

土木學會標準示方書に基いた コンクリートの配合 設計の一例

正員 北大工学部 前田 直方

コンクリートの配合設計の一つの方法を順を追って解説する。まずセメント、骨材の試験を行うのであるが順序は大体次の通りである。

- (1) 水セメント重量比の仮定
- (2) スランプ
- (3) 粗骨材の最大寸法
- (4) 粗細骨材重量比
- (5) コンクリート 1m^3 に用いる水量
- (6) コンクリートの配合計算
- (7) コンクリート供試体の作成
- (8) 圧縮強度試験より水セメント比の決定

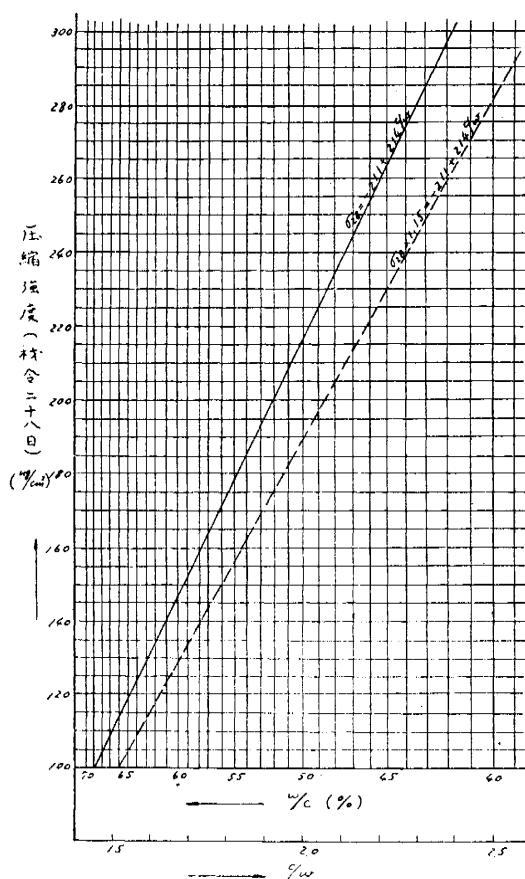


図-1 コンクリート圧縮強度と w/c の関係

(9) 示方配合の決定

(10) 現場配合

(1) 水セメント重量比の仮定

これは所要強度から推定公式によつて求められる。図-1 は土木学会制定公式によつて得られたもので、安全係数を乗じた点線から求める。もしセメント試験によつて強度がわかっている場合には 図-2 を用うればよい。

図-2 は水野高明氏の実験公式によつて得られたものである。図表は面倒な計算を省き、演算の誤りをなくするものであるから大いに活用したいものである。

水セメント重量比は耐久性の方からも考えるべきで、コンクリートの耐久性から定まる最大水セメント重量比は土木学会制定のコンクリート標準示方書 69 頁に記載されているから参照せられたい。又構造物の種類によつて水密を要する場合には、薄い断面の部材では 45% 以下、マツシブな構造物では 53% 以下となつてゐる。水セメント重量比は以上の内、小さいものを採用すればよい。

(2) スランプ

スランプも粗骨材の最大寸法も現場で行う施工方法、構造物の種類によつて決定されるのであるが、表-1 はスランプの標準を示したものである。

表-1 普通コンクリートのスランプの標準 (土木學會標準示方書)

構造物の種類	スランプ (cm)
マツシブなコンクリート (大きい橋脚、 大きい基礎)	2.5 ~ 7.5
かなりマツシブなコンクリート (橋脚、厚い壁、基礎、 大きいアーチ)	2.5 ~ 10
厚い版	2.5 ~ 7.5

(3) 粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法は 100 mm 以下とされている。300 mm 以上もある粗骨材は部材断面の大きさからは差支えなくとも、完全な練り混ぜができるか疑問であり、材料の分離を起しやすく、特別の場合のほかはコンクリートの取扱いにも不便が多いからである。表-2 は粗骨材の最大寸法を示したものである。

