

徳島大学工学部 正会員 ○河野 清
徳島大学大学院 学生員 中井将博
復建調査設計(株) 細井賢三

1. まえがき

近年、河川産骨材の枯渇に伴って、コンクリート用粗骨材として砕石が、また、細骨材としては海砂、山砂、陸砂、砕砂などが盛んに使用されている。とくに、砕砂については、昭和55年2月にJIS A 5004 “コンクリート用砕砂”として砕砂の品質規格が定められ、また、塩分問題が原因で、河川地区のコンクリート工場でも砕砂が使用され始めている。これによって、本研究では砕砂とコンクリート製品へ使用する場合の基礎的資料とすると目的として、蒸気養生による強度発現、蒸気養生条件の影響、混和材料使用の効果、蒸気養生の際のマチュリティーと圧縮強度との関係などを調直し、検討を行ったものである。

2. 実験の概要

(1) 使用材料とコンクリートの配合

使用セメントは比重3.16、28日圧縮強度408 kg/cm²の普通ポルトランドセメントである。

粗骨材は20~10 mmの玉砕石と、10~5 mmの豆砂利と62:38の割合で混合して使用する。細骨材は香川県産の砕砂A、徳島県産の砕砂Bおよび比較用としてごく一部の実験に香川県産の川砂を用いた(表-1参照)。

混和材料は減水剤としてリグニンスルホン酸塩系(PK)、ナフタリンスルホン酸塩系(Mg)、アルキルアクリルスルホン酸塩系(PK)、促進剤として塩化カルシウム、また、混和材としてフライアッシュ(比重2.25、ブレン値3680 mg/g, SiO₂=51.9%)、高炉スラグ微粉末(比重2.90、ブレン値3800 mg/g, CaO=41.5%, SiO₂=33.7%, Al₂O₃=16.0%, MgO=6.5%)などを用いた。

コンクリートの配合はスランプ5 cm目標で、単位セメント量320 kgの製品用とした(表-2参照)。

(2) コンクリート供試体の作製と蒸気養生

練り混ぜは容量50 Lの強制練りミキサーを用い、表面水のある細骨材を用いてモルタルを1分間練り、続いて表乾状態の粗骨材を投入して1分30秒間コンクリートの練り混ぜを行った。スランプ、空気量などの試験を行ったのち、コンクリートをφ10×20 cmの円柱型枠に詰め、振動台(振動数6000 rpm、振幅約1.0 mm)で20秒間締固め成形し、供試体を作製した。

蒸気養生は写真-1に示す蒸気養生装置を用いて、前養生期間を2、3および4時間の3種類、温度上昇速度は15°C/hと19°C/hの2種でその期間と3時間とし、最高温度は65°Cと75°Cとした。等温養生期間を8時間としたのち、20°C恒温室に移し、翌朝まで約7時間冷却した。材料は、1、7、14および28日とし、比較のため標準養生28日強度も求めた。蒸気養生中のマチュリティーの影響は、前養生期

表-1. 使用骨材の物理試験結果

骨材の種類	岩種	ふるいを通すものの重量百分率										細率 FM	比重	吸水率 (%)	乾燥減量 (%)	空隙率 (%)	試験値 (%)
		20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075						
玉砕石	硬質砂岩	100	15	49	3	0	0	0	0	0	0	6.84	2.58	1.32	1580	38.7	—
砕砂A	花崗岩				100	95	70	44	23	9	2.59	2.61	1.23	1610	38.3	2.4	—
砕砂B	硬質砂岩				100	80	53	33	16	6	3.12	2.58	2.46	1590	38.4	1.3	—
川砂	硬質砂岩				100	77	54	31	12	4	3.22	2.62	1.93	1740	33.6	0.6	—

表-2. 実験用に使用したコンクリートの配合

配合の種類	粗骨材最大サイズ(mm)	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	W/C	%	単位量(kg/m ³)					混和材料	
						W	C	S	G		混和材	湿和剤
砕砂A 標準配合	20	5	4	53.8	45	172	320	807	976	—	—	3200 ^{cc}
砕砂B 〃 PK	20	5	4	56.2	47	180	320	823	929	—	—	3200 ^{cc}
砕砂B AE-3000H 7.5/15	20	5	4	54.7	47	175	288	825	931	32g	—	3200 ^{cc}
〃 AE-3000H 7.5/15	20	5	4	54.7	47	175	256	827	934	64g	—	3200 ^{cc}
〃 塩化カルシウム	20	5	2	57.8	47	185	320	842	950	—	—	3200 ^{cc}
〃 減水剤 PK	20	5	2	53.8	47	172	320	851	968	—	—	1.92 ^g
〃 減水剤 PK	20	5	2	49.1	47	157	320	875	980	—	—	3.20 ^g
14日 養生後 PK	20	5	4	48.8	43	156	320	792	1035	—	—	2560 ^{cc}
砕砂B 〃 PK	20	5	4	54.1	47	173	320	832	939	—	—	2560 ^{cc}
砕砂B プレーン	20	5	2	57.8	47	185	320	840	950	—	—	—

