

青森地方（十和田）産の骨材を使用するコンクリートについて

高橋久雄 大池 武

Concrete Using Aomori District Aggregates

Hisao Takahashi Takeshi Oike

Abstract

It is generally known that aggregates produced in the Tohoku Region are of poor quality. This report describes the results of aggregate tests and investigations of physical properties of concrete using gravels from the Towada River in the Aomori District of the Tohoku Region and from the Fuji River.

The results are as follows: (1) The physical properties of Towada gravel were generally inferior to Fuji gravel with respect to specific gravity, absorption and hardness. (2) The compressive strengths of the concretes did not differ according to aggregate. (3) However, the static modulus of elasticity of concrete with Towada aggregate was inferior and was 85% of that of concrete with Fuji River aggregate.

概 要

東北地方産の骨材は、一般的に低品質であることが知られている。本報告は、十和田産川砂利と富士川産川砂利について、骨材試験およびこれらの骨材を用いたコンクリートの物性を調査し、比較検討したものである。

この結果、次のことがわかった。(1) 十和田産川砂利の物性は、富士川産に比べ比重、吸水率および硬さなど全般的に劣っていた。(2) コンクリートの圧縮強度は、使用骨材の違いによる差はなかった。(3) しかし、静弾性係数は十和田産のものが劣り、富士川産の85%程度の値であった。

1. はじめに

東北地方産のコンクリート用骨材の品質は、比重、吸水率および骨材の硬さ等全般的に低品質である。また、東北地方の中でも青森地方産のコンクリート用骨材は比較的その品質の低下が目立つ。これは、セメント協会が実施し、昭和51年12月、昭和52年10月に報告した「細骨材の品質調査報告」「粗骨材の品質調査報告」および青森県生コンクリート工業組合が調査した「青森県の骨材事情について」の報告からも裏付けられる。さらに、青森県の工事においてコンクリートの強度不足によってトラブルが生じた例がある。

青森県内の某工事で使用中の細骨材を川砂単味から山砂、砕砂の混合使用に変更するので、この混合使用によるコンクリートへの影響についての調査依頼があった。現地での山砂・砕砂を混合使用したコンクリートの試験練りの結果では、一般の調合のセメント使用量、水セメ

ント比に見合った強度を得られなかったので細骨材よりむしろ粗骨材に問題があると推察され調査を行なった。

調査は、現地の使用骨材を当技術研究所へ搬入し、骨材試験およびこれを用いたコンクリートの諸性能について行なった。さらに、一般に良質とされる富士川産川砂利の骨材試験およびこれを用いたコンクリートの諸性能を調査し、これと比較検討した。

本報告は、この結果について述べたものである。また、骨材選定に際し、低品質の粗骨材に対する検討の一方法を示したものであり、手引としても参考になるものと思われる。

2. 実験概要

2.1. 使用材料

2.1.1. セメント N社製普通ポルトランドセメントを用いた。

2.1.2. 骨材 粗骨材は十和田産川砂利（以後、十和

田と言う)と富士川産川砂利(以後、富士川と言う)を用いた。富士川は粒径10mm未満と10mm以上にフルイ分け、両者を重量比で35:65で混合し、粒度調整を行なって用いた。

細骨材は、車力産山砂と東岳産砕砂を混合使用した。山砂砕砂の混合割合は容積比で、山砂90%に対し砕砂10%、同様に85%:15%、80%:20%の3種類とした。

2.1.3. 混和剤 減水剤(ポゾリス100N)とAE剤(ポゾリス303A)を用いた。

2.2. 骨材試験

骨材試験の項目と方法は表-1に示した。

この中のスリヘリ試験と破砕試験は、粗骨材の硬さの程度をみるために行なった。

2.3. コンクリートの調合

現地の調合条件、すなわち水セメント比51%、スランプ18cm、空気量4.5%、細骨材率をベースにして表-2に示す調合を定めた。なお、比較用の富士川を用いたコンクリートの調合は、粗骨材を十和田の代わりに絶対容積を同一にして、富士川に置換えた。これより、山砂砕砂の混合比が同じ十和田と富士川を用いたコンクリートは、それぞれの各材料の構成割合を同一にすることができる。つまり、コンクリートの諸性能へ影響する要因は、調合上で粗骨材の品質の差のみとすることができる。

2.4. コンクリートの試験

まだ固まらないコンクリートの試験は、山砂使用の場合、泥分によってブリージングが抑制され、打設後数時間で表面ひびわれの発生をみるとの報告もあるのでブリージング試験を加えた。