表-2 種々の構造において推奨される粗骨材最大寸法

断面の最小寸法 (cm)	骨材最大寸法 ¹⁾ (mm)			
	鉄筋ある壁、梁及び柱	無筋壁	多量の鉄筋ある床版	少量の鉄筋又は全く無筋
6~13	15~20	20	20~25	20~40

断面の最小寸法 (cm)	骨材最大寸法 ¹⁾ (mm)			
	鉄筋ある壁、梁及び柱	無筋壁	多量の鉄筋ある床版	少量の鉄筋又は全く無筋
15~28	20~40	40	40	40~75
30~73	40~75	75	40~75	75
75以上	40~75	150	40~75	75~150

1) 方形篩目による

粗骨材の最大寸法は無筋コンクリートの場合は部材最小寸法の $1/4$ 、鉄筋コンクリートの場合は部材最大寸法の $1/5$ または鉄筋の最小水平純間隔の $2/3$ をこえてはならないことになっている。

(4) 粗細骨材重量比

粗細骨材重量比の安定は表-3、表-4より求められるが、もし砂の粗粒率が試験の結果判明している場合には

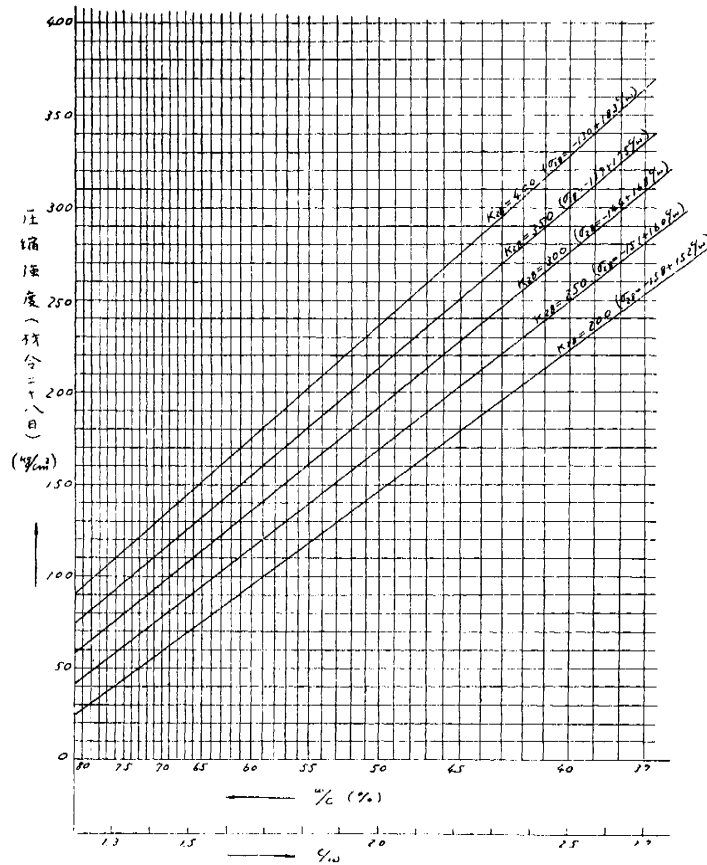


圖-2 セメント強度の異なるコンクリートの圧縮強度と w/c との関係

表-3 配合設計の参考表

粗骨材の最大寸法 (mm)	圧縮強度 σ_{c8} (kg/cm ²)	コンクリート 1 m ³ に用いるセメント量 (kg)	最大水セメント重量比 w/c (%)	粗細骨材重量比 (G/S)	セメント 1 袋 (50kg) に対する表面乾燥飽和状態の骨材の近似量 (kg)		
					全量	細骨材	粗骨材
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
25	158	274	71	1.17~1.5	352	149	203
50	158	251	71	1.33~1.7	394	160	234
75	158	229	71	1.5~1.94	447	165	282
25	193	312	62	1.22~1.55	304	128	176
50	193	285	62	1.18~1.35	341	133	208
75	193	262	62	1.57~2.05	384	138	246
25	210	335	58	1.27~1.63	277	112	165
50	210	307	58	1.38~1.65	314	122	192
75	210	285	58	1.5~1.94	351	128	223

