

# 論文 再生骨材の品質がRCはり部材の曲げ・せん断耐荷特性に及ぼす影響

川口 千大\*1・井林 大輔\*2・三方 康弘\*3・井上 晋\*4

**要旨:** 再生骨材の品質および供試体の乾湿状態が RC はり部材の曲げ・せん断耐荷特性に及ぼす影響を検討することを目的として、再生骨材 M, H を用いた RC はり部材の載荷試験を行い、前年度実施した実験の供試体を含めて、土木学会のせん断耐荷方式による計算値と比較検討を行った。その結果、せん断補強筋を適切に配置した場合、再生骨材 M および再生骨材 H を用いた供試体は普通骨材とほぼ同等の最大荷重を示した。また、断面分割法を用いることで、曲げ破壊荷重を適切に推定することが可能であると考えられる。

**キーワード:** 再生骨材, RC はり部材, せん断, 骨材の品質, 供試体の乾湿状態

## 1. はじめに

コンクリート用再生骨材は、JIS によって規格化されており、再生骨材の品質を絶乾密度や吸水率などの項目によって、再生骨材 H, M, L の 3 種類に分類している。

再生骨材 H は普通骨材とほぼ同様の取り扱いが可能であるため適用範囲が広い。しかし、製造に要するエネルギーの消費が大きく、製造コストが高いという欠点がある。また、製造の際に発生する微粉末などの副産物の発生量が多く、処理・再資源化が問題となっている。

一方、再生骨材 M は再生骨材 H, L の中間の品質を持ち、製造コストは再生骨材 H より安く、副産物の発生も少ない点が着目されている。しかし、乾燥収縮や凍結融解の影響への懸念や再生骨材 M を用いたコンクリート部材の耐荷特性の知見が少ないこと<sup>1)</sup>などから実構造物への適用は杭や基礎に限定されているのが現状である。

また、再生骨材の使用について土木学会「電力施設解体コンクリートを用いた設計施工指針(案)」<sup>2)</sup>では、せん断耐荷方式に表-1に示す低減係数  $\beta_r$  を乗じているが、骨材の使用区分・乾湿状態で一律に設定されているため合理的な設計ができていないのが現状である。

以上から、再生骨材の品質と乾湿状態が RC はり部材の曲げ・せん断耐荷特性に及ぼす影響を検討することを目的として、普通骨材、再生骨材 M, H を用いた RC はり部材を作成し、載荷試験を実施した。さらに再生骨材を利用した場合のせん断耐荷方式による計算値や昨年<sup>3)</sup>に実施したせん断補強筋を配置しない供試体の実験結果<sup>3)</sup>と比較・検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験要因

実験要因として、まず細骨材の種類：普通骨材（大阪府枚方産の川砂）、再生骨材 M（京阪神地域の RC 構造物

の解体材を再生骨材として使用）を選定した。次に粗骨材の種類：普通骨材（大阪府高槻産の碎石）、再生骨材 M（京阪神地域の RC 構造物の解体材を再生骨材として使用）、再生骨材 H（関東地域の RC 構造物の解体材を再生骨材として使用）の 3 種類を選定した。骨材の物理特性を表-2に示す。そして、せん断補強筋の有無：せん断補強筋を配置しない供試体 1 シリーズ、せん断補強筋

表-1 せん断耐荷方式の低減係数

供試体の状態	再生骨材の使用区分による $\beta_r$ の値		
	粗骨材	細骨材	併用
湿潤	0.90	0.85	0.80
乾燥	0.85	0.80	0.70

表-2 骨材の物理特性

骨材の種類		表乾密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	絶乾密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	吸水率 [%]	粗粒率 FM	
0 シ リ ー ズ	細骨材	普通	2.56	—	1.34	3.14
		再生 M	2.46	2.35	4.60	2.85
	粗骨材	普通	2.66	—	0.81	6.56
		再生 M	2.68	2.63	1.78	6.50
		再生 H	2.41	2.33	3.20	6.49
	1.2 シ リ ー ズ	細骨材	普通	2.65	2.62	1.21
再生 M			2.40	2.25	6.61	3.04
粗骨材		普通	2.67	2.64	1.16	6.58
		再生 M	2.56	2.49	3.08	6.70
		再生 H	2.62	2.56	2.11	6.91

