

東北地方のコンクリート用骨材の品質と配合について

日本道路公団 正員 大 賀 寛
正員 本 江 裕 文
正員 ○ 沢 彰 男

1. まえがき

東北自動車道（以下東北道）の白河～仙台及び仙台～盛岡間の建設に必要な骨材の品質状況とコンクリート配合について述べる。東北地方は一般に地質の成層年代が若く岩質も軟弱であるので骨材として良質のものが少なく、又厳しい気象作用を受けぬため、これらを考慮してコンクリート配合を決めなければならぬ。

2. 骨材の品質について

2-1 骨材の品質調査箇所

東北道沿線の骨材の主な産地として河川砂利（陸揚が主体）は那珂川水系、白石川、名取川水系、北上川とその支流である江合川、胆沢川、和賀川、雫石川、山碑は郡山地区、白石仙台地区、石巻地区、築館地区、花巻盛岡地区、河川砂は那珂川水系、阿武隈川下流、白石川、北上川及びその支流の河川があるが、コンクリート用骨材として骨材の品質を調査した箇所は図-1の通りである。

2-2 骨材の物理試験結果

試験結果をまとめると図-2のような分布になる。河川砂利については両区間で比重が東名の平均 2.63 に比較して平均 2.55 と一般に小さく、中には雫石川、江合川の一部のように 2.50 以下のものもある。吸水量は東名の平均 0.9% に対して $2\sim6\%$ （平均 3.2% ）と大きい。軟石量は規定の 5% に対し 75% が不合格であり、安定性は約半数が不合格である。河川別にみると各試験ともかううじて規定を満足するのは那珂川水系と胆沢川だけでその他の河川は品質が悪く、特に白石川、名取川支流、江合川、和賀川、雫石川のように梨羽山系から流出する河川は比重 $2.41\sim2.57$ 、吸水量 $2.5\sim5.5\%$ 、軟石量 $10\sim30\%$ 、安定性 $12\sim25\%$ で品質が極めて悪い骨材が大部分である。北上川は支流の影響を受け、地区により品質が異なるが全般的には上記河川より多少良好である。（比重 $2.53\sim2.62$ 、吸水量 $2.66\sim3.05\%$ 、軟石量 $4\sim12\%$ 、安定性 $9\sim13\%$ ）しか（上流では粒形が悪く偏平な石が目立つ。

一方山碑については両区間ともほぼ同様な品質を示し（比重 2.66 、吸水量 2.1% 、安定性 9% ）吸水量がやや大きい他は全般的に良好な骨材とみなすことができるが、白石仙台地区、築館地区、盛岡地区の一部には比重が小さく（ 2.50 前後）吸水量の大きい（ 3.7% 前後）ものがみられる。高炉スラグはその製成過程から比重が 2.47 と小さくスリヘリ減量も 33% と大きいのが特徴となっている。

細骨材については一般に比重が平均 2.55 と小さく、吸水量が北上川の奥羽山系風の支流の平均 4.6% と大きい他はほぼ良好であるが、阿武隈川下流の砂は雲母の含有量が多く、材質的にも軟質なものが多く含まれ、粒度も $0.2\sim1.2\text{mm}$ が多く単粒の傾向が強い。又北上川下流の砂は一般に細粒であり（F_M平均 2.3 ）又採取場所や採取時期により有機不純物や泥土が混入する事もあり品質は悪く不安定