硬化後のコンクリートの試験は、圧縮強度試験、静弾性係数試験および長さ変化試験(乾燥収縮)について行なった。

これらのコンクリートの試験の項目と方法をまとめて表-3に示した。

3. 試験結果および検討

3.1. 骨材試験結果について

骨材試験結果を表-4に示した。表-5には、粗骨材のスリヘリ試験および破砕試験結果を示し、図-1には、骨材の粒度曲線を示した。

3.1.1. 細骨材について 比重および吸水率については、JASS5のII級骨材の規定を満足している。

試験項目	試験方法
フルイ分け試験	JIS A 1102
比重および吸水量試験	JIS A 1109・1110
単位容積重量および実積率試験	JIS A 1104
洗試験	JIS A 1103
砂の有機不純物試験*1	JIS A 1105
塩分試験*2	JASS 5 T-202
ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験*3	JIS A 1121
骨材破砕値試験*4	BS 812

- *1 山砂および砕砂について試験を行なった。
- *2 山砂についてのみ試験を行なった。
- *3 十和田産、富士川産川砂利について粒度の区分BおよびCで試験を行なった。
- *4 十和田産、富士川産川砂利について粒度3/4~1/2in(19.7~12.7mm) 1/2~3/8in(12.7~9.52mm)で試験を行なった。

表-1 骨材試験の項目と方法

調合No.	粗骨材の種類	混合比山砂:砕砂	水セメント比(%)	細骨材率(%)	スランプ(cm)	単位水量(kg)	絶対容積(ℓ/m ³)			表乾重量(kg/m ³)			混和剤			
							セメント	山砂	砕砂	セメント	山砂	砕砂	ポゾリス100N	ポゾリス303A		
1	富士川	90:10	51.0	42.6	18.0	166	103	265	29	397	325	688	78	1052	813 cc/m ³	650 cc/m ³ (1A)
2	"	85:15	"	43.0	"	"	"	252	45	394	"	656	119	1044	"	325(0.5A)
3	"	80:20	"	44.0	"	"	"	243	61	387	"	632	162	1026	"	"(0.5A)
4	十和田	90:10	"	42.6	"	"	"	265	29	397	"	688	78	1000	"	650(1A)
5	"	85:15	"	43.0	"	"	"	252	45	394	"	656	119	993	"	325(0.5A)
6	"	80:20	"	44.0	"	"	"	243	61	387	"	632	162	975	"	"(0.5A)

- 注) 1. 空気量は4.5%とした。
 2. 富士川産の砂利は、5mm~10mmと10mm~25mmにふるい分け、混合比を35:65とし粒度調整を行ない使用した。
 3. 混和剤ポゾリス100Nは減水剤であり使用量はセメント100kgに対し原液で250cc使用した。また303AはAE剤であり使用量は1%溶液をセメント1kgに対し2ccがタイプ1Aの使用量である。

表-2 コンクリートの調合

	試験項目	試験方法	備考
まだ固まらないコンクリート	スランプ試験	JIS A 1101	練り上がり直後に行う
	空気量試験	JIS A 1128	同上
	単位容積重量試験	JIS A 1116	同上
	ブリージング試験	JIS A 1123	山砂、砕砂混合比80:20について実施
硬化後のコンクリート	圧縮強度試験	JIS A 1108	養生は標準水中、屋外放置の2種類採取材令は7日と28日供試体数は各3本供試体寸法は150#×300を用いた。
	静弾性係数試験	コンプレッソメータによる	圧縮強度試験時に全数測定最大応力の1/3における静弾性係数
	コンクリートの長さ変化試験	JIS A 1129 (コンタクトゲージ法)	1調合につき供試体3本採取供試体寸法は100#×100×400を用いた。

表-3 コンクリートの試験項目と方法

	細骨材					粗骨材			
	車力産山砂	東岳産砕砂	山砂、砕砂混合砂			十和田産	富士川産		混合比10mm:35mm:65
		山砂:砕砂=90:10	山砂:砕砂=85:15	山砂:砕砂=80:20	10mm		25mm		
最大寸法(mm)	1.2	5.0	2.5	2.5	2.5	25	10	25	25
粗粒率	2.05	4.79	2.32	2.46	2.59	6.75	5.88	7.23	6.76
表乾比重	2.60	2.66	2.61	2.61	2.61	2.52	2.63	2.66	2.65
絶対比重	2.56	2.61	2.57	2.57	2.57	2.43	2.59	2.63	2.62
吸水率(%)	1.54	2.09	1.60	1.62	1.65	3.80	1.45	1.20	1.29
単位容積重量(kg/ℓ)	1.629	1.383	1.604	1.592	1.580	1.516	1.591	1.618	1.609
実績率(%)	63.6	53.0	62.4	61.9	61.5	62.4	61.4	61.5	61.4
洗試験(%)	0.58	0.90	—	—	—	0.52	0.44	0.17	—
塩分試験(%)	0.00203	—	—	—	—	—	—	—	—
有機不純物	標準色濃度の濃さ	透明	—	—	—	—	—	—	—