\*1 大阪工業大学大学院 工学研究科都市デザイン工学専攻 (正会員)

\*2 大阪工業大学 工学部都市デザイン工学科

\*3 大阪工業大学 工学部都市デザイン工学科講師 博(工) (正会員)

\*4 大阪工業大学 工学部都市デザイン工学科教授 博(工) (正会員)

表-3 供試体の詳細および実験結果

シリーズ	実験概要				乾湿状態	計算値		実験結果		
	供試体	細骨材	粗骨材	せん断補強筋配筋間隔 s [mm]		曲げ破壊荷重 Pub [kN]	せん断破壊荷重 Pus [kN]	最大荷重 Pu [kN]	破壊形式	
0	NN0	普通	普通	∞	乾燥	68.3	45.6	63.7	せん断付着	
	MN0	再生 M	普通			68.7	34.9	60.5	せん断付着	
	MM0	再生 M	再生 M			69.0	34.8	56.8	せん断付着	
	MH0	再生 M	再生 H			68.9	39.0	54.9	せん断付着	
1	NN1	普通	普通		乾燥	103.8	45.7	63.4	せん断付着	
	MH1	再生 M	再生 H			97.4	26.9	76.0	せん断圧縮	
	MMD1	再生 M	再生 M			99.4	30.7	104.9	せん断圧縮	
	MMW1	再生 M	再生 M			湿潤	99.8	26.9	69.8	せん断圧縮
2	NN2	普通	普通		140	乾燥	103.8	103.6	117.1	曲げ引張
	MH2	再生 M	再生 H				97.4	84.7	112.4	曲げ引張
	MMD2	再生 M	再生 M				99.4	88.5	111.2	曲げ引張
	MMW2	再生 M	再生 M			湿潤	99.8	84.7	111.2	曲げ引張

を配置した供試体 2 シリーズ（配筋間隔  $s=140\text{mm}$ ，せん断補強筋比  $\rho_s=0.45$ ）の 2 種類を選定した。なお，前年度の供試体は供試体 0 シリーズとする。最後に，供試体の乾湿状態：乾燥状態（28 日間湿布で覆い，散水養生を実施した後，室内で気中養生を行った。），湿潤状態（28 日間湿布で覆い散水養生を行い，以降は散水養生を載荷試験前日まで実施した。）。以上の要因から計 8 体の供試体を作成し，前年度の供試体を加えた計 12 体の供試体の詳細を表-3 に示す。なお，再生骨材 M は湿式摩砕工程と湿式浮遊比重選別工程<sup>4)</sup>により作成され，再生骨材 H は偏心ローター方式<sup>5)</sup>で作成された。載荷試験は供試体上面中央部より左右に 150mm の位置を載荷点とした対称 2 点集中荷重方式として単調漸増型載荷を実施した。

2.2 供試体の作製

本実験で作成した供試体は，幅 100mm，高さ 200mm，主鉄筋を 2-D16 とし，主鉄筋中央部にひずみゲージを設置した。断面上部に配置した組立筋およびせん断補強筋は D6 を使用し，せん断補強筋にひずみゲージを図中の点 1 ヶ所につき 2 枚，主鉄筋のゲージを含めて供試体全体に 10 枚設置した。表-4 に使用した鉄筋の機械的性質を，表-5 に各シリーズのコンクリートの示方配合を示す。供試体の全長は 1800mm とし，曲げスパン 300mm，せん断スパンを 600mm（0 シリーズ， $a/d=3.53$ ），400mm（1，2 シリーズ， $a/d=2.35$ ）とし，いずれの供試体もせん断破壊先行型となるよう断面分割法により曲げ・せん断破壊荷重の計算値を設定した。なお，組立筋は強度の計算値に含めていない。作成した供試体について図-1 に断面図および側面図を示す。

