

抄 録



目 次

氷 の 耐 荷 力 (II)

現場試験図表によるAEコンクリートの強度

建設省土木研究所彙報 第7号, 第8号 抄録

氷 の 耐 荷 力 (II)

3. 氷厚, 温度及び鹽度が曲げ強さに及ぼす影響

氷は、既述の如く、極めて弾性限度小さく又極めて垂直方向に不齎である。従つて氷に対し弾性理論に基礎を置いた式を採用することは假定上に相当無理がある訳であるが、この事を記憶しつゝ、次式を採用する。

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{h_1^2}{h_2^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

こゝに, p : 氷上に置かれた荷重の重サ

h : 氷厚

式(3)は氷の曲げに対する抵抗力は氷厚の自乗に比例することを示すものであつて、若し一定の性質と厚サとを有する氷が担い得る荷重を實驗より知るならば、式(3)よりして任意の荷重を担うべき同一性質の氷の厚サを算出し得る。式(3)より進んで淡水氷に対し次式を得る。

$$h = 10\sqrt{\frac{p}{\sigma}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

或は
$$p = \frac{h^2}{100} \quad \dots\dots\dots(5)$$

こゝに h : 淡水氷の厚サ (cm)

p : 集中荷重の重サ (ton)

式(4)及び(5)は氷の温度 -9° なる場合に得られたものである。

温度と氷の曲げ強サとの関係は、温度と圧縮強サとの関係の如く、ロインエ氏の式が成立すると假定すれば、

$$\sigma = \frac{1-t}{k} \quad \dots\dots\dots(6)$$

こゝに, σ : 氷の許容應力,

k : 氷を特徴づける係数で、所與試片に対し常数

t : 氷の温度

許容應力は厚サの平方に反比例するが故に、式(6)より次式を得る。

$$\frac{h_2^2}{h_1^2} = \frac{1-t_1}{1-t_2} \quad \dots\dots\dots(7)$$

若し式(4)及び(5)を用い、之等の式は -9° の場合得られたことに留意するならば、式(4)、(5)及び(7)より次式を得る。

$$h_t = h \sqrt{\frac{10}{1-t}} = 10\sqrt{\frac{10p}{1-t}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$p_t = \frac{h^2}{100} \cdot \frac{1-t}{10} \quad \dots\dots\dots(9)$$

こゝに, h_t : 荷重 p を支える温度 t なる氷の厚サ

p_t : 厚サ h , 温度 t なる氷によつて支えられる荷重の重サ

實際上工事現場に於て氷の温度を求めることは極めて困難であり、殊に氷内の垂直温度分布は複雑であるから(“氷の温度”については別稿の予定)氷の温度の代りに最後の10日間の平均氣温を用い得る便法がある。

次に鹽度約6%, 温度約 -9° の海水氷に対しては次式を採用し得る。

$$h_s = 16\sqrt{p} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$p = \frac{h_s^2}{250} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式(4)と(10)とを比較して分明なる如く、冬期海水氷が淡水氷と同一の荷重を支えるためには1.6倍の厚サを要する。

式(10)及び(11)に於ける海水の鹽度は約6%であるから近似的に次の如く書き得る。

$$h_s = h_o(1+0.1S_i) \quad \dots\dots\dots(12)$$

こゝに S_i : 海水氷の鹽度

海水氷の平均鹽度は海水氷が形成される海水の鹽度よりも約5倍小である。これより淡水氷の支える同一の荷重を支えるべき海水氷の厚サは次の如くなる。

$$h_s = (1+0.02S)h_o \quad \dots\dots\dots(13)$$

こゝに S : 氷が形成される海水の鹽度

式(13)より更に概略であるが、ソ連資料に依れば白海、北氷洋及び極東の海水氷に対しては

$$h_s = 1.6h_o \quad \dots\dots\dots(14)$$

フィンランド灣、アゾフ海及びカスピ海に対しては次式が採用されてゐる。

$$h_s = 1.3h_o \quad \dots\dots\dots(15)$$

以上示せる極めて近似的な式を合成して、次式を得る

$$h_{ts} = (1+0.1S_i) 10\sqrt{\frac{10p}{1-t}} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$p_{ts} = \frac{h^2}{100} \frac{1-t}{10} \frac{1}{(1+0.1S_i)^2} \quad \dots\dots\dots(17)$$

