

立命館大学理工学部 正員 明石 外世樹
立命館大学理工学部 正員 尼崎 省二
立命館大学理工学部 正員 高木 宣章
兵庫県 土木部 正員 川崎 正信

1. まえがき

最近、国内でも反応性骨材によると思われる被害例が報告されることがあり、アルカリ骨材反応に対する関心が高まっている。アルカリ骨材反応に関する研究は1970年代になって欧州を中心として再び活発になっているが、アルカリ骨材反応がコンクリートの物理的性質に及ぼす影響に関する研究例は少ない。本研究はアルカリシリカ反応（以下、ASRと略記）がコンクリートの物性に及ぼす（1）かぶり厚さの影響、（2）鉄筋による膨張拘束度、シリカフュームのひびわれ抑制効果を検討するとともに、強度、弾性係数及び音速に及ぼす影響を検討したものである。尚、本研究に対して文部省科学研究補助金を受けたことを記し、謝意を表す。

2. 実験の概要

実験はシリーズ1がかぶり厚さ、シリーズ2が鉄筋量及びシリカフュームの影響を検討するために実施した。各シリーズの供試体形状・寸法を図-1に示す。シリーズ1は実橋梁の全断面鉄筋比、かぶりとはほぼ一致するように鉄筋比及びスターラップ比を選び、シリーズ2の鉄筋比は0, 0.9, 2.2%とした。

使用材料はセメントが普通ポルトランドセメントで、 $\text{Na}_2\text{O}=0.54\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}=0.62\%$ 、等価 $\text{Na}_2\text{O}=0.95\%$ である。細骨材は揖斐川産川砂（比重2.63、吸水率2.04%、塩分含有量0.002%、 $\text{FM}=2.58$ ）、反応性粗骨材Rは比重2.55、吸水率1.38%、安定性損失量10.1%、 $\text{FM}=6.84$ である。比較のため高槻市川久保産の砕石N（比重2.71、吸水率0.21%、安定性損失量2.2%）も

表-1：コンクリートの示方配合

配合 種類	MS (mm)	スラ ンプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				凝和剤 Vinsol (Cwt)
						W	C	S	G	
普通 N						176	352	778	1018	0.02
反応性R	20	8-10	4±0.5	50	44	176	352	778	961	0.03
反応性+ シリカRS						176	352	675	961	(C+s) x シリカフューム s-88 0.03

使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。尚、配合R,RSには等価 Na_2O が 6.0kg/m^3 となるように NaOH を添加した。また、配合RSはシリカフュームを外割でセメントの25%使用し、スランプは高性能減水剤で調整し、鉄筋比0.9%の供試体を作製した。

表-2(b)：コンクリートの物理的性質(シリーズ2)

供試体はコンクリート打設後、材令2週までシート養生（室温）〔シリーズ2は標準水中養生〕、その後40°C、100%RHの促進養生を2ヶ月間実施し、以後は室内保管とした。尚、シリーズ2は材令3ヶ月以降も促進養生を継続した。促進養生中に、シリーズ1では1

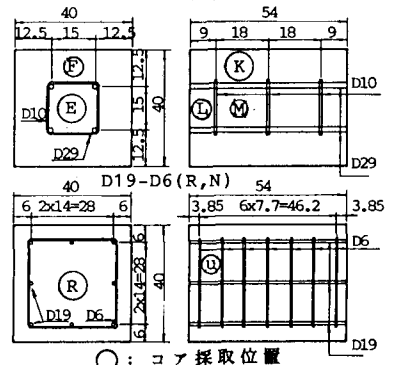
	材令	N	R	RS	RW
圧縮強度 (kg/cm ²)	14	314	261	541	247
	49	428	338	754	339
ヤング係数 $\times 10^5$ (kg/cm ²)	14	3.06	2.95	3.44	3.05
	49	3.63	2.05	3.73	3.53
動弾性係数 $\times 10^5$ (kg/cm ²)	14	3.53	3.33	3.76	3.32
	49	3.88	2.85	3.98	3.59
音速 (m/sec)	14	4510	4410	4640	4430
角柱供試体	49	4680	4380	4690	4580

週間毎に音速測定及びひびわれ観察を行い、材令10ヶ月以降にコア（Φ68mm）採取による膨張、音速の変化及び強度、弾性係数等も測定した。シリーズ2では音

表-2(a)：コンクリートの物理的性質
シリーズ1（材令28日）

配合	養生	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)
N	水中	3.35	31.4	2.84
	促進	319	22.4	2.79
R	水中	419	27.9	2.96
	促進	385	22.2	2.94

シリーズ1 D29-D10 (R,N)



シリーズ2

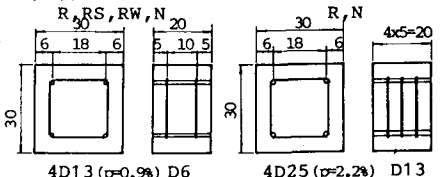


図-1：供試体の形状寸法

速測定の外に角柱供試体によるソニック試験も適宜実施した。尚、シリーズ2では鉄筋比0.9%の反応性供試体を連続水中養生(RW)し、水中養生の影響を検討した。各シリーズのコンクリートの物理的特性を表-2に示す。