粗骨材の 最大寸法 (mm)	圧縮強度 σ_{28} (kg/cm ²)	コンクリート 1 m ³ に 用いるセメ ント量 (kg)	最大水セメ ント重量比 w/c (%)	粗 細 骨 材 重 量 比 (G/S)	セメント1袋(50kg)に對する 表面乾燥飽和状態の骨材の近 似量 (kg)	全 重	細 骨 材	粗 骨 材
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(8)
25	232	363	53	1.33~1.7	250	101	149	
50	232	335	53	1.44~1.86	282	107	175	
75	232	307	53	1.86~1.57	319	117	203	
25	260	402	49	1.4~1.78	224	85	139	
50	260	374	49	1.5~1.94	250	90	160	
75	260	346	49	1.63~2.13	282	96	186	
25	300	447	44	1.44~1.86	197	75	122	
50	300	413	44	1.57~1.86	224	80	144	
75	300	380	44	1.7~2.23	250	86	164	

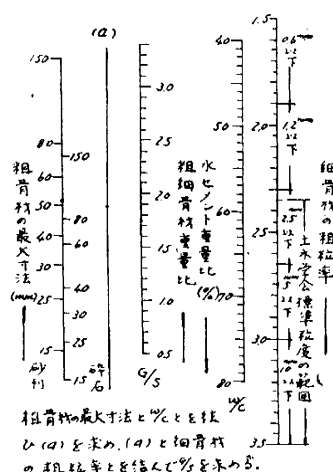
表—4 粗細骨材重量比 (G/S) 参考表

粗 骨 材 の 最 大 寸 法 (mm)	砂 利 の 場 合	砕 石 の 場 合
15	0.96	0.79
25	1.25	1.01
30	1.44	1.17
40	1.61	1.31
60	1.94	1.56
80	2.13	1.70
150	2.61	2.06

(註) 本表は w/c 約 57%, スランプ 7.5 cm, 砂の粗粒率 2.75 の場合であるから下記の修正を行う。

- ① c/w の 0.05 の増加 (減少) に對して G/S を表より 0.08 だけ小さく (大きく) する。
- ② 砂の粗粒率の 0.01 の増加 (減少) に對し G/S を表より 0.04 だけ小さく (大きく) 選ぶ。
- ③ ウォーカビリチーの悪くてもよい場合には表より G/S を 0.2 だけ大きくする。

池田康平氏の図表 図-3 より求めてもよい。しかし、参考図、参考表等は飽くまでも参考に過ぎなく、コンクリ



圖—3 粗細骨材重量比 (G/S)

ート標準示方書には、粗細骨材重量比は、所要のウォーカビリチーが得られる範囲内で、セメントペーストが量が最小になるように、試験によつて定めることを明記してある。その方法は表-3、表-4及び経験によつて粗細骨材重量比 G/S は 1.6 が適當であると考えられたなら G/S 1.4, 1.6, 1.8 の3種について試験する。

示方配合を定める場合は細骨材は標準板ふるい5を全部通るもの、粗骨材は標準板ふるい5に全部とどまるものであることが示方書に注意してある。それで示方配合を現場配合に直すには標準板ふるい5にとどまる細骨材の量、標準板ふるい5を通る粗骨材の量を考へて計算することが必要になつてくる。まずセメント 3 kg を秤量する。砂 S および砂利 G を秤量するとき大体表-5の割合にすればよい。

表—5 砂、砂利重量 (kg)

(G/S)	砂 (S)	砂 利 (G)
1.2	7.0	8.4
1.4	6.5	9.1
1.6	6.0	9.6
1.8	5.5	9.9
2.0	5.0	10.0
2.2	4.8	11.56