- ここに h_{ts} : 荷重 p を支える温度 t , 塩度 S_i なる水の厚サ (cm)
- P_{ts} : 温度 t , 塩度 S_i なる水によつて支えられる集中荷重の重サ (ton)
- h : 温度 -9° なる淡水水の厚サ (cm)
- S_i : 水の塩度
- t : 水の温度

〔例題〕 水の温度 -15° , 水の塩度 5%にして, 氷厚 50cm なる海水水の支え得る荷重を求む。

$$P_{ts} = \frac{50^2}{100} \frac{1+15}{10} \frac{1}{(1+0.1 \times 5)^2} = 18\text{ton}$$

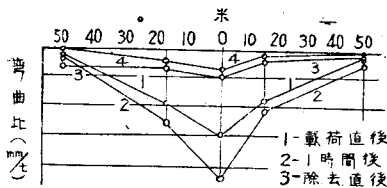
4. 荷重を受ける氷の彎曲について

氷は、既述の如く塑性を有し比較的小なる荷重を受けた場合にも彎曲し変化するが破壊しない。

氷厚 4~5cm の淡水水, 或は 5~6cm の海水水は既にその上を歩行し得て, 恰も堅く張つた革上を歩行するが如き弾力性を感じるのである。斯る氷面上の衝撃は, 若しこの際氷が破壊しないならば, 氷面に "波動" を生起する。

最も明瞭な氷の彎曲は載荷点下の氷面に現われる。圖一2 は河水上に敷設せる鉄道車輛下の水面陥下を示す。

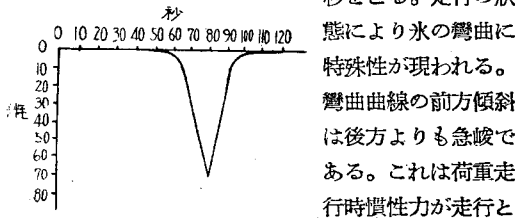
圖一2 時間の経過に伴い載荷下水面の彎曲



圖一2 に於て, 水平軸には路盤軸よりの距離を m , で採り, 垂直軸には彎曲比をとる。彎曲比とは彎曲量 (mm) と荷重 (ton) との比である。載荷後彎曲量は増大し, 3時間にして載荷直後の 2~3 倍に達するが, それ以後 9~10 時間は増大せず, 荷重除去後迅速に殆ど消滅し僅小の残留変形が残る。

圖一3 は 52ton の機関車が氷上鉄道を走行し渡河せる場合の氷の彎曲図である。

圖一3 氷上渡河鉄道上を 52 ton 機関車が走行せる場合の氷面彎曲, 走行速度約 3 km/h.

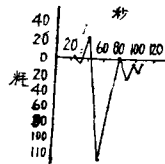


垂直軸に彎曲量 (mm) を, 水平軸に秒をとる。走行の状態により氷の彎曲に特殊性が現われる。彎曲曲線の前傾斜は後方よりも急峻である。これは荷重走行時慣性力が走行と

反対方向に作用するからであつて, この前方後方両曲線の傾斜差は走行速度が大である程大である。荷重走行の場合は彎曲円錐体は対照とならない。

圖一4 は圖一3 と同一線路を電気機関車に貨車 1 輛 (総重 74ton) を連結して走過せしめた際の氷の彎曲を示す。但し走行速度は 15~20km/h, 走行時の氷の最小厚は 46 cm であつた。圖一4 より明らかな如く, 荷重走過開始時線路上に設置された標識は 3mm 低下しその後 28mm 上昇した。輪轉材料の通過時 128mm