表-4 骨材試験結果

粒度分布は、山砂と砕砂の混合比によって JASS 5 の II 級骨材の標準粒度分布を満足しないものがある。図-

1からもわかるように、混合比が90:10では、わずかではあるが標準粒度分布から外れる。さらに、全体的にフルイ目の呼び寸法 1.2 mm に残るものが少なく、ここで粒度分布が不連続になる。また、砂の粒径が細かいことがわかる。したがって、山砂砕砂の混合比は80:20あるいは85:15を用いるのが望ましい。

洗い試験、塩分試験共に JASS 5 の規定を満足しており、特に山砂の泥分量、砕砂の微粉量には問題がない。しかし、山砂の有機不純物試験は、かなり標準値に近く有機不純物の含有量が大きい。

3.1.2. 粗骨材について 十和田の比重、吸水率は富士川に比べ、絶乾比重で7%程度下廻り、吸水率は2.9倍となっている。また、十和田の比重、吸水率は JASS 5 のⅡ級骨材の規定を満足していない。

十和田の単位容積重量は、富士川より6%程度小さいが、実積率はほぼ同じ値であった。また、実積率は、JASS 5 の規定を満しよい粒形であると言える。しかし、図-1 に示した粒度分布より、Ⅱ級骨材の標準粒度分布から、フルイ目の呼び寸法 15 mm で若干外れておりやや細かいようである。

建築物の場合直接関係ないとされるが、十和田のスリヘリ減量は粒度の区分 B および C で、それぞれ20%、19.4%であった。富士川に比べ、それぞれ 1.6 倍、1.4 倍となっている。また、破碎値は富士川の1.25~1.35倍となっている。このように、スリヘリ減量は土木学会、舗装示方書に示される35%以下の規定は満足しているものの、富士川に比べ十和田の骨材強度が劣ることがわか

	粒度の区分	粒径の範囲 (mm)	十和田産	富士川産
スリヘリ減量	B	15~25	20.0	12.3
	C	5~15	19.4	13.9
骨材破碎値	—	9.52~12.7	16.2	13.0
	—	12.7~19.2	19.9	14.7

表-5 粗骨材のスリヘリ試験および破碎試験結果

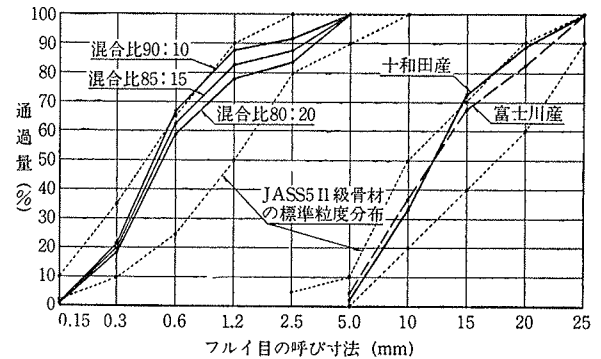


図-1 骨材の粒度分布曲線

調合 NO	粗骨材の種類および混合比*	スランブ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	単位容積重量 (kg/m³)	コンクリート温度 (°C)	フリージング量 (cm³/cm³)
1	富士川 90:10	18.7	325×330	5.6	2,301	23.0	—
2	" 85:15	19.5	379×341	5.0	2,318	22.0	—
3	" 80:20	19.4	330×335	4.6	2,330	22.0	0.554
4	十和田 90:10	19.2	321×325	5.6	2,244	22.0	—
5	" 85:15	19.4	326×322	5.5	2,255	22.0	—
6	" 80:20	19.2	320×327	4.8	2,261	22.0	0.373

