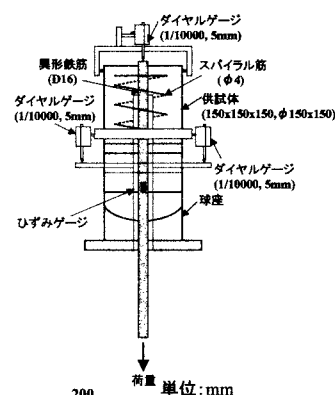


図 2 載荷方法および測的項目 (上: 引抜試験、下: RILEM の梁型試験)

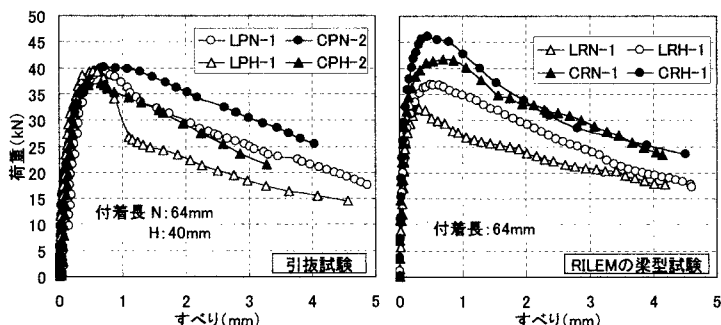


図 3 荷重－すべり関係 (実験結果)

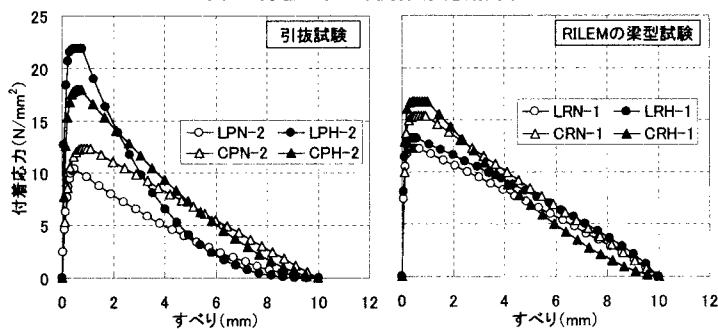


図 4 付着応力－すべり関係 (解析結果)