圖一4 氷上渡河鉄道上を電気機関車と貨車 1 輛総重 74ton が走行せる場合の氷面彎曲, 走行速度 15~20km/h



下がり, その後若干変動して後最初の位置より 8mm だけ低下した状態にあつた。即ち残留変形は 8mm であつた。

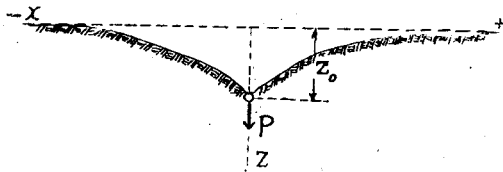
圖一3 と圖一4 とを比較して認められる差異は, 緩徐速度の場合得られた前者は少しも "波動" が認められなかつたが, 大なる速度の後者の場合には氷の波状彎曲が認められた。この現象は氷の彎曲が氷に伝えられ, 氷内で形成された波が氷を波状に曲げさせたのである。換言すれば荷重は, 河岸から氷上に下げられつゝ氷を彎曲し, 且つ重い荷重を受けて氷内に彎曲の特殊な円錐体を形成する。この円錐体は空間的に移動してゆき, その進路の水を押しし氷内に波を生起する。この波は今度は一般的法則に従い空間に移動し, 氷をその波の形に曲げさせるのである。

荷重を受ける氷の彎曲は弾性基礎上の弾性版の曲げ問題に帰着する。然し氷はその組成が垂直方向, 水平方向共に極めて不均齊である。又氷内の温度分布は垂直的に極めて特殊且つ変動的であり, しかも氷の機械的諸性質はこの温度に関連してある。尙最も重要なことは荷重は弾性限度を超過しないことである。然し氷の弾性限度は, 既述の如く, 氷は脆性体であると考えねばならぬ程小である。然し實際上氷上渡河, 氷上飛行場等の場合, 氷の彎曲形状は弾性限度の近くではなくて塑性限度の近くが重要である。上記事項を考慮して数学的に解析することは非常な困難が伴うので, 余儀なく近似的方法により問題を簡單化せねばならぬ。

圖一5 は水平方向は無限と考え得る氷原上に集中荷重がのり, この荷重を受けて氷は若干彎曲し, その際最大彎曲量は載荷点に在り, この点から彎曲量は次の如き仮定に従つて減少するとする。

1. 載荷釣合後周辺への彎曲曲線は曲折点を有しない。

圖一五 集中荷重を受ける水の彎曲



2. 彎曲量は載荷点より周辺に向い減少し距離に比例する。

3. 彎曲円錐体の容積は排除する水の容積に等しく、その容積重は荷重と釣合う。

假定2により次式を得る。

$$dz = -kz dx \quad \dots\dots\dots(18)$$

こゝに z : 彎曲量

x : 水平距離

k : 彎曲係数と称すべき比例係数。載荷点より同一線上にある2点の彎曲量の同時測定により容易に求め得る。

積分して次式を得る。

$$z = z_0 e^{-kx} \quad \dots\dots\dots(19)$$

こゝに z_0 : 載荷点に於ける彎曲量

荷重を受けた際の彎曲量及び荷重が水下に落下するに至る迄の過程を実験的に研究したのであるが、その際次の如く観測された。但し彎曲量は載荷点より開始し同一放射線上にある4点をとつて測定を行つた。

1. 荷重を緩徐に増大せる場合、彎曲量は始めは緩徐に滑らかに増加し、龜裂が這入るや飛躍的に増加し、終に荷重の落下直前に極めて迅速に、特に載荷点附近で甚しい。

2. 彎曲量及び単位距離当りのその増加量は載荷点より周辺に到るに従い減少した。

3. 載荷せる場合載荷点より或る距離に於て水の隆起が観測された。この隆起は荷重を増大するにつれ次第に遠ざかつた。

4. 荷重を増加しある値迄、水面に放射的な又同心円の龜裂が出現した。同心円の龜裂は荷重の外形に近似的に荷重にも生じ荷重の形状が円筒の場合には龜裂も円形であつた。荷重落下前、荷重に最も近い龜裂は貫通するに至つた。