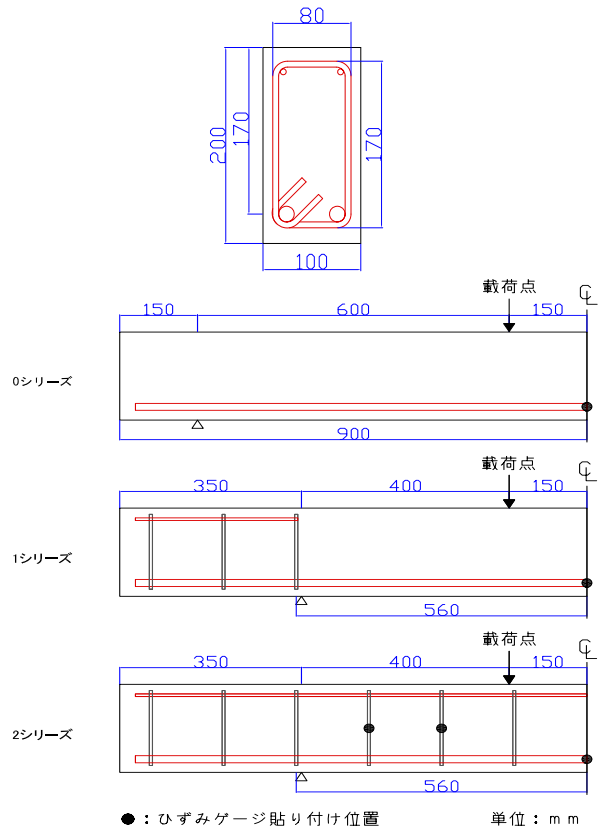


図-1 供試体断面図および側面図

表-4 鉄筋の機械的性質

種類	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	降伏強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング係数 [kN/mm <sup>2</sup> ]	
D16	SD295	195.38	357.85	205.87
D6	SD345	31.49	434.67	197.00

表-5 各シリーズのコンクリートの示方配合と物理特性

供試体	示方配合								コンクリートの物理特性				
	D <sub>MAX</sub> [mm]	W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m <sup>3</sup> ]				混和剤 [cc/m <sup>3</sup> ]	圧縮 強度 f <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	引張 強度 f <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	曲げ 強度 f <sub>b</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング 係数 E <sub>c</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	脆度 係数 f <sub>c</sub> /f <sub>t</sub>
				W	C	S	G						
NN0	20	60	47.0	176	293	831	977	733	43.50	3.25	4.96	30.60	13.40
MN0	20	60	47.0	176	293	755	959	733	46.80	3.06	4.99	28.30	15.30
MM0	20	60	47.0	176	293	749	843	733	50.10	2.71	4.93	31.00	18.50
MH0	20	60	47.0	176	293	749	843	733	49.40	2.97	4.96	31.50	16.60
NN1・NN2	20	63	45.8	176	297	831	981	733	39.20	3.03	7.24	27.40	13.00
MH1・MH2	20	63	45.8	176	297	799	981	733	27.50	2.73	5.16	22.10	10.10
MMD1・MMD2	20	63	45.8	176	297	799	882	733	30.30	3.09	5.68	20.20	9.80
MMW1・MMW2	20	63	45.8	176	297	799	882	733	31.00	2.44	5.65	23.10	12.70

### 2.3 比較検討に用いるせん断耐力式

せん断耐力の計算値と実験結果との比較検討に用いる土木学会コンクリート標準示方書<sup>6)</sup>ならびに、土木学会電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材の設計施工指針(案)におけるせん断耐力式を式(1)、式(2)に示す。部材係数などの安全係数は全て1.0とした。

式(1)はコンクリートの圧縮強度、軸力、断面寸法などをパラメーターとしており、式(2)は式(1)に再生骨材使用による低減係数 $\beta_r$ を乗じたものとなっている。

$$V_{cd} = \beta_n \cdot \beta_p \cdot \beta_d \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

$$V_{cd} = \beta_r \cdot \beta_n \cdot \beta_p \cdot \beta_d \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (2)$$

ここに、式中の記号の詳細を以下に示す。

$$\beta_p = \sqrt[3]{100P_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ の場合は} 1.5 \text{ とする}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d : m) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ の場合は} 1.5 \text{ とする}$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N'_d \geq 0 \text{ の場合})$$

ただし、 $\beta_n > 2$  の場合は2とする。

$N'_d$  : 設計軸方向圧縮力

$M_d$  : 設計曲げモーメント

$M_0$  : 設計曲げモーメント $M_d$ に対する引張縁において軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad (N/mm^2)$$