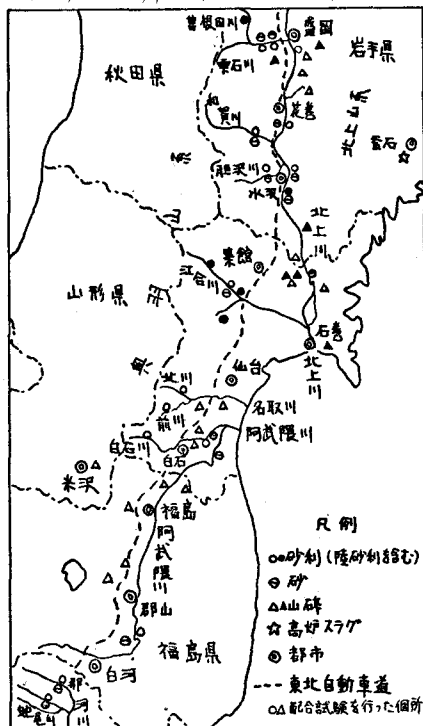


図-1 試料採取位置図

である。阿武隈川下流、北上川下流の砂は共に粒度が細くコンクリートの所要のワーカビリティを高めるに単位水量が多くなり、又材質が悪いためにコンクリート強度に大きな影響を与えている。

3 配合試験について

図-1に示す調査箇所のうち白河～仙台では17種の粗骨材と那珂川水系・阿武隈川下流・白石川産の細骨材を組合せ、仙台～盛岡では14種の粗骨材と北上川下流及び地の産地の粗骨材を使用し、250～450 kgのセメント量で配合試験を行った。図-3,4は其の結果で、セメント量290kg以下がB₂、Cクラス(配合設計基準は表-1参照)、270～350kgがB₁クラス、350kg以上がAクラスに相当する配合でスランパが各規定範囲の最大値に30cm加えた時の28日圧縮強度の範囲を示す。図-3は粗骨材に那珂川・荒虎川・白石川・名取川水系の砂利、白河～仙台の砕石、細骨材に那珂川・荒虎川の砂、阿武隈川・白石川の混合砂を各々組合せた配合試験結果である。白石川・名取川水系の砂利は地の粗骨材に比べコンクリート強度が著しく小さく、又砕石のコンクリート強度は一定の範囲に入り品質が類似した傾向を示す。白石川・阿武隈川の混合砂を使用したものは那珂川・荒虎川の砂を使用したものに比べ約100kg/m³の強度低下があり、又細骨材の種類、粗骨材の種類、セメント量も各要因として分散分析した結果も細骨材の寄与率(26%)が粗骨材の寄与率(14.7%)に比べ大きく、細骨材の粗選による強度差は無視できない。

仙台～盛岡の配合試験で明らかになったことは、北上川下流産の砂を使用したものは地の産地の砂を使用したものに比べ約100kg/m³の強度低下があり、又粗骨材を除く河川砂利、築路地区を除く地産の小さな砕石、高炉スラグでは高強度が長期待たず、特にセメント量350kg以上の配合では著しく、高強度が要求される配合には選択された骨材を使用する必要がある。図-4は配合試験結果でセメント量350kg以上では選択された良質骨材を使用した場合の強度範囲を表わしている。

単位水量、ワーカビリティを各単位セメント量300kg、スランパ(30cm)一定に於て河川砂利に那珂川水系の水を使用するのと平均150kg、地の砂を使用するのと平均160kgで東名の平均147kgに比較し、内河に増え、砕石コンクリートでは更に単位水量が多くなる。従って従来のセメント量では水セメント比も5～10%多くなり、凍結融解に対する耐久性に及ぼす影響が憂慮される。