5. 落下箇所、形及び大きさは殆ど正確に荷重の形及び大きさに準拠した。

実験より次の事がわかつた。水の彎曲はよく対数曲線に類似し、彎曲係数は水の厚さの増加につれ減少するものである。

假定3.より次の如くなる。彎曲の最大量はOZ軸の周りにある面積の廻轉により形成される容積より求められる。この面積の一侧Oxは軸であり、他は対数曲線であつて、それは載荷点で始まり、Ox軸に無限に迄づく曲線である。

対数曲線とOx及びOZ軸とに包含される面積は次式で表される。

$$Q = \int_0^{\infty} z dx = \frac{z_0}{k} \quad \dots\dots\dots(20)$$

一側Ox軸、他側彎曲の対数曲線で形成されたOZ軸の周りの廻轉体の容積は次の如くである。

$$V = \pi \int_0^{z_0} x^2 dz = \frac{2\pi z_0}{k^2} \quad \dots\dots\dots(21)$$

水の密度を単位にとり、又押出水の容積重は荷重と釣合はねばならぬとの假定より次式を得る。

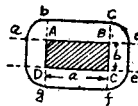
$$P = \frac{2\pi z_0}{k^2} \quad \dots\dots\dots(22)$$

式(22)より次の如く言える。同一水に対し(同一彎曲係数に対し)荷重の増加する場合彎曲の最大量は比例的に増大する、又増大彎曲量をつくる荷重は彎曲係数の平方に反比例する。

彎曲係数は水の物理的性質及び氷厚に關係する。観測の結果最大0.18 最小0.044、平均として $k=0.1$ を得た。

式(22)は荷重の占める面積が考慮されてゐない。面積は實際的意義を持つてゐるので、大なる水面積に荷重が分布される程氷厚は薄くてよい訳である。周辺 r 面積 q 、重サ P なる矩形荷重が(ABCD)氷上に作用し、水の彎曲等量線(abdefg)は圖一六に示すが如

圖一六 矩形荷重附近の水の彎曲等量線



く起るものとする。矩形荷重により生起する彎曲の総容積重は荷重と釣合ると、假定して次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{2\pi z_0}{k^2} + \frac{2z_0}{k}(a+b) + z_0 ab \\ P &= \frac{2\pi z_0}{k^2} + \frac{z_0}{k}r + z_0 q \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(23)$$

こゝに z_0 最大彎曲量

a 及び b : 矩形荷重の辺

式(30)の右辺の第1項は1点に集中せる或る荷重 P_c により押出された水の容積に等しく、第2項は矩形荷重の辺に相應する押出水の容積、第3項は荷重面積の下に分布された押出水の容積である。

式(22)より

$$z_0 = -\frac{P_c k^2}{2\pi}$$

式 (23) に代入して、次式を得る。

$$P = P_c \left[1 + \frac{kr}{2\pi} + \frac{k^2 q}{2\pi} \right] \dots\dots\dots(24)$$

今 $k=0.1$ にとれば次の如くなる。

$$P = P_c (1 + 0.02r + 0.002q), \dots\dots\dots(25)$$

上式に於て荷重は ton, 長さ は m である。

海水氷の場合は, 集中荷重, 氷厚, 温度及び塩度間の関係を実験的に求めて次式を得る。

$$P = \frac{h^2}{100} \frac{1-t_i}{10} \frac{1}{(1+0.1S_i)^2} (1+0.02r + 0.002q) \dots\dots\dots(26)$$

ここに h : 氷厚(cm)

t_i : 氷の温度

S_i : 氷の塩度

(原田千三)

現場試験図表によるAEコンクリートの強サ

Strength of Air-Entrained Concrete
Given by Job-Tested Charts; Tohn
Sigglekew, E.N.R. Nov. 3.1949.P.30