ただし、 $f_{vcd} \leq 0.57 \quad (N/mm^2)$

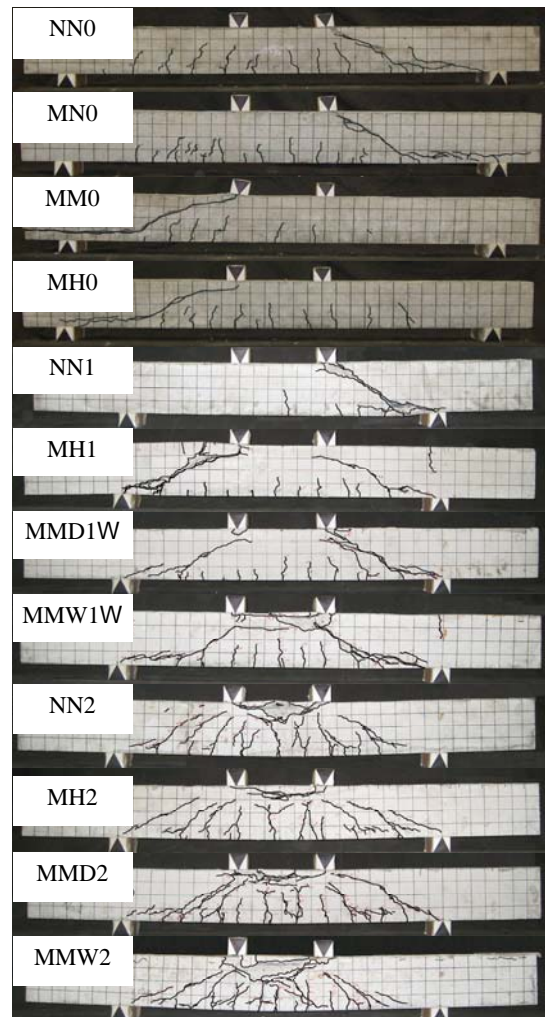


写真-1 載荷試験終了後の供試体

## 3. 実験結果

### 3.1 コンクリートの物理特性

NN0, NN1, NN2 供試体はともに、圧縮強度と引張強度の比である脆度係数は 13.4, 13.0, 13.0 となった。0 シリーズの再生骨材を用いた MN0, MM0, MH0 供試体

の脆度係数は 15.3 から 18.5 となり、NN0 供試体と比較して脆度係数が大きくなる傾向を示した。一方、1, 2 シリーズの再生骨材を用いた MH, MMD, MMW 供試体の脆度係数は 10.1, 9.8, 12.7 となり、普通骨材を用いた

NN1, NN2 供試体と比較して脆度係数が小さくなる傾向を示した。これは、0 シリーズではコンクリートの圧縮強度が高く、再生骨材の周りに付着したモルタルの影響により引張強度が低下したことが考えられる。一方、1 および 2 シリーズでは 0 シリーズと比較してコンクリートの圧縮強度が低いため、骨材に付着したモルタル部分以外でひび割れが生じ、引張強度に骨材の品質があまり影響しなかったことが要因の一つとして考えられる。

なお NN, MH, MMD, MMW 供試体は同一のコンクリートを使用しているため試験結果は同一である。

### 3.2 破壊形式

各供試体の最大荷重・破壊形式など実験結果を表-3 に、載荷試験終了後の写真を写真-1 に示す。

供試体 0 シリーズについて MM0 供試体を除いてせん断ひび割れ発生後、せん断ひび割れ上部のコンクリートと主鉄筋でタイドアーチ的な耐荷機構が形成され、その後も荷重に抵抗した。最大荷重で比較すると NN0, MN0, MM0, MH0 供試体はそれぞれ 63.7, 60.5, 56.8, 54.9kN となった。再生骨材を用いたコンクリートは普通骨材を用いたコンクリートと比較して引張強度が低下し、コンクリートの負担せん断力が低下したため、最大荷重が低下したものと考えられる。