示方配合における骨材は表面乾燥飽和状態のものを用ゐることになつてゐる。それで骨材は適當に乾燥しておき、用ゐる前 15~30 分間吸水量に相當する水を加へて掻き混ぜるのである。砂の吸水量が 1.8% のとき、含水量が 0.6% であれば 1.2% の水を加へて 15 分間放置するのである。なお骨材の粒度を一定に保つため数種にふるい分けて混合して用いた方がよい。たとえば当別産の砂利であれば 15 mm ふるいで大小種に分け等量づつ秤量する混合割合は土木学会標準示方書の骨材粗変範囲内に納まるようにすべきである。今 G/S が 1.6 の場合について説明すると砂 6 kg, 砂利 9.6 kg を練合上よく混

合する。次にバケツにセメント3kgを入れ、(1)によつて仮定した w/c がたとえば65%であつたとすると、1,950ccの水を加えて搗き棒でよく掻き廻してセメントペーストを作り、これをバケツ、搗き棒其の重量を秤る。このペーストを練合上の骨材に少量掛けてよく練り混ぜてできたコンクリートのスランブを測定する。この場合材料が分離していないか、ウォーカブルであるか、ハーシ（荒々しいこと）であるかよく注意してみることが大切である。順次少しづつペーストを加え、よく練り混ぜてスランブを測定しながらペーストの残量（バケツ、搗き棒の重量共）を秤量して行くのである。今次のように記帳されたとする。表-6 よりペーストとスランブとの関係図を作る訳であるが、表-6 の回数は多い程ペースト、ス

表-6 5,960 kg (バケツ重量+突棒+ペースト重量)

	残ったペースト量(kg)	用ったペースト量(kg)	スランブ(cm)
第1回目	3,005	2,955	2
第2回目	2,850	3,110	3.7
第3回目	2,750	3,210	6.7
第4回目	2,650	3,310	7.5

1) はバケツ重量及び突棒重量を含む。

スランブ曲線が正確に描ける訳である。この場合所要スランブの前後は特に注意して測定する。

骨材試験の結果、砂の比重が2.68、砂利の比重が2.54であつたとすると砂と砂利の全容積は次の通り計算される。

$$\frac{6.0}{2.68} + \frac{9.6}{2.54} = 2.24 + 3.74 = 5.98 \text{ l}$$

セメントペースト1kgの容積は

$$\frac{1}{3.15} + 0.65 = 0.968 \text{ l}$$

$$0.968 \div 1.65 = 0.587 \text{ l}$$

よつて各回におけるコンクリートの容積は

$$\text{第1回目 } 2,995 \times 0.587 + 5.98 = 7.710 \text{ l}$$

$$\text{第2回目 } 3,110 \times 0.587 + 5.98 = 7.804 \text{ l}$$

$$\text{第3回目 } 3,210 \times 0.587 + 5.98 = 7.862 \text{ l}$$

$$\text{第4回目 } 3,310 \times 0.587 + 5.98 = 7.920 \text{ l}$$

従つてコンクリート1m³当りペースト量は

$$\text{第1回目 } 2,995 / 7.710 = 353 \text{ kg}$$

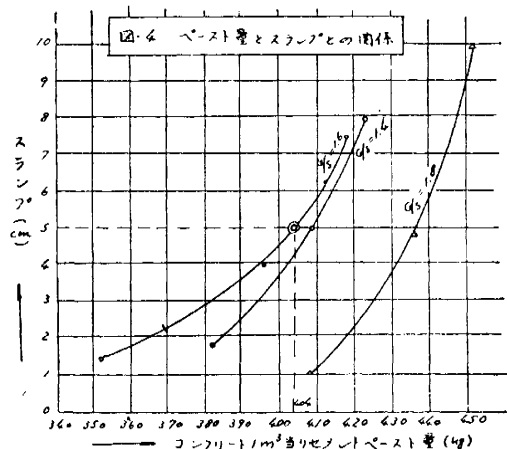
$$\text{第2回目 } 3,110 / 7.804 = 399 \text{ kg}$$