今次大戦中, アメリカに発達した AE コンクリートは, 松脂, 植物性又は動物性脂肪等の所謂起泡剤をコンクリートに混入して, セメント中のアルカリと反応させ, コンクリート中に 3~8 % の気泡を生ぜしめてそのコンクリートの耐久性を著しく増大させることから, 広く使用される様になつて来たが, 我國でも最近ようやく注目を浴びるようになって今後相当使用される氣運になると思われる。

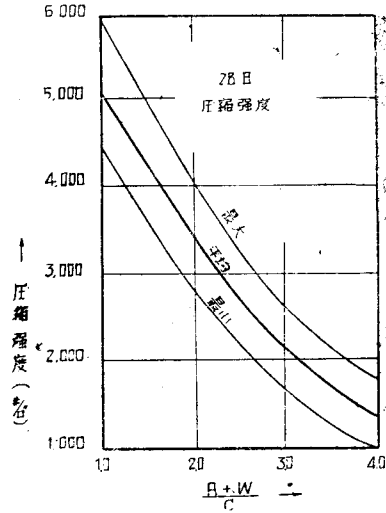
AE コンクリートは使用材料, 混合操作等の如何によつて発生する気泡の量に相当の変動があり, そのコンクリートがどの位の強度をもつものか, 多くの実験によつても仲々これを明確に推定することが困難である。

本文では, その1つの推定の方法として, 碎石, 又は砂利を用いたコンクリートの, セメント, 水, 及び空氣量等の適当な組合せについて, AE コンクリートの, 大体の強度を示す図表を與えている。

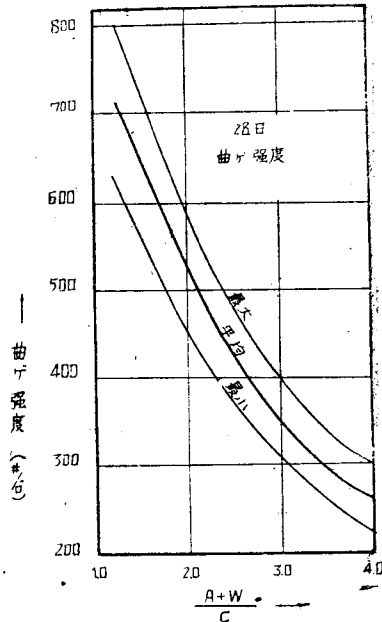
圖一1 及び圖一2 がそれで, 夫々材令 28 日に於ける圧縮強サ及び曲げ強サを與える。

これらの図は, 普通の材料を用いた標準 AE コンクリート (normal air-entrained concrete mixture) について適当な監理の下に製作し試験された 17 000 ケの供試体の試験結果から求めたもので, 骨材は碎石で

圖一1



圖一2



養生期間中の温度は 70°F であつた。

図の中で, 横軸の $\frac{A+W}{C}$ は混合物中のセメントの絶対容積 (Absolute volume) に対する, 空氣量と水との絶対容積との比である。

例えば, 空氣含有量 4%, コンクリート 1 立方ヤード当りの水, 30 ガロン, でセメントが 6 袋のときには

$$\frac{A+W}{C} = \frac{27 \times 0.04 + \frac{30}{7.48}}{6 \times 0.48} = 1.77$$

即ち図から, 圧縮強サの最小値が 3 200 lb/in², 平均 3 800 lb/in² で最大 4 500 lb/in² 位となる。同様に曲

ゲ強サも最小、平均、最大値として、それぞれ 500, 580, 650 lb/in² の強サを得る。
もし養生温度が 70°F 以下 40°F までで昇れば 1°F の低下ごとに図で與えられる値からその 1.2% を減ずる。又砂利を用いたものに対しては曲ゲ強サを 60 lb/in² 減ずる。

この外、本文では材令 7 日に対する同様な図表をあ

げている。

良好に作られたコンクリートでもその平均は大体この図の最大値位となる。

材料及び、製作操作の改良進歩によつて、AE コンクリートの強サは今後増大し、図の値も当然變つて來ると思われるが、我國に於ても、広く信頼出来るこれら図表の出現が望ましい。