供試体 1 シリーズについて、NN1 供試体は  $a/d=2.35$  であることに加え、せん断ひび割れが進展し、最終的に主鉄筋位置に割裂ひび割れが発生し、せん断付着破壊に至った。MH1, MMD1, MMW1 供試体はせん断ひび割れ上部のコンクリートと主鉄筋によるアーチ作用が卓越したことにより荷重に抵抗し、最終的に載荷点付近の圧壊によるせん断圧縮破壊に至った。最大荷重で比較すると、NN1, MH1, MMD1, MMW1 供試体の最大荷重はそれぞれ 63.4, 76.0, 104.9, 69.8kN となった。

供試体 2 シリーズについて、いずれの供試体もせん断破壊先行型であったが、骨材の品質・供試体の乾湿状態にかかわらず、最終的に曲げ引張破壊に至った。このことから土木学会コンクリート標準示方書によるせん断耐力の計算式は、特に安全側の設計がなされていることがわかる。各供試体の最大荷重の値に大きい差が見られないことから、せん断補強筋を配置することで骨材の質・供試体の乾湿状態にかかわらず、普通骨材を用いた供試体とほぼ同様の耐荷力を示すことがわかる。

### 3.3 荷重-中央変位関係

図-2 (a), (b), (c) に荷重-中央変位関係を示す。

供試体 0 シリーズについて、MM0 供試体を除いて、いずれの供試体もせん断ひび割れ発生後、アーチ作用が卓越し、荷重が増加する挙動が見られた。一方、MM0 供試体は、せん断ひび割れの発生と同時に終局に至った。MM0 供試体は他の供試体と比較して、コンクリートの

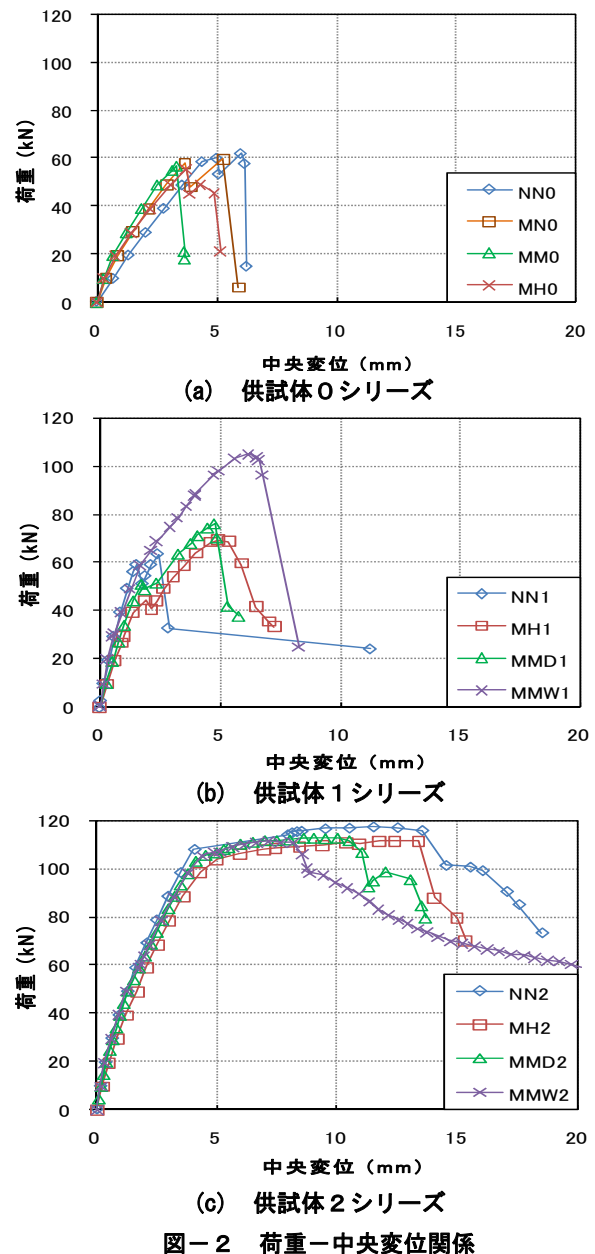


図-2 荷重-中央変位関係

引張強度が低く、脆度係数が大きい。また、せん断ひび割れ発生後、荷重の増加は見られず脆性的な破壊性状を示した。既往の研究から軽量コンクリートを用いたせん断補強筋を配置していないはり部材では、脆度係数が大きくなるに伴ってせん断ひび割れ面が平滑になり、骨材のかみ合わせ作用が低下するなどの要因により、コンクリート負担せん断力が低下することが報告されている<sup>7)</sup>。再生骨材コンクリートを用いたはり部材においても引張強度が低く、脆度係数が大きくなるため、同様の挙動を示したものと考えられる。