4 凍結融解試験について

全般的に右記の骨材は物理特性が極めて悪く、又配合における単位水量の増加等の悪条件に

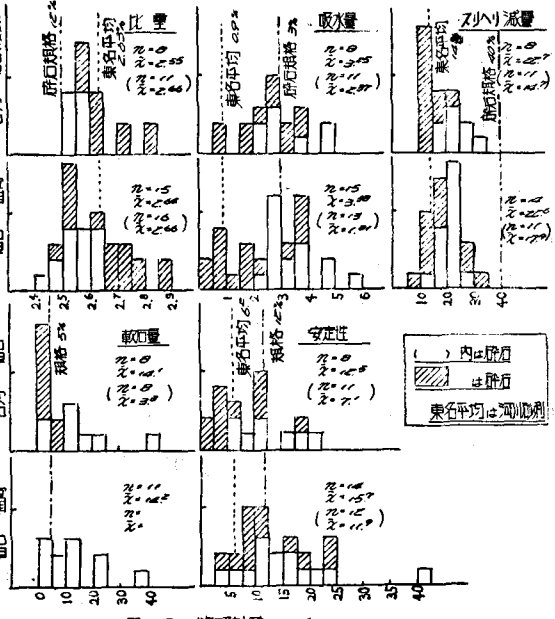


図-2 物理試験ヒストグラム

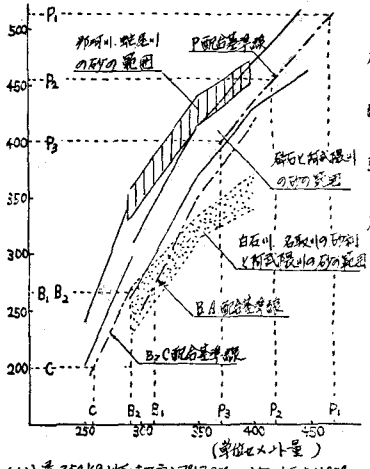


図-3 セメント量と圧縮強度(白河～仙台)

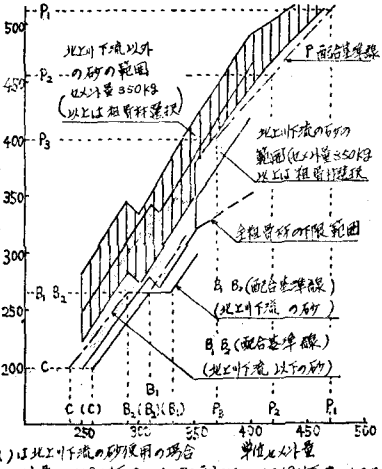


図-4 セメント量と圧縮強度(仙台～盛岡)

加えて東北地方の気象条件は厳しく、これらがコンクリートの凍結融解に対する耐久性に及ぼす影響が懸念されるので、凍結融解試験を行うための耐久性を調査した。凍結融解試験はB-1相当の配合を対象とし、ASTM Z80-61Tに基づき-17.2℃～+4.4℃を1サイクルとして300サイクルまでの動弾性係数、損失重量の変化を、又仙台～盛岡の骨材については50サイクルまでの損失重量を測定した。その結果、那珂川、阿武隈川、北上川の細骨材の違いにより耐久性の相違はなかった。

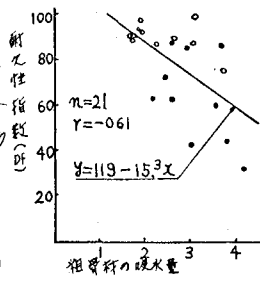


図-5 吸水量と耐久性指数

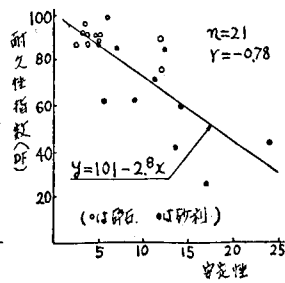


図-6 安定性と耐久性指数

が、粗骨材は耐久性に大きい影響を及ぼす。河川砂利のうち比較的品質の良い那珂川、胆沢川、曹根田川、北上川の甲流の一部（北上川から流れる炭石川の影響）のものは耐久性指数（DF）60以上で耐久性も比較的優れてゐるが、吸水量、安定性、損失重量が大きき品質の良くない白石川・名取川支流・五合川・初賢川・栗石川及びその影響を受ける北上川上流・甲流の一部のもの（骨材の凍結融解試験による損失重量百分率も前者及び白石の5～19%に比べ30%以上で骨材そのものの耐久性も劣る）はDF 60前後以下で耐久性も劣り、気象作用の受けやすさのため耐久性が心配されたがDF 60以上で問題がなかった。図-5、6は粗骨材の吸水量及び安定性と耐久性指数の関係を示したもので、それぞれ5%、12%以下であればDF 60以上で耐久性も満足するものと思われる。