戦後における各種セメントの物理的性質について

第3報 第7号 昭 24.5

昭和 23 年 4 月より同 24 年 3 月迄の 1 年間に行つたセメントの試験結果を挙げ、昭和 11 年~13 年、昭和 22 年 3 月迄、昭和 22 年度及び昭和 23 年の試験結果と比較して、終戦後のセメントの品質は始めは平均の強サも低く、規格に合格しないものも相当あつたが、比重、粉末度も次第に良くなり、強サも次第に向上して來ているが、まだ昭和 11 年~13 年当時のセメントに比べると相当の開きがある。強サは 1 年毎に上昇して來ており、最大値と最小値の差が小さく即ち次第に強サのむらがなくなつて來ているが、材令に伴う強サの増加率は余り良くない。又各試料の強サの平均値は規格以上であるが、中には規格に合わないものも相当にあり、殊に品名と異なる劣悪な雑用セメントもあるから、工事前に使用するセメントに就て所要の試験をして、セメントの品質を確かめて適当な対策を考へる必要がある。

前述の各期間におけるセメントの試験結果を掲げれば表-1 のようである。

建設技官 山田順治
清水道貞

小名濱港の遮蔽に関する実験

第8号 昭 24.8

福島縣小名濱港が現在の南防波堤と防砂堤だけでは暴風時に避難港としての役割を果すことが出來ず、再三港内施設及び漁船等に災害を受けている爲、之に對

表-1

造陸方向	品名	比重	粉末度	水結(%)		曲ゲ強度(%)				圧縮強度(%)			
				先交	結結	3日	7日	28日	3日	7日	28日		
進陸方向	昭和 22 年 4 種	3.08	5.6	2.56	4.51	18-38	37-57	61-82	57-87	11-231	156-332		
	昭和 23 年 12 種	3.09	2.3	2.20	4.36	15-31	33-49	53-67	50-111	57-198	121-288		
普通ポルトランドセメント	昭和 11 年~13 年 24 種	3.16	2.96	2.37	4.19	20-43	32-52	53-80	68-88	112-240	127-375		
	昭和 22 年 3 月迄 16 種	—	4.37	3.32	6.27	78-221	139-339	235-60	19-76	40-107	150-195		
	昭和 23 年 3 月迄 12 種	3.08	5.36	5.38	8.14	131	233	41.0	37.0	63.0	115.0		
	昭和 24 年 3 月迄 15 種	3.08	4.02	3.45	6.05	86-29	116-45	287-70	28-100	42-100	96-233		
シッカセメント	昭和 24 年 3 月迄 4 種	2.93	4.85	3.36	7.58	5-16	15-34	28-62	14-52	43-88	115-235		
雑用セメント	全 上 5 種	2.89	9.13	6.49	12.05	2-8	1-29	9-40	9-19	4-96	24-100		
	規	早強ポルトランドセメント	73.05	< 12	71.0	< 10.0	> 20	> 35	> 55	> 80	> 60	> 250	
規	普通セメント	73.05	< 12	71.0	< 10.0	> 10	> 20	> 30	> 35	> 70	> 150		
	シッカセメント	72.75	< 12	71.0	< 10.0	> 8	> 16	> 27	> 25	> 50	> 150		
規	雑用				< 24.0		> 10	> 16		> 30	> 60		

*する各種の対策として、防波堤の延長、新設或は嵩上げ等について比較実験を行つた結果の報告である。既往の観測結果から同港の風向、風速及び波浪、ウネリの資料を挙げ、模型実験により、最も不利と考えられる条件に対して、現在の防波堤の延長、嵩上げ、或は新設防波堤の長サ方向位置等の各種の組み合わせを採りこの模型港内の波の状況を観測して、有利な配置を定めたものである。

建設技官 佐藤清一
" 柁沢郡治

流速計係数検定成績に関する報告

第3報 第9号 昭 24.8

松井 茂

昭和 22 年より昭和 24 年 3 月に至る間において、建設省土木研究所において検定した 139 ヶの流速計ブライズ式 88, 森式 28, 広井式 28, オルトマン式 5 の検定結果の報告である。