供試体 1 シリーズについて、NN1 供試体はせん断ひび割れ発生後、アーチ作用により荷重が増加したが、他の供試体に比べてアーチ作用による荷重の増加が小さく、最終的にせん断付着破壊に至った。一方、他の供試体はせん断ひび割れ発生後も荷重の増加が顕著に見られた。

とりわけ、MMW1 供試体はせん断ひび割れ発生に伴う荷重の低下挙動が見られず、最終的に 100kN を超えてせん断圧縮破壊となった。一般的にコンクリートが湿潤状態にある場合、乾燥収縮ひび割れが生じにくくコンクリートが負担するせん断力を低下させる要因が少なくなると考えられ、これが実験結果に影響したと考えられる。このことに加えて、アーチ作用が卓越し、荷重が増加したものと考えられる。

供試体 2 シリーズについて、いずれの供試体も最大荷重はほぼ同等の値を示した。しかしながら、終局時の変位は普通骨材を用いた NN2 供試体が最も大きく MH2、MMD2、MMW2 供試体の順に小さくなる挙動を示した。

### 3.4 せん断ひび割れ発生荷重－脆度係数関係

せん断補強筋を配置しない供試体 0, 1 シリーズ供試体についてせん断ひび割れ発生荷重と脆度係数の関係を図-3に示す。既往の研究<sup>7)</sup>から軽量コンクリートを用いたせん断補強筋を配置していないはり部材では、コンクリートの引張強度の低下に伴い、コンクリート負担せん断力が低下する挙動を圧縮強度の引張強度に対する比で表される脆度係数で評価する手法が提案されている。そこで、再生骨材を用いた RC はり部材のせん断ひび割れ発生荷重と脆度係数との相関関係を明らかにすることを試みた。

供試体 0 シリーズについて全体の傾向をみると、供試体の脆度係数が 13 程度からの増加に伴い、せん断ひび割れ発生荷重が小さくなる傾向が見られた。

供試体 1 シリーズについて、NN1 供試体のせん断ひび割れ発生荷重は 59.04kN、脆度係数は 12.95 となった。MH1、MMD1 供試体はそれぞれ、せん断ひび割れ発生荷重が 44.33kN、50.99kN となり、脆度係数は 10.08、9.82 となった。供試体のせん断ひび割れ発生荷重が小さい場合、脆度係数が小さくなる傾向が見られる。MMW1 供試体のみせん断ひび割れの進展による荷重の低下が見られなかったことから普通骨材の供試体と同等の脆度係数の値を示したと考えられる。

以上のことから、脆度係数が 12、13 程度よりも大きい場合にはせん断ひび割れ発生荷重が大きくなるに伴って、脆度係数が増加する傾向を示したが、脆度係数が 10 前後の場合には、せん断ひび割れがかなり小さくなっており、本実験の結果からはせん断ひび割れ発生荷重と脆度係数の相関関係を見いだすことはできなかった。

### 3.5 荷重－せん断補強筋ひずみ関係

図-4に各供試体の荷重－せん断補強筋ひずみ関係を示す。せん断補強筋ひずみの値として、作用せん断力を考慮するため、最大値を計測したせん断補強筋の平均値を使用した。再生骨材を用いた供試体は普通骨材を用いた供試体と比較して 700 $\mu$  付近までの同一荷重時にお