$$\text{第3回目 } 3,210 / 7.862 = 408 \text{ kg}$$

$$\text{第4回目 } 3,310 / 7.920 = 418 \text{ kg}$$

G/S が1.4 および1.8 の場合も同様の所作を繰返せばペーストとスランブの関係がでてくる。前述したように

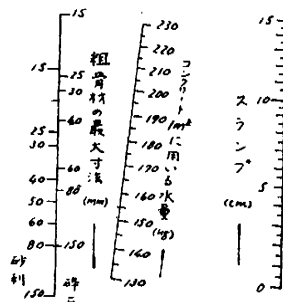
コンクリートをよく観察して何れもハーシであれば更に小さい G/S で試験を繰返さなければならない。以上の結果を纏めて 図-4 が得られる。図-4 において所要スランブが5cmの場合 $G/S = 1.6$ のときセメントペース



トが最小となるからこれを採用することに決定した訳である。図において1.6がハーシであれば $G/S = 1.4$ を採用するのは勿論のことである。

(5) コンクリート1m³に用いる水量

図-5 によつてセメントペースト量は404 kg となることになり、従つて w/c が65%であつたからセメント245 kg、水量は159 kgであることがわかる。なお試験を行わないで水量を求めるには池田康平氏の図表 図-5 を用いるとよい。



粗骨材の最大寸法とスランブを以て w を求める。

図-5 コンクリート1m³に用いる水量(w)

(6) コンクリートの配合計算

水セメント重量比 w/c 、粗細骨材重量比 G/S 、セメント重量および水量、セメントおよび骨材の比重が既知となつたから砂の重量 S が計算される。即ち

$$1000 = 159 + \frac{245}{3.15} + \frac{S}{2.68} + \frac{1.65}{2.57} \dots (1)$$

$$S = 697$$

$$\therefore G = 1115$$

従つて配合はコンクリート 1 m³ 当り

セメント	245 kg
砂	697 kg
砂 利	1115 kg
水	159 kg

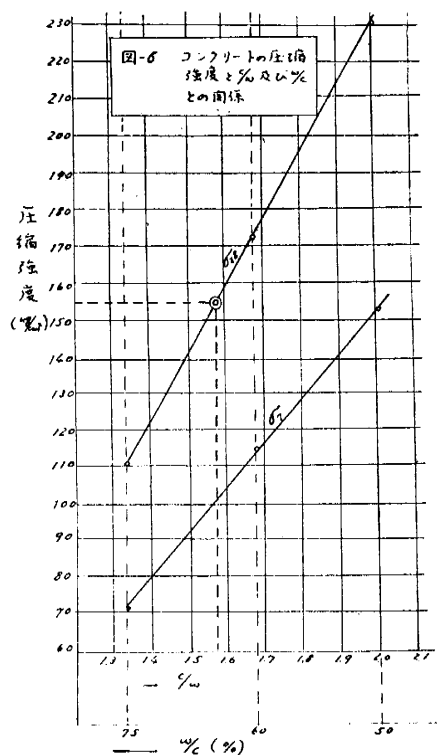
(7) コンクリート供試体の作成

まず水セメント重量比 $w/c = 50\%, 60\%, 75\%$ の 3 種について配合の計算をする。(1)式において右辺の第 1 項, 第 3 項, 第 4 項はそのままとし, セメント量の 245 の代りに夫々 318, 265, 212 を用うれば S および G が計算される。この場合骨材に表面水があれば使用水量はこの分だけ減じ, 骨材は表面水量だけ余分に秤量する。供試体の個数は示方書には 1 種につき 4 個以上となつてゐるから, 4 個作成する場合は 1 バッチ 24 l 分のコンクリートを練らなければならない。コンクリート 1 m³ の配合が計算されたならばそれに 0.024 を乗ずればよい。