*山砂と砕砂の混合比を示す。

表-6 まだ固まらないコンクリートの物理的性質

調合 No.	粗骨材の種類および混合比*	圧縮強度 (kg/cm²)																静弾性係数*2 (×10⁵kg/cm²)										
		材令 7 日								材令 28 日								材令 7 日				材令 28 日						
		標準養生				屋外放置				標準養生				屋外放置				標準養生		屋外放置		標準養生		屋外放置				
		製型時重量(g)	試験時重量(g)	試験値	平均値	製型時重量(g)	試験時重量(g)	試験値	平均値	製型時重量(g)	試験時重量(g)	試験値	平均値	製型時重量(g)	試験時重量(g)	試験値	平均値	測定値	平均値	測定値	平均値	測定値	平均値	測定値	平均値			
1	富士川 90:10	12375	12441	278	278	12390	12316	264	268	12280	12365	347	350	12320	12212	341	363	3.04	2.98	2.95	2.91	3.40	3.14	3.14	3.03			
		12358	12413	281		12309	12244	278		12324	12483	354		12500	12367	369		2.90		2.86		3.19		2.97				
		12469	12533	274		12479	12382	262		12307	12404	350		12500	12361	380		3.00		2.91		3.24		2.98				
2	富士川 85:15	12444	12500	242	258	12486	12388	275	274	12471	12560	376	374	12420	12304	391	362	3.07	3.03	2.87	2.86	3.33	3.06	3.06	2.96			
		12512	12566	283		12360	12277	261		12390	12470	351		12509	12362	367		2.99		2.99		3.21		2.87				
		12352	12413	248		12417	12321	287		12444	12530	395		12430	12256	329		3.02		2.73		3.36		2.96				
3	富士川 80:20	12479	12544	286	289	12362	12294	288	292	12502	12592	340	359	12489	12342	347	351	2.81	2.96	2.79	2.82	3.35	3.03	3.12	3.03			
		12507	12572	280		12360	12287	305		12420	12511	364		12379	12236	352		3.16		2.89		3.35		3.04				
		12525	12591	300		12505	12386	282		12421	12507	374		12635	12470	354		2.91		2.78		3.28		2.94				
4	十和田 90:10	12087	12160	286	274	12016	11925	274	271	12149	12247	349	341	12013	11851	347	349	2.45	2.58	2.45	2.43	2.83	2.60	2.71	2.60			
		12029	12104	272		12039	11953	258		12033	12131	346		12008	11835	351		2.60		2.58		2.49		2.73		2.78	2.60	
		11851	11922	265		12013	11912	280		12044	12143	327		11992	11800	349		2.70		2.36		2.79		2.50				
5	十和田 85:15	12046	12120	283	285	12081	11978	286	285	12096	12196	373	357	12035	11867	342	353	2.51	2.51	2.35	2.42	2.81	2.63	2.63	2.58			
		12045	12115	295		12288	12198	303		12141	12238	334		12067	11867	366		2.49		2.49		2.49		2.42		2.87	2.81	2.61
		11977	12045	276		12112	11979	265		12055	12152	364		12038	11836	351		2.53		2.42		2.75		2.49				
6	十和田 80:20	12203	12272	301	292	12142	12040	268	282	12156	12255	355	362	12090	11929	358	367	2.78	2.74	2.31	2.31	2.76	2.71	2.71	2.65			
		12237	12304	284		12053	11962	293		12038	12131	372		12300	12109	374		2.68		2.35		2.71		2.78		2.74	2.65	
		12124	12189	291		12048	11938	286		12103	12197	359		12109	11901	368		2.75		2.28		2.88		2.49				

*1 山砂と砕砂の混合比を示す。

*2 コンクリートの最大応力度の1/3における静弾性係数である。

表-7 コンクリートの圧縮強度および静弾性係数測定結果

る。これがコンクリートの物理的性質に及ぼす影響は大きなものがあり、低品質の骨材ではスリヘリ減量も調べることが望まれる。

3.2. コンクリート試験結果について

3.2.1. まだ固まらないコンクリートについて まだ固まらないコンクリートの物理的性質を表一6に示した。

スランプは、目標スランプ18cmより1cm程度大きかった。粗骨材の違いによるスランプの差はなかった。これは、コンクリートのコンシステンシーが単位水量に大きく影響されることと、対応する十和田と富士川の調合の各材料の終対容積が同じことを考えれば当然の結果である。

粗骨材の違いによる空気量の差はみられなかったがやや多い空気量であった。同一材料のプレーンコンクリートの場合、空気量が3.5%あり、山砂の細かさが空気を混入しやすくしているものと思われる。