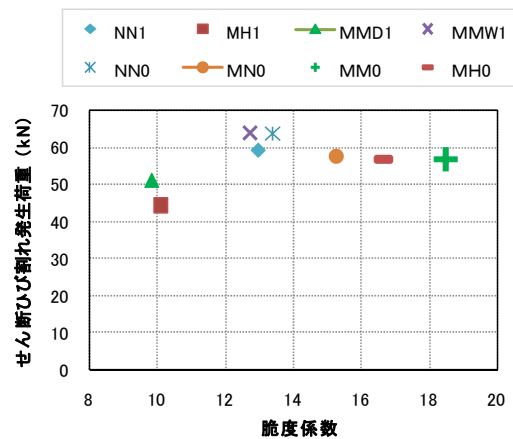


図-3 せん断ひび割れ発生荷重－脆度係数関係

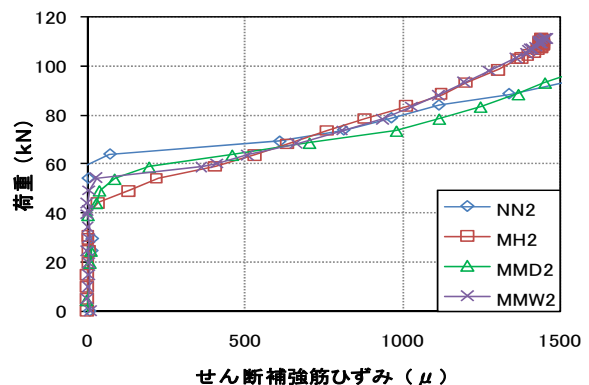
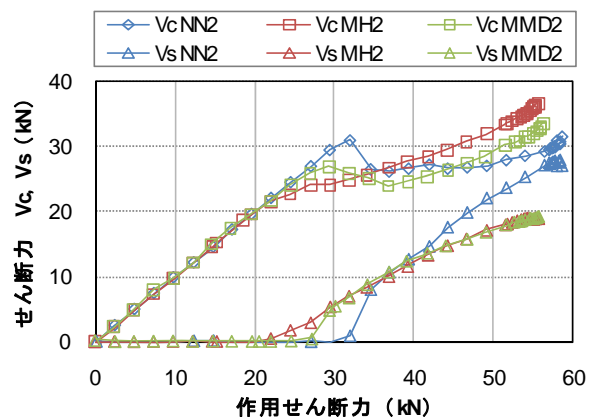
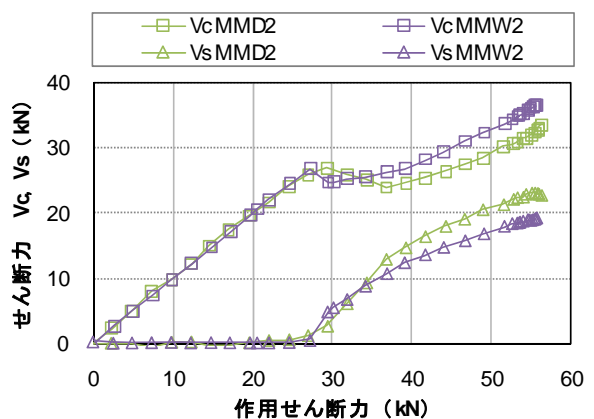


図-4 荷重－せん断補強筋ひずみ関係



(a) 骨材の品質による比較



(b) 供試体の乾湿状態による比較

図-5 分担せん断力－作用せん断力関係

けるひずみの値が大きくなる挙動を示した。これは、再生骨材を用いた供試体のせん断ひび割れ発生荷重が普通骨材に比べて小さくなったことが考えられる。また、MMW2 供試体は MMD2 供試体と比較して、約 700 $\mu$  以降の MMW2 供試体のひずみが小さくなる挙動を示した。これは MMW2 供試体が湿潤状態にあり乾燥収縮ひび割れが生じにくく、作用せん断力の内、コンクリートが負担するせん断力を低下させる要因が少ないことから、MMD2 供試体と比較してコンクリートが負担するせん断力が相対的に大きくなったと考えられる。

しかしながら、いずれの供試体もせん断ひび割れ発生後のせん断補強筋ひずみの増加挙動はほぼ同様であることから、骨材の種類や供試体の乾湿状態にかかわらず、せん断補強筋は有効に機能していると考えられる。