コンクリート供試体は 1 種につき 4 個, 3 種計 12 個作成して圧縮強度試験を待てばよい。

(8) 圧縮強度試験より水セメント比の決定

w/c の決定は 4 週間強度を試験して c/w と強度との関係を図示し, 所要強度から c/w その逆数をとつて w/c を求める。時日に余裕のないときは 7 日強度を試験し, 28 日強度は推定公式を用いて求める。推定公式には Slater 初め種々あるが, 吉田徳次郎博士の公式は次の通りである。



$$\sigma_{28} = 1.5 \sigma_7 + 3 \quad [\text{単位 kg}]$$

この場合 σ_{28} は省略しないで, あとで実験して求めた σ_{28} と比べて安全を期するのである。次に強度から必要な w/c , コンクリートの耐久性から必要な w/c , 水密を要する w/c の三者を比較してその小さい方を採用することは既に(1)に述べた通りである。

図-6 はコンクリートの圧縮強度と c/w および w/c との関係を示したものである。 σ_{28} 線はリースの説によつて大体直線となる。

(9) 示方配合の決定

強度試験によつて 図-6 が描かれると材齢 28 日所要強度が 135 kg/cm² であるとき 15% の安全率を見込んで 155 kg/cm² とし, この強度に対する c/w は図より 1.57 すなわち w/c は 63% となる。

よつて(1)式の右辺第 2 項の 245 の代りに 252 を用うれば砂および砂利の重量が計算され, ここに示方配合が決定されるのである。

なお 図-6 は任意の圧縮強度を有するコンクリートの配合を容易に求めることができる。

またスランプを変えんとすれば, 1 m³ に用いる水量を変えてそれに応じただけセメント量, 骨材量を加減すればよい。

示方配合は 表-7 のよう書くのが一般である。

表-7 示方配合

粗骨材の最大寸法 (cm)	スランプ (cm)	水セメント重量比 w/c (%)	コンクリートに用いるセメント量 c (kg)	コンクリートに用いる水量 w (kg)	粗骨材重量比 G/S	コンクリートに用いる表面乾燥飽和状態の骨材重量 (kg)
5	5	63	252	159	1.6	1879 761 1118

以上で示方配合を決定するまでについて述べてきたが更に正確を期するためにはこのようにして決定された w/c でスランプ試験, 圧縮試験 (材齢 7 日および 28 日) をもう一度行つて配合が最終的に決定されるのである。

(10) 現場配合

既に述べたように示方配合は骨材が表面乾燥飽和状態であり, 細骨材は標準ふるいにより止まる粒を含まず, 粗骨材はふるいを通る粒を含まないものであるから, 現場配合に換算するには次のように計算する。