十和田を用いたコンクリートの単位容積重量は、富士川のそれに比べて小さく、粗骨材の比重の差がそのまま出たものと思われる。

ブリージング量は、十和田のそれで0.373 cm³/cm²、富士川のそれで0.554 cm³/cm²であった。コンクリートの調合設計指針案では、常用コンクリートの場合0.5 cm³/cm²である。この値に比べ富士川が若干多い値であるが、山砂の保水性によるブリージングの過少ということはなく、ほぼ妥当な値であると考えられる。

3.2.2. 硬化後のコンクリートについて

(1) 圧縮強度および静弾性係数 表一7に圧縮強度および静弾性係数測定結果を示した。

圧縮強度および静弾性係数が、山砂砕砂の混合比、養生方法および粗骨材の種類によって差が生じるか分散分析によって検討した。

分散分析は、材令28日のものを、三元配置の繰り返しのある場合について行なった。分散分析の要因と水準は表一8に示した。

分散分析の結果は、表一9に圧縮強度について、表一10には静弾性係数についてそれぞれ示した。

圧縮強度の分散分析結果より、山砂砕砂の混合比、養生方法および粗骨材の種類によって圧縮強度に差はないことがわかる。特に、今回の粗骨材の品質の差程度では、圧縮強度への影響はない。しかし、さらに低品質の骨材の場合は影響があり得る。

静弾性係数の分散分析結果では、静弾性係数は粗骨材の種類および養生方法によって差が生じる事がわかる。とりわけ、粗骨材の種類による差が大きく、十和田を用いたコンクリートの静弾性係数は富士川のそれに比べ小

要因	記号	水準	備考
山砂, 砕砂の混合比	A	3	A ₁ : 90:10, A ₂ : 85:15, A ₃ : 80:20
養生方法	B	2	B ₁ : 標準水中, B ₂ : 屋外放置
粗骨材の種類	C	2	C ₁ : 富士川産, C ₂ : 十和田産

表一8 分散分析の要因と水準

Factor	S	φ	V=S/ φ	F ₀	
A	793.7	2	396.9	1.560	F _{2,4} (0.01) 5.614 (0.05) 3.403 (0.10) 2.538
B	1.0	1	1.0	0.004	
C	256.0	1	256.0	1.006	
A×B	534.5	2	267.3	1.049	F _{2,4} (0.01) 7.832 (0.05) 4.260 (0.10) 2.927
A×C	948.2	2	474.1	1.863	
B×C	64.0	1	64.0	0.251	
A×B×C	123.2	2	61.6	0.242	
e	6108.0	24	254.5		
T	8828.6	35			

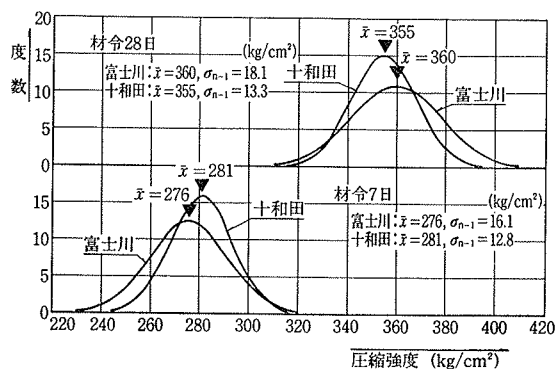
注) **: 1%で有意 * : 5%で有意 • : 10%で有意

表一9 分散分析結果 (圧縮強度)

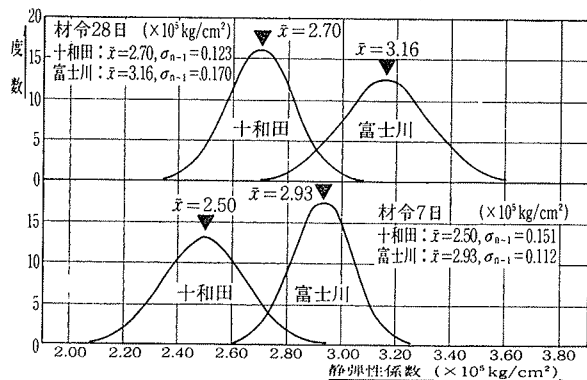
Factor	S	φ	V=S/ φ	F ₀	
A	0.0077	2	0.0039	0.036	F _{2,4} (0.01) 5.614 (0.05) 3.403 (0.10) 2.538
B	0.5088	1	0.5088	4.689*	
C	1.8587	1	1.8587	17.131**	
A×B	0.0101	2	0.0051	0.047	F _{2,4} (0.01) 7.832 (0.05) 4.260 (0.10) 2.927
A×C	0.0012	2	0.0006	0.006	
B×C	0.0267	1	0.0267	0.246	
A×B×C	0.0030	2	0.0015	0.014	
e	2.604	24	0.1085		
T	2.607	35			