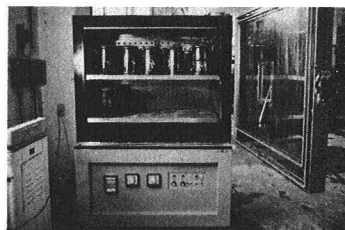


写真-1. 実験室用蒸気養生装置

間3時間、温度上昇速度15℃/hで3時間とつきの5、等温養生と2、4、6、8および10時間とリ蒸気養生室から供試体（1種につき3個）を取り出して30分後、脱型強度と動弾性係数と求め、材令28日でも試験を行った。

3. 実験結果とその考察

(1) 蒸気養生した砂砂コンクリートの材令と圧縮強度について

砂砂を用いた場合、川砂コンクリートに比べて単位水量が17%増加し水セメント比が大きくなるが、AE減水量の同一使用量に対し空気量が低くなり、図-1にみられるように圧縮強度は川砂よりもむしろ大なる傾向がある。プレーンコンクリートも強度発現は良好であるが、ワーカビリティ改善し、水セメント比を低くするとかめ質の混和剤の使用が望まれる。

(2) 前養生期間および最高温度の影響について

2種の砂砂コンクリートについて前養生期間と圧縮強度に及ぼす影響と各材令の相対強度を示す図-2にみられるように、前養生と2時間から3時間、4時間と長くするが各材令の強度発現は良好であり、通気の前でできるだけ前養生期間を長くするものがよいことを示している。

最高温度の強度への影響については、脱型時の材令1日では75℃の高温のほうが65℃より明らかに強度は入であるが、7日で同程度となり、以後は増進率が劣り、省エネルギーの見地からも65℃程度の養生で十分と考えられる（図-3参照）。

(3) 混和材料の強度発現への影響について

混和材料の影響を示す図-4のように、その種類によって各材令の強度発現は多少異なる。促進剤、空気と連行には減水剤を用いた場合、初期材令の強度発現は比較的良好である。混和材の場合、初期強度は低い、28日で300 kg/cm²以上となり、製品の種類によっても7分の使用可能である。

(4) マチュリチーの圧縮強度に及ぼす影響について

マチュリチー700℃程度までは脱型時の圧縮強度はほぼ直線的に増大し（図-5参照）、消費の脱型強度をとるための養生期間と決定する目安とすることとすることができることを示している。

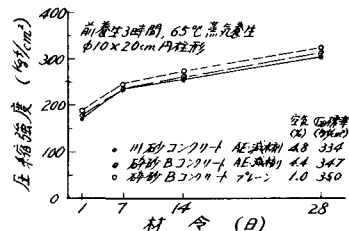


図-1. 砂石および川砂を用いたコンクリートの蒸気養生による各材令の強度

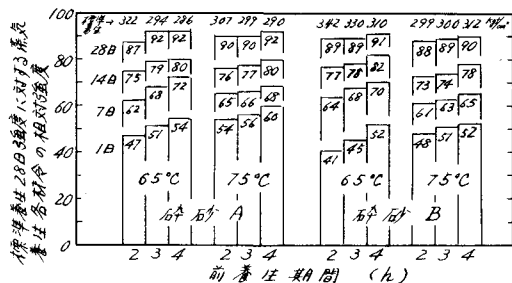


図-2. 蒸気養生の際の前養生期間の影響

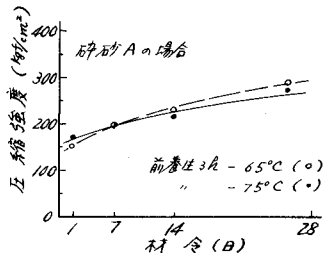


図-3. 蒸気養生の際の最高温度が圧縮強度に及ぼす影響

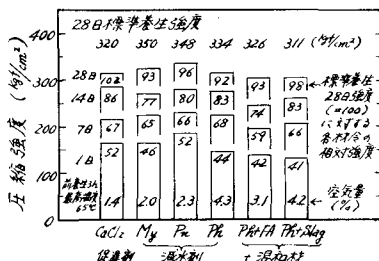


図-4. 蒸気養生に対する混和材料の影響

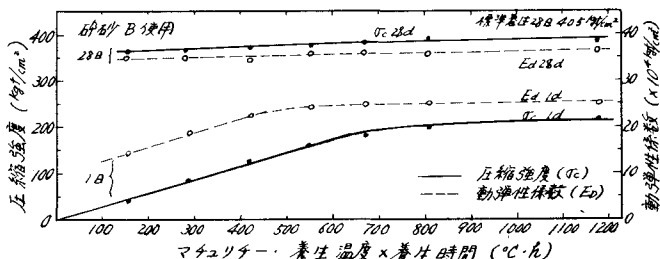


図-5. 蒸気養生の際のマチュリチーが養生温度および材令28日の圧縮強度および動弾性係数に及ぼす影響

4. まとめ

砂砂コンクリートと蒸気養生した場合、各材令の強度発現、前養生期間や最高温度の影響などは、従来の研究結果と大差なく、川砂コンクリートと同様に使用可能である。配合は水セメント比が大なるので、単位水量を減じてワーカビリティを改善する良質の混和材料の使用が効果的であり、標準養生28日強度に対する各材令の相対強度も比較的良好な結果がとられる。なお、本研究は昭初55年度文部省科学研究費によって行っているものである。