### 3.6 分担せん断力—作用せん断力関係

図-5 (a), (b) に各供試体の作用せん断力に対してコンクリートとせん断補強筋が受け持つせん断力  $V_c$ ,  $V_s$  の実測値を示す。また、表-6 にせん断ひび割れ発生時の  $V_c$  の実測値と  $V_c$  の計算値の比較を示す。コンクリートが負担するせん断力の実測値  $V_c$  は各載荷ステップのせん断補強筋ひずみによる負担せん断力  $V_s$  を算出し、作用せん断力  $V$  から  $V_s$  を差し引いて求めた。

骨材の品質による比較では、NN2, MH2, MMD2 供試体のせん断ひび割れ発生荷重がそれぞれ 31, 24, 27kN となった。せん断ひび割れ発生後、 $V_c$  が一度低下する挙動を示したが、その後も  $V_c$  が増加する挙動を示した。このことから、再生骨材を用いた供試体は普通骨材を用いた供試体と比較して、せん断ひび割れ発生時の  $V_c$  が低下する挙動を示した。

一方、供試体の乾湿状態による比較では、せん断ひび割れ発生時の  $V_c$  は MMD2, MMW2 供試体ともに 27kN となり、ほぼ同様の値を示した。MMW2 供試体は MMD2 供試体と比較して、 $V_c$  の低下挙動が小さくなった。

せん断ひび割れ発生時の  $V_c$  の実測値と計算値を比較すると NN2 供試体の実測値は計算値の約 1.4 倍となり MH2, MMD2, MMW2 供試体の実測値は計算値の約 2 倍の値となった。再生骨材を用いた供試体の  $V_c$  の計算値には、再生骨材の利用によるせん断耐力の低減の影響を評価する低減係数  $\beta_r$  が乗じられているが、せん断ひび割れ発生時の  $V_c$  をかなり安全側に評価した。

## 4. 結論

本実験によって得られた結論を以下に示す。

- (1) せん断補強筋を適切に配筋した場合、再生骨材 M および再生骨材 H を用いた供試体は、普通骨材を用いた供試体とほぼ同等の最大荷重を示した。また、断面分割法を用いることで再生骨材の品質、供試体

表-6  $V_c$  の計算値と実測値の比較

供試体	せん断ひび割れ発生時 作用せん断力 $V_c$ [kN]	$V_c$ 計算値 [kN]	実測値の 計算値に 対する比
NN2	31.00	22.90	1.35
MH2	24.10	13.40	1.80
MMD2	26.80	13.40	2.00
MMW2	26.80	15.40	1.74

の乾湿状態にかかわらず、曲げ破壊荷重を適切に推定が可能であると考えられる。

- (2)  $V_c$  の実測値は計測値と比較した結果、約 1.4~20 倍になったことから、式(2)に用いられた低減係数  $\beta_r$  はかなり安全側の値を評価することが示された。しかし、低減係数  $\beta_r$  は再生骨材の使用区分と供試体の乾湿状態に依存しており、骨材の品質は考慮されていない。よって、骨材の品質を考慮した合理的な設計法の確立が必要であると考えられる。

## 謝辞

本研究は(株)竹中工務店、(株)京星より再生骨材 H, M をご提供いただきました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 桐山宏和, 十河 勝, 丸山一平, 佐藤良一: 再生 RC はりのせん断性状に及ぼす再生骨材の品質の影響, コンクリート工学年次学術論文集, vol.28, No.2, p.p.763-768, 2006
- 2) 土木学会: 電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案)
- 3) 三方康弘, 高橋勇希, 井上 晋: 再生骨材 M, H を用いた RC はり部材のせん断耐荷特性, コンクリート工学年次学術論文集, vol.30, No.3, p.p.757-762, 2008
- 4) 日本コンクリート工学協会: 再生骨材コンクリートの現状と将来展望—JIS 概要と普及促進に向けて—, 2006.11
- 5) 米澤敏男, 神山行男, 柳橋邦生, 小島正郎, 荒川和明, 山田 優: 高品質再生粗骨材製造技術の研究, 材料, vol.50, No.8, pp.835-842, 2001
- 6) 土木学会: コンクリート標準示方書(2002年版), 構造性能照査編, 2002
- 7) 前田拓郎, 日比野憲太, 高木宣章, 児島孝之: 高品質軽量骨材を用いた RC はりのせん断特性, コンクリート工学年次論文報告集, vol.23, No.3, pp.913-918, 2001