注) **: 1%で有意 * : 5%で有意 • : 10%で有意

表一10 分散分析結果 (静弾性係数)



図一2 圧縮強度の分布性状



図一3 静弾性係数の分布性状

さいことがわかる。

図一2および図一3が、分散分析結果をより明確に説明している。これらの図は、それぞれの測定値が正規分布であると仮定し、平均値および標準偏差から推定した正規曲線を示し、圧縮強度は図一2に、静弾性係数は、図一3に示した。

図一2から、圧縮強度は粗骨材の種類に関係なく、材令7日、28日共に、平均値が等しくほぼ同様な分布特性を示している。これに対し、図一3に示す静弾性係数は、平均値に明らかな差がみられる。十和田の値は、材令7日、28日共に富士川の約85%の値であった。

このように、静弾性係数は使用骨材の品質、特に比重、吸水率および硬さに大きく影響されることがわかる。

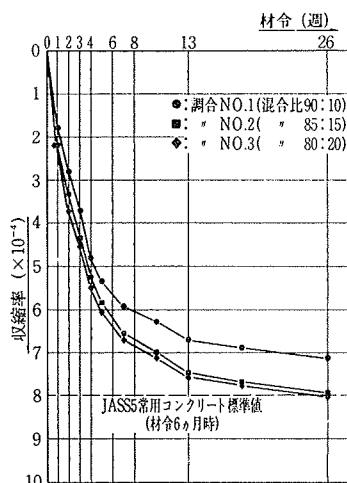
(2) 長さ変化 富士川を用いたコンクリートの長さ変化率測定結果を図一4に、十和田のそれを図一5に示した。

富士川の長さ変化率で、山砂砕砂の混合比が90:10のものが他の混合比のものに比べ、変化率で 1×10^{-4} 程度小さい。しかし、十和田のそれは、山砂砕砂の混合比による差はなくほぼ同じ値を示しており、山砂砕砂の混合比が長さ変化に与える影響は小さいものと思われる。

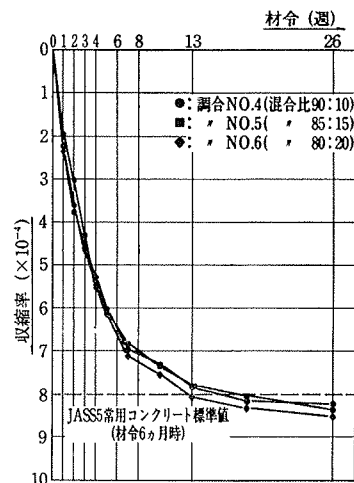
富士川の長さ変化率と十和田のそれを比較すると、わずかではあるが十和田の長さ変化が大きい。このような差は、調合条件、使用材料のセメントおよび細骨材が同一であることから、静弾性係数と同様に粗骨材の品質の影響が現われているものと思われる。

4. まとめ

今回は、主に十和田産川砂利と富士川産川砂利の骨材試験およびこれらを用いたコンクリートの物性について調査を行なった。この結果、両骨材の品質、特に比重、吸水率および硬さにかなりの差があった。また、コンクリートの物性、特に静弾性係数に粗骨材の品質によって



図一4 長さ変化率測定結果 (富士川)



図一5 長さ変化率測定結果 (十和田)

差があることがわかった。

現在、一般的に骨材事情が悪化する傾向がある。このような状況の中で、青森地方あるいは東北地方に限らず、使用骨材の品質に注意し、それが低品質の場合圧縮強度の確認だけに留まらず静弾性係数についても事前に調査することが望まれる。

調査により、静弾性係数のみが低い時、その骨材を使用することができないのではなく、構造設計に際し、それなりに評価することが必要となる(軽量骨材の場合と同じ)。また、過酷な凍結融解のくり返しを受ける場合にはさらに検討が必要となる。

参考文献

- 1) コンクリート専門委員会：細骨材の品質調査報告，コンクリート専門委員会報告 F-28，(財)セメント協会，(昭和51.12)
- 2) コンクリート専門委員会：粗骨材の品質調査報告，コンクリート専門委員会報告 F-29，(財)セメント協会，(昭和52.10)
- 3) 青森県生コンクリート工業組合，技術・公害委員会：青森県の骨材事情について，(昭和54.10)