まず現場で用いられるミキサーの 1 バッチに必要な材料を計算する。セメントは 1 袋 (50kg) 使用する場合においては(9)の示方配合より計算すると

セメント	50 kg (1 袋)
粗骨材	761 kg
細骨材	252 kg

$$\text{粗骨材} \quad 1118 \times \frac{50}{252} = 222 \text{ kg}$$

$$\text{水} \quad 159 \times \frac{50}{252} = 31.5 \text{ kg}$$

今砂が板ふるい5に止まる量を5.0%，砂利が板ふるい5を通る量を6.5%とする。

砂および砂利の表面乾燥飽和状態の重量を夫々 x, y とすると

$$x + y = 373$$

$$0.05x + 0.935y = 222$$

この式を解いて

$$x = 142 \text{ kg}$$

$$y = 231 \text{ kg}$$

砂および砂利の表面水量が夫々3%，1%であつたとすると

$$\text{計量する砂は} \quad 142 \times 1.03 = 146 \text{ kg}$$

$$\text{計量する砂利は} \quad 231 \times 1.01 = 233 \text{ kg}$$

$$\text{砂の表面水は} \quad 142 \times 0.03 = 4.3 \text{ kg}$$

$$\text{砂利の表面水は} \quad 231 \times 0.01 = 2.3 \text{ kg}$$

$$\text{計} \quad 6.3 \text{ kg}$$

$$\text{使用水量は} \quad 31.5 - 6.3 = 25.2 \text{ kg}$$

すなわち現場配合は次の如くなる。

$$\text{セメント} \quad 50 \text{ kg}$$

$$\text{砂} \quad 146 \text{ kg}$$

$$\text{砂利} \quad 233 \text{ kg}$$

$$\text{水} \quad 25.2 \text{ kg}$$

また現場で粗骨材を数種に分けて使用する場合の配合計算は連立方程式を解いて求められるがコンクリート標準示方書解説16頁に示してあるような近似計算を用いた方が便利である。なおA.E.コンクリートの配合設計例についてはいずれ機をみて述べることにする。

學會支部 連絡事項

先に会員皆様に御報知致しました通り、「技術資料」を継続刊行致すことになりました。土木学会の活動の活性化，会員相互連絡の緊密化を図り度く考え，ここに支部だよりとして支部の活動状況，連絡事項を簡単に申し上げます。

◇5月24日，新旧幹事参集の下に第1回幹事会を開き，次いで6月6日の第2回幹事会を経て，6月24日に役員会を開催しました。その結果本年度の行事予定及び予算の承認を得ましたので，実質的な活動に入りました。その概要は次の如くであります。

(1) 本年度支部役員名

支部長 真井 耕象 (北大)

幹事長 北村市太郎 (国鉄)

商議員 今 俊三 (北大) 小崎 弘郎 (不動)

板倉 忠三 (〃) 小玉 末松 (岡)

真島 恭雄 (〃) 安藤 道夫 (三井)

境 隆雄 (室大) 古河 順治 (開発)

浅井 政治 (国鉄) 高田 実 (治水)

加藤 正人 (札鉄) 猪瀬 寧雄 (室開)

丸島 正男 (旭鉄) 早田 英夫 (旭開)

西嶋 国造 (鉦鉄) 田中 彦敏 (道庁)

小野 嘉治 (北電) 小川 勝 (札市)

中村 俊雄 (〃) 渋谷 和夫 (函市)

常議員 酒井 忠明 (北大) 上戸 斌司 (開発)

北村市太郎 (国鉄)

幹事 前田 幸雄 (北大) 小山 道義 (土試)

戸村 俊夫 (北電) 伊藤 健二 (札市)

佐久間純一 (道庁) 清水 源長 (三建)

中島 猛 (開発) 下村 豊 (国鉄)

水沢 和久 (鉄工) 羽島 栄治 (国鉄)

渋谷 克巳 (札鉄) 前田 直方 (北大)

學會誌編集委員 北村市太郎 (国鉄)

技術資料編集委員

委員長 真島 恭雄 (北大)

委員 伊藤部宗夫 (土試) 瀬藤 智雄 (道庁)

柳内 泰夫 (札市) 加藤 武人 (国鉄)

酒井 賢一 (北電) 前田 幸雄 (北大)

小山 道義 (土試) 前田 直方 (北大)

事務所 札幌市北7条西10丁目国鉄札幌工事事務所

庶務担当 諸田 英雄

(2) 本年度支部行事の状況

1) 今迄に済んだもの

6月24日 役員会開催，年度計画決定

7月25日 千歳地区見学会（札幌，千歳間道路舗装工事及び千歳飛行場舗装工事）を北海道科学技術連盟土木部会と共催で行う。参加者80名で有意義かつ盛大であつた。

8月11日 鉄道技術研究所・研究発表会をJ. R. E. A. と共催で行う（於水産会館）。

9月19日 講演会「最近の欧米事情について」（於水産会館）阿部 謙夫氏

2) 今後の予定

10月17日，18日 厚岸鉄管電気工事見学

10月 技術資料第6号発行

11月 支部名簿発行，講演会

12月 講演会，技術資料第7号発行

1月 コンクリート講習会