3. 実験結果及び考察

3.1: シリーズ1. 促進養生終了までの主鉄筋・スターラップ内部の音速は普通コンクリートでは材令28日程度まで増大し、その後ほぼ一定になっているが、反応性の音速は促進材令10日前後から急激に低下し、2ヶ月程度でほぼ一定になっている(図-2)。反応性コアの音速は供試体よりも低くなっている(図-3)。これはコア採取による膨張解放の影響と思われる。このコアの音速は乾燥の影響と思われる低下の後、普通コンクリートでは一定値になっているが、反応性の場合には、コア採取後1~5時間程度から徐々に早くなり、4日程度経過後、供試体の音速程度まで回復している。これはASRによって生じたひびわれ中に、コア保存条件により生成されたゲルが充填されたためと思われる。膨張拘束が大きい反応性のコアはコア採取後20時間程度までに非常に大きく膨張し、ある時間が経過すると収縮している(図-4)。これはコアコンクリートにおけるASRが終了したためと思われる。一方、これらコアの強度及びヤング係数は材令28日に比べて非常に低下しており(表-3)、又限界応力も普通コンクリートよりもかなり小さいことが判る(図-5)。

3.2: シリーズ2. シリーズ2の音速及び動弾性係数の変化を図-6, 7に示す。促進養生中の諸測定の間も供試体を乾燥状態にしなかつたために、反応性Rの音速はそれほど低下していないが、動弾性係数は大きく低下している。一方、シリカフェュームの使用(Cx0.25)はコンクリートの物性を大きく改善し、促進養生による音速等の低下も認められず、ASRによる膨張ひびわれも生じないようである。

表-3: コアの強度及びヤング係数(平均値)

供試体	圧縮強度 (kg/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^5$ kg/cm ²)
普通	38.8 (1.22)	3.22 (1.15)
反応性	26.6 (0.69)	1.28 (0.44)

括弧内は促進28日に対する比率

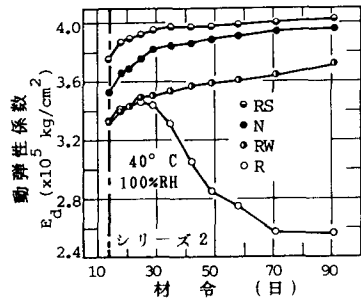


図-7: 動弾性係数の変化

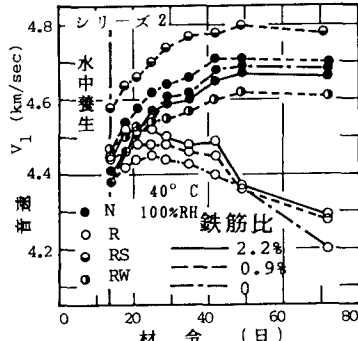


図-6: 主鉄筋内部の音速変化

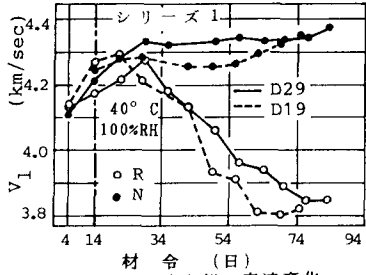


図-2: 主鉄筋内部の音速変化

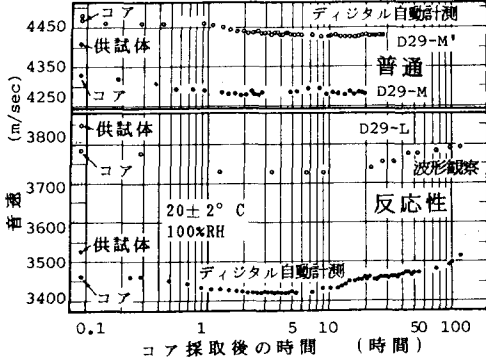


図-3: コンクリートコアの音速変化

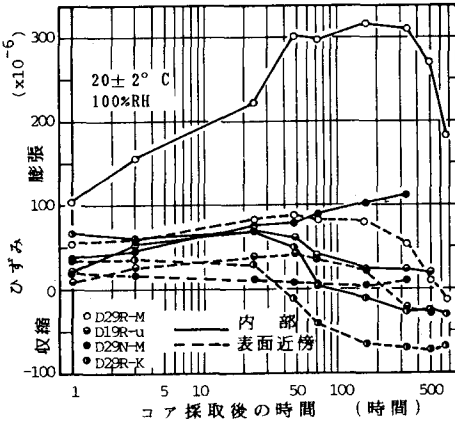


図-4: コンクリートコアの歪変化

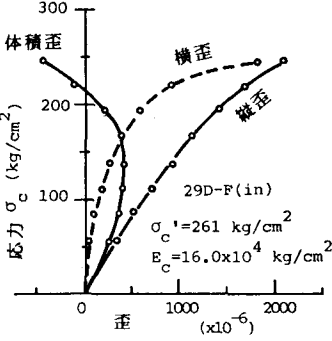


図-5: 反応性コンクリートコアの応力-歪曲線