表-1 標準配合

コンクリート種別	設計強度 (MPa)	配合強度 (MPa)	打設時のスラッシュ (cm)	層材の最大寸法 (mm)	空気量 (%)	白河～仙台				仙台～盛岡			
						単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)
B ₁₋₁	240	266	5-10	25	3-6	165 (142)	310	53.2 (45.8)	42.6 (37.0)	178 (158)	330	53.9 (47.9)	43.8 (39.1)
B ₂₋₁	240	266	5-10	40	3-6	154 (136)	290	53.1 (46.9)	38.8 (34.0)	170 (150)	310	54.8 (48.4)	38.9 (33.9)
C	180	200	3-8	40	3-6	165 (150)	255	64.7 (58.9)	38.8 (35.0)	162 (142)	260	62.3 (54.6)	40.9 (36.9)
P ₁₋₂	450	513	3-8	25	2-4	170 (142)	470	36.2 (30.2)	38.6 (34.0)	184 (164)	470	39.0 (34.9)	39.4 (34.5)
P ₂₋₂	400	456	3-8	25	2-4	166 (142)	420	39.5 (33.8)	40.0 (35.0)	180 (160)	420	42.9 (38.1)	42.1 (36.4)
P ₃₋₂	350	399	3-8	25	2-4	163 (142)	370	44.1 (38.4)	42.0 (36.9)	176 (156)	370	47.6 (42.2)	43.8 (38.2)

() は河川砂利使用

のもの（骨材の凍結融解試験による損失重量百分率も前者及び白石の5～19%に比べ30%以上で骨材そのものの耐久性も劣る）はDF 60前後以下で耐久性も劣り、気象作用の受けやすさのため耐久性が心配されたがDF 60以上で問題がなかった。図-5、6は粗骨材の吸水量及び安定性と耐久性指数の関係を示したもので、それぞれ5%、12%以下であればDF 60以上で耐久性も満足するものと思われる。

凍結融解に対する耐久性を満足させるには、良質な材料を使用して水セメント比を出来るだけ小さくし、施工においては空気量を少なくとも5%は確保し、不良打継目、材料分離、コールドジョイント、バグウェル等の施工上による欠陥部分を設けまい事などが必要である。

5. 標準配合の作成について

標準配合作成の条件として、凍結融解に対する耐久性の高い骨材を除き、細骨材の相違（白河～仙台では阿武隈川産と地河川産、仙台～盛岡では北上川下流産と地の産地のもの）により配合を変え、更に仙台～盛岡では高強度が要求される配合（A・Pクラス）については良質な細骨材（北上川下流産を除く）と比較的良質な砕石と胆沢川産砂利を粗骨材として選択した。これらの条件により図-3.4をもとに作成したのが表-1（一部省略）で、それぞれ阿武隈川、北上川下流産の細骨材を使用した標準配合割合を表す。仙台～盛岡の地の河川産の砂利を使用した配合は阿武隈川産の砂利使用の場合の配合と大體類似し、白河～仙台の地の河川産の砂利使用の場合は従来の公団標準配合で十分であり、B₁・B₂・C・P₁・P₂・P₃クラスの単位セメント量はそれぞれ290, 280, 240, 450, 400, 350 kgである。なお炭素割合は、白河～仙台のCクラスのA E剤の地は減水剤を使用する。

6. あとがき

東北地方におけるコンクリート配合設計で所定の強度を得るには他の地方に比べて多くのセメント量が必要とし、特に高強度が要求される配合には骨材を選択して使用する必要がある。又凍結融解に対する耐久性が要求される場合には骨材を選択して使用する必要があると思われる。